

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

**ANÁLISE DA DEPOSIÇÃO EM APLICAÇÕES AÉREAS DE
DEFENSIVOS EM FUNÇÃO DE DIFERENTES ALTURAS DE VÔO E
VOLUMES DE CALDA**

JONAS FELIPE SALVADOR

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

BOTUCATU – SP.

Março – 2011

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

**ANÁLISE DA DEPOSIÇÃO EM APLICAÇÕES AÉREAS DE
DEFENSIVOS EM FUNÇÃO DE DIFERENTES ALTURAS DE VÔO E
VOLUMES DE CALDA**

JONAS FELIPE SALVADOR

Engenheiro Florestal

Orientador: Prof. Dr. Ulisses Rocha Antuniassi

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

BOTUCATU – SP.

Março – 2011

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

S182a Salvador, Jonas Felipe, 1984-
Análise da deposição em aplicações aéreas de defensivos em função de diferentes alturas de voo e volumes de calda / Jonas Felipe Salvador. - Botucatu : [s.n.], 2011
xx, 61 f. : il. color., gráfs., tabs., fots.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2011
Orientador: Ulisses Rocha Antuniassi
Inclui bibliografia

1. Deriva. 2. Florestas - Formação. 3. Herbicidas. 4. Pastagens. 5. Pulverização aérea. I. Antuniassi, Ulisses Rocha. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. III. Título.

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: “ANÁLISE DA DEPOSIÇÃO EM APLICAÇÕES AÉREAS DE
DEFENSIVOS COMBINANDO DIFERENTES ALTURAS DE VÔO E
VOLUMES DE CALDA”**

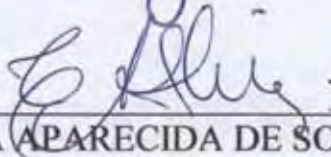
ALUNO: JONAS FELIPE SALVADOR

ORIENTADOR: PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI



DRA. CAROLINA APARECIDA DE SOUZA QUEIROZ



PROF. DR. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

Data da Realização: 02 de março de 2011.

“Ache um emprego que você ame e nunca mais terá que trabalhar um dia na sua vida”

Jim Fox

*Aos meus pais Odair e Hilda,
À minha irmã Michelle e seu marido Alex,
Aos meus avós Terezinha e Adayr (in memorian);
À minha tia Nanci;
À afilhada Ana Luiza;
À toda minha família.*

*Pelo amor, apoio e compreensão neste e em todos os momentos de
minha vida.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida, amigos, oportunidades e todas as realizações.

Ao Prof. Dr. Ulisses Rocha Antuniassi, pela orientação, amizade, dedicação dispensada, ensinamentos e oportunidades.

Ao Prof. Dr. Saulo Phillipe Sebastião Guerra e família pela amizade, conselhos e ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Paulo Roberto Arbex Silva, Prof. Dr. Kléber Pereira Lanças e Prof. Dr. Caio Antonio Carbonari e Dra. Carolina Aparecida de Souza Queiroz pela amizade e apoio prestado para conclusão do trabalho.

À minha namorada Aline Regina Ruiz Lima, pelo companheirismo, paciência e carinho durante a realização dos trabalhos e sempre.

À empresa Duratex, em nome do Diretor Dr. Antonio Joaquim de Oliveira e dos Gerentes Sr. Valerio Cosme Sales Tiburcio e Sr. José Luiz da Silva Maia, pelo apoio incondicional para a realização do curso.

Aos amigos e companheiros de experimentos Rone, Alisson, Anne, Maria, Rafael, Silva e Edson pelas valiosas contribuições e bons momentos de convívio.

Aos amigos Deyvid, Leonardo Pretto, Fábio Catulé, Kairo, Maria Cláudia, Kaliana, Cléber, Leonardo Martins, Juliana Rosa, Tiago Pinto e Paula Arigoni, pela convivência, apoio e amizade.

Aos amigos e funcionários do Laboratório de Matologia Guilherme, José Roberto e Marcelo pelas colaborações durante a realização dos experimentos.

Ao amigo Guilherme Oguri pela valiosa contribuição na conclusão do trabalho.

A todos os amigos da FEPAF, Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, em especial Cintia, Sergio, Aline, Silvia, Fernanda, Patrícia, Pedro, Marcelo e Fernando

À Faculdade de Ciências Agronômicas e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia / Energia na Agricultura, pela formação e oportunidade.

Às funcionárias da pós-graduação da FCA, Tainá, Marlene, Marilena, Kátia e Jaqueline.

A CAPES, pela bolsa de estudos concedida no início do curso.

À Dow Agrosience pelo apoio à pesquisa.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente, contribuíram na realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
1. RESUMO	11
2. SUMMARY	13
3. INTRODUÇÃO	15
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
4.1 Setor Florestal Brasileiro	17
4.2 Plantas daninhas em florestas	19
4.3 Tecnologia de aplicação	21
4.4 Aviação agrícola e pulverização aérea	22
4.5 Deposição de calda	24
4.6 Deriva	26
5. MATERIAL E MÉTODOS	28
5.1 Área experimental	28
5.2 Tratamentos	29
5.3 Coordenadas geográficas	31
5.4 Preparo das caldas de pulverização	31
5.5 Aeronave e equipamentos para aplicação	32
5.6 Calibração do volume de aplicação	33
5.7 Alturas de vôo	34
5.8 Deposição de calda nas parcelas	36
5.9 Coleta de dados metereológicos	39
5.10 Análise dos dados	39
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
6.1 Condições climáticas	41
6.2 Distribuição pontual dos depósitos de calda nos coletores	43
6.3 Depósitos de calda	46
6.4 Depósitos de calda x volumes de aplicação x alturas de vôo	48

6.5 Deriva	49
6.6 Dosagem de herbicida	51
7. CONCLUSÃO	53
8. REFERÊNCIAS	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos tratamentos utilizadas nas aplicações aéreas	29
Tabela 2. Descrição das tecnologias que foram utilizadas nos ajustes de calibração para os três volumes aplicados	34
Tabela 3. Descrição das condições climáticas no momento das aplicações	42
Tabela 4. Valores máximos, mínimos e médios dos depósitos de calda em ng cm^{-2} , utilizando-se o Intervalo de Confiança ($\text{IC}_{95\%}$)	47
Tabela 5. Valores máximos, mínimos e médios da deriva em porcentagem, utilizando-se o Intervalo de Confiança ($\text{IC}_{95\%}$)	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principais gêneros florestais plantados no Brasil	17
Figura 2: Instrumentação básica do método de HPLC	26
Figura 3. Imagem geral da área da Fazenda Morro Bonito	28
Figura 4. Croqui com a distribuição dos tratamentos	30
Figura 5. Representação teórica do delineamento no campo com a alocação dos coletores utilizado para todos os tratamentos	30
Figura 6. Receptor GPSMAP76CSx	31
Figura 7. Preparo da calda utilizada. a) adição do herbicida; b) adição do óleo adjuvante	32
Figura 8. a) Aeronave Air Tractor AT-802; b) barra com bicos de pulverização	33
Figura 9. a) Barra de luzes do sistema Satloc “Airstar”; b) Monitor do sistema de posicionamento	33
Figura 10. Controlador automático de vazão	34
Figura 11. Aeronave a 10 metros de altura	35
Figura 12. Aeronave a 30 metros de altura	35
Figura 13. Aeronave a 40 metros de altura	35
Figura 14. Coletores de vidro fixadas em suporte PVC e estaca de madeira	36
Figura 15. Retirada dos coletores e acondicionamento em recipientes plásticos	37
Figura 16. Cromatógrafo utilizado nas análises	37
Figura 17. Cromatograma de rodamina obtido por HPLC em solução padrão	38
Figura 18. Cromatograma de rodamina obtido por HPLC em amostra	38
Figura 19. Estação metereológica utilizada com detalhes dos sensores e painel de leitura	39
Figura 20 Mapas da distribuição pontual dos depósitos (ng cm^{-2}) com volume de 20 L ha^{-1} nas alturas de vôo de 30 e 40 m, sentido do vento predominante (↖) e sentido do trajeto da aeronave nas aplicações (↗)	43
Figura 21. Mapas da distribuição pontual dos depósitos (ng cm^{-2}) com volume de 30 L ha^{-1} nas alturas de vôo de 10, 30 e 40 m, sentido do vento predominante (↖) e sentido do trajeto da aeronave nas aplicações (↗)	44

Figura 22. Mapas da distribuição pontual dos depósitos (ng cm^{-2}) com volume de 50 L ha^{-1} nas alturas de vôo de 10, 30 e 40 m, sentido do vento predominante (↖) e sentido do trajeto da aeronave nas aplicações (↗)	45
Figura 23. Depósitos de calda (ng cm^{-2}) em função dos diferentes tratamentos (volumes x alturas)	46
Figura 24. Superfície de resposta dos depósitos em função das combinações de volume de caldas ($20, 30 \text{ e } 50 \text{ L ha}^{-1}$) e alturas de vôos (10, 30 e 40 m)	48
Figura 25. Porcentagem de perdas nas diferentes combinações de volumes de calda e alturas de vôo	49
Figura 26. Depósitos ponderados para a dose do herbicida (L ha^{-1}) nos diferentes tratamentos, combinações de volumes de calda e alturas de vôo	51

1. RESUMO

O setor florestal brasileiro ocupa destaque no cenário mundial da cultura de florestas plantadas. A ampliação das áreas com florestas plantadas demandam desenvolvimento tecnológico e otimização de mão-de-obra. O uso da aviação está em franca expansão na atividade florestal. O presente trabalho teve o objetivo de definir qual a melhor combinação entre alturas de vôo e volumes de calda na aplicação aérea de herbicidas em área de implantação florestal por meio de análise de deposição das caldas. O experimento foi realizado em área de pastagem da Fazenda Morro Branco, situada no município de Porto Espiridião no Estado de Mato Grosso. O ensaio foi instalado com nove tratamentos que consistiram nas combinações de três volumes de calda (20, 30 e 50 L ha⁻¹) e três alturas de vôo (10, 30 e 40 m). As aplicações foram realizadas utilizando-se uma Aeronave Air Tractor AT-802, equipada com barras contendo 54 bicos com pontas de jato plano ajustáveis. Os dados foram analisados inicialmente por meio de mapas para verificar a variabilidade espacial e tendência da distribuição pontual dos depósitos das caldas. Posteriormente foi realizada a análise comparativa dos tratamentos utilizando o método estatístico “Intervalo de Confiança para Diferenças entre as Médias” com grau de confiança de 95% (IC_{95%}). Para a determinação dos depósitos de calda foi utilizado metodologia de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) e para determinação de deriva foi utilizado balanço de massas. Em geral, houve tendência de aumento de depósitos de calda com a redução da altura de vôo, independente do volume aplicado. Os tratamentos com altura de vôo de 10 m apresentaram quantidades de depósitos superiores aos demais tratamentos, independente do volume de calda aplicado.

Verificou-se acentuada redução dos depósitos em todos os tratamentos na primeira linha no sentido contrário ao vento predominante. Observou-se aumento da deriva na medida em que se reduz o volume de calda e se aumenta a altura de vôo.

Palavras-chave: Deriva; Florestas – Formação; Herbicidas; Pastagens; Pulverização aérea..

2. SUMMARY

DEPOSIT ANALYSIS OF PESTICIDE AERIAL APPLICATION IN FUNCTION OF DIFFERENT HEIGHTS FLIGHT AND SPRAY MIXTURE VOLUME.

Dissertação (mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Jonas Felipe Salvador

Adviser: Ulisses Rocha Antuniassi

The Brazilian forestry sector takes a highlight position on the global forest plantations. Forestry plantation areas are in expansion and require technological development and workmanship optimization. The use of aviation technology is growing in forest areas. The aim of the study was to define the best combination of height flight and spray volume rates in aerial herbicides application in forestry establishment area by deposition analysis. The experiment was conducted in a pasture area at Morro Branco Farm, located in Porto Espiridiao City, Mato Grosso State. The test was set up with nine treatments, consisted of three spray volumes rates (20, 30 and 50 L ha⁻¹) and three height flights (10, 30 and 40 m). The applications were performed by Aircraft Air Tractor AT-802, equipped with boom containing 54 nozzles with adjustable flat fan tips. Data were analyzed initially by using maps to determine the spatial distribution and trend of timely deposits of mixtures. Afterwards, for comparison between treatments, the statistical method "Confidence Intervals for Differences between Means" was used, with confidence level of 95%. Spray deposits was determinate by High Performance Liquid Chromatography (HPLC) and for drift determination was used mass

balance. In general, there was a tendency to increase spray deposits by reducing flying height, regardless of the volume applied. The treatments with 10 m flying height had higher deposits amounts, regardless of spray volume rate. It was observed deposits reduction in all treatments in the first line of wind opposite direction. There was a drift increase with spray volume rate reduces, and height flight increases.

Keywords: Aerial Spraying; Drift; Forestry establishment; Herbicide; Pasture.

3. INTRODUÇÃO

As atividades do setor florestal estão em grande expansão no cenário brasileiro. A necessidade de substituição do uso de madeira proveniente de florestas naturais por recursos renováveis está resultando na grande ampliação de áreas com plantações florestais. Aliado a um ótimo momento do setor, o aumento da capacidade produtiva das empresas florestais do Brasil, tanto no setor de papel e celulose, como nos setores de painéis de madeira e florestas energéticas, está causando um alto crescimento nas áreas de cultivo florestal.

O Brasil por ser um país com dimensões continentais, apresenta grandes áreas disponíveis para implantação de novas culturas. A maior parte dos reflorestamentos é implantada em áreas de pastagens, muitas vezes degradadas, o que torna esta atividade de fundamental importância para restauração e preservação dos solos brasileiros.

A crescente expansão da atividade florestal no Brasil e a falta de mão-de-obra para se realizar as operações florestais, fazem com que o setor busque tecnologias inovadoras para se conduzir as atividades com eficiência. Algumas técnicas utilizadas normalmente na agricultura têm sido implantadas com sucesso no setor florestal. O uso das técnicas da aviação agrícola em áreas florestais é um recurso que está ganhando espaço entre as operações de manejo dos reflorestamentos. A aviação aplicada às florestas pode estar associada à aplicação de adubos, defensivos, controle biológico de pragas e doenças e combate a incêndios.

A utilização da aviação na área florestal é conhecida desde os primórdios da tecnologia de aplicação aérea, com a utilização de aeronaves para a pulverização de inseticidas no controle de gafanhotos e lagartas em florestas no Canadá e Europa. No Brasil é recente o uso da aviação na área florestal em larga escala. Empresas do setor estão buscando este recurso com o objetivo de redução de custos, melhoria da qualidade das operações, agilidade no trabalho e acesso a áreas com restrição de tráfego de máquinas.

O uso de defensivos nas empresas florestais exportadoras de produtos é rigidamente controlado, principalmente pelo fato de obedecerem a normas internacionais de proteção ao meio ambiente, como as regras estabelecidas pelos órgãos de certificação florestal. Portanto o uso racional dos agroquímicos e a execução da operação de aplicação de maneira eficiente são fatores importantes na escolha da tecnologia que será utilizada.

No uso da pulverização aérea, a escolha correta da altura de vôo e volume de calda utilizado é fundamental para que a operação ocorra de forma eficiente, reduzindo o risco de deriva e impacto ambiental. Além disso, a redução do volume de calda aplicada está diretamente relacionada à redução do uso da água nas aplicações de defensivos.

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi definir qual a melhor combinação entre alturas de vôo e volumes de calda na aplicação aérea de herbicidas em área de implantação florestal por meio de análise de deposição das caldas.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Setor Florestal Brasileiro

O setor florestal apresenta importância destacada para o crescimento da economia brasileira (ROSSI, 2008). Em 2009 a área total de florestas plantadas no Brasil atingiu 6.782.500 ha sendo a maior parte formada por povoamentos dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* como mostra a Figura 1. O cultivo de espécies destes dois gêneros apresentou um crescimento de 2,5 % em relação ao total de 2008, considerado modesto tendo em vista que entre 2005 e 2008 o crescimento médio anual foi de 5,5 %. (ABRAF, 2010).

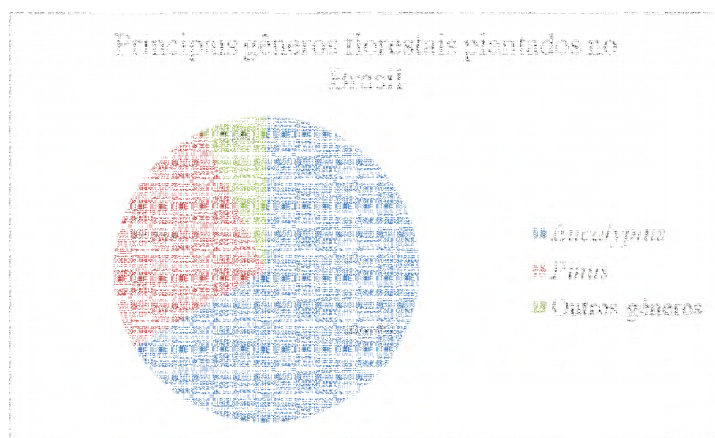


Figura 1. Principais gêneros florestais plantados no Brasil (adaptado de ABRAF, 2010).

Temendo a possibilidade de escassez de matéria-prima florestal, alguns estados implantaram grandes áreas reflorestadas visando o abastecimento das suas indústrias do setor florestal, como Minas Gerais, São Paulo e Espírito Santo na Região Sudeste. Estes estados detêm mais de 40% do total de mais de 5 milhões de hectares reflorestados com os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* existentes no país (ABRAF, 2008).

Segundo a Associação Brasileira de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI, 2007), em 2006, a produção de madeira serrada atingiu 23,8 milhões m³, predominando a madeira tropical (14,7 milhões m³) frente à produção de madeira de pinus (9,1 milhões m³).

As exportações brasileiras totalizaram cerca de 2,9 milhões m³ no mesmo ano. A produção de compensados em 2006 foi de 3,04 milhões de m³ com exportações totalizando cerca de 2,2 milhões m³, com o valor total de US\$ 650 milhões . (SBS, 2007)

Segundo Bacha (2008), o Brasil tem vivenciado uma escassez de madeira de reflorestamento, apesar de suas imensas florestas nativas e grande área reflorestada, o que atinge as empresas de modo diferente. A crise financeira internacional, evidenciada a partir da crise no mercado imobiliário norte-americano, conhecida apenas como a crise de 2008, não parecia ter razões de existir em economias de mercado (HOLLAND; BRITO, 2010), porém o reflexo da crise econômica mundial é notado pela redução do crédito, queda na bolsa de valores, perdas em derivativos de grandes empresas e cortes em volumes de produção e no Brasil, no que tange ao setor florestal, a crise atingiu as empresas de papel e celulose, que tiveram de lidar com o aumento dos estoques mundiais, a queda no preço da celulose e o cancelamento de projetos (LOFTI; PELA, 2009).

Para ABRAF (2010), a partir do segundo semestre de 2009, através da retomada das exportações de celulose conjugada à recuperação de preços internacionais, e a iniciativa do governo de desonerar o IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) na cadeia produtiva de painéis de madeira industrializada, houve alento a esses segmentos, permitindo o início da recuperação dos seus níveis de produção.

Segundo a Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS (2008), em 2007 o setor florestal contribuiu com 3,5% do PIB (produto interno bruto) nacional e representa 5,6% das exportações brasileiras. A área de florestas com eucalipto está em franca expansão na maioria dos estados brasileiros com tradição na silvicultura e em estados considerados

como novas fronteiras para o setor, com crescimento médio no país de 7,1% ao ano entre 2004 e 2009 (ABRAF, 2010). Com a expansão da cultura do eucalipto no Brasil, as principais áreas de ampliação são aquelas anteriormente ocupadas pela pecuária, representando grande potencial de implantação de projetos florestais pela maior disponibilidade de terras em relação às áreas de agricultura.

4.2 Plantas daninhas em florestas

Para Pitelli e Marchi (1991), as culturas florestais estão sujeitas a uma série de fatores ecológicos que, direta ou indiretamente, podem afetar o crescimento das árvores e conseqüentemente podem afetar a produção de madeira, carvão e celulose. Estes fatores podem ser divididos em bióticos e abióticos. São considerados abióticos aqueles decorrentes de fatores físicos ou químicos do ambiente, como a disponibilidade de água e nutrientes do solo, pH do solo, luminosidade e outros. Os fatores bióticos são aqueles decorrentes da ação de seres vivos, como a competição, predação e outros.

As espécies do gênero *Eucalyptus* apresentam rápido crescimento e são de boa competitividade quanto ao seu estabelecimento no campo, porém isso não o isenta da interferência das plantas daninhas, tendo como conseqüência o decréscimo quantitativo e qualitativo da sua produção. Esse fato coloca as plantas daninhas como um grande problema para implantação e manutenção de florestas de eucalipto, o que tem fomentado o interesse de vários pesquisadores nas últimas décadas (TUFFI SANTOS et al., 2005).

Um conceito de plantas daninhas para as áreas florestais pode ser aplicado a partir da definição de Blanco (1972) que define planta daninha como todas as plantas que germine espontaneamente em áreas de interesse humano e que, de alguma forma, interfira prejudicialmente nas atividades agrícolas.

A formação de florestas requer bom preparo do solo e eficiente controle das plantas daninhas, pelo menos na fase inicial de crescimento, em razão da sensibilidade da cultura à competição por recursos do meio, como água, luz e nutrientes. Esse período é denominado de período total de prevenção da interferência (PTPI). Após essa fase inicial, o eucalipto estará normalmente bem estabelecido, e o fechamento das copas praticamente impedirá o crescimento das plantas daninhas (PITELLI; MARCHI, 1991).

As atividades agrícolas e pecuárias alteram a cobertura vegetal nativa e numerosas espécies vegetais aumentam sua população, constituindo-se em plantas daninhas. Estas alcançaram lugares com uma elevada agressividade, interferindo na implantação e no desenvolvimento dos cultivos florestais (PORCILE et al., 1995).

Segundo Christoffoleti et al. (1998), ao se pensar em um programa de controle de plantas daninhas em áreas florestais, é importante saber em que época elas representam o maior grau de competição com a cultura e determinar o método mais apropriado para a execução do controle. O controle tardio, após a competição já estabelecida, implica no aumento da porcentagem de falhas e plantas dominadas, o que afeta significativamente a produtividade final das florestas.

O manejo das plantas daninhas em áreas florestais, nas diversas etapas do seu processo produtivo, é realizado basicamente pelo emprego de métodos mecânicos e químicos, isolados ou combinados (TOLEDO et al., 2000). O método químico é o mais utilizado, pois permite resultado mais rápido, eficiente e mais prolongado. Permite, ainda, o controle da comunidade infestante antes ou depois de sua emergência (TUFFI SANTOS et al., 2005).

Em experimento conduzido por Toledo et al. (1995) em área florestada com *Eucalyptus grandis*, objetivando a comparação dos custos de quatro sistemas de manejo de braquiária (*Brachiaria decumbens*) na entrelinha de plantio, os seguintes tratamentos foram adotados: roçadora, grade, glyphosate aplicado a 1440 g e.a. ha⁻¹ e capina manual. Os resultados permitiram aos autores constatar que a capina manual foi o método que melhor controlou a braquiária durante todo período de condução do trabalho, mas o seu custo de operação foi aproximadamente 2,6 vezes maior que os demais sistemas de manejo. A aplicação do herbicida glyphosate na dose de 1440 g i.a. ha⁻¹ proporcionou excelente controle da braquiária, chegando, em algumas ocasiões, a se igualar, em eficiência, à capina manual, e ser o mais barato dentre os sistemas em teste. A utilização da grade e da roçadora não se mostrou como um bom método de controle desta planta daninha e apresentaram um custo intermediário ao dos dois outros sistemas de manejo.

Ainda em relação a custos, Toledo et al. (1996) constataram que a atividade mais onerosa no primeiro ano de implantação de *E. grandis* é o controle das plantas daninhas. Nessa pesquisa, o controle do capim- braquiária na entrelinha de plantio, feito com

capina manual, representou 30,7% dos custos totais de implantação, enquanto que o controle químico com glyphosate representou 17,3% do total gasto. Esses autores ainda observaram que os custos de controle de plantas daninhas totalizaram cerca de 66% do custo total de implantação da floresta, independente do manejo adotado.

4.3 Tecnologia de aplicação

Para Durigan (1989), 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. A tecnologia de aplicação refere-se à qualidade com que se faz o defensivo agrícola 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).

Para Bonini (2003), aspectos da tecnologia de aplicação são amplamente discutidos na literatura em geral. No entanto, o crescente aumento do custo de produtos químicos, da mão de obra e da energia, e a preocupação cada vez mais crescente em relação à poluição ambiental têm realçado a necessidade de uma tecnologia mais apurada na colocação do produto químico no local correto, bem como, de procedimentos e equipamentos adequados a maior proteção ao trabalho.

A aplicação de defensivos agrícolas baseia-se, na maioria dos casos, na distribuição de caldas formadas em meios líquidos, principalmente água, contendo os ingredientes ativos em suas formulações (RAMOS, 2000). Para a sua distribuição, de forma uniforme, a formação de gotas é o artifício utilizado. Assim, a maioria dos equipamentos de aplicação utiliza-se, dentre outros elementos, de bicos de energia hidráulica e atomizadores rotativos para a formação das gotas (LEFEBVRE, 1993).

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. Para Antuniassi (2005) e Antuniassi e Baio (2004), esta definição de parâmetros como o tamanho das gotas e volume de aplicação depende diretamente da relação alvo por defensivo.

Segundo o conceito moderno de tecnologia de aplicação de defensivos, uma boa aplicação é aquela que, realizada no momento correto, proporciona cobertura suficiente do alvo e nele deposita a quantidade de defensivo necessária para eliminar ou abrandar, com segurança, um determinado problema, a fim de evitar a ocorrência de danos econômicos (MATUO, 1998).

Os defensivos devem ser aplicados com o máximo de eficiência, e, para isso, torna-se necessário conhecer os fatores envolvidos na sua aplicação como: tipo de alvo a ser atingido, o momento ideal para realização da pulverização, a experiência do aplicador, a qualidade da água, o defensivo mais adequado, os equipamentos de aplicação, as condições climáticas e o uso de adjuvantes agrícolas (MAROCHI; SCHMIDT, 1996).

As operações envolvendo aplicação de defensivos agrícolas envolvem riscos. O uso indiscriminado de compostos químicos pode causar diversos problemas, dentre eles, desvios metabólicos nas plantas e redução dos componentes bióticos. O uso intensivo e o desconhecimento dos efeitos colaterais dos agrotóxicos geram maior necessidade desses produtos devido aos desequilíbrios biológicos (KIMATI et al., 1997; TOKESHI, 2000; FRIGHETTO, 2000).

Para um aumento da eficiência na aplicação, grande parte das operações é realizada com a adição de algum tipo de adjuvante. Antuniassi (2007) relatou que a adição de óleo à calda inseticida tem como funções reduzir o risco de evaporação e melhorar a absorção desses produtos. O óleo apresenta uma temperatura de evaporação superior a da água, sendo menor sua evaporação na temperatura ambiente. Por isto, quanto maior o percentual de óleo na calda inseticida, menor a fração da mesma sujeita à evaporação durante a aplicação. De acordo com Miller e Butler Ellis (2000), o uso de adjuvantes promove mudanças nas propriedades do líquido pulverizado que podem influenciar tanto o processo de formação das gotas como o comportamento destas em contato com o alvo.

4.4 Aviação agrícola e pulverização aérea

O primeiro vôo agrícola realizado no Brasil ocorreu em 19 de agosto de 1947, para combater um ataque de gafanhotos na região de Pelotas no Rio Grande do Sul, com uma aeronave de fabricação nacional, adaptada para operação no setor agrícola

(AGROVEL, 2008). Atualmente, os aviões utilizados na agricultura são específicos para o uso agrícola e dotados de alta tecnologia.

De acordo com a ANAC (2008), a atividade aeroagrícola consiste em proteger ou fomentar o desenvolvimento da agricultura em quaisquer de seus aspectos, mediante ao uso de fertilizantes, semeadura, combate a pragas e a vetores propagadores de doenças, aplicação de herbicidas e desfolhadores, povoamento de águas e quaisquer outras aplicações técnicas e científicas aprovadas. A aplicação de defensivos, uréia granulada, semeadura de pastagens e coberturas, reflorestamento, povoamento de lagos e rios com peixes, auxílio à saúde pública no combate a doenças endêmicas, entre diversas outras atividades, fazem do avião agrícola uma importante ferramenta na prestação de serviços.

A aplicação aérea de defensivos é uma ferramenta valiosa na agricultura, quando realizada dentro de critérios técnicos bem definidos. Em um país com dimensões continentais como o Brasil, que explora atualmente 160 milhões de hectares, de um total de 500 milhões de hectares agricultáveis, existe uma situação muito favorável à aviação agrícola, desde que utilizada com embasamento tecnológico, de modo que se harmonize com a preservação do ambiente (CORRÊA et al, 2004).

A aviação agrícola é uma prática agronômica utilizada geralmente em áreas de grande extensão ou controle emergencial, para a aplicação de diversos tipos de insumos como: sementes, fertilizantes, defensivos, etc, através da utilização de aeronaves especializadas de asa fixa (aviões) ou de asa móvel (helicópteros), devidamente equipadas com dispositivos especiais para produtos líquidos ou sólidos (OZEKI, 2006).

De acordo com Antuniassi (2007), o momento correto para a realização das aplicações é um fator de fundamental importância, sendo que uma das principais vantagens da aplicação aérea é o grande rendimento operacional das atividades, possibilitando a aplicação de grandes áreas em intervalos de tempo reduzido, sendo eficaz em controles emergenciais.

Segundo Araújo (1993), a tecnologia de aplicação aérea apresenta algumas vantagens, entre as quais podem ser citadas: ausência de amassamento da cultura, rapidez da aplicação, melhor aproveitamento das condições climáticas e possibilidade de aplicação no momento oportuno.

4.5 Deposição de calda

Para otimizar as aplicações aeroagrícolas de defensivos, deve-se analisar o coeficiente de variação dos depósitos sobrepostos. Para isso é preciso obter a faixa total de aplicação (ABNT, 1988), também conhecida como perfil básico da deposição, conforme preconiza a norma ASAE - American Society of Agricultural Engineers S386.2 (ASAE, 1995). Considera-se a faixa total de aplicação um parâmetro básico do planejamento operacional eficiente da aplicação aérea, quando se procede a sobreposição das faixas. Os depósitos dessa faixa devem ser obtidos em condições operacionais bem caracterizadas do avião agrícola (CORRÊA et al, 2004).

Para avaliação do depósito de calda de pulverização, há diversas opções: através da utilização de alvos artificiais (tiras de papel, laminas de vidro), colocados próximos aos alvos reais (folhas, caules, solo etc.); uso de papeis sensíveis, que mostram as gotas apenas em função da sensibilidade a umidade; utilização de corantes especiais, como fluorescentes (sensíveis sob luz ultravioleta), possibilitando a observação da distribuição, ou corantes solúveis em água, para determinação das quantidades depositadas através de lavagem do material coletado; e uso da condutividade elétrica, para determinação de concentrações de substâncias traçadoras (sais), técnicas estas que permitem a utilização de alvos reais. (PALLADINI, 2000).

Cartões hidrossensíveis têm sido empregados por diversos pesquisadores, para avaliar deposições de pulverizações, que os utilizam para leitura com auxílio de microscópios 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 aeroagrícolas quanto à densidade de gotas e o DMV (diâmetro mediano volumétrico) das mesmas.

Para Hill e Inalba (1989), a maior limitação do uso de cartões hidrossensíveis é a umidade relativa do ar acima de 80%, que afeta a sensibilidade do papel.

As avaliações dos depósitos são utilizadas nas pesquisas de tecnologia de aplicação como instrumento para desenvolver e melhorar as técnicas de aplicação de defensivos (Palladini, 2000). Para Carbonari (2005), a avaliação de uma pulverização pode ser

realizada através de um estudo da deposição de gotas sobre superfícies-alvo, que podem ser naturais ou artificiais.

Maciel et al. (2000) trabalhando com bico de jato plano TeeJet (XR 110.02 VS) e bico de jato cônico- ConiJet (TXVK- 4), avaliaram a deposição, distribuição e penetração da calda de pulverização em plantas de feijoeiro e *Brachiaria decumbens* L.. Observaram que os bicos de pulverização tipo leque e cônico não apresentaram diferenças em relação ao depósito nos folíolos totais do feijoeiro, entretanto, para a *B. decumbens* o bico cônico proporcionou deposição superior e distribuição mais uniforme em relação ao bico de jato plano.

Nesta mesma linha de pesquisa Souza et al. (2000), estudaram a deposição de calda de pulverização em *Sida rhombifolia* e *Acanthospermum hispidum* em aplicação em pós- emergente na cultura da soja. Analisaram o depósito em 50% das plantas maiores e 50% das plantas menores dentro da amostragem. Observaram que o depósito sobre a *S. rhombifolia* foi 1,5 vezes superior para as plantas menores, já para o *A. hispidum*, os depósitos foram semelhantes entre as maiores e menores plantas.

A deposição de produtos aplicados sobre plantas normalmente apresenta-se de forma irregular e entre os fatores que afetam a aplicação de produtos fitossanitários por pulverizadores equipados com barras horizontais está a manutenção da barra em uma altura constante do solo durante a pulverização (FEDRIZZI et al., 1995).

Silva (2009), em pesquisa realizada com pulverização aérea de fungicida em arroz, concluiu que a utilização da técnica de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) apresenta melhores resultados em comparação à utilização de cartões hidrossensíveis.

A cromatografia é um método físico-químico de separação no qual os constituintes da amostra são particionados em duas fases, uma estacionária e a outra um fluido insolúvel que percola através da primeira. A fase estacionária empregada pode ser um sólido ou um líquido enquanto que a fase móvel pode ser um fluido líquido, um gás ou um gás supercrítico (acima da temperatura crítica e a altas pressões) (CIOLA, 1998).

Segundo Silva (2010), a cromatografia a líquido de alto desempenho é um tipo de cromatografia que emprega uma fase móvel líquida e uma fase estacionária finamente dividida e que, para ter um fluxo razoável, opera a pressões elevadas. Dentre as

principais características e vantagens do método HPLC estão: coluna recheada com partículas de pequeno tamanho (3 - 10 mm); alta resolução; análise não destrutiva; velocidade de separação; monitoração contínua do efluente da coluna; medição quantitativa exata; análises repetitivas e reprodutivas com a mesma coluna; automação do procedimento analítico e do tratamento dos dados.

Os componentes essenciais da HPLC são a bomba de alta pressão, sistema de injeção da amostra, coluna e detector (ALQUINO NETO; NUNES, 2003). A Figura 2 apresenta o esquema de funcionamento da análise de amostra pelo sistema HPLC.

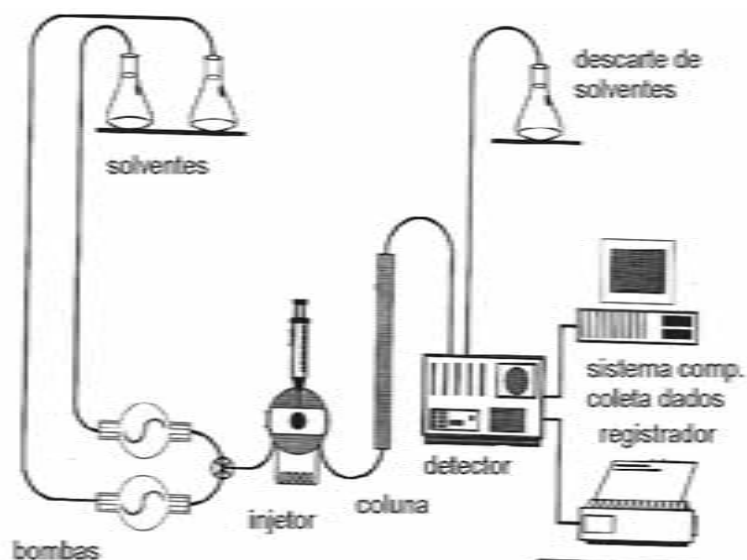


Figura 2: Instrumentação básica do método de HPLC (SILVA, 2010).

Silva (2009) conclui que para avaliação mais criteriosa, a cromatografia mostrou-se melhor método de identificação de penetração de calda.

4.6 Deriva

A deriva é um dos principais motivos de perdas de agrotóxicos e conseqüentemente contaminação ambiental. Estima-se que cerca de 50% dos agrotóxicos são desperdiçados devido às más condições de aplicação (FRIEDRICH, 2004).

De acordo com Velloso et al. (1984), Matuo (1990) e Christofolletti (1999), deriva é tudo aquilo que não atinge o alvo durante a aplicação. Miller (1993) define

deriva como parte da pulverização agrícola que é carregada para fora da área-alvo, pela ação do vento. De maneira similar, Ozkan (2001) conceitua deriva como o movimento de um produto no ar, durante ou depois da aplicação, para um local diferente do planejado. Miller (2004) acrescenta ainda que o agrotóxico pode ser transportado da área-alvo na forma de gotas ou vapor. A perda na forma de vapor pode ocorrer durante ou posteriormente à aplicação, sendo muito dependente da pressão de vapor e das características da formulação do produto.

Himel (1969) considerou a perda da pulverização pela ação do vento nas gotas como “exo-deriva” enquanto que aquela que é perdida para o solo antes que seja retida pelas plantas ou insetos alvo foi denominado de “endo-deriva”. A endo-deriva surge principalmente do ricocheteio (pulo) e escorrimento das gotas grandes de volumes altos da calda.

Segundo Johnson e Swetnam (1996), a seleção apropriada das pontas é essencial para a correta aplicação, sendo o fator principal determinante da quantidade aplicada por área, da uniformidade de aplicação, da cobertura obtida e do risco potencial de deriva. No entanto, fatores como altura de lançamento da gota em relação ao alvo, densidade do líquido pulverizado e temperatura do ar também influenciam a deriva, e precisam ser considerados nos programas de redução de deriva.

Velini et al (2011) utilizaram o método cromatográfico e de balanço de massas para determinação de deriva em pulverização aérea em cana-de-açúcar, concluindo que o método utilizado é adequado para a quantificação de perdas e deriva. Carbonari et al (2011) utilizaram balanço de massas e cromatografia para determinação de deriva em pulverização de herbicidas pré-emergentes em cana-de-açúcar, chegando a valores de perdas entre 2,72 e 38,65%.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área experimental

O experimento foi realizado em área de pastagem da Fazenda Morro Branco, situada no município de Porto Espiridião no Estado de Mato Grosso (Figura 3). A área de estudo está localizada nas coordenadas geográficas 16°07'49" Latitude Sul e 58°45'42" Longitude Oeste de Greenwich e com altitude média de 170 m.



Figura 3. Imagem geral da área da Fazenda Morro Bonito.

5.2 Tratamentos

O ensaio foi instalado com nove tratamentos que consistiram nas combinações de três volumes de calda (20, 30 e 50 L ha⁻¹) e três alturas de vôo (10, 30 e 40 m). Cada parcela correspondeu a uma área de aproximadamente 3,7 ha (320 m x 115m), com nove pontos de coleta de dados, totalizando 81 pontos de amostragens georreferenciados. A locação para a distribuição dos nove tratamentos está apresentada no croqui da área na Figura 4. Nos pontos de amostragem foram instalados coletores de calda, distribuídos conforme a Figura 5.

Na Tabela 1 estão apresentados os tratamentos com a descrição das tecnologias que foram utilizadas nas aplicações para cada tratamento.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos utilizados nas aplicações aéreas.

Tratamentos	Volume (L ha ⁻¹)	Altura de vôo (m)
T1	20	10
T2	20	30
T3	20	40
T4	30	10
T5	30	30
T6	30	40
T7	50	10
T8	50	30
T9	50	40

A altura de vôo de 40 m é normalmente utilizada em pulverizações desta natureza. Foi proposta a redução da altura de vôo para se verificar se é possível se obter melhores depósitos de calda com redução de volume de aplicação. A altura de 40 m é utilizada para este tipo de aplicação ponto de vista da segurança da operação, pois as áreas de pastagens normalmente apresentam obstáculos, como árvores, redes elétricas, etc.

Na pulverização aérea de herbicida em pastagens, normalmente são utilizados volumes entre 40 e 50 L ha⁻¹, o que é considerado alto para os padrões de operações aéreas, portanto, foi incluso nos tratamentos volumes mais baixos, para se observar o comportamento da calda em relação à deposição e deriva reduzindo-se o volume de aplicação.

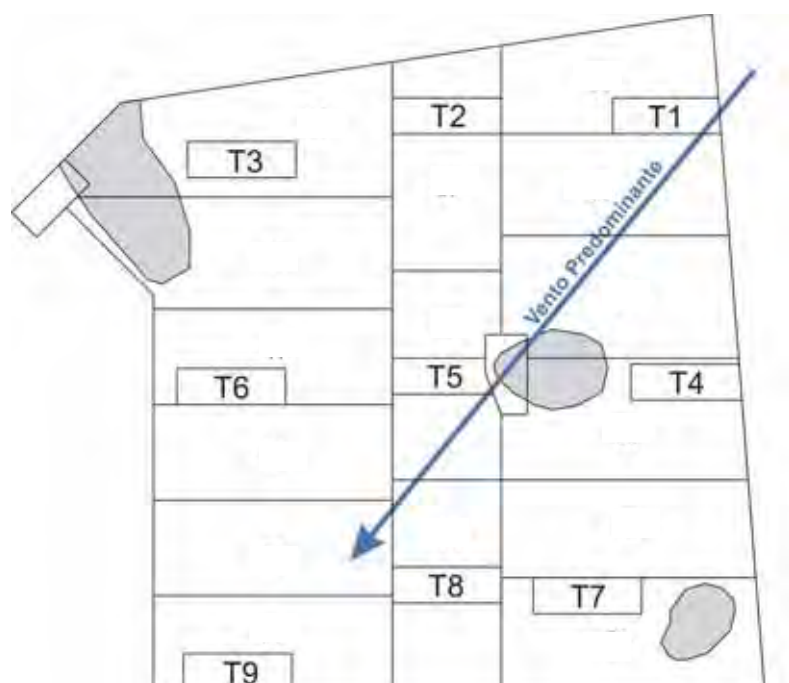


Figura 4. Croqui com a distribuição dos tratamentos.

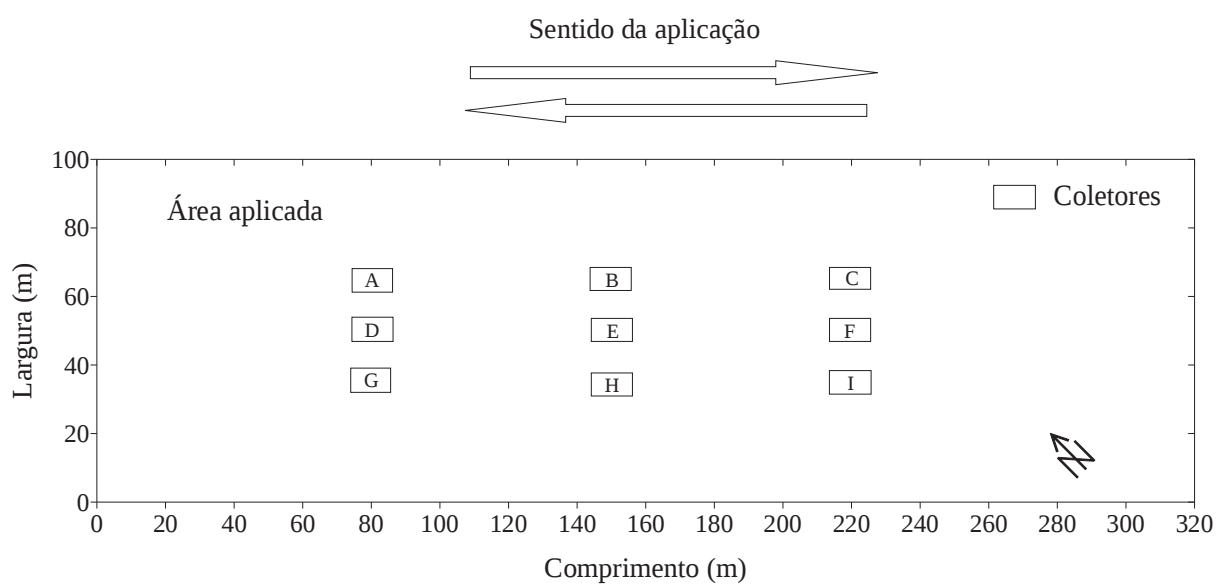


Figura 5. Representação teórica do delineamento no campo com a alocação dos coletores utilizado para todos os tratamentos.

5.3 Coordenadas geográficas

As coordenadas de cada ponto amostral foram adquiridas com o aparelho GPSMAP76CSx (Figura 6) com acurácia < 5 metros com 95% de segurança. O sistema de coordenadas utilizado foi o UTM (Universal transverso de Mercator) com Datum WGS-84. As informações tomadas nos pontos amostrais foram associadas as suas respectivas coordenadas geográficas com o auxílio de uma planilha eletrônica.



Figura 6. Receptor GPSMAP76CSx.

5.4 Preparo das caldas de pulverização

Em todos os tratamentos as aplicações foram realizadas utilizando a mistura de um herbicida com óleo mineral e um traçante visando a determinação da deposição por cromatografia HPLC. O traçante utilizado foi a rodamina na concentração de 0,6 %. A rodamina apresenta fluorescência e limites de detecção mais baixos em relação a outros traçantes, como por exemplo, o azul brilhante. Foi utilizado um herbicida constituído pela mistura de aminopiralde e fluroxipir, com formulação emulsão água em óleo (EO). A dose

utilizada foi de 2,5 L do produto comercial por hectare. O adjuvante utilizado foi um óleo mineral do grupo dos hidrocarbonetos, com concentração 761 gramas por litro, aplicado na dose de 1,0 litro por hectare (Figura 7).



Figura 7. Preparo da calda utilizada. a) adição do herbicida; b) adição do óleo adjuvante.

5.5 Aeronave e equipamentos para aplicação

As aplicações foram realizadas utilizando-se uma Aeronave do modelo Air Tractor AT-802¹ (Figura 8), equipada com barras contendo 54 bicos com pontas de jato plano ajustáveis, fornecidos pela CP[®] Products Company, Inc., conforme descrição na Tabela 2. A aeronave estava equipada com um sistema de posicionamento global (GPS) e barra de luzes Satloc “AirStar” (Figura 9) para orientação do piloto na execução das faixas paralelas. A largura de faixa utilizada em todos os tratamentos foi de 25 m, já levando em consideração a sobreposição de faixas.

¹A citação de marcas comerciais não implica em recomendação de uso por parte do autor.



Figura 8. a) Aeronave Air Tractor AT-802; b) barra com bicos de pulverização.



Figura 9. a) Barra de luzes do sistema Satloc “Airstar”; b) Monitor do sistema de posicionamento.

5.6 Calibração do volume de aplicação

Para calibração foi colocado no hopper (tanque de calda) da aeronave um volume conhecido de água cronometrando-se o tempo de voo e verificado o volume aplicado. Os ajustes para os volumes desejados foram feitos no controlador automático de vazão da aeronave, o qual faz parte do sistema Satloc “Airstar” (Figura 10). A calibração foi realizada levando em consideração os volumes aplicados (20, 30 e 50 L ha⁻¹), largura de faixa de aplicação (25 m), velocidade de voo (250 km h⁻¹) e do número de bicos na barra (54). Em todos os volumes as pontas foram ajustadas para produzir gotas médias conforme descrito na Tabela 2.



Figura 10. Controlador automático de vazão.

Tabela 2. Descrição das tecnologias que foram utilizadas nos ajustes de calibração para os três volumes aplicados.

Volumes (L ha ⁻¹)	Largura de Faixa (m)	Pressão (psi)	Tipo de Bicos	Nº de bicos	DMV (µm)
20	25	55	CP-A256-4025 Azul Claro	54	334
30	25	30	CP-A256-4012 Laranja ou marrom	54	284
50	25	50	CP-A256-4020 Amarelo Claro	54	312

V - Velocidade; DMV - Diâmetro mediano volumétrico (Valores de catálogo do fabricante).

5.7 Alturas de vôo

As alturas de vôo foram ajustadas e controladas utilizando o altímetro da aeronave, calibrado por meio de testes de vôo ao lado de pontos de referência conhecidos na Fazenda para as alturas de 10, 30 e 40 m. Nas Figuras 11, 12 e 13 estão apresentados os vôos de aplicação na área do ensaio realizado nas diferentes alturas de vôo. A altura de vôo é a distância entre o solo e a aeronave.



Figura 11. Aeronave a 10 metros de altura.



Figura 12. Aeronave a 30 metros de altura.



Figura 13. Aeronave a 40 metros de altura.

5.8 Deposição de calda nas parcelas

A deposição foi analisada pela quantificação dos depósitos de calda em lâminas de vidro com dimensões de 10 x 20 cm, inseridas horizontalmente num suporte de aproximadamente 1,5 m de altura dentro de cada parcela aplicada, sendo nove unidades por parcela, totalizando 81 lâminas (Figura 14). Velini et al (2011) e Carbonari (2011) utilizaram metodologia semelhante para determinação de depósitos de pulverização aérea em cana-de-açúcar.



Figura 14. Coletores de vidro fixadas em suporte PVC e estaca de madeira.

Após cada aplicação, as amostras foram acondicionadas em potes de plásticos (Figura 15), dentro de sacos pretos para evitar a incidência de luz direta e foram armazenadas em ambientes com temperatura controlada. No laboratório, foram submetidas ao processo de extração do produto pela lavagem das lâminas de vidro utilizando-se 200 mL de água destilada, conforme pré-determinação em testes de extração (VELINI et al 2011, CARBONARI et al 2011; CHECHETTO et al 2011).



Figura 15. Retirada dos coletores e acondicionamento em recipientes plásticos.

Após a lavagem, o traçador rodamina presente em cada amostra foi quantificado por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) (SILVA 2010, CIOLA 1998, ALQUINO NETO; NUNES 2003, CARBONARI 2009, VELINI et al 2011; CARBONARI et al 2011) e detector de fluorescência, utilizando uma coluna de Ace C18, marca Synergi 2.5 μ Hydro-RP 100Å, dimensões 150 x 46 mm (Figura 16). As análises foram efetuadas em modo gradiente, tendo como fases móveis os solventes metanol e água. A proporção entre os solventes tem início com 70:30 (metanol:água). O tempo de retenção foi de 3,7 minutos sendo o comprimento de onda de excitação (Ex) de 554 nm e de emissão (Em) de 575 nm (Figuras 17 e 18).



Figura 16. Conjunto de equipamentos utilizado para as análises cromatográficas.

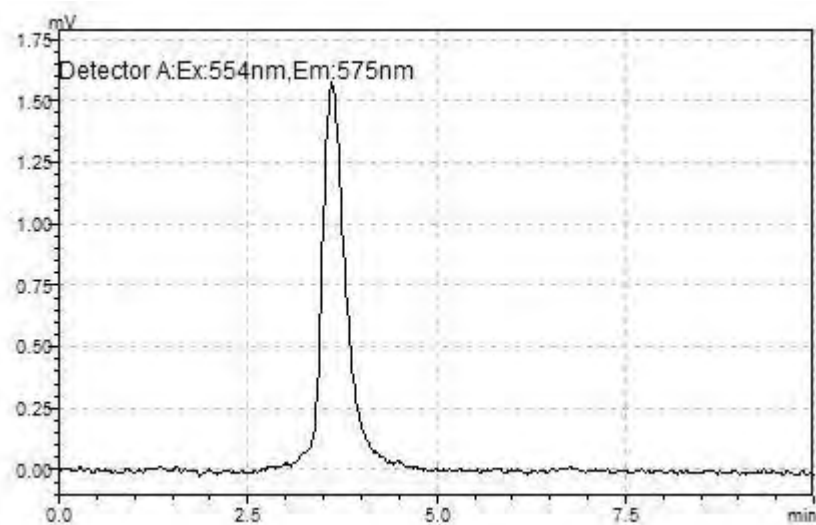


Figura 17. Cromatograma de rodamina obtido por HPLC em solução padrão.

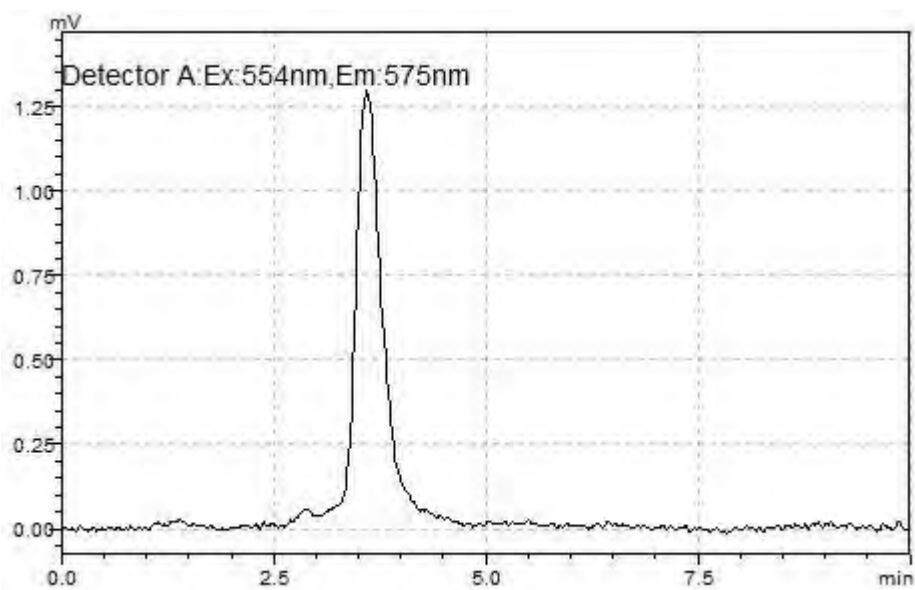


Figura 18. Cromatograma de rodamina obtido por HPLC em amostra.

5.9 Coleta de dados meteorológicos

Foi instalada uma estação meteorológica, modelo WMR928NX, equipada com sensores remotos para monitoramento e coleta da temperatura, umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento no momento das aplicações (Figura 19).



Figura 19. Estação meteorológica utilizada com detalhes dos sensores e painel de leitura.

5.10 Análise dos dados

Inicialmente os dados foram analisados por meio de mapas para verificar a variabilidade espacial e tendência da distribuição pontual dos depósitos das caldas. Posteriormente foi realizada a análise comparativa dos tratamentos utilizando o método estatístico “Intervalo de Confiança para Diferenças entre as Médias” com grau de confiança de 95% (IC_{95%}).

A deriva foi estimada pela análise do balanço de massas de cada aplicação, ou seja, determinou-se a diferença entre a quantidade aplicada (determinada a partir da análise da calda pulverizada) e a quantidade depositada nos coletores (determinada na extração da calda depositada), as quais foram ponderadas por unidade de área. A quantidade de calda perdida na pulverização é exatamente a diferença entre a calda pulverizada e a calda coletada nos coletores (VELINI et al 2011; CARBONARI et al 2011).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na apresentação dos resultados, os dados referentes ao tratamento 1 (T1), de altura de vôo de 10 m e volume de calda de 20 L ha⁻¹, foram desconsiderados por apresentarem erro metodológico, representado por excesso de depósito de calda. O valor extraído nas análises apresentou-se superior ao realmente aplicado, analisado na calda de pulverização. Uma das possibilidades de explicação para este problema pode ter sido um erro de operação da aeronave nesta aplicação.

6.1 Condições climáticas

As condições climáticas no momento das aplicações estão apresentadas na Tabela 3. Observa-se que nos tratamentos com volumes de calda de 30 e 50 L ha⁻¹ em todas as alturas de vôo, devido o horário de aplicação (pela manhã), apresentaram as melhores condições climáticas no momento das aplicações.

Tabela 3. Descrição das condições climáticas no momento das aplicações.

Tratamentos	Volume (L ha ⁻¹)	Altura de voo (m)	Temp. (°C)	UR (%)	Vento (m s ⁻¹)	Horário
T2	20	30	32,6	29,0	3,08	17:43h
T3	20	40	32,0	34,0	2,11	17:34h
T4	30	10	23,4	81,0	1,61	6:08h
T5	30	30	22,5	81,0	1,81	6:12h
T6	30	40	23,4	79,0	1,75	6:17h
T7	50	10	24,6	65,0	1,61	6:53h
T8	50	30	26,4	63,0	1,75	6:58h
T9	50	40	26,8	64,0	1,94	7:02h

As condições para o volume 20 L ha⁻¹ apresentaram maior temperatura e menor umidade relativa do ar, constituindo como as piores condições em relação aos demais tratamentos, o que tornam os resultados ainda mais relevantes para validação da tecnologia de redução de volume de calda, pois o baixo volume de aplicação é a situação mais crítica para a ocorrência de perdas. Resultados observados no item 6.3.

6.2 Distribuição pontual dos depósitos de calda nos coletores

A Figura 20 apresenta os mapas de distribuição pontual dos depósitos (ng cm^{-2}) no volume de calda de 20 L ha^{-1} nas diferentes alturas de vôo.

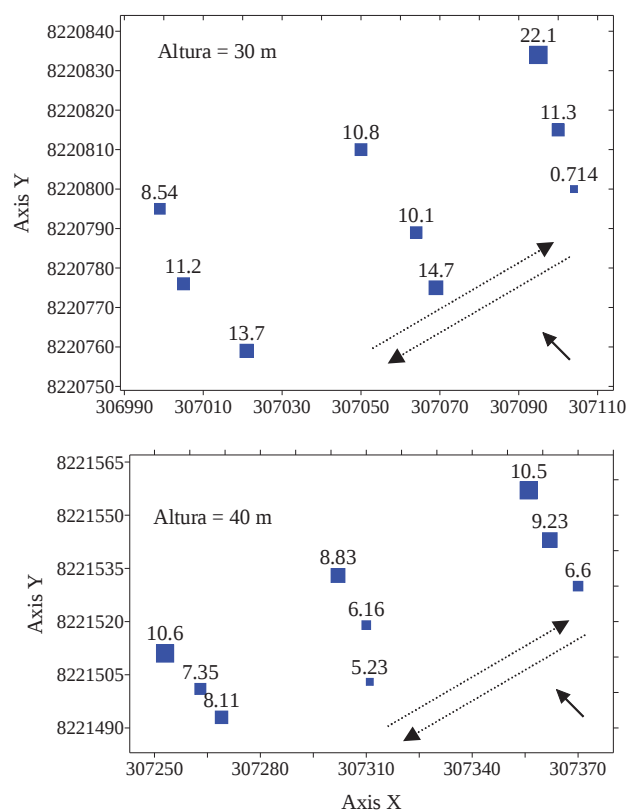


Figura 20. Mapas da distribuição pontual dos depósitos (ng cm^{-2}) com volume de 20 L ha^{-1} nas alturas de vôo de 30 e 40 m, sentido do vento predominante (↖) e sentido do trajeto da aeronave nas aplicações (↗).

Observa-se baixa variabilidade espacial da distribuição dos depósitos ao longo das faixas de coletas em todas as alturas vôo, com maior variabilidade na altura de 30 m. Na altura de 40 m observa-se uma queda acentuada dos valores de depósitos na primeira linha de coleta no sentido contrário ao vento predominante na área, podendo ser explicado pela ação do vento deslocando a calda aplicada para outras áreas.

A Figura 21 apresenta os mapas de distribuição pontual dos depósitos (ng cm^{-2}) no volume de calda de 30 L ha^{-1} nas diferentes alturas de vôo.

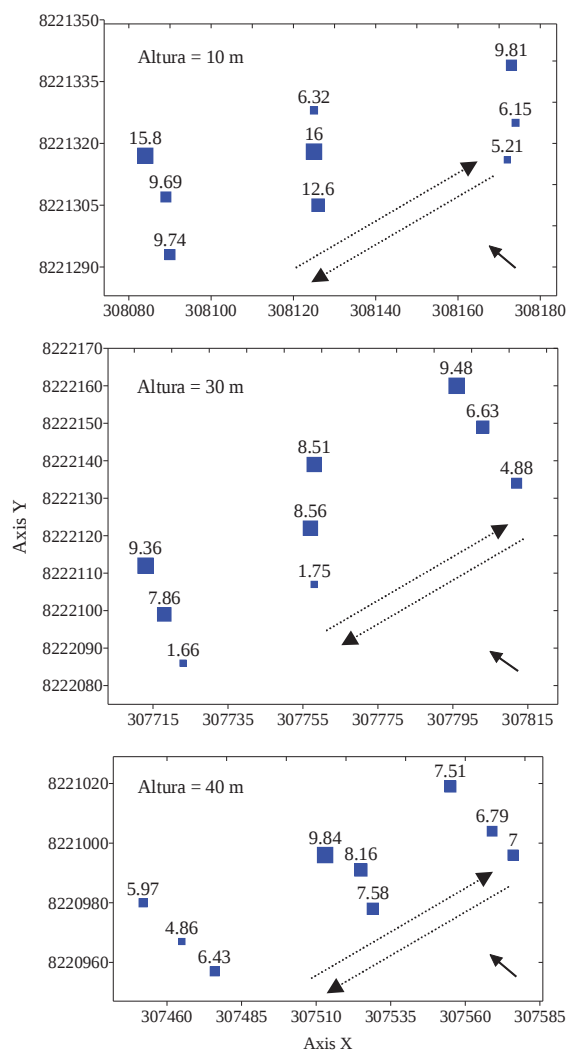


Figura 21. Mapas da distribuição pontual dos depósitos (ng cm^{-2}) com volume de 30 L ha^{-1} nas alturas de vôo de 10, 30 e 40 m, sentido do vento predominante (↖) e sentido do trajeto da aeronave nas aplicações (↗).

Observa-se maior variabilidade espacial da distribuição dos depósitos ao longo das faixas de coletas na altura de 10 m, porém com valores maiores de depósitos. A altura de 30 m apresentou menor variabilidade espacial e acentuada tendência de menores depósitos nas primeiras faixas de coletas no sentido contrário do vento. Para o volume de

30 L ha⁻¹ também houve uma queda acentuada dos depósitos em todas as alturas de vôo na primeira linha no sentido contrário ao vento predominante na área, repetindo o acontecido nos resultados obtidos no tratamento com volume de 20 L ha⁻¹.

A Figura 22 apresenta os mapas de distribuição pontual dos depósitos (ng cm⁻²) com volume de 50 L ha⁻¹ nas diferentes alturas de vôo.

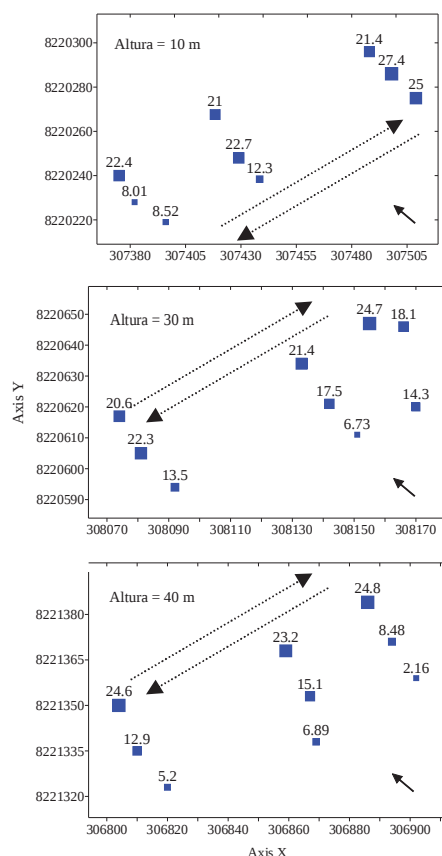


Figura 22. Mapas da distribuição pontual dos depósitos (ng cm⁻²) com volume de 50 L ha⁻¹ nas alturas de vôo de 10, 30 e 40 m, sentido do vento predominante (↘) e sentido do trajeto da aeronave nas aplicações (↗).

É possível se verificar alta variabilidade espacial da distribuição dos depósitos ao longo das faixas de coletas na altura de 40 m, com aumento de depósitos no sentido predominante dos ventos.

Em todos os tratamentos verifica-se uma queda acentuada dos depósitos na primeira linha no sentido contrário ao vento predominante na área.

6.3 Depósitos de calda

A Figura 23 e a Tabela 4 apresentam os resultados de comparação dos depósitos (ng cm^{-2}) nos diferentes tratamentos pelo intervalo de confiança ($\text{IC}_{95\%}$).

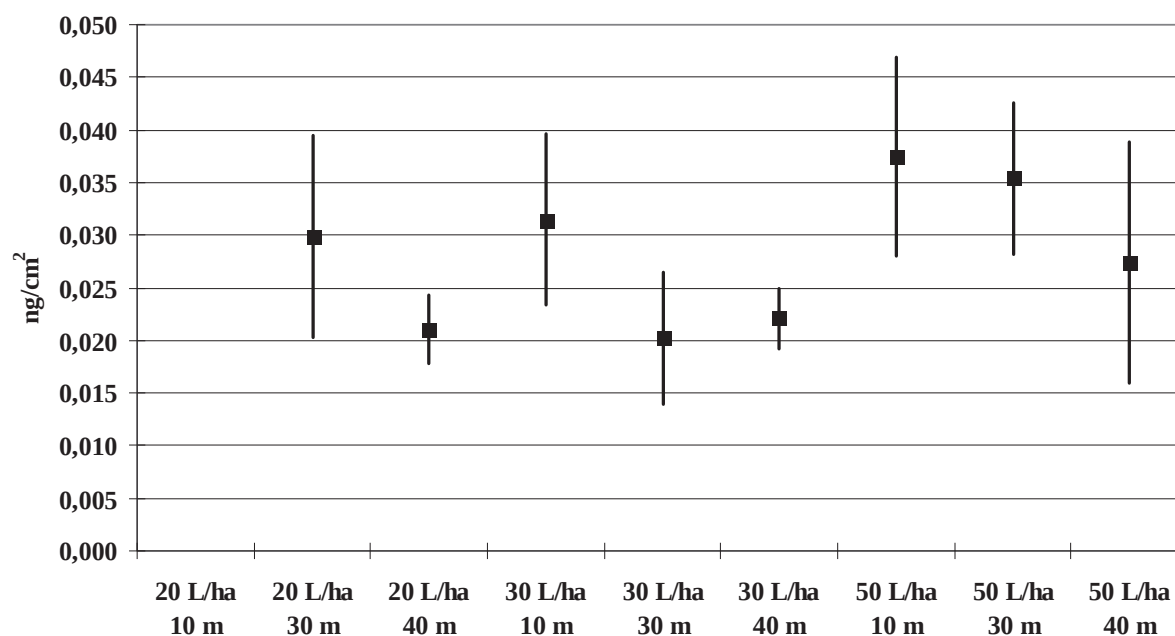


Figura 23. Depósitos de calda (ng cm^{-2}) em função dos diferentes tratamentos (volumes x alturas). Para a comparação dos resultados, os pontos representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ($\text{IC}_{95\%}$).

Tabela 4. Valores máximos, mínimos e médios dos depósitos de calda em ng cm^{-2} , utilizando-se o Intervalo de Confiança ($\text{IC}_{95\%}$).

Tratamentos		Valores (ng cm^{-2})		
		Máximo	Mínimo	Médio
T2	20 L ha^{-1} 30 m	0,640	0,328	0,484
T3	20 L ha^{-1} 40 m	1,003	0,647	0,825
T4	30 L ha^{-1} 10 m	0,639	0,377	0,508
T5	30 L ha^{-1} 30 m	0,427	0,226	0,326
T6	30 L ha^{-1} 40 m	0,402	0,310	0,356
T7	50 L ha^{-1} 10 m	0,912	0,546	0,729
T8	50 L ha^{-1} 30 m	0,828	0,548	0,688
T9	50 L ha^{-1} 40 m	0,755	0,310	0,533

Observa-se em todos os tratamentos acentuada redução dos depósitos à medida que aumenta a altura de vôo, independente do volume de calda aplicado. Os tratamentos com volume de 50 L ha^{-1} combinado com as alturas de 10 m e 30 m apresentaram maiores quantidades de depósitos, apresentando diferença significativa para os tratamentos com volumes de 20 e 30 L ha^{-1} , nas alturas de 40 m, respectivamente. Os tratamentos com 20 L ha^{-1} na altura 30 m, 30 L ha^{-1} na altura de 10 m e 50 L ha^{-1} na altura de 40 m não apresentaram diferenças significativas para todos os tratamentos.

Os dados de deposição apresentados para as alturas de 30 e 40 m no volume de 20 L ha^{-1} , não ficaram abaixo da tendência dos demais, mesmo a aplicação sendo realizada em condições climáticas consideradas piores (temperatura superior e umidade relativa do ar inferior aos demais tratamentos).

Os dados de maior deposição em relação a maiores volumes de aplicação, são confirmados por Silva (2009), em trabalho realizado com pulverização aérea de fungicida em arroz. Oliveira et al (2008), obteve resultados satisfatório com pulverizações aéreas em volumes de 10 e 20 L ha^{-1} em pulverização de fungicida na cultura da soja.

6.4 Depósitos de calda x volumes de aplicação x alturas de vôo

A Figura 24 apresenta a superfície de resposta dos depósitos em função da combinação de volumes de calda (20, 30 e 50 L ha⁻¹) e alturas de vôo (10, 30 e 40 m).

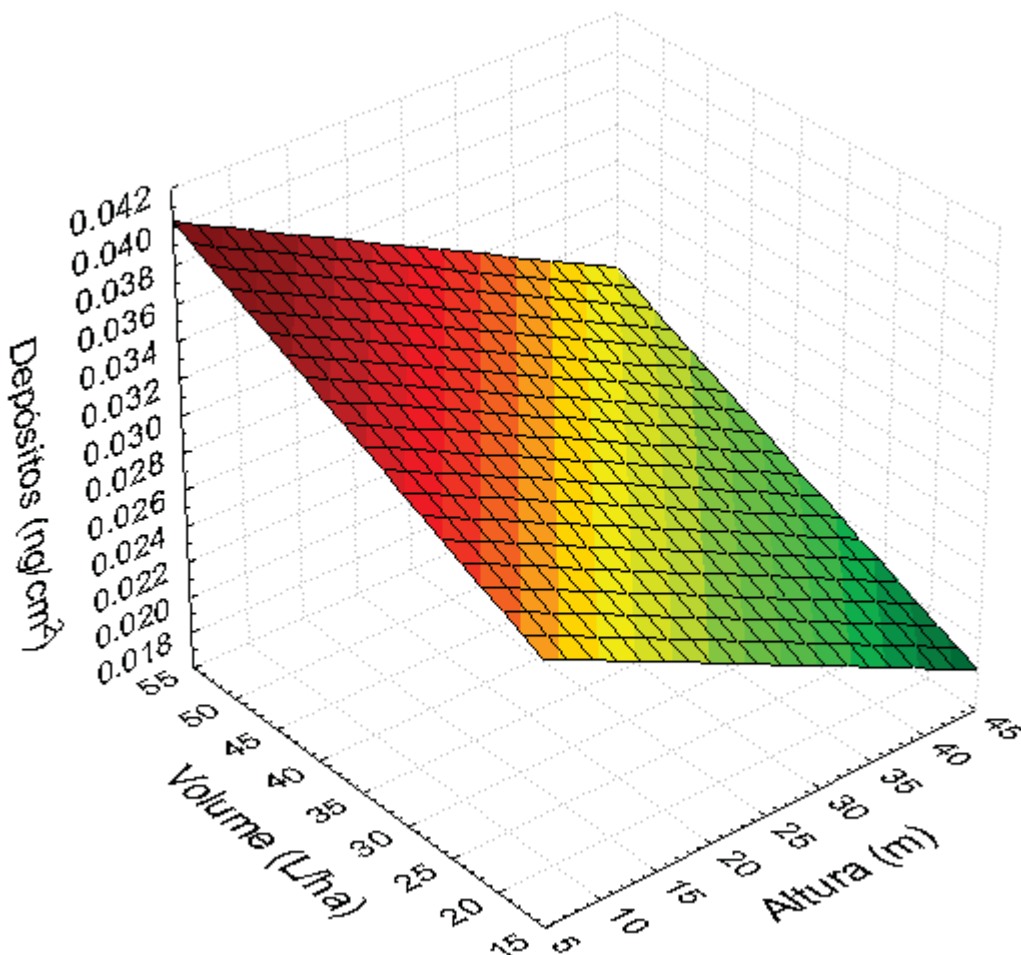


Figura 24. Superfície de resposta dos depósitos em função das combinações de volume de caldas (20, 30 e 50 L ha⁻¹) e alturas de vôos (10, 30 e 40 m).

Verifica-se que os valores apresentados na cor vermelha são correspondentes aos maiores depósitos de calda, efetuando-se os tratamentos com maior efetividade. Estes valores são encontrados nos maiores volumes de aplicação e nas menores

alturas de vôo. Em tons amarelos estão apresentados os valores medianos. Em verde, é possível observar as tendências de redução nos valores de depósito de calda. Valores encontrados nos menores volumes de aplicação e maiores alturas de vôo.

Observa-se tendência clara de redução dos depósitos à medida que aumenta a altura de vôo e reduz o volume de aplicação. Antuniassi (2008), não obteve diferenças significativas em relação ao controle de ferrugem da soja com a deposição de calda para o produto aplicado com 10 e 20 L ha⁻¹ em três diferentes tecnologias de pulverização aérea.

6.5 Deriva

A Figura 25 e a Tabela 5 apresentam as porcentagens de perdas (deriva) nos diferentes tratamentos.

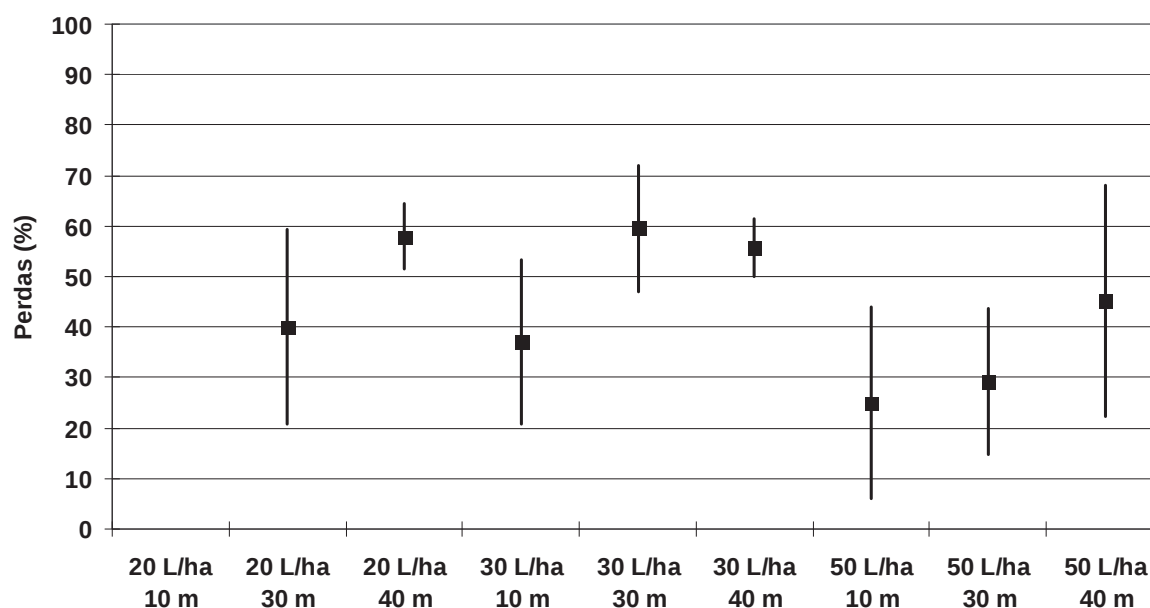


Figura 25. Porcentagem de perdas nas diferentes combinações de volumes de calda e alturas de vôo. Para a comparação dos resultados, os pontos representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança (IC_{95%}).

Tabela 5. Valores máximos, mínimos e médios da deriva em porcentagem, utilizando-se o Intervalo de Confiança (IC_{95%}).

Tratamentos		Valores (%)		
		Máximo	Mínimo	Média
T2	20 L ha ⁻¹ 30 m	20,9	59,5	40,2
T3	20 L ha ⁻¹ 40 m	51,4	64,4	57,9
T4	30 L ha ⁻¹ 10 m	20,8	53,3	37,0
T5	30 L ha ⁻¹ 30 m	47,1	72,0	59,5
T6	30 L ha ⁻¹ 40 m	50,1	61,5	55,8
T7	50 L ha ⁻¹ 10 m	6,1	43,8	25,0
T8	50 L ha ⁻¹ 30 m	14,8	43,6	29,2
T9	50 L ha ⁻¹ 40 m	22,3	68,1	45,2

Verificam-se tendências de maiores perdas à medida que aumenta a altura de vôo. Os tratamentos com volume de 50 L ha⁻¹ combinado com as alturas de 10 m e 30 m apresentaram tendências de menores perdas, apresentando diferenças significativas para os tratamentos com volumes de 20 e 30 L ha⁻¹, nas alturas de 40 m. Os tratamentos com 40 m de altura apresentaram as maiores porcentagens de perdas. O tratamento que apresentou tendência de menor perda foi de 50 L ha⁻¹ e 10 m, do total aplicado, 75,03 % da calda aplicada atingiu o alvo. Desta forma verifica-se que 24,97% do total aplicado não depositaram na área aplicada sendo carregado para áreas adjacentes. Os tratamentos que apresentaram maiores tendências de perdas, 30 L ha⁻¹ em 30 e 40 m de altura, que do total aplicado 40,46% e 44,19% da calda aplicada atingiu o alvo, respectivamente, ou seja, 59,54% e 55,81% foram perdidos por deriva e o tratamento de 20 L ha⁻¹ em 40 m de altura, apresentou 57,90% de perda, ou seja, 42,10% da calda atingiu o alvo. Todos os tratamentos foram realizados utilizando-se gotas de tamanho médio. Oliveira (2008) conclui que com a adição de adjuvantes se obtém gotas de maiores tamanhos reduzindo o risco de deriva.

Velini et al (2011), em trabalho realizado com pulverização aérea em cana-de-açúcar, com dosagem de 30 L ha⁻¹ e altura de vôo de 5 a 8 metros, encontraram valores de perdas na ordem de 19,6%.

6.6 Dosagem de herbicida

A Figura 26 apresenta os depósitos ponderados para a dose do herbicida (L ha^{-1}) nos diferentes tratamentos.

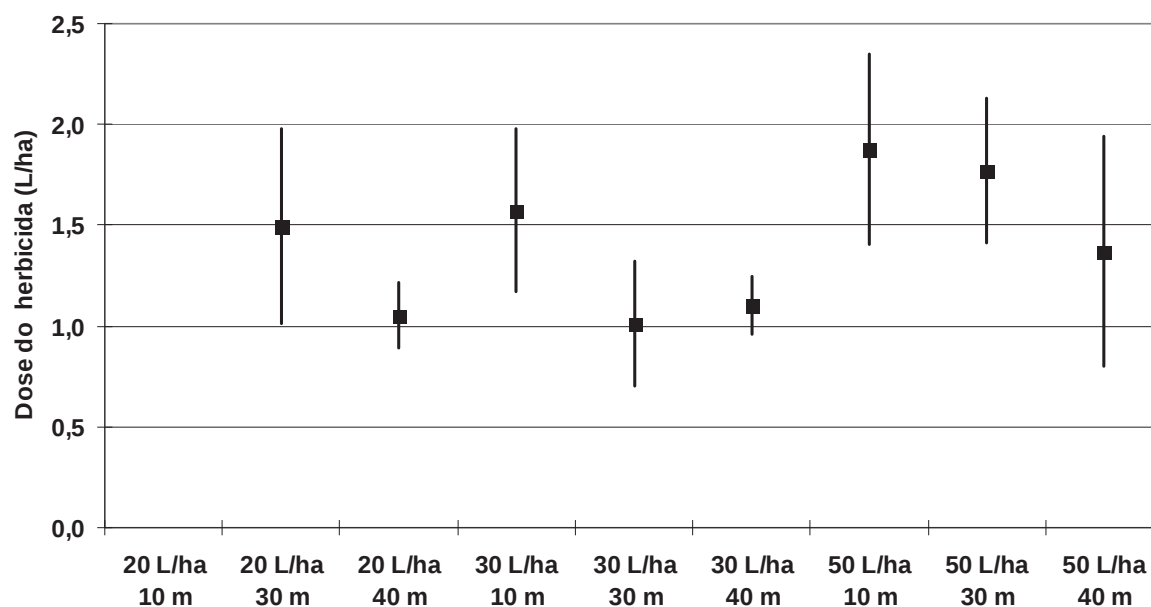


Figura 26. Depósitos ponderados para a dose do herbicida (L ha^{-1}) nos diferentes tratamentos, combinações de volumes de calda e alturas de vôo. Para a comparação dos resultados, os pontos representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ($\text{IC}_{95\%}$).

Observam-se tendências de menores valores da dose de herbicida à medida que aumenta a altura de vôo, seguindo os dados de depósito de calda, apresentados no item 6.3. Os tratamentos com volume de 50 L ha^{-1} combinado com as alturas de 10 m e 30 m apresentaram tendências de maiores volumes, apresentando diferenças significativas para os tratamentos com volumes de 20 e 30 L ha^{-1} , nas alturas de 40 m e 30 L ha^{-1} com altura de

30 m. Os tratamentos com 40 m de altura apresentaram as menores quantidades de volume de herbicidas depositados. Em geral, o tratamento com volume de 50 L ha⁻¹ e 10 m de altura apresentou a menor diferença (0,6 L ha⁻¹) entre o volume aplicado (2,5 L ha⁻¹) e o volume depositado (1,9 L ha⁻¹). As maiores diferenças são observadas nos tratamentos com 30 L ha⁻¹, chegando a 1,0 e 1,1 L ha⁻¹, respectivamente nas alturas de 30 e 40 m e 20 L ha⁻¹ a 40 m de altura, apresentando a dose de 1,1 L ha⁻¹.

7 CONCLUSÃO

- Em geral, houve tendência de aumento de depósitos com a redução da altura de vôo, independente do volume aplicado;
- Os tratamentos com altura de vôo de 10 m apresentaram quantidades de depósitos superiores aos demais tratamentos, independente do volume de calda aplicado;
- Para as regiões que necessitam de maiores alturas vôo, sem perder a eficiência de depósitos e controle, uma alternativa é aumentar o volume de aplicação e/ou a dose do herbicida;
- Verificou-se acentuada redução dos depósitos em todos os tratamentos na primeira linha no sentido contrário ao vento predominante, indicando necessidade de estudos para quantificar e estimar a dimensão de faixas de segurança (“buffer zones”) para a aplicação aérea do herbicida visando o controle do risco de deriva para as áreas adjacentes. Esta observação de efeito real do vento sobre a deriva fundamenta a recomendação de estudos complementares das distâncias de segurança para estas aplicações.

8. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Estatísticas de aeronaves**. 2008. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/estatistica/estat26.asp>>. Acesso em: 30 mai. 2008.

AGROVEL. Aviação agrícola. 2008. Disponível em: <<http://www.agrovel.com.br/aviacao.html>>. Acesso em: 05 mar. 2008.

ALQUINO NETO, F. R.; NUNES, D. S. S. **Cromatografia**: princípios básicos e técnicas afins. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. p. 30.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **ASAE S386.2**: calibration and distribution pattern testing of agricultural aerial application equipment. St. Joseph, 1995. 5 p.

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. Tecnologia de aplicação de defensivos na cultura da soja. **Boletim de Pesquisa de Soja Fundação Mato Grosso**, Rondonópolis, v. 11, p. 199-216, 2007.

ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, 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 Desempenho de sistemas e pulverização aérea para controle curativo da ferrugem da soja. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 4., 2008, Ribeirão Preto. **Segurança em tecnologia de aplicação: anais...** Ribeirão Preto: IAC, 2008. 1 CD-ROM.

ARAÚJO, E. C; GONTOW, M. **Estudo do mercado da aviação agrícola**. Botucatu: Agrotec; Embrater, 1993. Não paginado.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo setorial 2007**. Curitiba, 2007. Disponível em: <http://www.abimci.com.br/estudo_setorial2006/estudos_setorial2006.html>. Acesso em: 20 out. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12541**: aplicação de defensivos agrícolas: terminologia. Rio de Janeiro, 1988. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico 2008**: ano base 2007. Brasília, DF, 2008. 130 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico 2010**: ano base 2009. Brasília, DF, 2010. 140 p.

BACHA, C. J. C. Análise da evolução do reflorestamento no Brasil. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 55, n. 2, p. 5-24, jul./dez. 2008.

BLANCO, H. G. A importância dos estudos ecológicos nos programas de controle de plantas daninhas. **O Biológico**, São Paulo, v. 38, n. 10, p. 343-350, 1972.

BONINI, J. V. **Tecnologia de aplicação de fungicidas na cultura da soja**. 2003. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

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, Nov./Dec. 1994.

CARBONARI, C. A. **Efeito da palha na disponibilidade do herbicida amicarbazone na solução do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar.** 2009. 109 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

CARBONARI, C. A. et al. Efeito de surfactantes e pontas de pulverização na deposição de calda de pulverização em plantas de grama-seda. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, out./dez. 2005.

CARBONARI, C. A. et al. Avaliação da deriva em aplicações de herbicidas em cana-de-açúcar . In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 5., 2011, **Sustentabilidade do tratamento Fitossanitário**: anais... Cuiabá: FCA-UNESP; FEPAF, 2011. 1 CD-ROM.

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 Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1995.

CIOLA, R. **Fundamentos da cromatografia a líquido de alto desempenho: HPLC.** São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 179 p.

CHECHETO R. G. et al. Desempenho de adjuvantes na redução da deriva no controle da ferrugem asiática da soja em pulverização aérea. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 5., 2011, **Sustentabilidade do tratamento fitossanitário**: anais... Cuiabá: FCA-UNESP; FEPAF, 2011. 1 CD-ROM.

CHRISTOFFOLETI, P. J. et al. Controle de plantas daninhas em *Pinus taeda* através do herbicida imazapyr. **Circular técnica IPEF**, Piracaba, n.187, 1998. 11 p.

CHRISTOFFOLETTI, J. C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas.** São Paulo: Teejet South America, 1999. 14 p. (Boletim técnico, 5).

CORREIA, H. G. et al Depósitos de calda obtidos com a aplicação aérea de defensivos na cultura da banana. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p. 121-128, 2004.

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.

FEDRIZZI, M. et al. Laser system for the movement track of a horizontal spray boom: equipment, methodology and first experimental results. **Rivista di Ingegneria Agrária**, Bologna, v. 26, n. 3, p. 129-126, 1995.

FRIEDRICH, T. Quality in pesticide application technology. In: RAETANO, C. G.; ANTUNIASSI, U. R. **Qualidade em tecnologia de aplicação**. Botucatu: Fepaf, 2004. p. 93-109.

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

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, May/Jun. 1989.

HIMEL, C. H. The optimum size for insecticide spray droplets. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 62, p. 919-925, 1969.

HOLLAND, M.; BRITO, I. A. A crise de 2008 e a economia da depressão. **Revista de Economia Política**, Rio do Janeiro, v. 30, n. 1, p. 180-182, 2010.

JOHNSON, M. P.; SWETNAM, L. D. **Sprayer nozzles**: selection and calibration. Lexington: University of Kentucky, 1996. 6 p.

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

LEFEBVRE, A. H. Droplet production. In: MATTHEWS, G. A.; HISLOP, E. C. **Application technology for crop protection**. Wallingford: CAB International, 1993. p. 35-56.

LOTFI, S.; PELA, S. Using the technique of analysis of trends impacted projection for the cultivation of *Eucalyptus* in Brazil. **Future Studies Research Journal**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 48-65, Jan./Jun. 2009.

MACIEL, C. D. G. et al. Avaliação do depósito e distribuição da calda de pulverização em plantas de feijoeiro e *Braquiaria decumbens*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: SBCPD, 2000. p. 472.

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

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

MATUO, T. Fundamentos da tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: GUEDES, J. V. C.; DORNELLES S. H. B. **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos**: novas tecnologias. Santa Maria: UFSM, 1998. p. 95-107.

MILLER, P. C. H. Spray drift and its measurement. In: MATTHEWS, G. A.; HISLOP, E. C. **Application technology for crop protection**. Trowbridge: CAB International: 1993. p. 101-122.

MILLER, P. C. H. Reducing the risk of drift from boom sprayers. In: RAETANO, C. G.; ANTUNIASSI, U. R. **Qualidade em tecnologia de aplicação**. Botucatu: Fepaf, 2004. p. 110-124.

MILLER, P. C. H.; BUTLER ELLIS, M. C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Protection**, Surrey, v. 19, p. 609-615, 2000.

OLIVEIRA J. R. G. D. **Cobertura da cultura da soja e deposição de inseticida aplicado com e sem adjuvante e diferentes equipamentos e volumes de calda**. 2008. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Entomologia Agrícola)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

OLIVEIRA, M. A. et al. Aplicação aérea de tebuconazole + benzimidazol com atomizadores rotativos para o controle da ferrugem da soja. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 5., 2011, **Sustentabilidade do tratamento fitossanitário: anais...** Cuiabá: UNES, FCA; FEPAF, 2011. 1 CD-ROM.

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

OZKAN, H. E. et al. Shields to reduce spray drift. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 67, p. 311-322, 2001.

PALLADINI, L. A. **Metodologia para a avaliação da deposição em pulverização**. 2000. 111 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

PITELLI, R. A.; MARCHI, S. R. Interferência das plantas invasoras nas áreas de reflorestamentos. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 3., 1991, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, SIF, UFV, 1991. p. 1-11.

PORCILE, J. F. Importância de lãs malezas em produccion florestal. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE MALEZAS, 12., 1995, Montevideo. **Resumos...** Montevideo: INIA, 1995. p.137.

RAMOS, H. H. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, p. 275-283, 2000. Suplemento.

ROSSI, V. R.; AMARANTE, C. V. T. do; FLEIG, F. D. Crescimento e qualidade de mudas de *Pinus taeda* submetidas à poda química de raízes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 435-442, out./dez. 2008.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Fatos e números do Brasil florestal**. São Paulo: SBS, 2007. 109 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Fatos e números do Brasil florestal**. São Paulo: SBS, 2008. 92 p.

SILVA, D. S. M. **Cromatografia líquida de alta eficiência HPLC**. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/articles/19831/1/Cromatografia-Liquida-de-Alta-Eficiencia-HPLC/-pagina1.html>>. Acesso em: 30 out. 2010.

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

SILVA, T. M. B. **Tecnologia de aplicação aérea de fungicidas na cultura do arroz irrigado**. 2009. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

SOUZA, R. T.; MACIEL, C. D. G.; VELINI, E. D. Avaliação dos depósitos unitários decalda de pulverização em plantas daninhas da cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000. p. 473.

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

TOLEDO, K. E. B. et al. Comparação dos custos de quatro métodos de manejo de *Brachiaria decumbens* Stapf em área de implantação de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 20, n. 3, p. 139-330, 1995.

TOLEDO, R. E. B. et al. Comparação dos custos de quatro métodos de manejo de *Brachiaria decumbens* Staf em área de implantação de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 20, n.3, p. 319-330, 1996.

TOLEDO, R. E. B. et al. Efeitos da faixa de controle do capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) no desenvolvimento inicial de plantas de eucalipto. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 18, n. 3, p. 383-393, 2000.

TUFFI SANTOS, L. D. et al. Crescimento e morfoanatomia foliar de eucalipto sob efeito de deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 1, p. 133-142, 2005.

VELINI, E. D. et al. Avaliação da deriva de aplicações aéreas em cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 5., 2011, **Sustentabilidade do tratamento fitossanitário: anais...** Cuiabá: FCA-UNESP; FEPAF, 2011. 1 CD-ROM.

VELLOSO, J. A. R.; GASSEN, D. N.; JACOBSEN, L. A. Características da tecnologia de aplicação. In:_____. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas com pulverizadores de barra**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1984. p. 10-14.

WIRTH, W.; STORP, S.; JACOBSEN, W. Mechanisms controlling leaf retention of agricultural spray solutions. **Pestic Science**, Kyoto, v. 33, p. 411-420, 1991.