

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

**CORRELAÇÃO ENTRE O MÉTODO DE ANÁLISE QUANTITATIVA
DA DEPOSIÇÃO E USO DO PAPEL HIDROSSENSÍVEL EM
APLICAÇÕES AÉREAS**

THALYSON MEDEIROS DE SANTANA

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de Mestre
em Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU – SP

Julho – 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**CORRELAÇÃO ENTRE O MÉTODO DE ANÁLISE QUANTITATIVA
DA DEPOSIÇÃO E USO DO PAPEL HIDROSSENSÍVEL EM
APLICAÇÕES AÉREAS**

THALYSON MEDEIROS DE SANTANA

Orientador: Prof. Dr. Ulisses Rocha Antuniassi

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de Mestre
em Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU – SP

Julho – 2015

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

S232c Santana, Thalyson Medeiros de, 1989-
Correlação entre o método de análise quantitativa da deposição e uso do papel hidrossensível em aplicações aéreas / Thalyson Medeiros de Santana. - Botucatu : [s.n.], 2015
viii, 41 f. : fots. color., ils. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015
Orientador: Ulisses Rocha Antuniassi
Inclui bibliografia

1. Defensivos vegetais - Tecnologia de aplicação. 2. Aeronáutica na agricultura. 3. Pulverização. I. Antuniassi, Ulisses Rocha. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE BOTUCATU
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS DE BOTUCATU

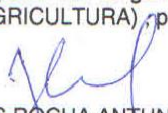
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CORRELAÇÃO ENTRE O MÉTODO DE ANÁLISE QUANTITATIVA DA DEPOSIÇÃO E USO DO PAPEL HIDROSSENSÍVEL EM APLICAÇÕES AÉREAS


AUTOR: THALYSON MEDEIROS DE SANTANA

ORIENTADOR: Prof. Dr. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA) pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI
Dep de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu


Prof. Dr. OTAVIO JORGE GRIGOLI ABI SAAB
Departamento de Agronomia / Universidade Estadual de Londrina


Prof. Dr. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA
Dep de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu

Data da realização: 27 de julho de 2015.

“Foi num nublado Domingo
Que eu vim embora
Numa viagem à minha terra prometida
Buscar a sorte, encontrar uma saída
Pra minha vida decidir-se melhorar....

Quero cantar a vida decantado tudo
Que for bonito, tudo que apareça paz
Também sou um rapaz latino Americano
Eu não me engano
Tenho um taco nesse mundo
De poetas, cidadãos e vagabundos.....

Minha busca é vida muito mais que morte
Uma procura, um rumo certo, aquele norte
Que desde garoto minha mãe diz ser legal...”

Maciel Melo

A minha mãe Zélia Maria Inácio Medeiros,

Ao meu pai José Eurivaldo de Santana;

Aos meus irmãos Thâmara Medeiros, Thamyson Medeiros e Isabele Santana;

As minhas avós Floraci Inácio Medeiros (In memoriam) e Creuza de Santana;

Aos meus avôs Manoel Pedro de Medeiros e Eurico Santana (In memoriam).

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por ter-me concedido motivação, saúde e força para concluir esse sonho.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e a Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu pela oportunidade da realização do mestrado.

Aos meus pais, Zélia Maria e José Eurivaldo, pela educação, ensinamentos, apoio, compreensão pela distância e principalmente pelo amor que sempre me deram.

Ao professor Dr. Ulisses Rocha Antuniassi, pela orientação, apoio, dedicação, ensinamentos, amizade e por possibilitar a realização desse trabalho.

Ao professor Dr. Paulo Roberto Arbex Silva, pela amizade, simplicidade, companheirismo e pela contribuição neste trabalho.

Ao professor Dr. Kleber Pereira Lanças, pelas contribuições neste trabalho.

Ao professor Dr. Otávio Jorge Grigoli Abi-Saab, por se dispor em fazer parte da banca.

A Laís Fernanda Melo Pereira, pelo companheirismo, paciência e ajuda durante a realização do trabalho.

Aos amigos e companheiros de trabalho, Alisson Augusto Motta, Rodolfo Glauber Chechetto, Fernando Kassis, Marcella Guerreiro, Ulisses Delvaz Gandolfo, Caio Alexandre Ferreira Morerira, Henrique Augusto Soares e Raquel Berna, pela ajuda e companheirismo.

Aos amigos de Alagoas que são pós-graduandos na FCA-UNESP, Maurício Bruno, Anderson Ravany, Marcos Liodorio, Cícero Manuel, Lucas Holanda, Givaldo Neto, Henrique Tenório, Rodolpho Artur e Breno Kennedy, pela amizade e força.

Aos amigos em Botucatu, Natália Soares, Tiago Pereira, Saulo Gomes, Leandro Tavares, Renato Guedes, Magnun Penariol e Jefferson Sandi.

Aos colegas de classe, professores e funcionários da Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
1 RESUMO	01
2 SUMMARY	03
3 INTRODUÇÃO	05
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	07
4.1 Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos	07
4.2 Pulverizações aéreas	10
4.3 Métodos de avaliação de deposição	12
4.3.1 Papeis hidrossensíveis	12
4.3.2 Traçadores para avaliações de deposição	13
5 MATERIAL E MÉTODOS	15
5.1 Localização e caracterização das áreas experimentais	15
5.1.1 Local 1	15
5.1.2 Local 2	16
5.2 Caracterização das aplicações e condições operacionais	16
5.3 Avaliação de deposição da calda	19
5.3.1 Coleta e análise das amostras	21
5.4 Degradação e retenção do corante	24
5.5 Cálculos de estimativa de volume depositado nos papéis hidrossensíveis	25
5.6 Análise de correlação	26
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6.1 Condições climáticas	28
6.2 Correlações entre os dados das lâminas de vidro e os Papeis hidrossensíveis	28
6.3 Correlações entre os coeficientes de variação nas amostras	33
7 CONCLUSÕES	36
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Influência do tamanho das gotas na pulverização aérea de defensivos agrícolas	09
Tabela 2. Classes de tamanho de gotas e limites de temperatura e umidade relativa	10
Tabela 3. Especificações das aplicações aéreas	18
Tabela 4. Correlação entre a deposição nas lâminas (Fator 1) e as variáveis dos papéis hidrossensíveis (densidade de gotas; cobertura; deposição estimada pelo DMN; deposição estimada pelo DV0,1; deposição estimada pelo DV0,5 e deposição estimada pelo DV0,9) (Fator 2) na aplicação 1	29
Tabela 5. Correlação entre a deposição nas lâminas (Fator 1) e as variáveis dos papéis hidrossensíveis (densidade de gotas; cobertura; deposição estimada pelo DMN; deposição estimada pelo DV0,1; deposição estimada pelo DV0,5 e deposição estimada pelo DV0,9) (Fator 2) na aplicação 2	30
Tabela 6. Correlação entre a deposição nas lâminas (Fator 1) e as variáveis dos papéis hidrossensíveis (densidade de gotas; cobertura; deposição estimada pelo DMN; deposição estimada pelo DV0,1; deposição estimada pelo DV0,5 e deposição estimada pelo DV0,9) (Fator 2) na aplicação 3	31
Tabela 7. Correlação entre a deposição nas lâminas (Fator 1) e as variáveis dos papéis hidrossensíveis (densidade de gotas; cobertura; deposição estimada pelo DMN; deposição estimada pelo DV0,1; deposição estimada pelo DV0,5 e deposição estimada pelo DV0,9) (Fator 2) na aplicação 4	32
Tabela 8. Correlação entre o coeficiente de variação (CV) da deposição da calda nas lâminas de vidro e o CV da cobertura dos papéis hidrossensíveis nas aplicações AP1, AP2, AP3 e AP4	34
Tabela 9. Correlação entre o coeficiente de variação (CV) da deposição da calda nas lâminas de vidro e o CV da densidade de gotas dos papéis hidrossensíveis nas aplicações AP1, AP2, AP3 e AP4	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Detalhe da barra de aplicação (a) e dos bicos com as pontas D8-45 (b)	16
Figura 2. Processo de mistura da calda utilizada em cada aplicação	17
Figura 3. Pontas CP na asa esquerda da aeronave, total de 14 pontas (a) e detalhe da ponta CP com as regulagens das alavancas (b)	18
Figura 4. Coletor de deposição da calda contendo lâmina de vidro e papel hidrossensível.	19
Figura 5. Croqui da área trabalhada com detalhe para a disposição dos coletores.....	20
Figura 6. Detalhe da aplicação sobre os coletores	20
Figura 7. Papel hidrossensível após a aplicação (a) e recipiente de plástico para o armazenamento dos papéis (b)	21
Figura 8. Scanner modelo DropScan® conectado ao computador para as análises dos papéis hidrossensíveis	22
Figura 9. Imagem do software de leitura do papel hidrossensível	22
Figura 10. Coleta e armazenamento das lâminas de vidro	23
Figura 11. Espectrofotômetro utilizado para as leituras das amostras	24
Figura 12. Método de avaliação da degradação do corante em lâmina de vidro	25

1 RESUMO

As avaliações dos depósitos da pulverização são utilizadas nas pesquisas como instrumento para desenvolver e melhorar as técnicas de aplicação dos produtos fitossanitários. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi correlacionar a deposição da calda no papel hidrossensível com a deposição em lâminas de vidro de modo a analisar as aplicações aéreas de produtos fitossanitários. O experimento foi composto por quatro aplicações sendo realizadas na Fazenda Recanto no município de Sidrolândia-MS e uma na Fazenda Savana, no município de Chapadão do Céu-GO. Nas três primeiras aplicações, a calda foi composta pelo inseticida Curbix 200 SC e na quarta aplicação, pelo inseticida Engeo Pleno. Em ambos os ensaios, a quantificação dos depósitos foi feita com o corante alimentício Azul Brillante. Os papéis hidrossensíveis foram analisados através do software DropScan® (Leon Sistemas), para as variáveis: cobertura (%), densidade de gotas (gotas cm^{-2}), diâmetro volumétrico ($DV_{0,1}$; $DV_{0,5}$ e $DV_{0,9}$) e diâmetro mediano numérico (DMN). Os dados de deposição da calda nas lâminas foram submetidos à análise de correlação de Pearson com os resultados de coeficiente de variação da deposição, cobertura das gotas, densidade de gotas e deposição quantitativa estimada pelo cálculo dos volumes das gotas baseados nos diâmetros fornecidos pelo software (DMN, $DV_{0,1}$, $DV_{0,5}$ e $DV_{0,9}$), os quais foram multiplicados pela densidade de gotas nos papéis hidrossensíveis. As

correlações entre os parâmetros fornecidos diretamente pelo DropScan (cobertura e densidade de gotas) e a análise da deposição nas lâminas não forneceu um conjunto de dados robustos que oferecesse segurança para a utilização do conjunto “papel hidrossensível + software” como forma alternativa de avaliação da pulverização, na comparação direta com o método de análise da deposição nas lâminas. Em duas das aplicações avaliadas, nenhuma das correlações foi significativa (aplicações 1 e 3), enquanto nas aplicações 2 e 4 houve significância de algumas das correlações, principalmente no caso da cobertura estimada nos papéis hidrossensíveis. Na análise da correlação entre os coeficientes de variação da deposição da calda nas lâminas e da cobertura nos papéis hidrossensíveis, houve uma correlação forte e significativa, indicando que o uso do papel hidrossensível em conjunto com o DropScan produziu resultados coerentes com a análise de deposição nas lâminas quando da análise da variabilidade (ou uniformidade) dos depósitos nas parcelas aplicadas.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação; Alvos artificiais; Aviação agrícola.

CORRELATION BETWEEN QUANTITATIVE METHOD ANALYSIS OF DEPOSITION AND USE OF HYDRO-SENSIBLE PAPER IN AIR APPLICATIONS

.Botucatu, 2015. 41p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: THALYSON MEDEIROS DE SANTANA

Adviser: ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

2 SUMMARY

Evaluations of the spray deposits are used in research as a tool to develop and improve the techniques of plant protection product application. In this way, our aim was to correlate the syrup deposition in water sensitive paper with the deposition on glass slides in order to analyze the applications flights from pesticides. The experiment consisted of four applications being held in Recanto in the municipality of Sidrolândia-MS and one in Savannah Farm in municipality of Chapadão do Céu-GO. In the first three applications, the syrup was made by insecticide Curbix 200 SC and fourth application, the insecticide ENGEO Pleno. In both assays, quantification of deposits was taken with Brilliant Blue dye. The water sensitive paper was analyzed using the software DropScan® (Leon Systems), for the variables: coverage (%) drops density (drops cm⁻²), volume diameter (DV_{0,1}; DV_{0,5} and DV_{0,9}) and median diameter (NMD). The spray deposition data in the blades were subjected to Pearson correlation analysis with the results of the deposition variation coefficient coverage of drops, density and quantitative deposition estimated by calculating the volumes of the droplets based on the diameters provided by the software (DMN, DV_{0,1}, and DV_{0,5} DV_{0,9}), which were multiplied by the density of droplets in the water sensitive paper. Correlations between the parameters provided directly by DropScan (coverage and density of drops) and analysis of the deposition on the blades did not provide a set of robust data that provided security for the use of all "water sensitive paper + software" as an alternative form of assessment spraying, in direct comparison with the method of analysis of the deposition on the blades. In two of the applications evaluated,

none of the correlations were significant (applications 1 and 3), while in applications 2:04 there was significance of some of the correlations, especially in the case of the estimated coverage in water sensitive paper. In analyzing the correlation between the spray deposition and coefficient of variation in Blades and cover the water sensitive paper, there was a strong and significant correlation, indicating that the use of water sensitive paper with DropScan produced results consistent with the deposition analysis in blades when analyzing the variability (or uniformity) of deposits in the applied plots.

KEYWORDS: Technology of application ; artificial targets; agricultural aviation.

3 INTRODUÇÃO

De todas as formas de controle dos agentes nocivos às culturas, o uso de produtos fitossanitários tem sido o principal deles, sendo a maior parte destes produtos aplicados por via líquida. A aplicação fitossanitária via líquida consiste na colocação das gotas pulverizadas sobre o alvo. Porém, tal processo é conhecido pela sua baixa eficiência, por não atingir o alvo de forma uniforme, podendo resultar, muitas vezes, em um controle inadequado, com desperdício do produto e contaminação ambiental.

Na maioria das vezes, durante o controle químico de pragas, doenças e plantas daninhas, o foco do processo é voltado ao produto fitossanitário sendo deixado de lado a técnica de aplicação. Conseqüentemente, há uma perda de eficácia ou até falha no tratamento devido a superdosagens ou subdosagens. Com isso, além de conhecer o produto a ser aplicado, também é necessário dominar a forma adequada de aplicação, tendo em vista que a pulverização é influenciada pelo momento da aplicação, fatores meteorológicos e biológicos, e sua eficácia pode ser determinada pela forma, tamanho e posição do alvo, densidade, diâmetro e velocidade de gota e pela velocidade e direção do fluxo de ar.

A aplicação aérea é uma prática agrônômica geralmente adotada em áreas de grande extensão, podendo ser utilizada para aplicação de diversos tipos de

insumos como defensivos, fertilizantes e sementes, por meio de aeronaves especializadas de asa fixa (aviões) ou de asas móveis (helicópteros), equipadas com dispositivos específicos para produtos líquidos ou sólidos.

As pulverizações podem ser avaliadas através de estudos de deposição de gotas sobre superfícies-alvo, que podem ser naturais ou artificiais. Dentre os alvos artificiais, os papéis hidrossensíveis são populares, pois mostram a quantidade e a característica das gotas depositadas sobre o mesmo, podendo ser uma indicação relativamente precisa e barata da qualidade de aplicação, sobretudo de fácil utilização. Uma característica dos cartões de papel hidrossensível é que as gotas pulverizadas que o atingem causam manchas no mesmo. A determinação da porcentagem de cobertura e/ou número de gotas que atingem os papéis por área pode ser feita manualmente, contando-se visualmente as gotas contidas em espaço determinado ou através de softwares específicos para análise das imagens dos impactos ou manchas no papel, podendo-se calcular deste modo também o tamanho das gotas, ou seja, o diâmetro mediano volumétrico (DMV).

As técnicas e os equipamentos de pulverização, utilizados na aplicação de produtos fitossanitários visando o controle de pragas, doenças e plantas daninhas, quando avaliados pela qualidade da pulverização são testados mediante estudos de deposição, estabelecendo-se a quantidade mínima de produto depositada no alvo ou na região de maior interesse do alvo, para proporcionar o efeito biológico desejado. Assim, as avaliações dos depósitos da pulverização são utilizadas nas pesquisas como instrumento para desenvolver e melhorar as técnicas de aplicação dos produtos fitossanitários.

O objetivo desse trabalho foi correlacionar o desempenho dos métodos de avaliação de deposição da calda com papel hidrossensível com a deposição em lâminas de vidro de modo a analisar as aplicações aéreas de produtos fitossanitários.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Tecnologia de Aplicação

Registros históricos atestam que no Brasil o primeiro instrumento para controle fitossanitário pode ter sido uma “máquina de matar formigas”, composto por um bojo metálico contendo brasas e arsênico ou enxofre, que eram insuflados em forma de gases nos formigueiros. Com a expansão da agricultura brasileira, houve então a necessidade da aplicação de herbicidas em caldas líquidas em grandes áreas (KISSMANN, 2001).

Compreende-se por tecnologia a aplicação de conhecimentos científicos a um determinado processo produtivo (MATUO, 1990). Deste modo, entende-se que tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é o uso de todos os conhecimentos científicos que possibilitem a correta aplicação do produto biologicamente ativo, em quantidade necessária, com máximo desempenho, de forma econômica, com o mínimo de perdas e com o menor impacto ambiental possível (MATUO, 1990; ANTUNIASSI, 2009).

Segundo Gadanha Junior et al. (1991), a aplicação de determinado produto fitossanitário pode ser decisiva para atingir a produtividade desejada das culturas

agrícolas. Em muitos casos, devido à pulverização realizada incorretamente, pode haver perdas significativas na produtividade, ocasionadas pela reincidência de doenças, ou de alguma praga ou mesmo pelo controle ineficiente das plantas daninhas na área pulverizada.

O volume de aplicação e o tamanho de gotas são os elementos básicos que devem ser considerados para o planejamento de uma aplicação. As gotas produzidas pelas pontas de pulverização apresentam vários tamanhos, formando um espectro de gotas que é quantificado através de um conjunto de parâmetros como a Amplitude Relativa, o diâmetro mediano numérico (DMN) e o diâmetro mediano volumétrico (DMV) (MOTA, 2011).

O DMV é o diâmetro de gotas que divide em duas partes a massa de gotas pulverizadas, sendo a soma da parte das gotas maiores iguais à soma da parte das gotas menores (ANTUNISSI; BAIIO, 2008). A Amplitude Relativa segundo Cunha et al., (2004) determina a homogeneidade do espectro pulverizado e quanto maior esse valor, menor será a homogeneidade desse espectro de gotas. Já o DMN é o diâmetro de gotas que separa o número destas em duas partes, sendo 50% de gotas menores e 50% de maiores, quando a relação entre o DMV e o DMN é analisada, o valor mais próximo de 1 representa um espectro de gotas mais homogêneo (ANTUNISSI; BAIIO, 2008).

Geralmente os produtos com maior ação sistêmica, quando direcionados as folhas ou o solo, podem ser aplicados com gotas grossas. Essa técnica implica na redução do risco de deriva, melhora a segurança ambiental da aplicação e aumenta a eficiência operacional das mesmas. Quando usadas de forma correta, gotas maiores quase sempre possibilitam bom nível de deposição, apesar de não possibilitarem bom nível de cobertura nos alvos desejados. Considerando produtos de contato ou de menor ação sistêmica, o uso de maior volume de calda e/ou gotas de menor tamanho é necessário, devido a maior cobertura do alvo exigida pelo produto para que tenha sua máxima eficácia de controle (ANTUNISSI, 2012).

Vários estudos foram realizados a fim de definir o tamanho apropriado de gotas para os diferentes tipos de aplicação. A cobertura resultante de uma pulverização pode ser quantificada em gotas por centímetro quadrado (chamado de densidade de gotas), ou em percentagem da área recoberta. Esta pode ser avaliada de maneira prática com o uso de alvos artificiais (papéis hidrossensíveis) posicionados no alvo. Com base na capacidade de redistribuição do produto utilizado e focando na deposição ideal sobre o alvo como forma de avaliação da qualidade da pulverização, Costa

(2009) define a densidade de gotas ideal para herbicidas pré - emergentes e inseticidas é de 20 a 30 gotas cm^{-2} e para herbicidas pós-emergentes e fungicidas sistêmicos de 30 a 40 gotas cm^{-2} .

Experimentos realizados em laboratório com equipamentos que produzem gotas mais uniformes e posteriormente ensaios de campo auxiliam nas informações que servem na orientação quando se deseja selecionar a condição e o tipo de aplicação (CHRISTOFOLETTI, 1988). A seleção do diâmetro das gotas influencia também na distribuição da calda, isso é evidenciado por Christofolletti (1988) o qual demonstra a influência do tamanho das gotas em pulverização aérea (Tabela 1).

Tabela 1. Influência do tamanho das gotas na pulverização aérea de defensivos agrícolas (CHRISTOFOLETTI, 1988).

Gotas grandes	Gotas pequenas
Poucas gotas	Muitas gotas
Menor deriva	Mais deriva
Menor distribuição no alvo	Maior distribuição no alvo
Menor penetração na cultura	Maior penetração na cultura
Menor faixa efetiva de voo	Maior faixa efetiva de voo
Evaporação menos intensa	Evaporação mais intensa

O conhecimento de características específicas dos alvos, como estágio de desenvolvimento da cultura, movimentação das folhas, cerosidade, rugosidade e arquitetura geral da planta, tipos de hábito de insetos, devem ser incluídos na análise de fatores que modificam a técnica. O formato e a posição das folhas apresentam importância fundamental. Isso é evidenciado, por exemplo, nas folhas de plantas dicotiledôneas que são mais largas e permanecem na horizontal, já as folhas das monocotiledôneas são geralmente mais estreitas e se posicionam na vertical (ANTUNIASSI, 2009). Cunha et al. (2010), analisando a pulverização de fungicidas na cultura do milho, verificaram a ocorrência de maior deposição na parte superior do dossel da cultura devido a proximidade das folhas do ponto de lançamento das gotas.

A condição climática é outro fator que está diretamente relacionado à qualidade da aplicação. De acordo com Antuniassi (2012), o momento da aplicação, as condições climáticas, a recomendação dos produtos fitossanitários e as condições operacionais são fatores que devem ser considerados em conjunto para definição da técnica a ser utilizada. Recomenda-se evitar aplicações com temperatura ambiente superior a 30 °C

e umidade relativa do ar inferior a 50%. Com relação ao vento, deve-se priorizar aplicações entre 3 e 10 km h⁻¹. Visando o menor risco de perdas por deriva Antuniassi (2005), apresenta uma proposta de otimização de escolha do tamanho de gotas em função da temperatura ambiente e umidade relativa do ar (Tabela 2).

Tabela 2. Classes de tamanho de gotas e limites de temperatura e umidade relativa (ATUNIASSI, 2005).

FATORES	Classes de gotas de acordo com as condições climáticas		
	Muito Finas ou Finas	Finas ou Médias	Médias ou Grossas
Temperatura	Abaixo de 25 °C	25 a 28 °C	Acima de 28 °C
Umidade relativa	Acima de 70%	60 e 70%	Abaixo de 60%

4.2 Pulverizações aéreas

A aviação agrícola no Brasil teve seu primeiro registro no ano de 1947, na cidade de Pelotas no estado de Rio grande do Sul. O Engenheiro-Agrônomo Leôncio Fontelles, chefe do Posto de Defesa Agrícola em Pelotas e o piloto civil Clóvis Candiota, após várias adaptações a bordo de um Munis M9, aeronave de fabricação nacional, fizeram o primeiro voo no dia 19 de agosto com o objetivo de controlar gafanhotos. Já em 1950 teve início a “patrulha de tratamento aéreo” criada pelo Ministério da Agricultura para aplicação do inseticida BHC (*hexabenzeno* de cloro) no controle da broca do café (CARVALHO et al., 2011; OZEKI, 2006).

Araújo (2015) estima com dados da ANAC em até dezembro de 2014 existam no Brasil 2007 aviões agrícolas. Destes, 1420 são de propriedade de 232 empresas, 508 de operadores privados e 7 aeronaves de propriedade de órgão públicos.

A aplicação aérea é uma realidade na maioria das regiões produtoras de grãos do país, entretanto existem poucas informações a respeito da sua eficácia, quando comparada à aplicação convencional, o que gera dúvidas por parte dos produtores, principalmente com relação à capacidade da calda pulverizada chegar nas partes mais baixas do dossel das culturas (CUNHA et al., 2011).

Em um país como o Brasil com dimensões continentais, a aplicação aérea de defensivos agrícolas é uma ferramenta valiosa para a agricultura. O Brasil atualmente explora 160 milhões de hectares, tendo viabilidade de um total de 500 milhões de hectares de terras agricultáveis, nesse cenário existe uma situação favorável a aviação agrícola, de maneira que não haja prejuízos ao meio ambiente (CORRÊA et al., 2004).

Carvalho et al. (2011) comentaram que os pulverizadores aéreos utilizados como ferramenta de aplicação de produtos fitossanitários possuem várias vantagens quando comparado aos pulverizadores terrestres, como por exemplo a uniformidade de distribuição, rapidez nas aplicações e ausência de danos por pisoteio das culturas. Outra característica vantajosa da aviação agrícola é a operação realizada por mão de obra qualificada (piloto agrícola, técnico executor em aviação agrícola, engenheiro-agrônomo responsável técnico e coordenador em aviação agrícola) e a fiscalização do setor por órgãos competentes do governo.

Os instrumentos mais utilizados para geração de gotas em aplicações aéreas são os atomizadores rotativos e as pontas hidráulicas (ANTUNIASSI, 2012). As pontas hidráulicas para pulverização aérea podem ser de jato cônico ou plano e são similares as pontas de pulverizadores terrestres, no entanto com uma vazão superior, em virtude da alta velocidade das aeronaves agrícolas no momento das aplicações, que variam de 120 a 250 km h⁻¹ (OZEKKI, 2006). Os atomizadores rotativos são utilizados em substituição às pontas hidráulicas, e são basicamente compostos por um tambor de tela metálica, ou um cilindro constituído por discos dentados a pás de hélices plásticas (ARAÚJO, 2011).

Oliveira et al. (2011) estudando a distribuição de calda de pulverização aérea com fungicida em cana-de-açúcar em função de diferentes emissores (atomizadores rotativos e pontas hidráulicas) e taxas de aplicação nos diferentes níveis do dossel da cultura, observaram que a aplicação com atomizador e taxa de aplicação de 10 ha⁻¹, apresentou desempenho semelhante quando comparado as pontas hidráulicas.

Antuniassi et al. (2011) avaliando o desempenho de diferentes equipamentos de pulverização aérea (atomizador Micronair AU 500, atomizador Stol ARD e o sistema eletrostático Spectrum) com caldas com e sem a presença de um óleo vegetal mais emulsificante para o controle da ferrugem alaranjada da soja e a deposição de gotas, observaram que não houve diferença significativa para depósito de calda nas folhas nos

diferentes tratamentos. Entretanto, os melhores controles da doença foram obtidos com o uso do sistema eletrostático com umidade do ar de 64% e o atomizador rotativo Micronair.

4.3 Métodos para avaliação de deposição

Existem vários métodos para avaliação de deposição de calda de produtos fitossanitários, a exemplo do uso de alvos artificiais como lâminas de vidro e tiras de papéis, colocados próximos aos alvos reais que se pretende atingir (solo, folhas e tronco), uso de papéis hidrossensíveis que mostram apenas as gotas apenas pela sensibilidade a umidade. A utilização de corantes especiais, como os corantes solúveis em água possibilitam a quantificação dos depósitos através da lavagem do material coletado, ou corantes fluorescentes (sensíveis a luz ultravioleta) que permitem a observação da distribuição da calda e o uso da condutividade elétrica para determinação de substâncias traçadoras (sais), técnicas estas que proporcionam a utilização de alvos artificiais (PALLADINI, 2000).

4.3.1 Papéis hidrossensíveis

Papéis hidrossensíveis têm sido empregados por diversos pesquisadores, para avaliar deposições de pulverizações, que os utilizam para leitura com auxílio de microscópio ou de “scanners” ligados a equipamentos de processamento informatizados (BOUSE, 1994). O uso de papel sensível à água é recomendado por Carvalho (1995) para avaliar pulverizações aerográficas quanto à densidade de gotas e o DMV (diâmetro mediano volumétrico) das mesmas.

Segundo Hill e Inalba (1989), a maior limitação do uso de papéis hidrossensíveis é quando a umidade relativa do ar está acima de 80%, afetando a sensibilidade do papel.

Essas análises visuais, com a utilização de papel sensível à água, embora não sejam consideradas as mais adequadas, são de grande valia para as observações imediatas, pois facilitam e podem nortear as modificações e/ou intervenções no sistema de aplicação (BALAN, 2006).

Maziero (2006) utilizou papéis hidrossensíveis para avaliar a deposição de dois inseticidas em soja pulverizados com diferentes volumes de aplicação

(50, 100 e 150 L ha⁻¹), obtendo através da análise dos papéis, a densidade (gotas cm⁻²) e o diâmetro mediano volumétrico (DMV) das gotas em dois níveis do dossel da soja. Para ambos inseticidas detectou maiores densidade de gotas e diâmetro médio volumétrico utilizando o maior volume de calda aplicado quando a soja estava com um dossel de 0,80 m, obtendo valores de 129 gotas cm⁻² e 443 µm referente ao inseticida Endossulfam e 123 gotas cm⁻² com 435 µm de diâmetro referente à mistura Tiametoxam + Lambda-cialotrina. Corroborando com outros resultados da literatura que em geral estas misturas ocasionam redução do DMV.

Gandolfo (2014), estudando a influência de diferentes misturas de tanque, conclui que o papel hidrossensível não ofereceu correlação robusta entre o espalhamento das gotas e a tensão superficial das caldas e, por esta razão, não deve ser considerada uma ferramenta adequada para a comparação de diferentes caldas. Por outro lado, o mesmo autor, conclui que o papel hidrossensível conseguiu expressar uma correlação consistente entre tamanho de gotas e cobertura, podendo ser considerado como ferramenta útil na comparação de diferentes tecnologias de geração de gotas que sejam usadas com a mesma calda.

Stefanelo et al. (2014) estudaram as características de pulverização aérea com pontas hidráulicas e atomizadores rotativos de discos, por meio da análise de papéis hidrossensíveis nos terços superior, médio e inferior de plantas de trigo. Os resultados mostraram que os atomizadores rotativos de disco com 24 L ha⁻¹ apresentaram a maior densidade de gotas no terço superior, entretanto, não houve diferença entre os tratamentos para os demais terços avaliados.

4.3.2 Traçadores para avaliações de deposição

Por definição, substância marcadora é aquela usada para marcar ou monitorar o andamento ou o comportamento de um processo, podendo ser o ingrediente ativo da formulação de um produto fitossanitário ou qualquer substância química usada para imitar o mesmo no momento da aplicação.

O processo mais empregado para estudar a dinâmica das pulverizações com produtos fitossanitários no Brasil tem sido a análise da deposição das gotas, utilizando-se de tais substâncias marcadoras, com a qual tem se tomado as decisões na escolha de técnicas de aplicação e equipamentos de pulverização. A análise da

deposição desses produtos baseia-se na recuperação e detecção das substâncias, presentes na própria superfície das plantas ou em alvos artificiais, através de técnicas e equipamentos específicos (REZENDE, 2011).

Pesquisas descrevem diversos tipos de traçadores para algumas formas de avaliações, como o caso da utilização de corantes fluorescentes (FOX et al., 1990; SALYANI; CROMWELL, 1992; FERRACINI et al., 2004; SERRA et al., 2008), NaCl (ABI SAAB, 1996; TOMAZELA et al., 2006; GANDOLFO et al., 2014), MnSO₄, NaCl, ZnCl, MgCl, CaCl, KCl (COSTA et al., 2014), produtos fitossanitário (BRIAND et al., 2002), corantes de alimentos (PALLADINI et al., 2005; MOREIRA JUNIOR, 2009; OLIVEIRA et al., 2013; CHECHETTO et al., 2013; CARVALHO, 2013; SALVADOR, 2011), produtos fitossanitário, corante fluorescente e corante alimentício (REZENDE et al., 2012) e corante de alimentos em associação com corante fluorescente (PALLADINI, 2000; SOUZA et al., 2007).

Segundo Marchi et al. (2005), o corante alimentício Azul Brillhante, catalogado internacionalmente pela empresa “Food, Drug & Cosmetic” (FD&C), como FD&C Blue n.1, apresenta características desejáveis para um marcador, como ser sensível à detecção, estável, atóxico, de baixo custo para compra e para detecção em espectrofotômetro, com análise quantitativa rápida e ter efeitos físicos mínimos na pulverização.

Soares Filho (2008) usou o corante alimentício Azul Brillhante como marcador para avaliar a quantidade e qualidade da deposição da calda de pulverização em quatro espécies de *Commelina*, considerando volumes de aplicação, pontas de pulverização e o ângulo dos bicos na barra de pulverização.

Rezende (2011) aplicou uma quantidade conhecida desse traçador em alvos naturais de feijão (*Phaseolus vulgaris*) e em alvos artificiais (lâminas de vidro). Após 20 minutos da aplicação foi feita a extração do Azul Brillhante e realizada a leitura em espectrofotômetro. A extração foi de 93% para as plantas de feijão e de 100% para as lâminas de vidro. O autor observou que a lâmina de vidro foi o melhor alvo para a captura de pulverizações, quando comparado com alvos naturais, *P. vulgaris* e *Brachiaria plantaginea*, sendo que a taxa de recuperação para estes alvos naturais foi menor 156% e 176%, respectivamente.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização e caracterização das áreas experimentais

O presente trabalho foi realizado a partir de quatro aplicações aéreas denominadas AP1, AP2, AP3 e AP4, as quais serão detalhadas a seguir, no item 5.2. Estas aplicações foram realizadas em dois locais distintos, denominados Local 1 e Local 2.

5.1.1 Local 1

As aplicações AP1, AP2 e AP3 foram realizadas na Fazenda Recanto no município de Sidrolândia-MS, em área cujas coordenadas são 20°58'57.0"S 55°02'58.5"W, com altitude de 484 m. O talhão utilizado correspondia a uma área onde uma cultura de feijão em sistema de plantio direto havia sido recentemente colhida. As aplicações ocorreram de 14 a 17 de julho de 2014. As direções predominantes do vento foram: N, NE e ENE.

5.1.2 Local 2

A aplicação AP4 foi realizada no dia 21 de Julho de 2014, na Fazenda Savana, no município de Chapadão do Céu-GO, com coordenadas de 18° 39.581'S 052° 44.816' W e altitude de 833 m. A área continha milho, com aproximadamente 15 cm de altura, implantado para cobertura de solo em plantio convencional. As direções predominantes do vento foram: N, NE e ENE.

5.2 Caracterização das aplicações e condições operacionais

A área demarcada para todas as aplicações foi de 600 x 330 m (as faixas aplicadas pela aeronave foram no sentido do maior comprimento), totalizando 20 ha para cada aplicação.

As aplicações no Local 1 foram realizadas com uma aeronave Ipanema EMB-201A equipada com barra dotada de 38 pontas de jato cônico vazio Teejet D8 e difusor 45 (Figura 1), aplicando gotas médias de acordo com a ASAE S572 (ASABE, 2009). A pressão utilizada foi de 206,84 kPa (30 psi), com a taxa de aplicação de 30 L ha⁻¹. A altura de voo foi de 3 a 4 m, com faixa de trabalho de 15 m e velocidade de 177 km h⁻¹ (110 mph).



Figura 1. Detalhe da barra de aplicação (a) e dos bicos com as pontas D8-45 (b)

A calda aplicada foi composta pelo inseticida etiprole (Curbix 200 SC) na dose de 2 L p.c. ha⁻¹ diluídos em água. Juntamente com o inseticida utilizou-se como traçador o corante alimentício Azul Brillhante (FD&C Blue n. 1) na concentração de 6 g L⁻¹. Para cada aplicação foram formulados 600 L de calda, utilizando 3,6 kg de corante que foi incorporado em 100 L de água mais o inseticida, em um misturador (Figura 2), para que o mesmo fosse dissolvido inteiramente sem que houvesse a formação de grumos, e posteriormente adicionou-se água até o volume desejado.



Figura 2. Processo de mistura da calda utilizada em cada aplicação

A aplicação no Local 2 foi conduzida com uma aeronave Ipanema EMB-201A equipada com barra dotada de 24 pontas CP-03 do fabricante CP Products, Inc. USA (Figura 3), aplicando gotas médias, de acordo com a norma ASABE S572, o ajuste do orifício foi utilizado na medida 0,125 polegadas, com anteparo ajustado para o ângulo de 30 graus. A pressão utilizada foi de 206,84 kPa (30 psi), com taxa de aplicação de 30 L ha⁻¹. A altura de voo foi de 3 a 4 m, com faixa de trabalho de 15 m e velocidade de 185 km h⁻¹ (115 mph).

A calda aplicada composta pelo inseticida tiametoxam+lambdaciotaltrina (Engeo Pleno) na dose de 0,25 L p.c. ha⁻¹ diluídos em água. Juntamente com o inseticida também se utilizou como traçador o corante alimentício Azul Brillhante (FD&C Blue n. 1), diluído na concentração de 6 g L⁻¹. Para o ensaio foi formulado 600 L de calda, utilizando 3,6 kg de corante.



Figura 3. Pontas CP na asa esquerda da aeronave, total de 14 pontas (a) e detalhe da ponta CP com as regulagens das alavancas (b)

As condições climáticas como velocidade do vento, umidade relativa do ar e temperatura, foram monitoradas a cada faixa aplicada pela aeronave, utilizando um termo-higrômetro da marca Minipa, modelo MTH-1362W e um termo anemômetro da marca Minipa, modelo MDA-11. A Tabela 3 descreve as condições de cada aplicação aérea.

Tabela 3. Condições das aplicações.

Especificações	Aplicações (AP)			
	1	2	3	4
Pontas	Teejet D8	Teejet D8	Teejet D8	CP-03
Taxa de aplicação (L ha⁻¹)	30	30	30	30
Calda (inseticida)	Etiprole	Etiprole	Etiprole	Tiametoxam+Lambda-cialotrina
Velocidade do vento (km h⁻¹)	12,53	9,86	9,79	1,73
Temperatura (°C)	30,5	27,91	30,38	35,11
Umidade relativa (%)	41,81	43,88	45,60	24,97

5.3 Avaliação de deposição da calda

A deposição da calda foi avaliada por dois tipos de alvos artificiais, lâminas de vidro e papéis hidrossensíveis. As lâminas de vidro com dimensões de 10 x 20 cm e 0,03 cm de espessura foram alocadas horizontalmente e fixadas, com ajuda de uma fita adesiva dupla face, em uma placa de madeira (MDF cru) com dimensões de 25 x 15 cm e 0,03 cm de espessura, que recebiam a identificação da repetição. As placas de madeira eram encaixadas em suportes confeccionados de tubos de PVC rígido (3/4" de polegada) formando um "cotovelo" através de uma conexão também em PVC rígido. Uma extremidade desse "cotovelo" era cortada para o encaixe da placa de madeira, e a outra extremidade era presa a um vergalhão, com altura de 1,5 m, através de abraçadeiras de plástico. Os papéis hidrossensíveis com dimensões de 76 x 26 mm também foram posicionados horizontalmente e fixados com fita adesiva dupla face na placa de madeira (MDF cru), ao lado das lâminas de vidro (Figura 4).

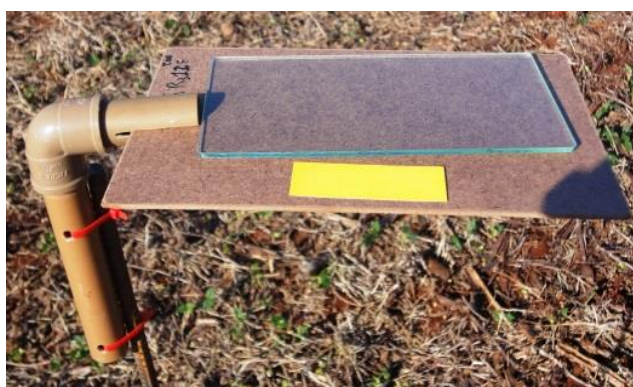


Figura 4. Coletor de deposição da calda contendo lâmina de vidro e papel hidrossensível

No centro de cada parcela foram dispostos 20 suportes, contendo lâminas de vidro e papéis hidrossensíveis, espaçados a cada 10 m formando um retângulo, para que pudesse ser quantificada a deposição. A disposição dos coletores, dentro da área aplicada (Figura 5), foi baseada na norma ASAE S561.1 (2009). Na Figura 6 pode-se observar o detalhe do momento da aplicação sobre os coletores.

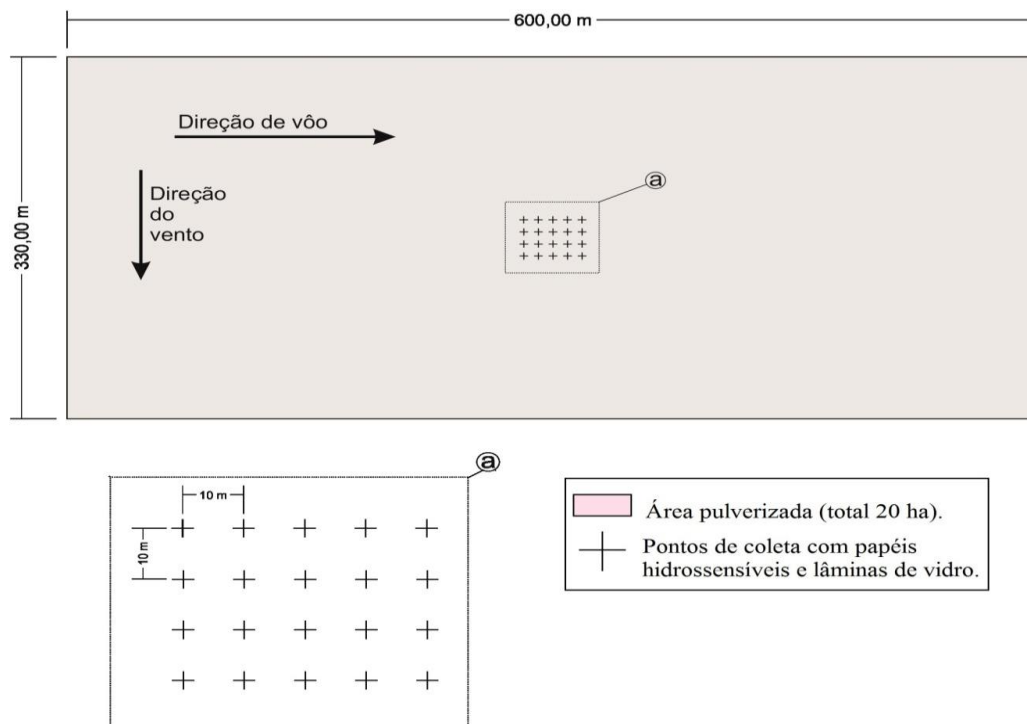


Figura 5. Croqui da área trabalhada com detalhe para a disposição dos coletores



Figura 6. Detalhe da aplicação sobre os coletores

5.3.1 Coleta e análise das amostras

Após 15 minutos do término de cada aplicação, os coletores foram retirados. Os papéis hidrossensíveis foram coletados com o auxílio de uma pinça, afim de não ocorrer qualquer tipo de dano à amostra. Em seguida, foram postos em pequenos envelopes plásticos que foram identificados (Figura 7a). Todos os papéis coletados (total de 20) em cada aplicação foram armazenados em recipientes de plástico com tampa, para que não absorvessem umidade, sendo os recipientes identificados com o mesmo número da aplicação (Figura 7b).



Figura 7. Papel hidrossensível após a aplicação (a) e recipiente de plástico para o armazenamento dos papéis (b)

As análises dos papéis hidrossensíveis foram realizadas através do scanner modelo DropScan®, Leon Sistemas Digitais (Figura 8). Este equipamento juntamente com o software permite a obtenção dos seguintes dados: Área de Cobertura (%), Densidade de Gotas (gotas/cm²), Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV), Diâmetro Mediano Numérico (DMN), DV_{0,1}, DV_{0,9}, Coeficiente e Amplitude de Dispersão (Figura 9). Os papéis hidrossensíveis de cada aplicação foram digitalizados no scanner por 4 vezes, obtendo-se uma média.



Figura 8. Scanner modelo DropScan® conectado ao computador para as análises dos papéis hidrossensíveis

DropScan - Leon Sistemas Digitais

Análises

Para excluir uma análise, basta clicar no quadrado ao lado do nome do papel que deseja excluir e clicar no botão "Excluir Análises Selecionadas"

Utilize os botões ao lado para navegar entre as dicas

Papéis	Densidade (gotas/cm ²)	Cobertura (%)	DMN (µm)	DV01(µm)	DV05(µm)	DV09(µm)	Amplitude de Dispersão	Coefficiente de Dispersão	Área do Papel Analisada(cm ²)
<input type="checkbox"/> Papel 1	43.965	8.950	196	210	375	613	1.074667	1.913265	13.124
<input type="checkbox"/> Papel 2	42.899	9.000	196	210	371	630	1.132075	1.892857	13.124
<input type="checkbox"/> Papel 3	42.213	8.953	196	214	371	628	1.115903	1.892857	13.124
<input type="checkbox"/> Papel 4	42.213	9.003	201	210	373	635	1.139410	1.855721	13.124

Sair

Papel 4

Gerar Gráfico
Para gerar gráficos são necessárias ao menos três análises feitas.

Excluir Análises
Para excluir uma análise, basta clicar no quadrado ao lado do nome do papel que deseja excluir e clicar no botão abaixo

Excluir Análises Selecionadas

Outras Opções

Abrir Aplicações Anteriores

Fechar Projeto Atual

Ajuda

Ajuda

Sobre

Dados Adicionais(Preenchimento Opcional)

Salvar Dados Adicionais Gerar Relatório

Dados da Aplicação | Dados Adicionais

Nome da Aplicação

Sem Nome

Responsável pela Aplicação

Local

Data(dd/mm/aaaa) Hora(fh:mm)

Dados da Cultura

Cultura

Altura da Planta

Altura de Fixação do Papel

Estádio Fenológico

Safra/Ano

Produto Utilizado

Tipo

Nome

Marca

Comentários

Figura 9. Imagem do software de leitura do papel hidrossensível

As lâminas de vidro também foram retiradas e armazenadas em recipientes plásticos com tampa (Figura 10) devidamente identificados. Em cada aplicação utilizou-se lâminas de vidro e suportes de madeira novos, evitando contaminações. Após a acomodação do coletor, estes recipientes foram colocados em sacos plásticos de cor preta,

impedindo a exposição das lâminas à luz solar e mantendo-as secas até o momento da lavagem, minimizando assim a degradação do corante.



Figura 10. Coleta e armazenamento das lâminas de vidro

Depois que as lâminas foram retiradas do campo e levadas para local apropriado, essas foram submetidas ao processo de extração do produto por lavagem, 20 dias após as aplicações. A lavagem foi realizada colocando-se 40 mL de água deionizada em cada recipiente plástico que continha as lâminas, os quais foram agitados manualmente por 60 segundos. Logo após, o líquido resultante foi colocado individualmente em tubos de ensaio e imediatamente submetido à análise por espectrofotômetro.

O espectrofotômetro utilizado foi da marca Shimadzu modelo UV-2600, que lê as faixas de comprimento de onda entre 185 nm a 900 nm e faixa de absorbância entre -5 abs a 5 abs (Figura 11). O equipamento foi ajustado para ler o comprimento de onda de 630 nm que corresponde à faixa espectral do corante Azul Brillante (FD&C Blue n. 1). Com os dados de absorbância de cada leitura das lâminas de vidro, foi calculado a quantidade de corante em ppm, por meio da confecção de curvas padrão a partir de concentrações conhecidas que eram obtidas por meio da diluição das caldas utilizadas para cada aplicação. De posse da concentração de corante em cada calda, do volume utilizado na lavagem das amostras e da área da lâmina de vidro em cm^2 a quantidade de corante foi calculada em $\mu\text{g cm}^{-2}$ (REZENDE, 2011).



Figura 11. Espectrofotômetro utilizado para as leituras das amostras

Posteriormente todas as leituras das amostras, avaliaram-se 20 amostras de lâminas de vidro limpas, para certificar-se que não houve interferência dos materiais de confecção dos coletores nas leituras do equipamento, como qualquer resíduo das lâminas de vidro e dos recipientes plásticos em que foram armazenadas, ou ainda da água resultante das lavagens dos fios. Essas amostras tiveram o mesmo processamento em relação às amostras de campo.

5.4 Degradação e retenção do corante

Juntamente ao ensaio de deposição foi realizado um ensaio de degradação e retenção do corante. Para isto, retirou-se uma amostra da calda de cada aplicação e utilizou-se os mesmos tipos de lâminas de vidro nesse processo.

Os tempos de exposição das lâminas de vidro às condições climáticas foram às mesmas em relação aos alvos nos ensaios principais, esse cuidado foi tomado para quantificar qualquer tipo de degradação e/ou retenção do corante, por exemplo, por luminosidade, no intervalo de tempo entre a aplicação da calda e as leituras das amostras em espectrofotômetro.

A determinação da degradação e retenção do corante foi realizada através da metodologia descrita por Carvalho (2013). Foram depositadas gotas de volume conhecido nos alvos com auxílio de uma micropipeta, marca Eppendorf, modelo Research Plus, com precisão de 0,5 a 10 μL , previamente aferida para depositar 2 μL de calda por gota. Esta aferição foi feita através da pesagem de 10 gotas da calda em uma balança, marca BEL, modelo 210A, com precisão de 0,0001 g, com três repetições, sendo este peso

relacionado à densidade da calda, avaliada através da pesagem de 100 mL da calda em balão volumétrico e utilizando-se a mesma balança, também com três repetições.

Foram utilizadas 24 lâminas de vidro para as amostragens, na qual depositaram-se 10 gotas da calda pulverizada em cada lâmina (Figura 12). A coleta das lâminas foi feita após 15 minutos da aplicação das caldas, sendo que todos os processos como identificação, armazenagem, transporte e lavagem das lâminas foram os mesmos descritos anteriormente, incluindo o tempo entre a aplicação e a lavagem para a extração do corante (CARVALHO, 2013).



Figura 12. Método de avaliação da degradação do corante em lâmina de vidro

Considerou-se degradação e retenção a quantidade de corante que não foi observada na forma de recuperação após as leituras por espectrofotometria, já que a quantidade inicial de corante depositado nos alvos era conhecida (depositada com micropipeta). Essa porcentagem não recuperada de corante foi acrescida em cada tratamento como um fator de correção devido à retenção do corante nos alvos ou degradação do mesmo durante o processo de armazenamento e extração.

5.5 Cálculos de estimativa de volume depositado nos papéis hidrossensíveis

O software DropScan utilizado para a análise das deposições no papel hidrossensível não fornece uma estimativa direta de deposição quantitativa volumétrica nos alvos, assim como descrito por Chaim et al. (1999). Essa análise de deposição volumétrica seria o dado mais importante para a correlação com a deposição nas lâminas, considerando a hipótese de usar o software e os papéis hidrossensíveis como

substitutos das lâminas como ferramenta de análise da deposição. Chaim et al. (1999) desenvolveu um algoritmo específico para transformar os dados de densidade e diâmetro de gotas e em valores de deposição volumétrica, possibilitando a comparação direta com a deposição volumétrica determinada por outros métodos. Entretanto, esse algoritmo depende da disponibilidade de todos os dados da distribuição dos diâmetros de gota, o que também não é fornecido pelo DropScan. Com a finalidade de propor uma solução para esse impasse (ausência de uma medida direta de deposição volumétrica no DropScan), os valores fornecidos de diâmetro mediano numérico (DMN) e dos diâmetros volumétricos ($DV_{0,5}$, $DV_{0,1}$ e $DV_{0,9}$) das gotas obtidos dos papéis hidrossensíveis com o DropScan foram transformados em volume depositado, calculado através da equação 1:

$$V \text{ gota} = \frac{\pi d^3}{6 \times 10^9} \quad (1)$$

Em que:

V gota = volume de gotas (μL);

d = diâmetro da gota (μm).

Em seguida multiplicou-se o volume da gota referenciada em cada valor de diâmetro (DNM, $DV_{0,5}$, $DV_{0,1}$ e $DV_{0,9}$) pela densidade de gotas, obtendo-se a deposição estimada em $\mu\text{L cm}^{-2}$ para cada um dos diâmetros, em cada amostra de papel analisada. Considerando-se a descrição da metodologia proposta por Chaim et al. (1999), onde as gotas foram separadas em extratos (classes de tamanho) para a execução dos cálculos de deposição volumétrica, de antemão já se sabia que o uso apenas de um desses quatro diâmetros não forneceria uma estimativa exata da deposição. Entretanto, esta transformação seria uma forma de viabilizar o uso de uma estimativa de volume com os dados gerados pelo DropScan para que se pudesse, por exemplo, comparar os coeficientes de variação entre as amostras, como medida da uniformidade de deposição de tratamentos.

5.6 Análises de correlação

Os dados de deposição da calda nas lâminas foram submetidos à análise de correlação com os resultados de cobertura, densidade de gotas e as deposições

estimadas pelo DMN, $DV_{0,1}$, $DV_{0,5}$ e $DV_{0,9}$ dos papéis hidrossensíveis, utilizando-se como referência o coeficiente de Pearson a 5% de probabilidade.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Condições climáticas

De modo geral, constatou-se na Tabela 3 diferenças quanto às condições climáticas, referentes à velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar no momento de cada aplicação. Na aplicação AP1 a velocidade do vento estava acima do recomendado pela Embrapa (2005), que sugere velocidade de até 10 km h^{-1} para realizar a aplicação aérea, enquanto que na AP2, AP3 e AP4 a velocidade do vento apresentava dentro da faixa indicada. Quanto à temperatura, a AP4 apresentou em média $35,11 \text{ }^\circ\text{C}$ durante a aplicação, sendo a mais alta temperatura em relação às demais. A umidade relativa do ar estava entre 41,81 e 45,60% na AP1, AP2 e AP3, no entanto na AP4 a umidade estava muito baixa, média de 24,97%. Estes dados mostram que as aplicações foram de fato realizadas dentro do contexto proposto de coletar dados em condições distintas para avaliar os métodos de análise de deposição.

6.2 Correlações entre os dados das lâminas de vidro e os Papeis hidrossensíveis

Na aplicação 1 onde foram utilizadas pontas Teejet D8 e o inseticida Etiprole (Curbix 200 SC), observa-se que não houve significância nas

correlações da deposição nas lâminas de vidro e os parâmetros obtidos nos papéis hidrossensíveis (Tabela 4).

O coeficiente de Pearson (r) das correlações entre a deposição nas lâminas de vidro e a densidade de gotas, cobertura e a deposição estimada pelo $DV_{0,9}$ apresentaram valores positivos (o que seria esperado), porém, muito baixos (de 0,0033 a 0,1063). De acordo com Ferreira (2000), o r determina o grau de relação entre duas variáveis, podendo variar de -1 a +1. O sinal (- ou +) indica a direção da correlação e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Os valores -1 e +1 indicam o máximo de correlação e o valor 0 significa independência das variáveis, isto é, não existe correlação.

Tabela 4. Correlação entre a deposição nas lâminas e as variáveis obtidas dos papéis hidrossensíveis: densidade de gotas, cobertura e deposições volumétricas estimadas a partir dos diâmetros (DMN , $DV_{0,1}$, $DV_{0,5}$ e $DV_{0,9}$) na aplicação 1.

Fator 1		Fator 2	r	p	Significância
Deposição (lâminas)	X	Densidade de gotas	0.1063	0.6557	Ns
Deposição (lâminas)	X	Cobertura	0.0033	0.9888	Ns
Deposição (lâminas)	X	Deposição (DMN)	-0.0169	0.9438	Ns
Deposição (lâminas)	X	Deposição ($DV_{0,1}$)	-0.1456	0.5403	Ns
Deposição (lâminas)	X	Deposição ($DV_{0,5}$)	-0.0271	0.9097	Ns
Deposição (lâminas)	X	Deposição ($DV_{0,9}$)	0.0958	0.6879	Ns

r: Coeficiente de correlação de Pearson;

p: nível de significância;

ns: não significativo.

As correlações entre a deposição nas lâminas de vidro e a deposição estimada pelo DMN , $DV_{0,1}$ e $DV_{0,9}$ dos papéis hidrossensíveis, apresentaram valores de r negativos indicando uma correlação inversa, ou seja, quando uma das variáveis aumenta a outra diminui (o que não seria esperado neste caso). Verifica-se, portanto, que nas condições em que a API foi realizada, não foi possível correlacionar a deposição nas lâminas de vidro com os parâmetros obtidos do papel hidrossensível.

Analisando a aplicação 2, verifica-se que houve significância na correlação entre a deposição nas lâminas e a cobertura, além da deposição estimada pelo $DV_{0,1}$, deposição estimada pelo $DV_{0,5}$ e a deposição estimada pelo $DV_{0,9}$, apresentando valores de coeficiente (r) entre 0.5647 e 0.6013. As correlações entre a deposição nas lâminas e densidade de gotas e a deposição estimada pelo DMN não foram significativas, apresentando valor de p em torno de 0.06 (Tabela 5).

Tabela 5. Correlação entre a deposição nas lâminas e as variáveis obtidas dos papéis hidrossensíveis: densidade de gotas, cobertura e deposições volumétricas estimadas a partir dos diâmetros (DMN, $DV_{0,1}$, $DV_{0,5}$ e $DV_{0,9}$) na aplicação 2.

Fator 1		Fator 2	r	p	Significância
Deposição (lâminas)	X	Densidade de gotas	0.4185	0.0662	Ns
Deposição (lâminas)	X	Cobertura	0.5647	0.0094	**
Deposição (lâminas)	X	Deposição (DMN)	0.4249	0.0618	Ns
Deposição (lâminas)	X	Deposição ($DV_{0,1}$)	0.5997	0.0052	**
Deposição (lâminas)	X	Deposição ($DV_{0,5}$)	0.5692	0.0088	**
Deposição (lâminas)	X	Deposição ($DV_{0,9}$)	0.6013	0.0050	**

r: Coeficiente de correlação de Pearson;

p: nível de significância;

ns: não significativo;

**Significativo a 1% de probabilidade.

Na tabela 6 estão descritos os resultados referentes às correlações entre a deposição nas lâminas de vidro (Fator 1) e os parâmetros analisados dos papéis (Fator 2) da aplicação 3. Semelhante a AP1 (Tabela 4), não houve significância entre as correlações propostas para esta aplicação, apresentando valores baixos do coeficiente (r) e em alguns casos, valores negativos, como pode ser observado nas correlações da deposição nas lâminas entre a deposição estimada pelo DMN e pelo $DV_{0,5}$.

Tabela 6. Correlação entre a deposição nas lâminas e as variáveis obtidas dos papéis hidrossensíveis: densidade de gotas, cobertura e deposições volumétricas estimadas a partir dos diâmetros (DMN, DV_{0,1}, DV_{0,5} e DV_{0,9}) na aplicação 3.

Fator 1		Fator 2	r	p	Significância
Deposição (lâminas)	X	Densidade de gotas	0.0718	0.7636	Ns
Deposição (lâminas)	X	Cobertura	0.3708	0.1075	Ns
Deposição (lâminas)	X	Deposição (DMN)	-0.1962	0.4071	Ns
Deposição (lâminas)	X	Deposição (DV _{0,1})	0.1668	0.4822	Ns
Deposição (lâminas)	X	Deposição (DV _{0,5})	-0.0125	0.9584	Ns
Deposição (lâminas)	X	Deposição (DV _{0,9})	0.0201	0.9331	Ns

r: Coeficiente de correlação de Pearson;

p: nível de significância;

ns: não significativo.

A aplicação 4 na qual utilizou-se pontas do tipo CP-03 e o inseticida Tiametoxam+Lambda-cialotrina (Engeo Pleno), houve significância nas correlações da deposição nas lâminas em todos os parâmetros obtidos dos papéis hidrossensíveis, com exceção da deposição estimada pelo DMN, que demonstrou valor de *p* de 0.8269 (Tabela 7).

A correlação entre a deposição nas lâminas e a densidade de gotas foi significativa a 5% de probabilidade, enquanto que as correlações da deposição das lâminas e as variáveis de cobertura, deposição estimada pelo DV_{0,1}, DV_{0,5} e DV_{0,9}, tiveram significância de 1% de probabilidade. O maior coeficiente (*r*) foi verificado na correlação entre a deposição nas lâminas e a cobertura (0.6793).

Atualmente não existem muitas informações na literatura sobre a utilização da análise de gotas para os estudos de quantificação de produtos fitossanitários em alvos artificiais (CHAIM et al., 1999). Um dos únicos trabalhos nessa linha de pesquisa, desenvolvido por Corrêa et al. (1992), apresenta resultados semelhantes, com uma grande discrepância entre os resultados da deposição estimada por análise de gotas em papel kromekote e análise química quantitativa do traçador (sulfato de magnésio). Os

autores confirmam que o método analítico é mais preciso, assim como reconhecem que existe uma incoerência entre os resultados da deposição no papel e no método analítico com o traçador.

Tabela 7. Correlação entre a deposição nas lâminas e as variáveis obtidas dos papéis hidrossensíveis: densidade de gotas, cobertura e deposições volumétricas estimadas a partir dos diâmetros (DMN, DV_{0,1}, DV_{0,5} e DV_{0,9}) na aplicação 4.

Fator 1		Fator 2	r	p	Significância
Deposição (lâminas)	X	Densidade de gotas	0.4856	0.0300	*
Deposição (lâminas)	X	Cobertura	0.6793	0.0010	**
Deposição (lâminas)	X	Deposição (DMN)	0.0522	0.8269	Ns
Deposição (lâminas)	X	Deposição (DV _{0,1})	0.6368	0.0025	**
Deposição (lâminas)	X	Deposição (DV _{0,5})	0.6679	0.0013	**
Deposição (lâminas)	X	Deposição (DV _{0,9})	0.6442	0.0022	**

r: Coeficiente de correlação de Pearson;

p: nível de significância;

ns: não significativo;

**Significativo a 1% de probabilidade;

*Significativo a 5% de probabilidade.

Observando-se de maneira geral os resultados obtidos neste trabalho, constatou-se que os dados de correlação entre os parâmetros fornecidos diretamente pelo DropScan (cobertura e densidade de gotas) e a análise da deposição nas lâminas não forneceu um conjunto de correlações robustas que oferecesse segurança para a utilização do conjunto “papel hidrossensível + software” como forma alternativa de avaliação da pulverização, na comparação direta com o método de análise da deposição nas lâminas.

No caso da análise da cobertura nos papéis hidrossensíveis, é importante ressaltar que os resultados da leitura oferecidos pelo software são diretamente dependentes do fator de espalhamento da calda sobre os alvos e do tamanho efetivo das gotas, o que propicia fatores suplementares de variabilidade no processo de análise. Desta

maneira, com base nos resultados obtidos neste trabalho, o uso dos dados de cobertura nos papéis não deveria ser posicionado como forma direta de alternativa de avaliação na comparação com a deposição de traçadores nos métodos quantitativos de avaliação da deposição. A análise da densidade de gotas no papel, por sua vez, apresenta um potencial de interferência direta do espectro de gotas no resultado da avaliação (tamanho das gotas), o que não ocorre o caso do método da deposição nas lâminas, e a ausência de consistência nas correlações reforça a inadequação do uso do papel como método alternativo à análise da deposição com o traçador e as lâminas.

É importante ressaltar que o software DropScan® utilizado para leitura dos papéis hidrossensíveis neste trabalho apresenta uma limitação por não disponibilizar os cálculos da deposição volumétrica da calda e a distribuição completa do espectro (todos os diâmetros de gota estimados na amostra), o que também inviabiliza a aplicação de algoritmos como o descrito por Chaim et al. (1999) para a realização desse cálculo de estimativa da deposição volumétrica nos alvos.

Como forma alternativa de estimar esta deposição, foi proposto nesse trabalho o uso direto dos diâmetros fornecidos pelo DropScan (DMN, $DV_{0,1}$, $DV_{0,5}$ e $DV_{0,9}$) para o cálculo da deposição nos papéis, através do cálculo simples da densidade de gotas pelo volume estimado das mesmas, mas a ausência de correlações consistentes mostra que esse método também possui limitações e não representaria uma forma adequada de substituir as lâminas como método de análise da deposição volumétrica nas pulverizações.

6.3 Correlações entre os coeficientes de variação nas amostras

Uma outra forma de se utilizar o papel hidrossensível como alternativa ao estudo da deposição nas lâminas seria como ferramenta de análise da variabilidade de deposição da pulverização. Assim, um índice robusto e significativo de correlação entre os coeficientes de variação das amostras em cada aplicação quando analisado pelo papel e pelas lâminas poderia indicar que ambos os métodos estariam captando informações similares quanto à variabilidade dos depósitos na área aplicada. Neste caso, o método de trabalho que utiliza o papel e o software DropScan poderia então ser utilizado de maneira adequada como substituto das lâminas para a análise da qualidade (ou uniformidade) de deposição da pulverização.

Seguindo-se este princípio, analisando a correlação entre o coeficiente de variação (CV) da deposição da calda nas lâminas de vidro e o CV da cobertura das gotas dos papéis hidrossensíveis das aplicações, observou-se uma correlação forte e positiva entre as variáveis, apresentando r de 0,9855 e significância a 5% de probabilidade (Tabela 8). Estes resultados indicam que o uso do papel hidrossensível em conjunto com o DropScan propiciaria um desempenho adequado para a análise da variabilidade dos depósitos quando o parâmetro de avaliação foi a cobertura das gotas no papel.

Tabela 8. Correlação entre o coeficiente de variação (CV) da deposição da calda nas lâminas de vidro e o CV da cobertura dos papéis hidrossensíveis nas aplicações AP1, AP2, AP3 e AP4.

	CV Deposição (%)	CV Cobertura (%)
AP1	45.6	54.7
AP2	44.4	50.9
AP3	45.6	49.7
AP4	58.0	75.4
r	0.9855	
p	0.0145	
Significância	*	

r : Coeficiente de correlação de Pearson;

p : nível de significância;

*Significativo a 5% de probabilidade.

A tabela 9 apresenta a correlação entre o CV da deposição da calda nas lâminas de vidro e o CV da densidade de gotas nos papéis hidrossensíveis nas aplicações. Verifica-se que o coeficiente de correlação (r) foi de 0.5815, indicando uma correlação moderada entre as variáveis, entretanto, não houve significância nas correlações, apresentando um valor de p de 0.4185. Neste caso, os resultados indicam que o uso do papel hidrossensível em conjunto com o DropScan não propiciou um desempenho adequado para a análise da variabilidade dos depósitos quando o parâmetro de avaliação foi a densidade de gotas no papel.

Tabela 9. Correlação entre o coeficiente de variação (CV) da deposição da calda nas lâminas de vidro e o CV da densidade de gotas dos papéis hidrossensíveis nas aplicações AP1, AP2, AP3 e AP4.

	CV Deposição (%)	CV densidade de gotas (%)
AP1	45.6	45.3
AP2	44.4	47.2
AP3	45.6	69.3
AP4	58.0	68.4
<i>r</i>	0.5815	
<i>p</i>	0.4185	
Significância	ns	

r: Coeficiente de correlação de Pearson;

p: nível de significância;

ns: não significativo.

Um fato importante a ser destacado nos resultados obtidos neste trabalho é a concomitância de resultado significativo das correlações da deposição nas lâminas com a cobertura das gotas e com a estimativa de deposição pelo uso dos diâmetros volumétricos das gotas nas aplicações AP2 e AP4 (Tabelas 5 e 7). Nestes casos, observa-se que nas aplicações onde houve correlação significativa da cobertura nos papéis com a deposição nas lâminas, houve igualmente correlações significativas entre os volumes estimados de depósito nos papéis (através dos diâmetros volumétricos) e a deposição real nas lâminas. Esse fato, somado à correlação significativa entre os coeficientes de variação das pulverizações quando calculados a partir dos dados de deposição nas lâminas e da cobertura dos papéis, reforça a hipótese de que há um maior potencial para uso dos dados de cobertura nos papéis como base para um método alternativo de avaliação à deposição real nas lâminas quando do uso do DropScan.

7 CONCLUSÕES

Não houve consistência nas correlações entre a deposição da calda avaliada por espectrofotometria nas lâminas de vidro e os parâmetros determinados pelo DropScan nos papéis hidrossensíveis para as aplicações realizadas neste trabalho. Em duas das aplicações avaliadas nenhuma das correlações foi significativa (aplicações 1 e 3), enquanto nas aplicações 2 e 4 houve significância de algumas das correlações, principalmente no caso da cobertura estimada nos papéis hidrossensíveis.

Na análise da correlação entre os coeficientes de variação da deposição da calda nas lâminas e da cobertura nos papéis hidrossensíveis houve uma correlação forte e significativa, indicando que o uso do papel hidrossensível em conjunto com o DropScan produziu resultados coerentes com a análise de deposição nas lâminas quando o estudo teve como objetivo a análise da variabilidade (ou uniformidade) dos depósitos nas parcelas aplicadas.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABI SAAB, O. J. G. **Avaliação de um sistema de aplicação de defensivos utilizado em videiras no Município de Londrina - PR**. 1996. 65 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

ANTUNIASSI, U. R. Conceitos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos para a cultura da soja. **Boletim de pesquisa de Soja 2009**. Rondonópolis, v. 13, p. 299-317, 2009.

ANTUNIASSI, U. R. et al. Systems of aerial spraying for soybean rust control. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.4, p.695-703, 2011.

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, p. 193-219, 2005.

ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação: Conceitos básicos, inovações e tendências. In: TOMQUELSKI, G. V. et al. (Eds.). **Publicações Fundação Chapadão: Soja e Milho 2011/2012**. 5 ed. Chapadão do Sul: Fundação Chapadão. cap. 16, p. 113-139, 2012.

ANTUNIASSI, U. R.; BAIO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa trigo, 2008. p. 174-175.

ARAÚJO, E. C. **Histórico e perfil da aviação agrícola brasileira**. 2015. Disponível em: <http://www.agronautas.com/images/pdf/Perfil_aviao_agricola_brasileira_2015_versao_3_0.pdf>. Acesso em: 02 maio 2015.

ARAÚJO, E. C. Tecnologia de aplicação por via aérea. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Aldeia Norte, Botucatu-SP, p. 158-177, 2011.

ASABE S561.1. Procedure for measuring drift deposits from ground, orchard, and aerial sprayers. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, MI. 2009.

BALAN, M. G.; GRIGOLI, O. J.; ABI SAAB, O. J. G.; Distribuição da calda na cultura da videira por turboatomizador com diferentes pontas. **Ciência Rural**. Santa Maria. v. 36, n 3. p. 731 -738, 2006.

BOUSE, L. F. et al. Nozzle selection for optimizing deposition and minimizing spray drift for the Air tractor. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 37, n. 6, p. 1725-1731, 1994.

BRIAND, O. et al. Comparison of different sampling techniques for the evaluation of pesticide spray drift in apple orchards. **The Science of the Total Environment**, Paris, v. 288, p. 199-213, 2002.

CARVALHO, F. K. **Influência de adjuvantes de calda no depósito e deriva em aplicações aéreas e terrestres**. 72 f., 2013. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2013.

CARVALHO, W. P. A. **Estudo comparativo entre métodos de amostragem de gotas para determinação de faixa de deposição nas aplicações de produtos líquidos**. 1995. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)- Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1995.

CARVALHO, W. P. A.; BOLLER, W.; ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação por via aérea. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Aldeia Norte, Botucatu-SP, p. 143-157, 2011.

CHAIM, A.; MAIA, A. H. N.; PESSOA, M. C. P. Y. Estimativa de deposição de agrotóxicos por análise de gotas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n. 6, p.963-969, 1999.

CHECHETTO, R. G. et al. Influência de pontas de pulverização e adjuvantes no potencial de redução de deriva em túnel de vento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 37-46, 2013.

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

CORRÊA, H. G. et al. Análise das deposições da pulverização aérea simulando a aplicação de *Metarrhizium anisopliae* (Metsch) na cultura da cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.51, n.1, p.95-109, 1992.

CORRÊA, H. G. et al. Depósitos de calda obtidos com a aplicação aérea de defensivos na cultura da banana. **Bragantia**, v.63, p.121-128, 2004.

COSTA, M.F. **Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas**. Universidade Federal do Mato Grosso EFMT. Agosto de 2009

COSTA, N. V. et al. Deposição de gotas de pulverização e pH foliar em plantas daninhas aquáticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro. **Resumos...** São Pedro: SBCPD, 2004. 1 CD-ROM.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Aplicação aérea e terrestre de fungicida para o controle de doenças do milho. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 366-372, 2010.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 343-351, 2011.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39 n.10 out. 2004.

EMBRAPA. **Sistemas de produção de Ameixa Européia**. Tecnologia de aplicação de defensivos. 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/#ameixa>> Acesso em: 07 jun. 2015.

FERRACINI, V. L.; CHAIM, A.; PESSOA, M. C. P. Y. Utilização da Rodamina B como traçador na avaliação de deposição de agrotóxicos. In: Congreso virtual iberoamericano sobre gestión de calidad en laboratorios, 2., Valladolid, 2004. **Libro de comunicaciones...** Valladolid: Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, p. 467-472, 2004.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à Agronomia**. Maceió: EDUFAL, 3ª ed. 422p. 2000.

FOX, R. D. et al. Downwind residue from air spraying of a dwarf apple orchard. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 33, n. 4, p. 1104-1108, 1990.

GADANHA JÚNIOR, C. D. et al. **Máquinas e implementos agrícolas do Brasil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 468 p. 1991.

GANDOLFO, M. A. et al. Effect of working pressure at different spray nozzles on drift quantification in wind tunnel. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 80-87, 2014.

GANDOLFO, U. D. **Influência de diferentes misturas em tanque contendo o herbicida 2,4-d no espectro de gotas da aplicação**. 2014. 44 f. Dissertação (Mestrado em agronomia/Energia na agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1995.

HILL, B. D.; INALBA, D. J. Use of water-sensitive paper to monitor the deposition of aerially applied insecticides. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 82, n. 3 p. 974-980, 1989.

- KISSMANN, K. G. Rumos e tendências da pesquisa em tecnologia de aplicação de agrotóxicos: a visão da indústria química. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS: **Eficiência, economia e preservação da saúde humana e do ambiente**, 2., 2001. Jundiaí - SP 2001. Anais... Jundiaí, 9p. 2001.
- MARCHI, S. R. et al. Degradação luminosa e retenção foliar dos corantes azul brilhante FDC-1 e amarelo tartrasina FDC-5 utilizados como marcadores em pulverizações. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 287-294, 2005.
- MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, p.3-86, 1990.
- MAZIERO, H. **Estudo de tecnologias de aplicação e inseticidas para o controle de percevejos fitófagos na cultura da soja**. 2006. 34 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2006.
- MOREIRA JUNIOR, O. **Construção e validação de um túnel de vento para ensaios de estimativa da deriva em pulverizações agrícolas**. Tese de Doutorado, UNESP – Campus Botucatu, 2009.
- MOTA, A. A. B. **Quantificação do ar incluído e espectro de gotas de pontas de pulverização em aplicações com adjuvantes**. 74 f. Dissertação Mestrado, UNESP – Campus Botucatu. 2011.
- OLIVEIRA, R. B. **Caracterização funcional de adjuvantes em soluções aquosas**. 2011, 134 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.
- OLIVEIRA, R. B.; ANTUNIASSI, U. R.; MOTA, A. A. B.; CHECHETTO, R. G. Potential of adjuvants to reduce drift in agricultural spraying. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 5, p. 986-992, 2013.
- OLIVEIRA, V. A. B.; OLIVEIRA, G. M.; GIGLIOTTI, E. A.; IGARASHI, W. T.; SAAB, O. J. G. A. Desempenho de bicos rotativos e hidráulicos na aplicação aérea de fungicidas em cana-de-açúcar. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 4, n. 3, p.111-122, 2011.
- OZEKI, Y. **Manual de aplicação aérea**. São Paulo: Ed. do Autor, 2006.
- PALLADINI, L. A. **Metodologia para avaliação da deposição em pulverizações**. 111 f., 2000. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2000.
- PALLADINI, L. A.; RAETANO, C. G.; VELINI, E. D. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 440-445, 2005.
- REZENDE, D. T. **Análise comparativa de métodos para quantificação dos depósitos da pulverização em diferentes alvos**. 67 f., 2011. Dissertação (Mestrado em Proteção de

Plantas). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

REZENDE, D. T.; RAETANO, C. G.; M. DAL POGETTO, H. F. A.; PRADO, E. P.; CHRISTOVAM, R. S.; SERRA, M. E.; COSTA, S. I. A. Agricultural spray deposit quantification methods. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 28, n. 6, p. 825-831, 2012.

SALVADOR, J. F. **Análise da deposição em aplicações aéreas de defensivos em função de diferentes alturas de voo e volumes de calda**. 61 f, 2011,. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

SALYANI, M.; CROMWELL, R. P. Spray drift from ground and aerial applications. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 35, n. 4, p. 1113-1129, 1992.

SCHRÖDER, E.P. **Avaliação de sistemas aeroagrícolas visando à minimização de contaminação ambiental**. 2003. 73p. Tese (Doutorado)-Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

SERRA, M. E.; CHAIM, A.; RAETANO, C. G. Pontas de pulverização e eletrificação das gotas na deposição da calda em plantas de crisântemo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 4, p.479-485, 2008.

SOARES FILHO, S. I. B. **Avaliação qualitativa e quantitativa na deposição de calda de pulverização em quatro espécies do gênero *commelina***. 79 f, 2008,.Dissertação (Mestrado em Agricultura). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

SOUZA, R. T. et al. Aspectos metodológicos para análise de depósitos de pulverizações pela determinação dos depósitos pontuais. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 195-202, 2007.

STEFANELO, M. S. et al. Caracterização da pulverização de fungicida na cultura do trigo com pontas hidráulicas e atomizadores rotativos de discos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.5, p. 1012-1018, 2014.

TOMAZELA, M. S. et al. Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da densidade populacional de *Brachiaria plantaginea*, do volume e do ângulo de aplicação. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 24, p. 183-189, 2006.