

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

**UTILIZAÇÃO DE BARRA AUXILIAR DE PULVERIZAÇÃO DE ÁGUA PARA
REDUZIR A DERIVA DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS**

FLAVIO GURGACZ

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP
Fevereiro - 2013

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

**UTILIZAÇÃO DE BARRA AUXILIAR DE PULVERIZAÇÃO DE ÁGUA PARA
REDUZIR A DERIVA DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS**

FLAVIO GURGACZ

Orientador: Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini

Co-Orientador: Prof. Dr. Ulisses Rocha Antuniassi

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU – SP
Fevereiro – 2013

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

Gurgacz, Flavio, 1979-
G978u Utilização de barra auxiliar de pulverização de água
para reduzir a deriva de defensivos agrícolas / Flavio
Gurgacz. - Botucatu : [s.n.], 2013
vii , 53 f.: il. color, grafs., tabs.

Tese(Doutorado)- Universidade Estadual Paulista. Facul-
dade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013
Orientador: Edivaldo Domingues Velini
Co-orientador: Ulisses Rocha Antuniassi
Inclui bibliografia

1. Defensivos agrícolas. 2. Tecnologia de aplicação. 3.
Pulverização. I. Velini, Edivaldo Domingues. II. Antunias-
si, Ulisses Rocha. III. Universidade Estadual Paulista.
"Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade
de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

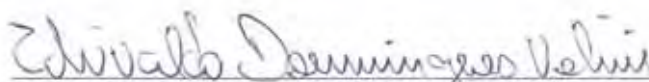
TÍTULO: "UTILIZAÇÃO DE BARRA AUXILIAR DE PULVERIZAÇÃO DE ÁGUA
PARA REDUZIR A DERIVA DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS "

ALUNO: FLÁVIO GURGACZ

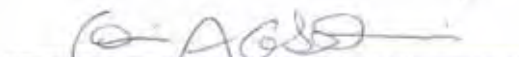
ORIENTADOR: PROF. DR. EDIVALDO DOMINGUES VELINI

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNIASI

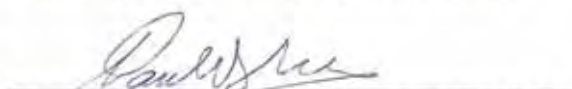
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. EDIVALDO DOMINGUES VELINI



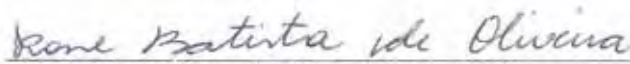
PROF. DR. CAIO ANTONIO CARBONARI



PROF. DR. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA



PROF. DR. EMERSON FEY



PROF. DR. RONE BATISTA DE OLIVEIRA

Data da Realização: 05 de fevereiro de 2013.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao homem do campo que luta de sol a sol para produzir alimentos e garantir o pão de cada dia na mesa de cada um de nós.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela saúde e coragem de enfrentar os obstáculos nesta longa caminhada.

A minha esposa Tailene, pelo apoio e compreensão nos momentos mais difíceis e pela sua dedicação como esposa e companheira.

Ao professor Dr. Edivaldo Domingues Velini pela oportunidade de trabalharmos juntos e suas orientações e apoio e conselhos durante o período.

Ao Professor Dr. Ulisses Rocha Antuniassi pela co-orientação nos trabalhos e disponibilidade de estrutura para a realização do mesmo.

Ao Professor Dr. Caio Antonio Carbonari pela pronta ajuda nos momentos importantes e decisivos da pesquisa.

Ao Professo Dr. Emerson Fey, pelo companheirismo e amizade desde a graduação e pela oportunidade de realização dos ensaios em seu ambiente de trabalho.

Aos colegas, Chechetto, Alisson, Carol, Anne, Fernando, Guilherme e Beto, pela ajuda em todas as fases desta caminhada.

Obrigado a todos!

SUMÁRIO

Página

1.	RESUMO	1
2.	INTRODUÇÃO.....	5
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
3.1.	USO DE DEFENSIVOS E O AMBIENTE	7
3.2.	PERDA DE DEFENSIVOS POR DERIVA	8
3.3.	CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS NO MOMENTO DA APLICAÇÃO.	9
3.4.	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE DEPÓSITOS	13
3.5.	UNIFORMIDADE DE DEPOSIÇÃO	15
4.	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4.1.	TRATAMENTOS	17
4.2.	MONTAGEM DO PROTÓTIPO DA BARRA AUXILIAR.....	18
4.3.	DETERMINAÇÃO DO ESPECTRO DE GOTAS DAS PONTAS DE PULVERIZAÇÃO	22
4.4.	ENSAIO DE CAMPO.....	24
4.4.1.	Determinação das condições meteorológicas	25
4.4.2.	Alvos coletores	27
4.5.	DETERMINAÇÃO DA DEPOSIÇÃO DO TRAÇADOR	29
4.6.	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	30
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.1.	ESPECTRO DE GOTAS	32
5.2.	CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS	34
5.3.	DEPOSIÇÃO DO TRAÇADOR.....	36
5.4.	UNIFORMIDADE DE DEPOSIÇÃO	39
5.5.	ANÁLISE DE TRATAMENTOS EM GRUPOS	41
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
7.	CONCLUSÕES	46
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - LIMITES DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR PARA DIFERENTES TAMANHOS DE GOTAS (ANTUNIASSI, 2009).....	10
TABELA 2 – CODIFICAÇÃO DOS TRATAMENTOS E INFORMAÇÕES DE MODELO DE PONTA, PRESSÃO DE TRABALHO E VOLUME UTILIZADOS NAS BARRAS DE ÁGUA E DEFENSIVO NO ENSAIO DE CAMPO.	18
TABELA 3. DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA POR CLASSE DE TAMANHO E AMPLITUDE RELATIVA DE GOTAS PRODUZIDAS PELAS PONTAS UTILIZADAS NO ENSAIO E OS RESPECTIVOS TRATAMENTOS.	32
TABELA 4. DADOS METEOROLÓGICOS MEDIDOS NAS DIFERENTES LOCALIDADES PRÓXIMAS AO LOCAL DO ENSAIO.	35
TABELA 5. DEPOSIÇÃO DO TRAÇADOR EM MICROGRAMAS (μG), RECUPERADA NOS ALVOS ARTIFICIAIS EM FUNÇÃO DA DISTANCIA ATÉ A BARRA (METROS) E DOS TRATAMENTOS (BARRA AUXILIAR+BARRA CONVENCIONAL).	36
TABELA 6. VALORES DE COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV%) EM RELAÇÃO A MÉDIA DOS TRATAMENTOS.	40
TABELA 7. DESCRIÇÃO DOS GRUPOS DE TRATAMENTOS PARA AS ANÁLISES DE CONTRASTES.	41
TABELA 8. COEFICIENTES DOS CONTRASTES ESTABELECIDOS PARA ANÁLISES DOS GRUPOS E OS VALORES DE P REFERENTES A SIGNIFICÂNCIA DE CADA COMPARAÇÃO.	42

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. VISTA GERAL DO PULVERIZADOR COM O TANQUE AUXILIAR (A), TANQUE PRINCIPAL (B) E CONTROLES DE PRESSÃO INDEPENDENTES (C E D).....	19
FIGURA 2. SISTEMA DE ACIONAMENTO PELA TDP, ATRAVÉS DE CARDAN (A) LIGANDO AS DUAS BOMBAS (B) ATRAVÉS DA UNIÃO ROTATIVA (C).....	19
FIGURA 3. MONTAGEM DAS PONTAS DA BARRA AUXILIAR (A) E CONVENCIONAL (B) DE FORMA INTERCALADA COM CIRCUITOS HIDRÁULICOS INDEPENDENTES.	20
FIGURA 4. SOBREPOSIÇÃO DOS JATOS DA BARRA AUXILIAR (A) SOBRE A CONVENCIONAL (B).	21
FIGURA 5. PONTO DE ARTICULAÇÃO DA BARRA (A) E TIRANTE ESTABILIZADOR, FIXADO ENTRE CHASSI E UM PONTO NO CENTRO DA BARRA (B).	22
FIGURA 6. ANALISADOR DE PARTÍCULAS MASTERSIZER E O DETALHE DA LOCALIZAÇÃO E DO SENTIDO DE MOVIMENTAÇÃO DA PONTA DE PULVERIZAÇÃO.	24
FIGURA 7. VISTA GERAL DA ÁREA DO ENSAIO DE CAMPO E LOCALIZAÇÃO DOS COLETORES EM RELAÇÃO A PASSAGEM DO TRATOR E PULVERIZADOR.	25
FIGURA 8. VISTA AÉREA DA ÁREA DO ENSAIO DE CAMPO (A) E LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA SINÓTICA (B) COM DISTANCIA DE 3.600 METROS ENTRE SI.	26
FIGURA 9. MONITORAMENTO DAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS JUNTO A UM ALVO COLETOR (A) ATRAVÉS DE UM TERMOHIGRÔMETRO (B), EQUIPADO COM SENSORES DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR (C) E TERMOPAR (D).	27
FIGURA 10. REPRESENTAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DOS ALVOS COLETORES NA ÁREA DO ENSAIO DE CAMPO.....	28
FIGURA 11. CURVA DE CALIBRAÇÃO COM AS SOLUÇÕES COM CONCENTRAÇÕES CRESCENTES DO MARCADOR UTILIZADO NO ENSAIO.	29
FIGURA 12. ESPECTRO DE GOTAS FORMADO PELAS PONTAS UTILIZADAS NO ENSAIO, NA RESPECTIVA PRESSÃO (BAR) E A CLASSIFICAÇÃO DE GOTAS (LINHA PONTILHADA) SEGUNDO ASAE (2000).....	33
FIGURA 13. DEPOSIÇÃO DE TRAÇADOR EM μg POR ALVO, PARA CADA TRATAMENTO EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA ENTRE A BARRA E O ALVO (M).	37
FIGURA 14. DEPOSIÇÃO RELATIVA DE TRAÇADOR SOBRE OS ALVOS NAS POSIÇÕES B E C EM FUNÇÃO DOS TRATAMENTOS.	38
FIGURA 15. DEPOSIÇÃO DO TRAÇADOR E O COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV), EM RELAÇÃO A MÉDIA DO TRATAMENTO.	40
FIGURA 16. NUVEM DE GOTAS FORMADA PELA BARRA AUXILIAR (A) E PELA BARRA DE CALDA (B).....	43
FIGURA 17. COMPORTAMENTO DA UMIDADE RELATIVA DO AR, DURANTE A PASSAGEM DA BARRA SOBRE OS ALVOS NOS RESPECTIVOS TRATAMENTOS.	43

1. RESUMO

No contexto da aplicação de defensivos, a tecnologia de aplicação é fundamental para que haja boa eficiência, e os mesmos não alcancem áreas não desejadas. As condições ambientais no momento da aplicação, principalmente na região da barra de pulverização, são fatores que mais influenciam nas perdas de defensivos. O presente trabalho teve por objetivo avaliar um dispositivo para umidificar o ambiente junto a barra de pulverização, promovendo a minimização das perdas durante as aplicações de defensivos. No ensaio de campo foi utilizado um pulverizador com uma barra dupla modificada para sobrepor um jato de água sobre o jato da barra convencional. O pulverizador foi composto por reservatório, bomba e controles de pressão independentes para cada circuito. Para determinar a quantidade e a qualidade de deposição de calda durante a aplicação, foram utilizados alvos artificiais compostos por lâminas de vidro e promovida a aplicação da calda composta por água e traçador na concentração de 6.000 mg L^{-1} . As lâminas foram fixadas em suportes com alturas de 0,9; 0,6 e 0,3 m em relação ao solo que resultaram em distancias entre o alvo e a barra de 0,5; 0,8 e 1,1 m, respectivamente. As condições ambientais foram mensuradas através de 2 estações meteorológicas, instaladas próximo a área de ensaio e um termohigrômetro portátil, junto a um dos alvos, com altura de 0,6 m em relação ao solo. Os tratamentos foram compostos pela combinação de volumes de aplicação (L ha^{-1}) da barra auxiliar e convencional sendo T1 - 0+40; T2 - 40+40; T3 - 80+40; T4 - 120+40; T5 - 160+40 e T6 - 0+80, respectivamente e três alturas de coleta com 12 repetições. De maneira geral os resultados de deposição do traçador mostram que com aumento da distancia entre o alvo e a ponta de pulverização foi reduzida a quantidade de traçador e homogeneidade de calda aplicada à um volume de 40 L ha^{-1} . No entanto a aplicação de água pela barra auxiliar, aumentou a quantidade unitária traçador por alvo e

reduziu no coeficiente de variação dos valores de deposição, quando comparado com a ausência da barra auxiliar. Os resultados evidenciam que o uso da barra auxiliar, aumenta a deposição de calda, mesmo em condições de temperatura, umidade relativa e tamanho de gota, favoráveis a deriva. O uso da barra auxiliar com aplicação de água, mostrou-se uma técnica viável na redução das perdas, além de melhorar a homogeneidade de deposição de calda em aplicações de defensivos.

UTILIZATION OF BOOM WATER SPRAY TO REDUCE THE DRIFT IN PESTICIDES APPLICATION. Botucatu, 2013. 57p.

Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: FLAVIO GURGACZ

Adviser: EDIVALDO DOMINGUES VELINI

Co-Adviser: ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

SUMMARY

In the context of the application of pesticides, application technology is fundamental to provide a good efficiency and prevent depositions of pesticides in off-targets places. The environmental conditions at the time of application, especially in the region of the spray boom, influence the process of drift of defensive. This study aimed to evaluate a device to humidify the environment along the spray boom, promoting reduction of losses during pesticide applications. In the tests we used a spray with a double boom modified to override a spray of water on the conventional boom. The sprayer was build by two tanks (reservoir), two pumps and flow rate valves independent for each circuit. To qualify and quantify the loss of defensive during application, artificial targets of glasses were used and the spray solution was water and pigment with concentration of 6,000 mg L⁻¹. The targets were placed on 0.9, 0.6 and 0.3 meters height above the ground, that provide distances between targets and boom of 0.5, 0.8 and 1.1 meters, respectively. The environmental conditions were measured by 2 weather stations, installed near the field and a portable hygrometer, located together a target 0.6 meters height above of ground. The treatments consisted of combinations of application volumes (L ha⁻¹) of the auxiliary boom and conventional T1 - 0 +40, T2 - 40 +40; T3 - 80 +40; T4 - 120 +40; T5 - 160 +40 and T6 - 0 +80 and three heights collection with 12 replications. In general, when distance between targets and boom was increased the tracer deposition and homogeneity was decreased with 40 L ha⁻¹ of volume application. However the use of boom water spray increase the spray deposits and homogeneity, compared with no use of boom water spray. This shows that boom water spray, increases the pesticide deposition even with conditions temperature, relative humidity and small droplets are favorable to

spray drift. The use of boom water spray proved is a viable technique to reducing pesticide losses and increase the uniformity of product applied.

Keywords: boom water spray, uniformity, drift, droplets, nozzle

2. INTRODUÇÃO

A demanda mundial por alimentos aliada a possibilidade de expansão da agricultura em áreas degradadas faz do Brasil um país com potencial de suprir a demanda de alimentos para consumidores de todas as partes do mundo. Porém, para que isso seja alcançado é necessário que ferramentas tecnológicas sejam utilizadas em todas as etapas de produção, pois os consumidores tem mostrado preferência por produtos de qualidade, produzidos em sistemas sustentáveis, com o mínimo impacto ambiental.

Para que a produção agrícola mundial consiga suprir a necessidade do mercado, se faz necessário o uso de grande quantidade de insumos, como água, defensivos, fertilizantes, corretivos, combustíveis fósseis, dentre outros. Caso um ou mais destes sejam utilizados de maneira inadequada e/ou de forma não racional, podem causar danos ambientais irreversíveis e/ou esgotamento dos mesmos.

Por isso, o desenvolvimento de tecnologias capazes de reduzir o impacto da exploração agrícola é de fundamental importância para produção sustentável de alimentos, considerando-se os aspectos econômicos, sociais e ambientais. Quando uma aplicação de defensivo é realizada sob condições inadequadas, o resultado é a contaminação do meio ambiente, baixa eficiência agrônômica dos defensivos utilizados e consequentemente aumento nos custos de produção agrícola.

As perdas de defensivos geralmente estão ligadas à tecnologia de aplicação, assim o estudo dos fatores relacionados às perdas ocorridas desde o lançamento das gotas até o alvo pretendido, contribuem para a compreensão dos fenômenos envolvidos no processo. Ainda dentro do processo de perdas, sejam elas dentro ou fora da área à ser tratada (endo ou exoderiva), o ambiente da trajetória das gotas formadas é um dos fatores de grande influência durante a aplicação, pois o microclima formado na região da barra de

pulverização é extremamente variável, em função de fatores como cobertura do solo, presença ou não de vegetação, tipo desta vegetação, taxa de evapotranspiração, entre outros.

Assim o monitoramento das condições meteorológicas, na região onde as gotas fazem o percurso da ponta até o alvo, pode fornecer dados importantes sobre o comportamento deste ambiente durante as aplicações de defensivos e contribuir para a compreensão dos fenômenos que envolvem as perdas por deriva das gotas. Ainda a utilização de técnicas que sejam eficientes na redução das perdas provocadas pela evaporação das gotas formadas no processo de aplicação, pode ser uma ferramenta no controle de deriva durante a aplicação de defensivos agrícolas.

Dentre as técnicas que podem ser utilizadas para a redução da deriva de defensivos, a utilização de um dispositivo capaz de proteger a nuvem de gotas formada pelas pontas de pulverização do fenômeno de evaporação pode ser uma alternativa eficiente na redução da deriva. Para isso é possível aplicar um spray de água junto às gotas da calda, capaz de modificar as condições meteorológicas na região da barra pelo aumento da umidade relativa e redução da temperatura.

Sendo assim o trabalho teve por objetivo mensurar as condições meteorológicas junto à barra de pulverização e testar o desempenho de uma barra auxiliar de aplicação de água, sobreposta à barra de calda, para reduzir as perdas de defensivos durante as aplicações.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Uso de defensivos e o ambiente

Os defensivos agrícolas, também chamados de agrotóxicos, são compostos sintetizados com a premissa de exercerem o mínimo de impacto sobre os organismos não alvo, e garantir a eficácia agronômica no controle de pragas, doenças e plantas daninhas. No entanto, alguns destes compostos podem afetar a vida selvagem, a saúde do homem no campo e cidades, a qualidade do solo e água, entre outros, se apresentarem ingredientes ativos que sejam persistentes e/ou recalcitrantes no ambiente. Acrescenta-se ainda, que a tecnologia de aplicação utilizada para distribuição destes ingredientes ativos, também exerce influência nos aspectos econômicos, ecológicos e sociais resultantes, sejam pelos efeitos já citados anteriormente, ou em outros efeitos ambientais sob áreas não alvo (SILVA e FAY, 2004).

A contaminação ambiental causada pelo uso intensivo de defensivos agrícolas tem gerado preocupações quanto ao uso inadequado desses compostos. A crescente demanda da sociedade civil e órgãos legisladores e fiscalizadores por processos produtivos com menor impacto ambiental, tem levado a necessidade de se avaliar o comportamento e o destino dessas substâncias utilizadas nos agroecossistemas (LUCHINI e ANDRÉA, 2000).

Segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola (SINDAG, 2013), as vendas de defensivos entre os anos de 2006 e 2012 passaram de 480,1 para 826,7 mil toneladas destes produtos. Porém neste mesmo período as áreas cultivadas com grãos, fibras, café e cana-de-açúcar cresceram apenas 19%, passando de 68,8 milhões para 81,7 milhões de hectares cultivados. Isso significa que o consumo médio

de defensivos, que era pouco superior a 7 kg ha⁻¹, em 2006, passou a 10,1 kg em 2012, o que significa um aumento de 43,2%.

Os dados revelam que o uso intensivo de defensivos no modelo de agricultura atual é uma realidade, principalmente pelo aumento da demanda por alimentos e limitação de expansão de novas áreas para exploração agrícola. Por isso, é fundamental o desenvolvimento de tecnologias que evitem e/ou reduzam o impacto ambiental provocado pelos defensivos na exploração agrícola, preservando os recursos naturais e garantindo sustentabilidade aos sistemas produtivos.

3.2. Perda de defensivos por deriva

A deriva ou o desvio da trajetória de partículas ou gotículas formadas durante a pulverização que não atingem o alvo desejado, constituem uma das principais causas de perdas de defensivos, acarretando não só prejuízos financeiros ao produtor, como menor eficiência dos produtos, desperdício de insumos, danos econômicos às lavouras vizinhas, mas também danos ao ambiente pela contaminação do solo, água, ar e ainda ao homem, como intoxicação e bioacumulação de ingredientes ativos no corpo. Além de perdas econômicas diretamente relacionadas com deriva (pela perda do produto aplicado), ainda podem ocorrer redução no crescimento e produtividade de culturas e outros organismos, contaminados por substâncias provenientes do processo de aplicação.

Estudos usando sub-doses de glifosato, simulando efeito de deriva em culturas não alvo, comprovam que ocorrem prejuízos no desenvolvimento em função do aumento da sub-dose (deriva simulada), e que esse prejuízo ainda pode ser potencializado em plantas sob efeito de outros produtos, como fungicidas, inseticidas e herbicidas (efeito de sinergia). Vários estudos comprovam os efeitos negativos no desenvolvimento de culturas como eucalipto (TUFFI SANTOS et al., 2005), milho (MAGALHÃES et al., 2001a), sorgo (MAGALHÃES et al., 2001b), algodão (YAMASHITA e GUIMARÃES, 2005) e pêssego (TUFFI SANTOS et al., 2006).

Por isso, a tecnologia de aplicação destes produtos tem papel fundamental na redução das perdas, pois é através de técnicas e equipamentos que o defensivo é colocado sobre o alvo pretendido. Para Matuo (1990), a tecnologia de aplicação de defensivos consiste em proporcionar a correta colocação de um produto biologicamente ativo no alvo correto, em quantidade necessária, de forma econômica e eficiente, com o mínimo de contaminação em outras áreas e/ou alvos.

Dentre as várias definições sobre deriva, Miller (1993) define deriva como a parte de uma aplicação agrícola que é carregada para fora da área alvo, pela ação do vento. Já Christofolletti (1999) a define como tudo aquilo que não atinge o alvo. Ainda, Miller (2004) afirma que dentre as formas de deriva, pode ocorrer o transporte do defensivo para fora do alvo, em gotas ou na forma de vapores.

Antuniassi (2009) cita que o termo deriva foi dividido em dois tipos principais: exoderiva e endoderiva. Quando a perda se dá para locais fora da área alvo em que a aplicação foi realizada, esta é conhecida como exoderiva, como exemplo, as gotas carregadas pelas correntes de ar ou pelo vento. Quando essa perda se dá na própria área alvo em que ocorreu a aplicação, na forma de escoamento por exemplo, essa é caracterizada como endoderiva.

Segundo Byers et al. (1984), a deposição e as perdas de produtos são influenciadas pelas características de trabalho dos pulverizadores, pelo tamanho da gota, pelas condições meteorológicas (como temperatura, umidade relativa do ar, e velocidade do vento), pela arquitetura da planta, estágio de desenvolvimento e volume de aplicação. O ambiente é um fator fundamental à tecnologia de aplicação, pois vários autores citam a interferência deste nas perdas e sua contribuição em grande parte na deriva de produtos aplicados.

Para Matthews (2000), o tamanho adequado das gotas possui importância fundamental para a deposição do ingrediente ativo sobre o alvo correto, com a minimização de perdas ou deriva. O autor relata ainda, que gotas de tamanho entre 50 e 100 μm (gota muito fina), são capazes de serem transportadas para o interior da massa foliar da cultura por meio da turbulência do ar e serem depositadas nas folhas, mas podem evaporar antes que cheguem ao alvo. Quando as condições meteorológicas propiciarem a deriva, gotas médias a grossas devem ser utilizadas, no entanto, mesmo quando gotas grossas são aplicadas, há uma porção do volume aplicado formado por gotas finas e que estão sujeitas à deriva.

3.3. Condições meteorológicas no momento da aplicação.

As condições meteorológicas são um importante fator a ser considerado no momento das aplicações, dentre elas o vento tem um papel peculiar, pois age de maneira direta sobre as gotas, alterando sua direção de deslocamento em relação ao alvo desejado (CHRISTOFOLETTI, 1999). Como condições favoráveis para uma

aplicação, Nuyttens et al. (2006), afirmaram que o aumento da umidade relativa do ar e a diminuição na temperatura e da velocidade do vento, diminuem os riscos de perda por deriva.

Este tipo de comportamento é explicado por Teske e Thistle (2010), que realizaram testes de laboratório para estudar o comportamento de uma nuvem de gotas, formada por uma ponta de pulverização. Eles concluíram que quando uma nuvem de pulverização é liberada, o ar do ambiente irá misturar-se com a mesma. Como o centro da nuvem inicialmente tem alta umidade relativa (próxima de 100%), em um ambiente onde a umidade for baixa, as gotas vão evaporar rapidamente, porém o ar mais seco será arrastado para dentro da nuvem. Para condições de umidade relativa alta, a evaporação das gotas ocorrerá de forma mais lenta, pois o ar arrastado para dentro da nuvem, não será tão eficaz em evaporar as gotas da mesma. Ainda segundo os autores a evaporação causa a queda da temperatura (pois parte da energia do ar é usada para evaporar a gota) o que aumenta a umidade relativa, sendo a mesma em função da temperatura. Isso explica por que as condições ambientais tem tanta influência sobre os processos que envolvem perdas de defensivo durante as aplicações.

Vários estudos sugerem cuidados no momento das aplicações, com condições meteorológicas adequadas para cada situação de aplicação, conforme exemplo da Tabela 1.

Tabela 1 - Limites de temperatura e umidade relativa do ar para diferentes tamanhos de gotas (ANTUNIASSI, 2009).

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 a 70%	Abaixo de 60%

Além da temperatura e umidade relativa do ar, outros fatores interferem nos processos de perdas, como citado por Nordby e Skuterud (1974), que ao estudarem os efeitos da altura de barra, pressão de trabalho e velocidade do vento sobre a deriva observaram que sob condições ideais e com equipamento de pulverização corretamente ajustado, o total de deriva era de 1,4% do volume de calda aplicado; e sob condições desfavoráveis e com ajustes errados do pulverizador (altura de barra e pressão), a deriva foi de 37%. Os autores concluíram que as pulverizações no campo não devem ser realizadas em velocidades de vento superiores a 3 m s^{-1} , a altura de barra deve ser aproximadamente de 0,40 m e a pressão de trabalho não deveria exceder 2,5 bar.

Em estudo realizado por Velini et al. (2010), monitorando oito aplicações terrestres de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar, observaram que de maneira geral o valor médio da deriva nas aplicações foi de 17,9%, chegando a 36,2%, mostrando que podem ocorrer perdas significativas em aplicações de herbicidas. O estudo indica ainda que as condições meteorológicas (temperatura, umidade do ar e velocidade do vento) foram as variáveis mais influentes na intensidade de perdas observada no campo, além das outras variáveis de grande relevância, como pressão de trabalho e ponta de pulverização (que conjuntamente definem o espectro de gotas); altura da barra e o produto aplicado (produtos voláteis foram os que apresentaram maiores porcentagens de perdas).

Para Antuniassi e Baio (2008) o sucesso de uma aplicação depende dos seguintes fatores: seleção das pontas, ajuste do volume de calda, parâmetros operacionais, condições ambientais favoráveis e momento correto da aplicação, devendo sempre ser levado em consideração às recomendações agronômicas de cada produto. Outros fatores importantes são as relações entre o tipo de alvo a ser atingido, a forma de ação do agrotóxico e a técnica adotada para sua aplicação.

No entanto, muitas vezes é dada muita importância ao defensivo e pouca à tecnologia de aplicação. Por isso é fundamental o conhecimento dos fatores ligados as perdas e como cada um deles pode contribuir para que o produto alcance o alvo de forma eficiente, minimizando as mesmas (CUNHA et al., 2003). De acordo com um experimento realizado por Smith et al. (1982), os dois principais fatores que afetam a deriva são a velocidade horizontal do vento e a altura da barra do pulverizador, mas que também a temperatura possui um papel fundamental.

Bohmont (1990) relatou que o vento afeta a direção, quantidade e distância da deriva. Krishnan et al. (1993), concluíram que a velocidade e a direção do vento influenciaram a qualidade da pulverização em todos os tipos de pontas avaliadas por eles. Procurando comprovar esta influência, Miller (1993) constatou haver uma interação linear entre a deriva e a velocidade do vento. Este autor também expôs que a estabilidade atmosférica influencia o nível de turbulência que, por sua vez, influencia a deriva, principalmente de gotas finas e muito finas.

Este ambiente se torna mais complexo quando estudamos o microclima formado logo acima da superfície do solo. Oke (1978) cita que o microclima da superfície do solo é bastante instável, tanto em superfícies vegetadas como as não vegetadas, podendo a temperatura variar aproximadamente 8°C em um ponto a 0,5 m

acima da superfície. Tubelis (1980) relata que a temperatura máxima do ar em contato com o solo ocorre simultaneamente com a temperatura máxima da superfície do solo, porém à medida que se afasta desta superfície, a temperatura atinge este valor máximo somente duas horas mais tarde, em um ponto a 2 metros acima da superfície solo.

Outro fator relevante no ambiente é a concentração de vapor d'água na atmosfera que é pequena, chegando ao máximo a 4% do volume, mas é extremamente variável. Essa variabilidade provém da extrema facilidade que a água tem de mudar de fase nas condições atmosféricas comumente encontradas. Geralmente o ar se encontra com uma concentração de vapor d'água menor que a de saturação. A relação percentual entre a concentração de vapor d'água existente no ar e a concentração de saturação, na pressão e temperatura que o ar se encontra, é definida como umidade relativa do ar (TUBELIS, 1980).

Para calcular a quantidade de água presente na atmosfera, pode ser utilizado o modelo proposto por Ometto (1981), iniciado pelo cálculo da pressão de vapor d'água atual em um dado local, quando há o valor da umidade relativa (%), pela seguinte Equação 1

$$e_a = UR \times \frac{e_s}{100}$$

Equação 1

Onde:

e_a : Pressão atual de saturação (mmHg)

UR: Umidade relativa (%)

e_s : Pressão de saturação de vapor d'água na atmosfera

Ainda o mesmo autor considera para o cálculo de umidade relativa absoluta a Equação 2:

$$U_a = \frac{288 \times e_a}{273 + t}$$

Equação 2

Onde:

U_a : Umidade relativa absoluta (g m^{-3})

e_a : Pressão atual de saturação (mmHg)

t : Temperatura do bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$)

A título de exemplo, pode ser considerado um ambiente com temperatura de 25°C , pressão de saturação de vapor d'água na atmosfera de 61,5 mmHg e umidade relativa de 40 e 60%, será encontrado valores de pressão de saturação de 24,6 e 36,9 mmHg respectivamente, através da Equação 1, e a quantidade de vapor d'água encontrada na atmosfera ainda usando o exemplo anterior é 23,8 e 35,7 g m^{-3} de água na atmosfera respectivamente, utilizando a Equação 2. Portanto, a diferença da massa de água encontrada na atmosfera, comparando-se os dois valores de umidade relativa (40 e 60%), é de 11,9 g m^{-3} .

Se for considerada uma aplicação de água com volume de 120 L ha^{-1} , no mesmo local e condições meteorológicas do exemplo citado e considerada a influência desta aplicação no ambiente a 1 metro de altura em relação ao solo e perdas da calda por evaporação de 50%, será adicionado à atmosfera aproximadamente 6,0 g m^{-3} de água na atmosfera. Este valor é suficiente para elevar a umidade relativa neste local, de 40% para aproximadamente 50%. Ainda se toda a água da aplicação ficar na forma de vapor na atmosfera, o valor teórico da umidade será elevado para 60%.

Assim o próprio volume de água utilizado na aplicação de defensivos, que é perdido na forma de evaporação, pode aumentar a umidade do ar na região onde são lançadas as gotas durante a aplicação. Por outro lado se essa quantidade de água evaporada durante a aplicação estiver transportando o defensivo, haverá redução da quantidade do mesmo que alcançara o alvo pretendido. No entanto se uma barra de pulverização auxiliar somente com água, for utilizada durante a aplicação, essa poderá aumentar a umidade relativa na região da barra e evitar a evaporação da calda (água+defensivo) contribuindo para a redução das perdas.

3.4. Métodos de avaliação de depósitos

Em estudos de perdas nas aplicações de defensivos é fundamental utilizar métodos que possibilitem quantificá-la, e assim compreender melhor os processos envolvidos nestas. Segundo Salyani e Fox (1999), alguns métodos fornecem melhores resultados do que outros, porém todos os métodos tem alguma limitação em certas condições. Na maioria das vezes, o uso de um método particular, normalmente depende da disponibilidade de recursos humanos e financeiros, características físicas e biológicas da cultura e o grau de acurácia desejado em relação aos tratamentos do experimento.

Para avaliação do depósito de calda de pulverização, há diversas opções de metodologia: através da utilização de alvos artificiais (tiras de papel, lâminas de vidro), colocados próximos aos alvos reais (folhas, caules, solo, etc.); papéis sensíveis, que mostram as gotas apenas em função da sensibilidade à umidade, utilização de traçadores especiais, como fluorescentes (sensíveis sob luz ultravioleta) e uso da condutividade elétrica para determinação de concentrações de defensivos agrícolas, técnica esta que permite a utilização de alvos reais (TOMAZELA, 1997).

Palladini (2000), ao analisar a viabilidade de vários traçadores em estudos de deposição, concluiu que a mistura do pigmento Saturn Yellow suspenso em lignossulfonatos com o traçador Azul Brilhante, proporcionou uma solução traçadora adequada para avaliações qualitativas e quantitativas dos depósitos obtidos nas pulverizações no campo, com a vantagem de ser estável à luz solar, não ser absorvida pelas folhas e manter a solução na mesma tensão da água, possibilitando reduções aos níveis proporcionados pelas diferentes concentrações dos produtos ou de acordo com a necessidade do trabalho.

Tofoli (2001) estudou o efeito do tamanho de alvos artificiais e condições operacionais, sobre a uniformidade de deposição de pulverizações em pré-emergência com diferentes traçadores minerais. No trabalho o autor concluiu que o estudo da distribuição dos depósitos pontuais é fundamental para avaliação da qualidade da pulverização em pré-emergência e a irregularidade de depósitos proveniente da pulverização pode levar a necessidade de aumentos na dose aplicada, que podem variar de 1,2 a 5,8 vezes o valor da dose, para manter a mesma porcentagem de controle, dependendo da ponta utilizada e do tamanho de alvo.

Chaim et al. (1999) descreveram um método alternativo para estimar a deposição de agrotóxico com uso de papel sensível à água, utilizando um método matemático que utiliza microscopia ótica para medição das gotas. Esse método permite a conversão do diâmetro das manchas ou impressões de gotículas de pulverização em volume por centímetro quadrado, estimando assim, o volume das gotas que atingem determinada área, por meio da medição das impressões criadas em alvos artificiais. Os diâmetros são corrigidos pelos respectivos fatores de espalhamento, classificando as gotas em diversas faixas de tamanho e o volume é calculado em função da sua densidade por centímetro quadrado.

3.5. Uniformidade de deposição

Vários estudos sobre padrões de deposição de pulverizações indicam grande variabilidade de deposição dos defensivos ao longo das faixas de aplicação, o que diminui a eficácia dos tratamentos (COATES e PALUMBO, 1997; GUPTA e DUC, 1996; PERGHER et al., 1997; SOUZA et al., 2002).

Os resultados das aplicações em lavouras podem ser altamente variáveis. Em geral, o grau de sucesso é determinado pela intensidade e uniformidade da cobertura. A eficácia do tratamento depende não apenas da quantidade de material depositado sobre a vegetação mas, também, da uniformidade de cobertura do alvo (McNichol et al., 1997).

Nas avaliações em campo dos tratamentos fitossanitários, adotam-se critérios baseados na análise de distribuição do produto sobre a cultura. Os métodos usuais são baseados em análise visual, mensuração ótica e análises químicas (Salyani e Whitney, 1988).

Técnicas como fluorimetria (CUNNINGHAM e HARDEN, 1999), espectrofotometria (DERKSEN e SANDERSON, 1996) e cromatografia (CUNHA, 2000) podem ser encontradas na literatura. A análise visual é um método rápido e fácil, mas de pouca precisão, enquanto os métodos que envolvem análises químicas e analisadores de imagens são mais precisos. Hewitt (2000) apresenta uma revisão das metodologias para a quantificação de deposição e deriva nas aplicações em campo. Entre os métodos de análise, a espectrofotometria ocupa lugar de destaque, devido a facilidade em determinar quantidades diminutas de substâncias (VOGEL, 1992).

As pontas para aplicações de líquidos, devido a sua simplicidade, são amplamente utilizadas em aplicações de campo para controle de plantas daninhas, insetos, fungos e dentre outros, porém a uniformidade de deposição dentro de culturas de baixo porte e copas densas é baixa (ZHU et al., 2004). Esse comportamento tem uma relação com o índice de área foliar da cultura. Ainda o mesmo autor ao avaliar a redução da deposição de calda sobre alvos, em diferentes posições de coleta (alturas), detectou que para os quatro tipos de pontas avaliadas, os depósitos decresceram da posição superior até a inferior e mostraram tendência linear decrescente com o aumento do índice de área foliar (IAF). Ainda os mesmos testes mostraram que entre os modelos de pontas com indução de ar, duplo leque, cone vazio e jato plano, o último teve o pior desempenho em relação a penetração sobre a cultura.

Weeb e Parkin (2004) ao avaliarem a uniformidade de deposição horizontal e vertical em aplicações terrestres, usaram o coeficiente de variação (CV) como medida de uniformidade. Os resultados foram obtidos com pontas de jato plano e volumes entre 30 e 90 L ha⁻¹ e mostraram que o CV nos alvos horizontais ficaram entre 20,5 e 47,4% e para os alvos verticais entre 24,1 e 45,0%.

A uniformidade de deposição da calda sobre os alvo é importante para que haja eficiência do produto aplicado. Essa importância fica evidente no estudo realizado por Zande et al. (2004), onde foi avaliada a eficácia biológica de um fungicida no controle da requeima da batata (*Phytophthora infestantis*), em função da variabilidade de deposição do defensivo. Os valores de deposição ficaram entre 50 e 150% da dose aplicada, e a incidência da doença sobre as folhas coincidiu com os pontos onde a deposição foi menor.

De maneira geral os resultados de pesquisas mostram que a deposição é menor nas partes mais baixas e internas do dossel das culturas. No caso de aplicação de fungicidas, por exemplo, esta desuniformidade pode proporcionar baixa eficácia no controle das doenças, principalmente no caso de fungicidas de contato, que requerem cobertura uniforme de toda a planta. Ainda segundo Cunha et al. (2005), este problema se acentua nas aplicações em que se utilizam bicos de jato plano que, em geral, produzem menor número de gotas por área e menor turbulência, dificultando a penetração vertical na cultura.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi dividido em várias etapas que vão desde ensaios preliminares até a construção de protótipos. Inicialmente foi construído o protótipo de uma barra auxiliar para avaliação de montagem de componentes e a disposição dos jatos das barras (auxiliar e convencional). Após essa etapa foi montado um protótipo de pulverizador com as modificações necessárias para adaptação da barra auxiliar. Finalizado o protótipo do pulverizador seu funcionamento foi testado por cerca de 2 horas para detectar algum tipo de falha que pudesse prejudicar o ensaio de campo.

O ensaio de campo foi realizado com objetivo de avaliar a deposição de traçador sobre alvos artificiais, compostos por lâminas de vidro. Estes foram montados em suportes fixados no solo a três alturas distintas (0,3; 0,6 e 0,9 metros).

Após a aplicação do traçador sobre os alvos artificiais as lâminas foram levadas ao laboratório para lavagem das mesmas e determinação da concentração do traçador retido durante aplicação, pelo uso da técnica de espectrofotometria.

O espectro de gotas formado pelas pontas utilizadas no ensaio de campo foi determinado em laboratório através da técnica de difração laser, utilizando-se os mesmos valores de pressões do ensaio de campo.

4.1. Tratamentos

A Tabela 2 mostra os códigos dos tratamentos e os respectivos modelos de pontas, pressão e volume obtido. Os valores de pressão e volume foram obtidos durante as calibrações feitas previamente aos ensaios de campo e laboratório.

Tabela 2 – Codificação dos tratamentos e informações de modelo de ponta, pressão de trabalho e volume utilizados nas barras de água e defensivo no ensaio de campo.

Tratamento	Modelo de Ponta		Pressão (kPa)		Volume (L ha ⁻¹)		
	Água	Defensivo	Água	Defensivo	Água	Defensivo	Total
T1 (0+40)	-	XR 110 01	-	100	-	40	40
T2 (40+40)	TJ60 80 01	XR 110 01	100	100	40	40	80
T3 (40+80)	TJ60 110 02	XR 110 01	100	100	80	40	120
T4 (40+120)	TJ60 110 02	XR 110 01	225	100	120	40	160
T5 (40+160)	TJ60 110 02	XR 110 01	408	100	160	40	200
T6 (0+80)	-	AXI 110 02	-	100	-	80	80

Os volumes da aplicação foram definidos em função das características da ponta e recomendação do fabricante, para que ficassem dentro dos limites pré-estabelecidos. O volume de 40 L ha⁻¹ na barra de defensivo, foi definido considerando valores usuais de aplicações comerciais e baseado na mínima vazão e pressão recomendada pelo fabricante, na velocidade de 7 km h⁻¹ usada no ensaio.

4.2. Montagem do protótipo da barra auxiliar

A montagem do protótipo do pulverizador foi realizada no município de Botucatu – SP, na Fazenda Experimental Lageado, pertencente a Faculdade de Ciências Agrônômicas - FCA/UNESP Campus de Botucatu no Laboratório de Máquinas para Pulverização do Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agrícolas (NEMPA).

Para isso utilizou-se um pulverizador de barras com engate de três pontos, que sofreu modificações no tanque, controle de pressão e bombas, para receber a barra auxiliar utilizada nos ensaios de campo.

Foi adicionado um tanque auxiliar (400 L), usado como reservatório de calda, e o tanque principal (600 L) foi utilizado como reservatório de água, visto que o mesmo não havia sido utilizado com produtos químicos e estava livre de contaminação.

Dois controladores de pressão Master Flow[®] foram instalados para controle individual de cada barra (auxiliar e convencional), alimentados por bombas de pistão acopladas, modelo JP402 com capacidade de 38 L min⁻¹. Cada controlador poderia ser ajustado de acordo com a pressão requerida para cada barra, em função da ponta e volume de calda utilizado. Junto ao circuito alimentador de cada barra, foi instalado um engate rápido para acoplamento de um manômetro para aferição da pressão do sistema.

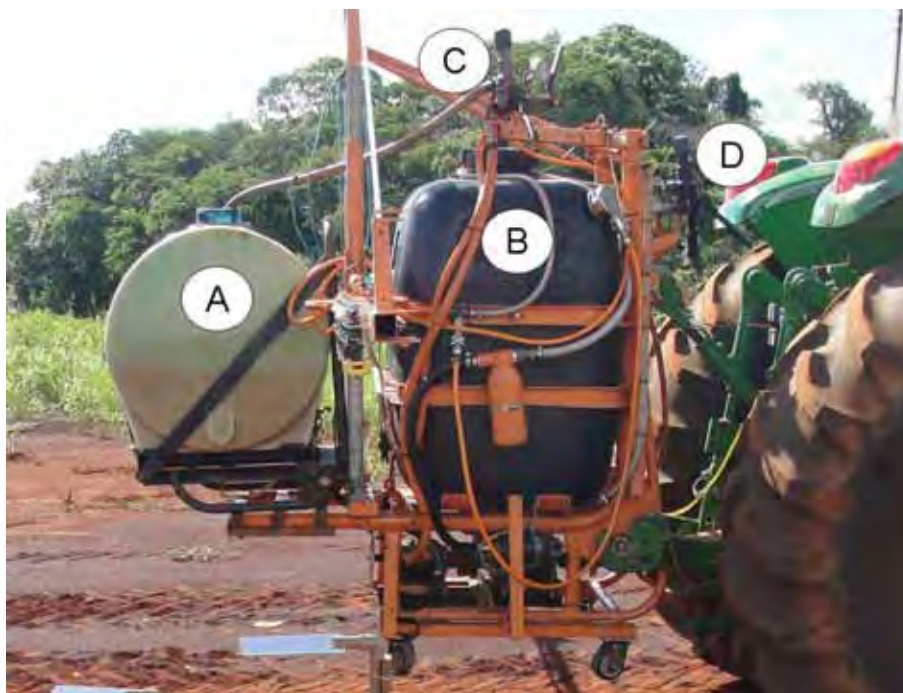


Figura 1. Vista geral do pulverizador com o tanque auxiliar (A), tanque principal (B) e controles de pressão independentes (C e D)

A bomba original foi substituída por um conjunto de duas bombas, interligadas por uma união rotativa, acoplada aos eixos de acionamento das mesmas. Na extremidade do eixo de uma das bombas foi conectado um cardan, cuja função era acoplar o sistema à tomada direta de potência (TDP) do trator, conforme Figura 2.

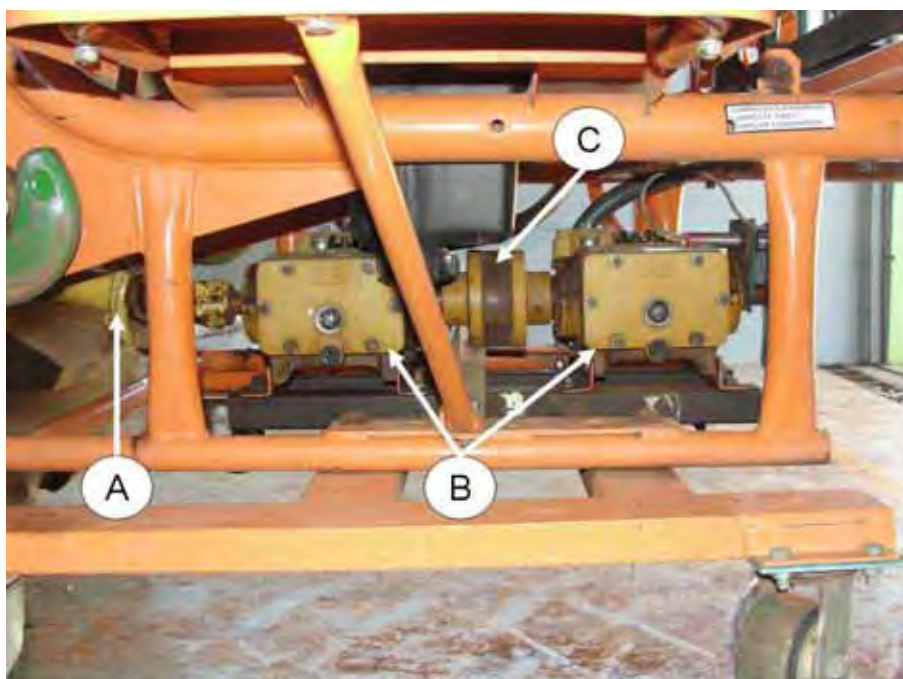


Figura 2. Sistema de acionamento pela TDP, através de cardan (A) ligando as duas bombas (B) através da união rotativa (C).

Para a calibração e monitoramento da rotação da TDP, foi utilizado um tacômetro digital com sensor de pulsos acoplado ao eixo de uma das bombas. Ainda foi utilizado o tacômetro do painel de instrumentos do trator como referência para rotação do motor. Assim, foi possível fazer as leituras de rotação do motor e da tomada direta de potência (TDP) durante a calibração de vazão e, pressão das pontas e depois manter a mesma rotação durante o ensaio de campo.

A barra auxiliar foi composta por um conjunto de cinco porta bicos, espaçados em 0,5 metros e fixados na barra metálica do pulverizador (“braço”). Os porta bicos foram interligados por um circuito hidráulico através de mangueiras flexíveis de $\frac{1}{2}$ ". Junto à barra auxiliar, foi instalada outra barra, denominada barra convencional, com o mesmo arranjo, cujos porta bicos ficaram dispostos de forma intercalada em relação à barra auxiliar (Figura 3).

A largura efetiva de cada barra foi de 2 metros, considerando a sobreposição entre as pontas de cada barra individualmente.

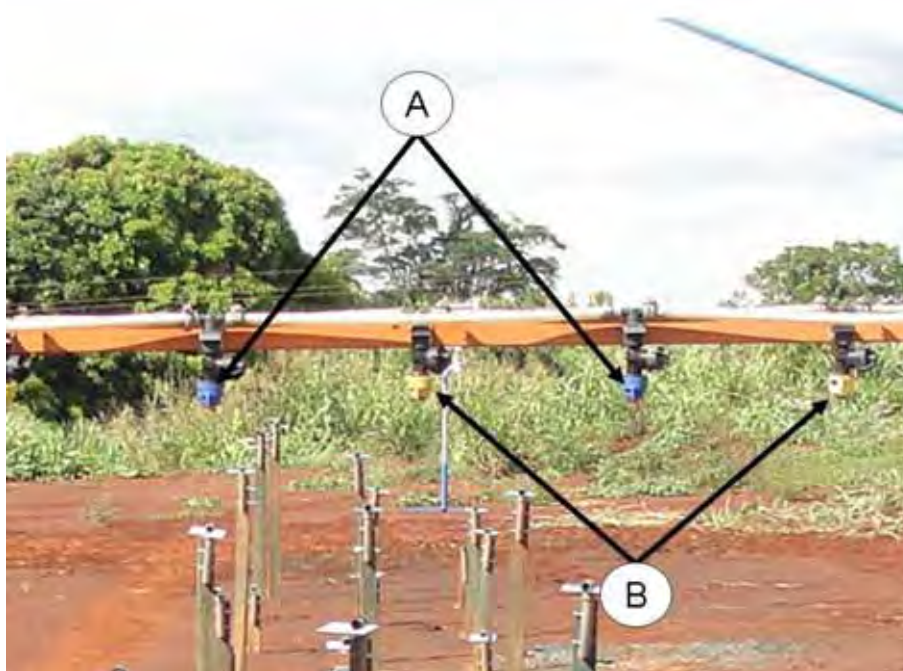


Figura 3. Montagem das pontas da barra auxiliar (A) e convencional (B) de forma intercalada com circuitos hidráulicos independentes.

Os bicos da barra auxiliar foram equipados com pontas hidráulicas do tipo leque plano duplo, modelo TiwnJet®, com ângulo de abertura de 60° entre os dois jatos. Já os bicos da barra convencional foram equipados com pontas de jato plano simples, modelo XR® e AXI®. A montagem das barras foi feita de forma intercalada, permitindo que

o jato formado pela barra convencional ficasse sobreposto pelo jato duplo da barra auxiliar, conforme mostrado na Figura 4.

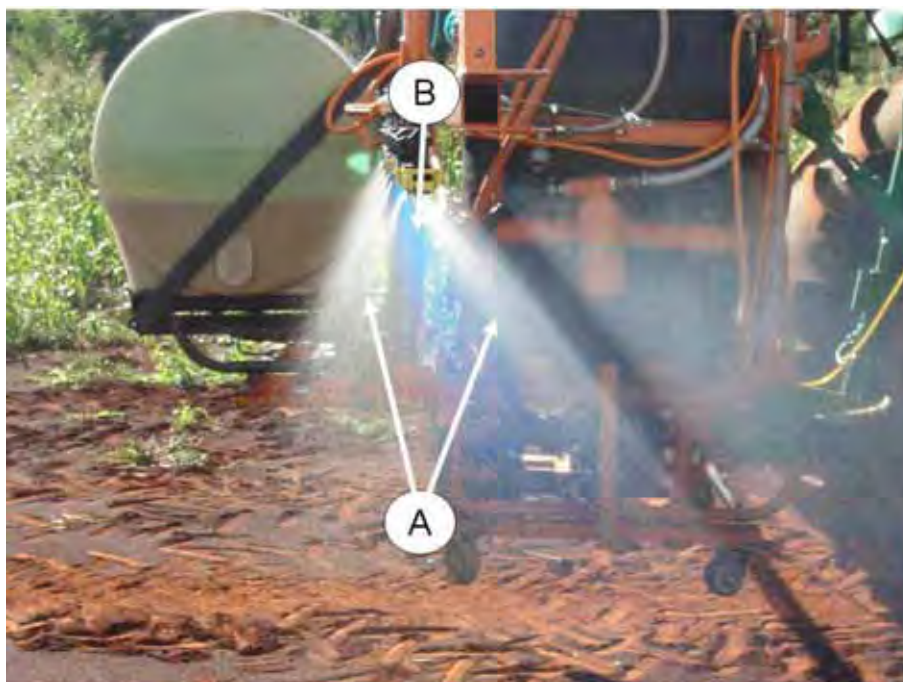


Figura 4. Sobreposição dos jatos da barra auxiliar (A) sobre a convencional (B).

As barras do pulverizador utilizado possuem articulações na extremidade do suporte que prende a barra ao chassi. Estas articulações permitem a movimentação da barra para traz ou para frente em caso de choque com um obstáculo, protegendo a mesma contra danos. Porém, este tipo de mecanismo permite a oscilação da barra no sentido horizontal durante a pulverização. Assim, para evitar este tipo de movimento, foi instalado um cabo de aço entre o chassi e a barra, formado um tirante do tipo “mão francesa”, que garantiu a estabilidade da barra durante o percurso do ensaio (Figura 5).

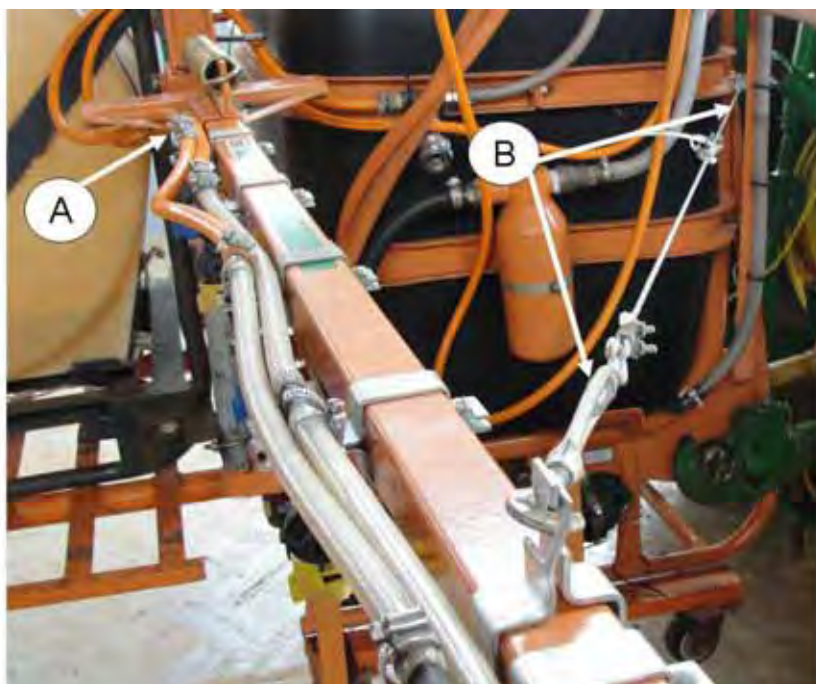


Figura 5. Ponto de articulação da barra (A) e tirante estabilizador, fixado entre chassi e um ponto no centro da barra (B).

Após a montagem do protótipo do pulverizador, o mesmo foi testado a fim de detectar algum tipo de vazamento e/ou falha que pudesse prejudicar o ensaio de campo. Isso permitiu que o ensaio não fosse interrompido e o tempo entre o primeiro e o último tratamento fosse o mínimo possível.

4.3. Determinação do espectro de gotas das pontas de pulverização

O ensaio para determinação do espectro de gotas teve por objetivo caracterizar as gotas formadas por cada ponta utilizada nos tratamentos, para posteriormente contribuir na compreensão dos resultados do ensaio de campo.

As análises do espectro de gotas foram realizadas no Laboratório de Análise do Tamanho de Partículas (LAPAR), localizado no Departamento de Fitossanidade da FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal – SP.

O espectro de gotas foi determinado utilizando-se um equipamento analisador de partículas em tempo real Mastersizer S (Malvern Instruments). Com base na técnica de difração do raio laser, o equipamento mensura o tamanho das partículas que são formadas pelas gotas de pulverização, através do desvio da trajetória do mesmo ao atingir estas partículas. Este desvio do laser é inversamente proporcional ao tamanho da partícula, ou seja, quanto menor a partícula, maior o grau de difração sofrido pelo raio laser (ETHERIDGE et al., 1999).

O equipamento é composto por um feixe de raio laser de 10 mm de diâmetro, comprimento de onda de 670 nm, lente focal de 200 mm e uma ponte óptica de base longa. O equipamento foi ajustado para avaliar gotas de 0,5 a 900 µm (lente 300 mm) e interligado com um computador central que armazena os dados analisados por meio do software Mastersizer-S v.2.19. Cada leitura do laser é realizada a cada dois milissegundos, totalizando 500 leituras por segundo (CAMARA et al., 2008).

O equipamento conta com um exaustor (tipo coifa) que fica localizado sobre o Mastersizer para retirar as partículas em suspensão, evitar deposições sobre a lente do aparelho ou duplas leituras do laser, impedindo assim o comprometimento da exatidão da análise (FERREIRA et al., 2007).

As variáveis que são obtidas com as análises realizadas por este equipamento são: DV 0,1 (diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor), DV0,5 (diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor), DV0,9 (diâmetro de gota tal que representa que 90% do volume pulverizado é de tamanho menor que esse valor de diâmetro de gota) e o percentual do volume de gotas com diâmetro inferior a 100 µm. A variável amplitude relativa foi determinada pela Equação 3.

$$Amplitude\ relativa = \frac{DV_{0,9} - DV_{0,1}}{DV_{0,5}}$$

Equação 3

onde,

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

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

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

A pressão utilizada neste ensaio foi a mesma pressão preestabelecida para cada tratamento, sendo fornecida por um sistema de ar comprimido, controlado com um regulador de pressão com precisão aproximada de 7 kPa (0,07 bar). Para que o jato de pulverização atravessasse transversalmente o laser durante as leituras do aparelho, foi utilizado um oscilador, que movimentava a ponta, possibilitando assim uma amostragem de todo o jato pulverizado (Figura 6).



Figura 6. Analisador de partículas Mastersizer e o detalhe da localização e do sentido de movimentação da ponta de pulverização.

Para as pontas de jato plano com duplo leque, foi avaliado o espectro de cada jato individualmente. Após a leitura dos dois jatos, foi calculada a média entre os valores, resultando no valor médio do espectro de cada ponta.

As pontas XR 110 01 e XR110 02 utilizadas na barra convencional foram avaliadas com calda, preparada com traçador, na mesma concentração utilizada no ensaio de campo (6.000 mg L^{-1}), com o objetivo de representar as mesmas características da calda utilizada no campo e consequentemente o mesmo espectro formado.

4.4. Ensaio de campo

O ensaio de campo foi realizado no mês de janeiro de 2012 na Universidade do Oeste do Paraná – Unioeste, *Campus* de Marechal Cândido Rondon, nas dependências do Laboratório de Mecanização Agrícola – LAMA no município de Marechal Cândido Rondon –PR. Os alvos artificiais foram instalados em local aberto e nivelado, com o solo sem a presença de cobertura (Figura 7).



Figura 7. Vista geral da área do ensaio de campo e localização dos coletores em relação à passagem do trator e pulverizador.

A realização dos ensaios ocorreu entre as 15:30 e 17:00 horas do dia 18 de janeiro, quando as condições meteorológicas monitoradas pela estação, montada próximo à área do ensaio, indicavam valores de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e Umidade Relativa do Ar (%) fora dos limites recomendados para aplicações de defensivos.

O pulverizador foi calibrado para obter em cada barra o volume de aplicação necessário em função dos tratamentos (Tabela 2). No momento da calibração, foram anotados os valores de pressão em cada barra, para cada tratamento, utilizando-se um manômetro digital com duas casas decimais e precisão de 1,0 kPa (0,01bar) acoplado ao circuito hidráulico da respectiva barra. Durante o ensaio de campo, foram ajustadas as pressões dos circuitos de cada barra, conforme valores anotados durante as calibrações.

Para acionamento do pulverizador, foi utilizado um trator da marca John Deere, Modelo 7515, com 140 cv de potência no motor, ajustado para desenvolver uma velocidade de 7 km h^{-1} . A marcha utilizada foi B3 com rotação do motor de 1850 RPM.

4.4.1. Determinação das condições meteorológicas

Foram observados e coletados os dados da estação meteorológica do Núcleo de Estações Experimentais da Unioeste (NEE), localizada a 3.600 metros da área do ensaio de campo (Figura 8). A estação meteorológica da marca Vaisala, modelo

MAWS 301, é do tipo automática e tem como localização as coordenadas de latitude 24° 19' S; longitude 54° 01' W e Altitude de 392 metros.

Os parâmetros coletados pela estação, utilizados foram a temperatura e umidade relativa do ar e velocidade do vento, cujos valores foram coletados em intervalos de 1 minuto e integralizados a cada hora (média).



Figura 8. Vista aérea da área do ensaio de campo (A) e localização da estação meteorológica sinótica (B) com distancia de 3.600 metros entre si.

Para monitorar as condições meteorológicas na área de realização do ensaio, foi instalada a 20 metros do local, uma estação meteorológica móvel, fabricada pela Oregon Scientific, modelo WMR928NX, equipada com sensores remotos para monitoramento e coleta da temperatura, velocidade, direção do vento no momento das aplicações, além da umidade relativa do ar. As informações foram transmitidas dos sensores remotos até o console de leitura por rede sem fio (wireless). Os dados informados pela estação foram anotados individualmente para cada tratamento, durante a realização dos ensaios de campo.

O monitoramento das condições meteorológicas junto aos alvos coletores foi feita através de um termohigrômetro portátil Minipa, modelo MTH 1362W, com transmissão de dados sem fio (wireless) em tempo real e equipada com sensores de temperatura e umidade relativa do ar. O termohigrômetro foi instalado no sexto alvo

coletor, localizado no centro da faixa de coleta e altura de 0,6 m em relação ao solo conforme ilustrado na Figura 9.

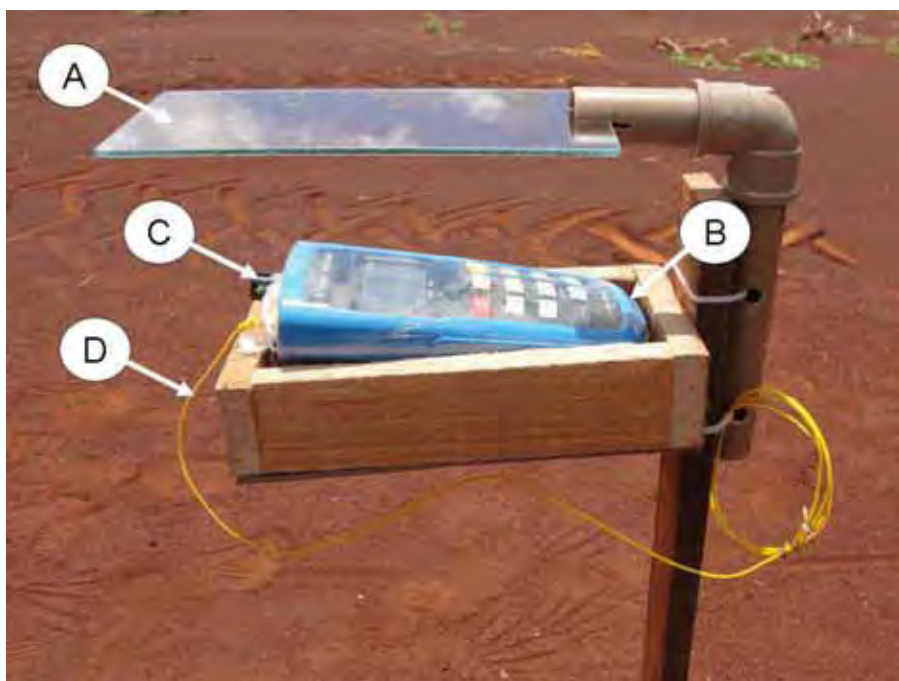


Figura 9. Monitoramento das condições meteorológicas junto a um alvo coletor (A) através de um termohigrômetro (B), equipado com sensores de temperatura e umidade relativa do ar (C) e termopar (D).

O termohigrômetro possui um sensor de temperatura do ar do tipo NTC conjugado ao sensor de umidade relativa do ar tipo capacitivo, com resolução de 0,1%. O outro sensor de temperatura do ar foi um termopar do tipo “K” (Figura 9, D) posicionado junto ao sensor tipo NTC para garantir a leitura dos dados em caso de falha do outro sensor.

O termohigrômetro possuía sistema de transmissão de dados sem fio (wireless) com frequência de leitura a cada 1 segundo, permitindo monitorar e registrar o comportamento das condições meteorológicas junto aos alvos coletores, durante a passagem das barras (auxiliar e convencional) sobre os mesmos.

4.4.2. Alvos coletores

Foram utilizadas lâminas de vidro com dimensões de 198,8 x 99,2 mm e 4,0 mm de espessura, totalizando área superficial de 19.721 mm², dispostas horizontalmente e presas em suportes fixados no solo. As lâminas foram posicionadas à altura de 0,3; 0,6 e 0,9 metros em relação ao solo, que conferiram a distâncias de 1,1; 0,8 e 0,5 metros em relação à barra que trabalhou a altura de 1,4 metros. O posicionamento dos

alvos foi feito de tal modo que não houvesse interferência na projeção horizontal entre os mesmos em um ponto de coleta, conforme ilustrado na Figura 10.

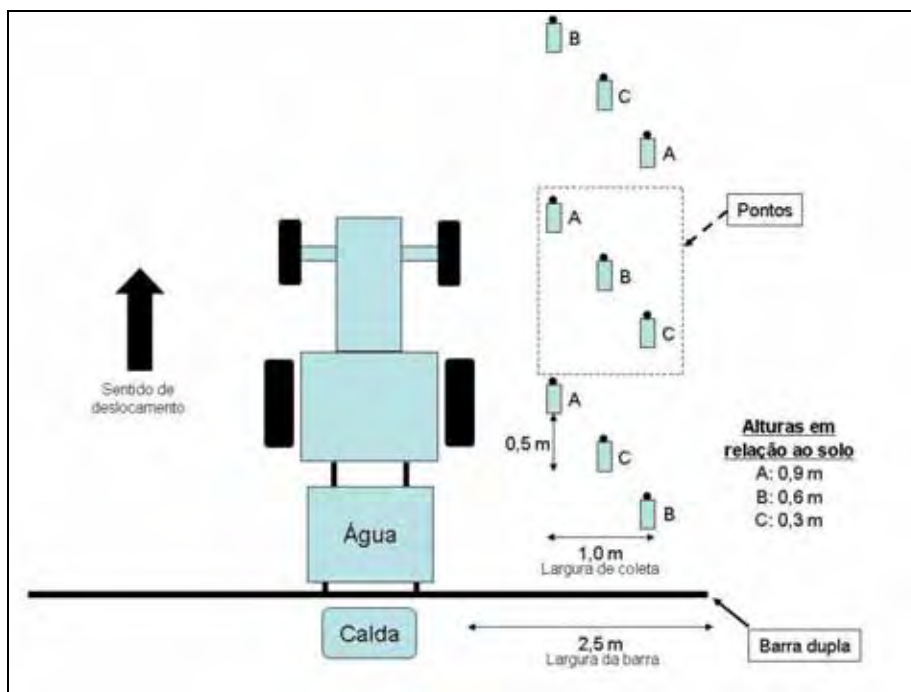


Figura 10. Representação da distribuição dos alvos coletores na área do ensaio de campo.

Os alvos coletores foram agrupados a cada três, formando um ponto de coleta, num total de 12 pontos (repetições) que ficaram dispostos no sentido de deslocamento do pulverizador. A posição de cada alvo coletor em relação a sua altura de coleta foi sorteada, de forma que ficasse aleatorizada dentro de cada ponto.

A barra do pulverizador foi ajustada para trabalhar com altura de 1,40 m em relação ao nível do solo, resultando em uma altura de 0,5 m entre as pontas de pulverização e os alvos coletores mais altos (0,9 m). Assim foi seguida a recomendação do fabricante da ponta que é de manter a ponta com 0,5 m de altura e espaçamento para garantir a sobreposição dos jatos.

Para avaliação quantitativa dos depósitos da pulverização, utilizou-se como traçador, o corante alimentício Azul Brilhante (FD&C nº1) em solução aquosa (0,6%), sendo a calda de pulverização preparada com 6,0 g do traçador por litro de água (6.000 mg L⁻¹). A metodologia utilizada para a extração e análise foi a mesma descrita por Palladini (2000).

Após a aplicação de cada tratamento, as lâminas de vidro foram retiradas dos suportes, acondicionadas individualmente em recipientes plásticos com tampa devidamente identificados e armazenados em sacos plásticos opacos para evitar

fotodegradação das amostras. Posteriormente realizou-se o transporte do material até o Laboratório do Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM), localizado na Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, em Botucatu – SP, para processamento e análise das amostras.

4.5. Determinação da deposição do traçador

No laboratório cada lâmina (coletor) foi lavada com 50 mL de água destilada e a solução acondicionada em copos plásticos que foram mantidos refrigerados ($8 \pm 3^\circ\text{C}$) até o momento da análise. As leituras (absorbância) dos depósitos do marcador, foram realizadas em espectrofotômetro Shimadzu UV 1601 PC, equipado com filtro no comprimento de onda de 630 nanômetros (nm).

Para obtenção dos valores dos depósitos do traçador sobre os alvos coletores, foi medida a concentração do traçador em cada solução gerada a partir da lavagem das lâminas. Usando uma amostra da mesma solução utilizada durante o ensaio de campo, foi confeccionada uma curva padrão de linearidade. A faixa de linearidade da leitura da absorbância foi obtida com as concentrações de 30; 15; 7,5; 3,75; 1,875; 0,937; 0,469; 0,234; 0,117; 0,059; 0,029; 0,015 mg L^{-1} . A curva de calibração, com a respectiva equação linear ajustada é apresentada na Figura 11.

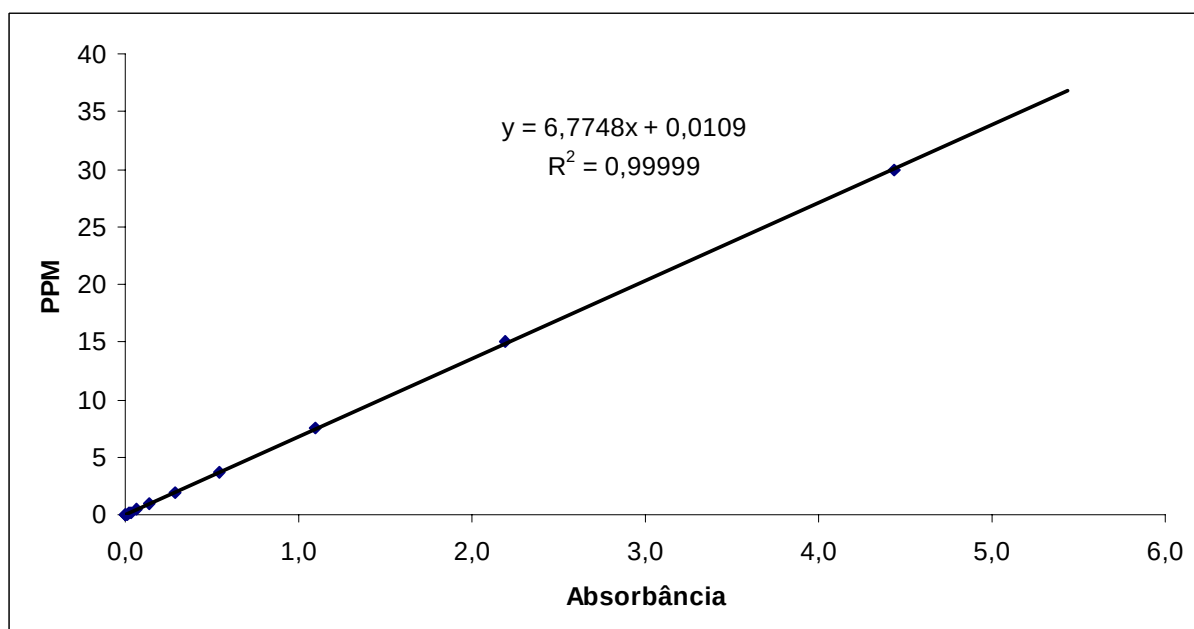


Figura 11. Curva de calibração com as soluções com concentrações crescentes do marcador utilizado no ensaio.

O espectrofotômetro tem precisão de 0,00001 e foi programado para fazer quatro leituras de cada amostra inserida no equipamento, cujos valores geraram uma média, que foi utilizada como representação da amostra.

Os dados de absorbância foram transformados em concentração (mg L^{-1}) e, de posse da concentração inicial (6.000 mg L^{-1}) e do volume de diluição das amostras dos alvos artificiais (50 mL), determinou-se o volume depositado nos alvos, conforme a Equação 4. A partir deste valor, os depósitos da pulverização por unidade de área foram obtidos, dividindo-se o volume capturado nos alvos pela área do alvo artificial (lâmina de vidro).

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f$$

Equação 4

Onde:

C_i = concentração inicial na calda de pulverização (mg L^{-1})

V_i = volume extraído pelo alvo (mL)

C_f = concentração detectada (mg L^{-1})

V_f = volume de diluição da amostra de cada alvo coletor (mL)

4.6. Análise estatística

Aplicou-se análise de variância com delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 6X3, sendo 6 tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) e 3 alturas dos alvos (A, B e C).

As análises de variância indicaram a falta de normalidade dos dados, quando os mesmos foram transformados a partir dos valores de leituras de absorbância das amostras. Segundo Vieira (1999), a normalidade é uma das pressuposições básicas para a análise de variância.

Por isso as análises foram feitas com os dados brutos de absorbância, pelo fato das equações de conversão e as transformações alteraram a real variabilidade e o comportamento do fenômeno estudado e resultar na falta de normalidade e homocedasticidade dos dados quando transformados.

Para proceder esta análise somou-se um valor constante igual a 1 às variáveis, pois o conjunto de dados brutos de absorbância apresentou valores inferiores a 1.

Este procedimento não altera o comportamento e a variância dos dados, e permite que o coeficiente de variação apresentado (CV%) seja o real da distribuição dos dados.

As equações de conversão e as transformações foram aplicadas nos dados de saída das análises descritiva, variância e comparações múltiplas, conservando o comportamento dos fenômenos estudados.

Todas as análises foram feitas através do programa Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2011) e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Espectro de gotas

Encontram-se na Tabela 3, os diâmetros médios dos volumes acumulados de 10%, 50% e 90%, a amplitude relativa e a vazão das pontas nas pressões utilizadas no ensaio.

Tabela 3. Distribuição volumétrica por classe de tamanho e amplitude relativa de gotas produzidas pelas pontas utilizadas no ensaio e os respectivos tratamentos.

Tratamento	Pontas	Pressão (kPa)	Vazão (L min ⁻¹)	D _{V 0,1} (μm)	D _{V 0,5} (μm)	D _{V 0,9} (μm)	AR
T1(0+40)	XR 110 01	100	0,23	96,6	171,1	272,9	1,03
T2(40+40)	TJ60 80 01	100	0,23	90,5	173,8	293,3	1,17
T3(80+40)	TJ60 110 02	100	0,47	92,4	165,1	267,1	1,06
T4(120+40)	TJ60 110 02	225	0,70	74,2	128,0	199,6	0,98
T5(160+40)	TJ60 110 02	408	0,93	60,0	112,0	180,9	1,08
T6(0+80)	AXI 110 02	100	0,46	109,9	210,5	352,3	1,15

Os parâmetros utilizados para mensurar o espectro de gotas, ajudam a entender de forma numérica o comportamento das gotas produzidas. Os resultados obtidos para amplitude relativa (AR) mostram que houve homogeneidade do espectro de gotas formatos em todos os tratamentos, pois segundo Cunha et al. (2004) quanto menor o valor de AR (tendendo a zero) mais homogêneo será o espectro de gotas formado.

O tamanho de gota produzido pela ponta TJ 110 02 da barra auxiliar, nos tratamentos T4 e T5, ficou entre 100 e 150 μm para o diâmetro volumétrico acumulado de 50% (D_{V 0,5}), pois nesses casos a pressão de trabalho foi maior em relação aos demais devido à necessidade de ajustar a vazão em função do tratamento.

Pontas que produzem espectro com grande percentual de gotas finas, certamente tem maior potencial de deriva (ANTUNIASSI, 2009), porém esse tipo de ponta era desejado na barra auxiliar, pois as gotas que sofreram evaporação contribuíram para aumentar a umidade relativa na região da barra. Mesmo nos tratamentos T2 e T3 da barra auxiliar, onde as gotas nos diâmetros $D_{V\ 0,1}$ e $D_{V\ 0,5}$ ficaram abaixo de 200 μm , estas ainda podem ser consideradas com potencial de deriva, conforme estudo sugerido por Cunha et al. (2003).

A ponta AXI teve os maiores diâmetros volumétricos em todas as classes ($D_{V\ 0,1}$ e $D_{V\ 0,5}$ e $D_{V\ 0,9}$), pois este modelo possui características construtivas, como tamanho e forma do orifício de saída, que permitem maior vazão a uma mesma pressão (100 kPa) quando comparamos com a ponta XR 110 01, atendendo assim o volume de 80 L ha⁻¹ do tratamento T6.

Os resultados de espectro de gotas da Tabela 3 são apresentados na forma gráfica na Figura 12, segundo a classificação da ASAE, (2000) onde é possível observar o comportamento do espectro de gotas produzido em cada ponta.

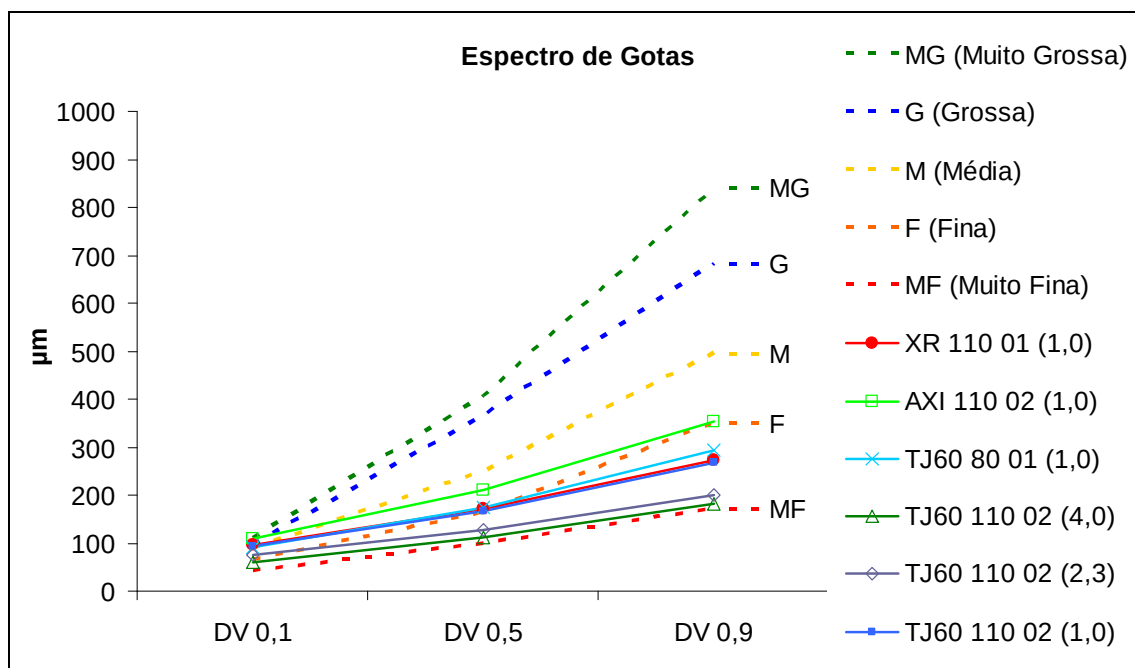


Figura 12. Espectro de gotas formado pelas pontas utilizadas no ensaio, na respectiva pressão (bar) e a classificação de gotas (linha pontilhada) segundo ASAE (2000).

De maneira geral é possível observar na (Figura 12), que a ponta XR 110 01 utilizada para aplicação de calda (traçador+água) nos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5, produziu espectro de gotas classificado como finas e o modelo AXI 110 02,

utilizado no tratamento T6, produziu gotas classificadas como médias segundo ASAE (2000).

Considerando uma aplicação de defensivo, com utilização de gotas finas, geralmente se consegue boa cobertura superficial e uniformidade de distribuição da calda, porém, este tipo de gota pode evaporar em condições de baixa umidade relativa e alta temperatura ou serem levadas pelo vento ou corrente de ar. Apesar de não haver um valor exato definido, vários autores relatam que gotas com diâmetros inferiores a 150 μm representam grande risco de deriva, devido à facilidade com que são transportadas. (ZHU et al., 1994; SUMNER, 1997; TEIXEIRA, 1997; OZKAN, 2000; MURPHY et al., 2000 e WOLF, 2000). Para Antuniassi (2009), quanto maior o percentual de gotas finas que fazem parte do espectro produzido por uma ponta, certamente maior será o risco de deriva. Isso mostra que as gotas produzidas pelas pontas durante o ensaio tiveram grande porcentagem destas susceptíveis a deriva, pois apresentaram valores inferiores a 150 μm .

Para o ensaio de campo, foram escolhidas as pontas de pulverização e pressões de trabalho que atendessem o volume de aplicação mínimo do ensaio (40 L ha⁻¹) em função da velocidade de deslocamento (7,0 km h⁻¹). Desse modo, foi possível testar o efeito da barra auxiliar, considerando a soma dos volumes (água + calda), em uma faixa de volumes de calda usuais em aplicações terrestres.

Da mesma forma que o volume mínimo necessário para o ensaio à utilização de gotas finas, aliada a condições meteorológicas desfavoráveis, possibilitou criar condições que favorecessem perdas na barra de calda durante aplicação, e consequentemente avaliar o efeito da barra auxiliar na redução destas perdas. Assim a utilização de gotas finas na barra de calda, sob condições meteorológicas inadequadas, permitiu avaliar a eficiência da barra auxiliar em promover melhorias nas condições meteorológicas na região da barra e reduzir as perdas de calda.

5.2. Condições meteorológicas

As condições meteorológicas foram mensuradas no local onde as gotas foram lançadas e sofreram influência principalmente da temperatura e umidade do ar. A Tabela 4 mostra os valores das condições meteorológicas obtidas durante a realização dos ensaios, em dois pontos distantes e junto aos alvos de coleta.

Tabela 4. Dados meteorológicos medidos nas diferentes localidades próximas ao local do ensaio.

Hora	Trat.	Estação Fixa			Estação móvel			Termohigrômetro (alvo)	
		Vento (m/s)	T°C	UR%	Vento (m/s)	T°C	UR%	T°C	UR%
15:43:00	T4	2,2	32	38	1,3	34	23	34	42
15:58:00	T5	2,5	32	42	-	-	-	32	44
16:22:00	T2	2,5	32	42	1,8	33	45	34	39
16:39:00	T1	2,5	32	42	1,8	34	27	34	40
17:00:00	T6	1,9	32	41	1,8	35	37	35	38
17:44:00	T3	1,9	32	41	1,4	33	25	32	44
Média		2,25	32	41	1,62	33,8	31,4	33,5	41,2

Os valores medidos na Estação Fixa (Tabela 4), são referentes à estação meteorologia do Núcleo de estações Experimentais da Unioeste, localizada a uma distância de 3600 metros (em linha reta) do ponto onde foram feitos os ensaios. Os dados da Estação Móvel são referentes a uma estação meteorológica, montada a 20 metros de distância do ponto do ensaio. Ainda a mesma tabela mostra os dados de um termohigrômetro portátil, montado junto aos alvos coletores.

Os valores de temperatura do ar entre as estações meteorológicas, seguem uma tendência de ficarem próximos em relação aos horários de coleta, variando em torno de 2°C. Já no termohigrômetro a variação foi maior, chegando a uma diferença de 8,0°C, em relação à estação fixa. Este comportamento pode ter ocorrido pelo fato dos sensores do termohigrômetro ficarem posicionados a 0,6 metros acima do solo, ao contrário dos sensores das estações meteorológicas (fixa e móvel), que foram instalados a altura padrão de 1,20 metros, alojados em abrigos específicos e padronizados. Desse modo, o sensor do termohigrômetro ficou mais susceptível as variações meteorológicas da superfície do solo, em função de sua proximidade com a mesma.

Isto pode ser explicado pela própria característica do microclima formado junto à superfície do solo, que segundo Oke (1978) é bastante instável, tanto em superfícies vegetadas como as não vegetadas, podendo a temperatura variar até 8°C em um ponto a 0,5 metros acima da superfície.

Fato semelhante aconteceu com a umidade relativa do ar, que é a relação percentual entre a concentração de vapor d'água existente no ar e a concentração de saturação, na pressão e temperatura que o ar se encontra. Como a concentração de vapor d'água na atmosfera é pequena, chegando no máximo a 4% do volume, esta é extremamente variável, principalmente junto à camada mais próxima ao solo, sendo que os valores neste local ficam extremamente sujeitos a mudanças bruscas. Esse comportamento

ocorre em função da extrema facilidade que a água tem de mudar de fase, nas condições atmosféricas comumente encontradas (TUBELIS, 1980).

Isso mostra o quando as gotas de uma aplicação de defensivos ficam sujeitas a variação das condições meteorológicas do local onde as mesmas são lançadas, sugerindo que estudos sejam feitos, para entender o comportamento e a influência dos fenômenos envolvidos, principalmente quando se trata da perda de defensivos.

5.3. Deposição do traçador

A deposição do traçador sobre os alvos mostra o comportamento de deposição da calda (água+traçador), em função da distância dos mesmos em relação à barra.

A Tabela 5 apresenta os valores de deposição do traçador recuperada nos alvos artificiais, distribuídos no campo, em função dos tratamentos e alturas de coleta. Os resultados mostram que houve diferenças significativas entre os tratamentos e as alturas de coleta, pelo teste de médias (Tukey a 5%). Porém não houve interação entre os tratamentos e alturas de coleta.

Tabela 5. Deposição do traçador em microgramas (μg), recuperada nos alvos artificiais em função da distancia até a barra (metros) e dos tratamentos (barra auxiliar+barra convencional).

Altura/Trat.	T1 (0+40)	T2(40+40)	T3(80+40)	T4(120+40)	T5(160+40)	T6(80+0)	Média
A (0,5)	509,2	453,0	622,1	678,6	622,1	565,6	575,1c
B (0,8)	283,4	396,3	396,3	509,2	622,1	509,2	452,7b
C (1,1)	114,0	339,8	283,4	453,0	452,8	226,9	311,6a
Média	302,2a	396,4ab	433,9ab	546,9b	565,7b	433,9ab	
DMS Tratamento	202,9			DMS Altura			118,2

Os dados da deposição do traçador em função da altura de coleta mostram que com o aumento da distância entre o alvo e a ponta de pulverização, foi reduzida a deposição do produto sobre os mesmos. Isso indica ocorrência de perdas no trajeto, pois resultados semelhantes foram obtidos por outros autores ao trabalharem com diferentes alturas de coletas na avaliação de deposição de produtos em pulverizações, tanto em alvos artificiais como e naturais (ZHU et al., (2004); ZHU et al., (2006) e ANTUNIASSI, (2009)). Esse comportamento se deve ao fato de que as gotas tiveram maior distância a percorrer entre a ponta e o alvo, ficando assim mais susceptíveis as

condições meteorológicas adversas junto à barra de pulverização, local onde as gotas foram lançadas ao ambiente.

Ao compararmos os resultados obtidos entre os tratamentos, é possível observar que houve um aumento numérico da deposição quando foi aumentado o volume de água da barra auxiliar. As diferenças foram significativas (Tukey a 5%), quando comparados os tratamentos sem a barra auxiliar (T1) com os maiores volumes de água na mesma (T4 e T5). Com isso é possível afirmar que a utilização da barra auxiliar pode promover aumento da deposição do produto, principalmente quando há maior distância para as gotas percorrerem (alturas inferiores). A Figura 13 representa a deposição de traçador sobre os alvos em função dos tratamentos aplicados e o efeito do aumento da distancia de coleta entre o alvo e a barra.

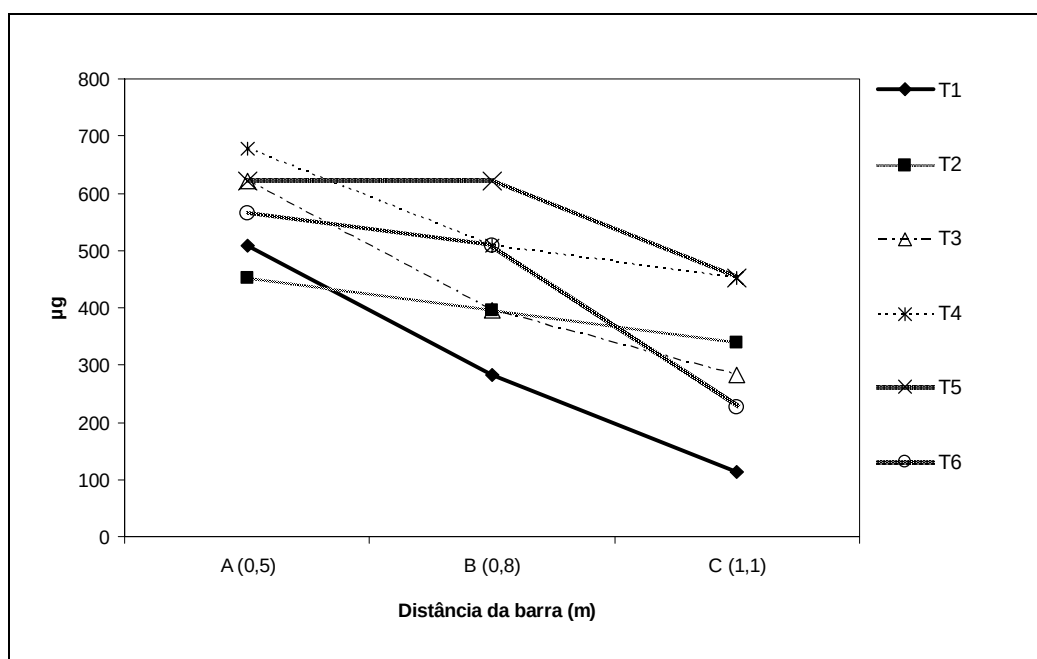


Figura 13. Deposição de traçador em μg por alvo, para cada tratamento em função da distância entre a barra e o alvo (m).

O aumento da distância entre a barra e os alvos promoveu redução da deposição do traçador sobre os alvos em todos os tratamentos (Figura 13), porém à medida que foi aumentado o volume de água na barra auxiliar, essa redução não foi tão acentuada em relação aos tratamentos que não tinha barra auxiliar (T1 e T6).

A maior distância entre a barra e os alvos apresentou os menores valores de deposição do traçador, indicando ocorrência de perdas durante o trajeto, porém nos tratamentos com barra auxiliar, essas perdas foram menores mesmo quando

comparados a T6, que apesar de não possuir barra auxiliar, produziu gotas menos suscetíveis a deriva (gotas maiores).

Assim é possível concluir que a barra auxiliar promoveu um efeito de proteção das gotas da barra de calda, contra o ambiente, pois cada gota de água da barra auxiliar que evaporou, consumiu energia, reduzindo a temperatura da nuvem e aumentou a umidade do ar, evitando a evaporação das gotas de calda, localizadas mais ao centro da mesma. Segundo Teske e Thistle (2010), em testes laboratoriais, a umidade relativa junto a nuvem formada pelo spray, de uma ponta aplicando água, é até 50% maior que a umidade do ambiente, explicando assim o efeito obtido no ensaio.

Ainda, Belarbi et al. (2006), ao estudarem a estrutura de uma nuvem produzida por um spray de água, concluíram que as gotas externas ao spray são evaporadas primeiro e a nuvem é consumida de fora para dentro. Isso gerou o efeito de proteção do jato de calda (barra de calda) pelo jato de água (barra auxiliar).

Quando os valores de deposição sobre os alvos são transformados em porcentagem relativa à menor distância (0,5), é possível observar quanto produto pode ser perdido, com o incremento de distancia entre a ponta e o alvo. A Figura 14 mostra a porcentagem relativa de deposição do traçador sobre os alvos nas posições B e C (0,8 e 1,1 metros), em relação a posição A (0,5 metros). Os valores de distância são considerados entre o alvo e a barra e foi utilizada como referência (100%), no cálculo porcentagem, deposição de traçador na posição A (mais próxima da barra).

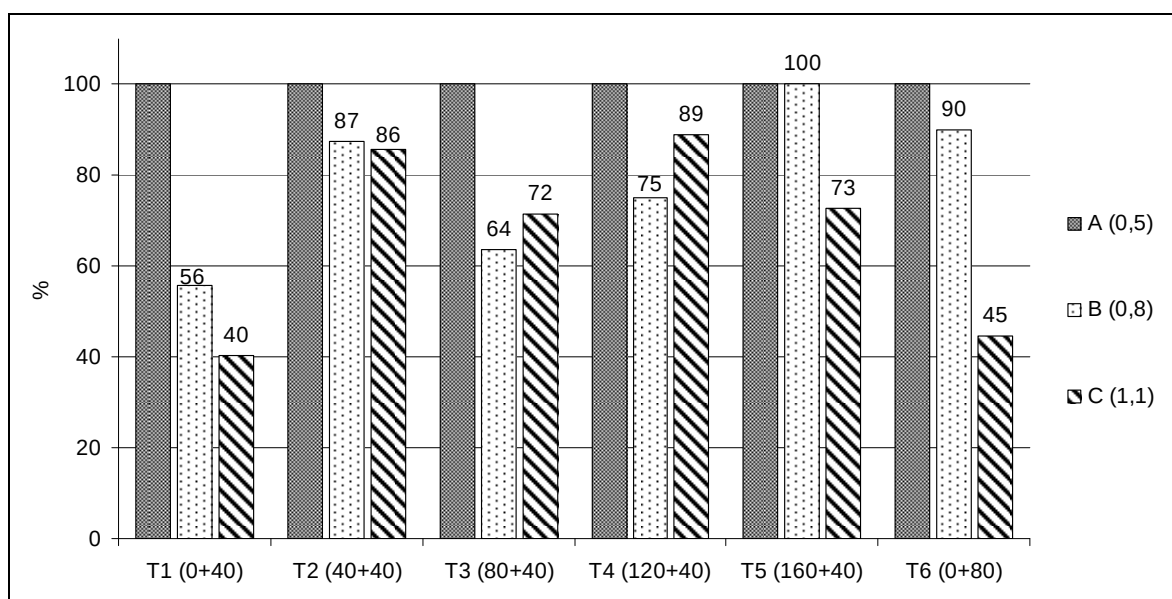


Figura 14. Deposição relativa de traçador sobre os alvos nas posições B e C em função dos tratamentos.

Os tratamentos que não possuíam barra auxiliar (T1 e T6) apresentaram os menores valores de deposição relativa na posição com maior distância (C) da barra de calda, chegando a 60% de redução no alvo (T1). Mesmo no tratamento T6, cujo espectro de gotas produzido foi o maior (Tabela 3), a perda alcançou 55%, ficando com valor próximo a T1, que possuía espectro de gotas finas. Nos demais tratamentos a redução na deposição ficou inferior a 30% em relação a posição A, que pode ser considerada a posição mais crítica (maior distância) para que as gotas chegassem até o alvo. De maneira geral o valor médio de deposição relativa na posição C dos tratamentos sem barra auxiliar foi de 42%, enquanto que nos tratamentos com barra auxiliar, o valor médio foi de 80%.

Isso mostra que a utilização da barra auxiliar pode representar um ganho significativo de deposição de produto e consequentemente redução das perdas por deriva, principalmente em alvos mais distantes da ponta de pulverização e quando utilizado gotas finas. Dados como estes podem contribuir para a criação de dispositivos que melhorem o ambiente na região de trajetória das gotas, o que pode aumentar significativamente a deposição de produto aplicado, sobre o alvo pretendido.

5.4. Uniformidade de deposição

Outro tipo de análise feita com os dados do ensaio foi a avaliação da variação de deposição entre os alvos (repetições), pois apesar de não haver valores limites pré-estabelecidos para coeficiente de variação (CV) em aplicações de defensivos, vários estudos apontam grande variabilidade dos depósitos pontuais ao longo da faixa de aplicação de defensivos. A Figura 15 mostra o comportamento dos valores de deposição do traçador nos alvos e o coeficiente de variação de cada tratamento.

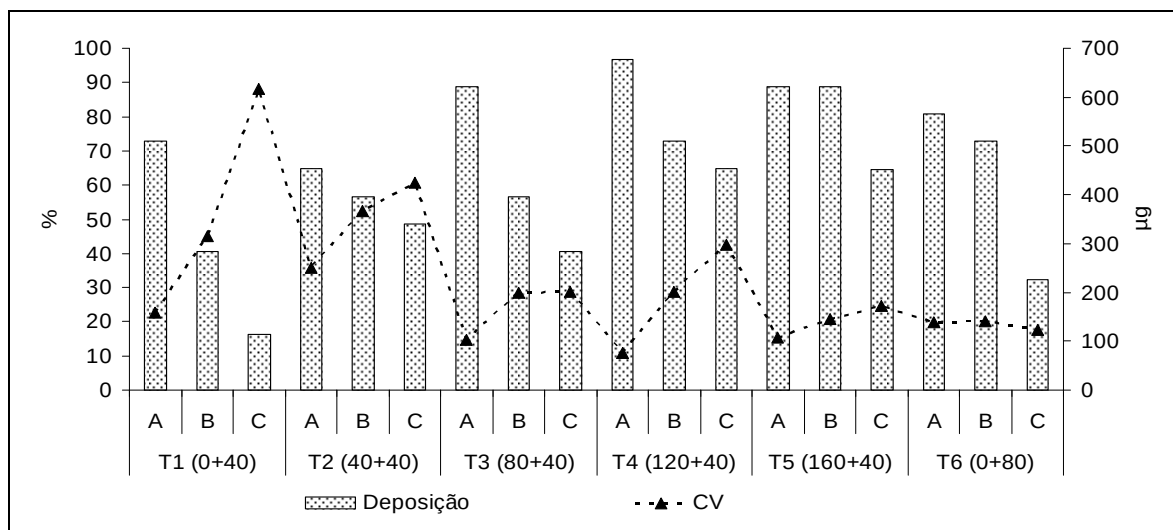


Figura 15. Deposição do traçador e o coeficiente de variação (CV), em relação a média do tratamento.

É possível observar que houve redução nos valores do coeficiente de variação em função dos tratamentos, resultando no aumento da uniformidade de deposição horizontal, indicando melhoria no padrão de deposição e consequentemente na qualidade da aplicação. A melhoria da uniformidade em aplicações é um fator importante, principalmente se tratando de produtos de contato, pois segundo Souza (2002), a dose aplicada sobre cada planta no caso de herbicidas, determina a morte ou sobrevivência do indivíduo. Outro efeito evidente do prejuízo provocado pela falta de uniformidade nas aplicações é relatado por Zande (2004), ao constatar que houve maior incidência de doenças em folhas de batata nos pontos com menor deposição de defensivo, indicando falha na eficácia biológica da aplicação.

O aumento da uniformidade de deposição fica mais evidente quando são comparadas as alturas inferiores (C) nos tratamentos T1 e T2, em relação aos demais (Figura 15). Pois a altura inferior do alvo equivale a maior distância entre este e a ponta de pulverização, resultando em maior trajeto das gotas a serem depositadas, o que as tornou mais susceptíveis a perda.

Os valores de coeficiente de variação da dose, calculados individualmente para cada tratamento, são apresentados em porcentagem na Tabela 6.

Tabela 6. Valores de coeficiente de variação (CV%) em relação a média dos tratamentos.

Altura/Trat.	T1 (0+40)	T2(40+40)	T3(80+40)	T4(120+40)	T5(160+40)	T6(80+0)	Média
A	22,8	35,7	14,8	10,8	15,4	19,8	19,9
B	45,8	52,2	28,3	28,9	20,7	9,8	31,0
C	88,1	60,6	28,8	42,6	24,5	6,9	41,9
Média	52,2	49,5	24,0	27,4	20,2	12,2	

O valor médio entre o tratamento sem barra auxiliar (T1) e com barra auxiliar, no maior volume de água (T5), variou de 52,2% para 20,2%, ou seja, uma redução de 32% no coeficiente de variação, que representa aumento na uniformidade da dose aplicada. Esses resultados também podem colaborar no desenvolvimento de técnicas que aumentem a eficiência dos produtos aplicados, pela melhoria da uniformidade nas deposições pontuais, pois segundo Souza, (2002) e Zande (2004), isso pode definir o sucesso ou não do tratamento.

O tratamento T6 teve o menor CV médio em relação aos demais, principalmente quando comparados os valores individuais de altura. Além disso, o comportamento do CV em relação as alturas, foi inverso aos demais tratamentos, ou seja, na menor altura (C), foi o menor CV (6,9%).

5.5. Análise de tratamentos em grupos

A análise de tratamento de forma agrupada ajuda a entender os principais efeitos promovidos pela aplicação dos tratamentos, que foi o efeito da adição da barra auxiliar e o efeito da aplicação de volumes crescente de água.

Os tratamentos T1 e T6 não utilizaram barra auxiliar, o que caracteriza os mesmos como testemunhas em relação aos demais. Porém, o volume de calda utilizado em T1 e T6 não foi o mesmo, sendo 40 e 80 L ha⁻¹ respectivamente, desse modo, não é possível uma comparação de médias direta entre estes tratamentos como testemunhas. Além disso, os demais tratamentos (T2, T3, T4 e T5) constituíram volumes crescentes de aplicação na barra auxiliar, com o objetivo de avaliar os possíveis efeitos desse incremento.

Sendo assim foram estabelecidos cinco contrastes considerados não ortogonais (BANZATO e KRONKA, 1992), para facilitar a comparação dos tratamentos de forma agrupada (Tabela 7).

Tabela 7. Descrição dos grupos de tratamentos para as análises de contrastes.

Contrastes	Descrição
C1	Com Barra auxiliar vs. Sem barra auxiliar
C2	Volumes totais equivalentes (40+40 vs. 80)
C3	Volumes crescentes de água na barra auxiliar (40)
C4	Volumes crescentes de água na barra auxiliar (80)
C5	Volumes crescentes de água na barra auxiliar (120)

Os grupos foram estabelecidos com o objetivo de verificar o comportamento da deposição com e sem a presença da barra auxiliar (C1), a possível

equivalência entre volumes totais com aplicação dividida entre água + calda e somente calda (C2), e o comportamento de cada vazão da barra auxiliar frente aos demais volumes (C3, C4 e C5). A Tabela 8 apresenta os coeficientes elaborados para as análises, de forma que o somatório de cada coluna seja igual a zero.

Tabela 8. Coeficientes dos contrastes estabelecidos para análises dos grupos e os valores de P referentes a significância de cada comparação.

Tratamento (Água + Calda)	C1	C2	C3	C4	C5
T1 (0+40)	-2	0	0	0	0
T2 (40+40)	1	1	-3	0	0
T3 (80+40)	1	0	1	-2	0
T4 (120+40)	1	0	1	1	-1
T5 (160+40)	1	0	1	1	1
T6 (0+80)	-2	-1	0	0	0
<i>P</i>	0,0063**	0,5889 ns	0,037*	0,0435*	0,7869ns

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente e ns: não significativo

A comparação entre os tratamentos com e sem barra auxiliar (C1) mostra que há diferenças significativas entre os mesmos (a 1%) evidenciando assim o efeito da barra auxiliar sobre os depósitos sobre os alvos. Com esse resultado é possível afirmar que a barra auxiliar trouxe resultados positivos para a aplicação, melhorando os depósitos de calda sobre os alvos.

O efeito promovido pela barra auxiliar sobre os depósitos pode ser entendido pela análise do processo de evaporação de uma nuvem de gotas produzidas, explicado por Teske e Thistle (2010), onde as gotas formadas em uma nuvem e evaporadas fazem com que a umidade relativa aumente e segundo Belarbi et al. (2006), a nuvem é consumida a partir das camadas externas em direção as camadas internas da nuvem.

A montagem da barra auxiliar em estudo, equipada com as pontas de jato plano duplo leque, proporcionou a sobreposição do jato de água sobre o jato calda. Isso fez com que a nuvem de gotas produzida somente com água ficasse mais externa e a produzida com a calda mais interna (Figura 16). Logo as gotas da nuvem externa (barra auxiliar) foram consumidas primeiro e aumentaram a umidade relativa do ar na região da barra, protegendo as gotas da calda.

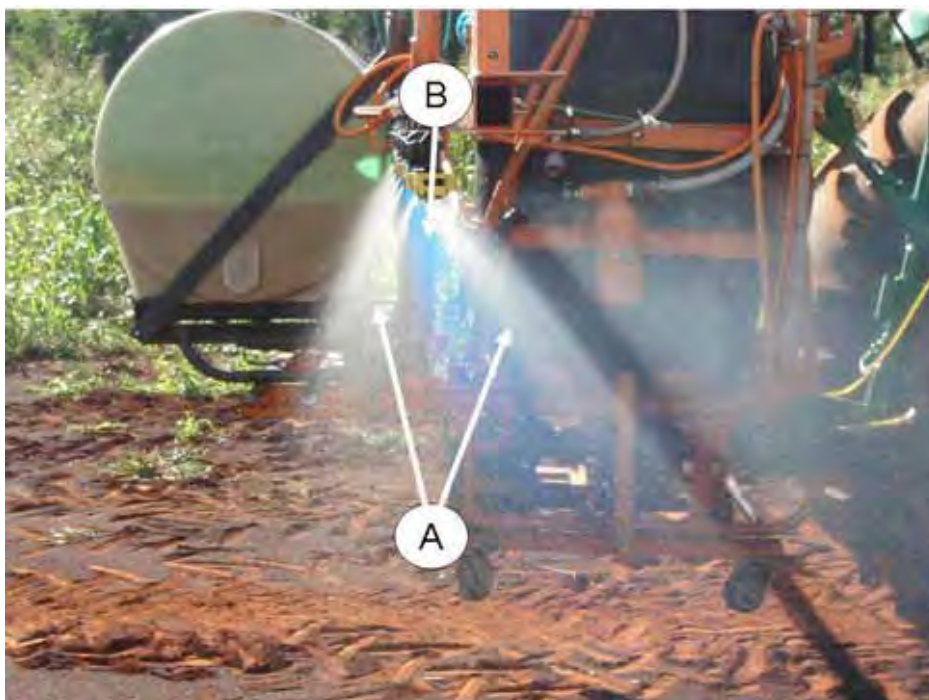


Figura 16. Nuvem de gotas formada pela barra auxiliar (A) e pela barra de calda (B).

O efeito de aumento da umidade relativa do ar pela evaporação das gotas pode ser observado na Figura 17, pois a mesma foi mensurada durante a passagem das barras (auxiliar e calda) sobre os alvos.

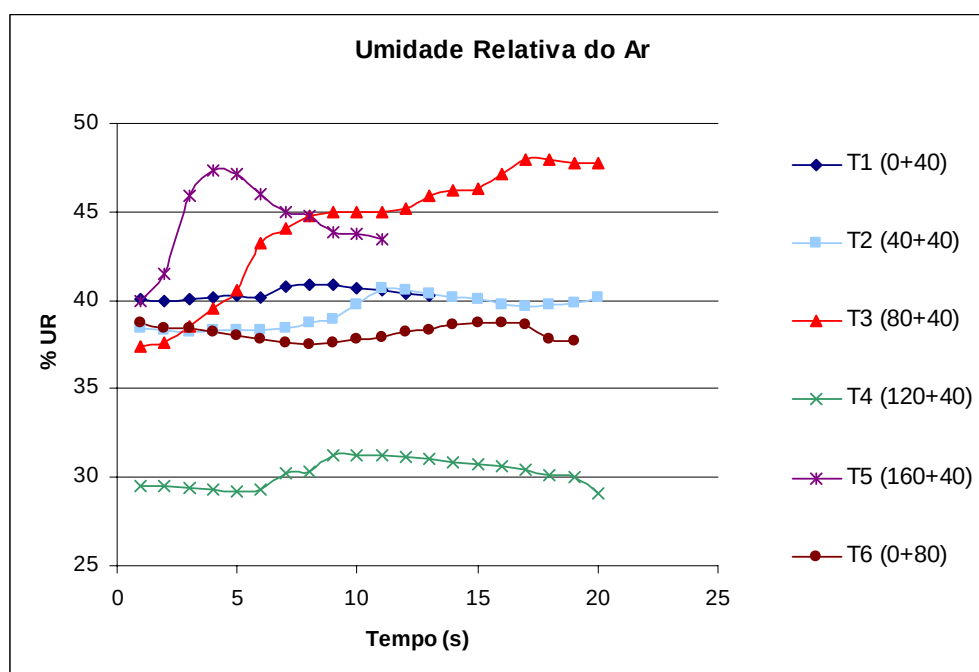


Figura 17. Comportamento da umidade relativa do ar, durante a passagem da barra sobre os alvos nos respectivos tratamentos.

O aumento da umidade relativa fica mais evidente no tratamento com o maior volume de água aplicado na barra auxiliar (T5), onde o valor inicial de 40 % chega a um pico de 47,3% no momento em que a barra passa sobre o termohigrômetro, e volta a reduzir para 43%, após a passagem da mesma. Esse comportamento tem o mesmo princípio do fenômeno que é descrito por Teske e Thitle (2010) ao explicar que o processo de evaporação das gotas faz com que seja aumentada a umidade ambiente local.

O comportamento também ficou evidente nos demais tratamentos com barra auxiliar (T2 e T3) exceto no tratamento T4, onde o comportamento foi semelhante, porém com menor amplitude em relação aos demais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O princípio de proteção do jato de aplicação do produto por um jato de aplicação de água mostrou-se eficiente nas condições avaliadas. Isso pode não ser válido para todas as condições de aplicação de defensivos, porém abre uma vasta linha de pesquisas, que possam gerar tecnologias capazes de contribuir na redução da contaminação ambiental causada por deriva.

Os resultados sugerem que sejam feitos mais estudos para avaliação do comportamento do dispositivo em outras situações, bem como o aperfeiçoamento do mesmo.

7. CONCLUSÕES

O aumento da distancia entre o alvo a barra aumenta as perdas e reduz a homogeneidade da deposição em aplicações de defensivos agrícolas.

A utilização de um jato de água para proteção do jato da calda se mostrou uma alternativa viável para minimizar as perdas de defensivos além de aumentar a uniformidade de deposição da calda em aplicações terrestres.

O uso de uma barra auxiliar junto a barra de aplicação de calda promoveu aumento na umidade relativa do ar na região dos alvos, principalmente quando aplicados altos volumes de água (160 L ha^{-1}).

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING – ASAE S572. Spray nozzle classification by droplet spectra. St. Joseph. p. 389-391. 2000. **ASAE Standard, S572**. Rev. MAR09.

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.; 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. p. 174-175. 2008.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: Funep, 1992. 247 p.

BELARBI, R.; GHIAUS, C.; ALLARD, F. Modeling of water spray evaporation: Application to passive cooling of buildings. **Solar Energy**. La Rochelle Cedex 1, France, v. 80, p.1540–1552, 2006.

BOHMONT, B. L. **The standard pesticide user's guinde**. New Jersey: Regents/Prentice Hall, 1990. 495 p.

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

CAMARA, F. T. et al. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de bicos hidráulicos de jato plano de faixa expandida XR11003. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, 2008.

CHAIM, A. et al. **Método alternativo para estimar deposição com uso de papel sensível à água**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 34p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 1).

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

COATES, W.; PALUMBO, J. Deposition, off-target movement and efficacy of Capture and Thiodam applied to cantaloupes using five sprayers. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v. 13, n. 2, p. 181-188, 1997.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 325-332. 2003.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Deposição e deriva de calda fungicida aplicada em feijoeiro, em função de bico de pulverização e de volume de calda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 133-138, 2005.

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.

CUNHA, J. P. A. R. **Fungigação: eficácia e uniformidade de distribuição do epoxiconazol, em três lâminas de água, no controle de doenças do feijoeiro**. 2000. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

CUNNINGHAM, G. P.; HARDEN, J. Sprayers to reduce spray volume in mature citrus trees. **Crop Protection**, London, v. 18, p. 275-281, 1999.

DERKSEN, R. C.; SANDERSON, J. P. Volume, speed and distribution technique effects on poinsettia foliar deposit. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 39, n. 1, p. 5-9, 1996.

ETHERIDGE, R. E.; WOMAC, A. R.; MUELLER, T. C. Characterization of the spray droplet spectra and patterns of four venturi-type drift reduction nozzles. **Weed Technology**, Lawrence, v. 13, n. 4, p. 765-70, 1999.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, M. C. et al. Fatores qualitativos para a ponta hidráulica de jato plano ADGA 110015 na pulverização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, 2007.

GUPTA, C. P.; DUC, T. X. Deposition studies of a hand-held airassisted electrostatic sprayer. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 39, n. 5, p. 1633-1639, 1996.

HEWITT, A. J. Methodologies for the quantification of spray deposition and drift in field applications. In: **Annual International Meeting**. St. Joseph: ASAE, n. 00-1028, 2000, 10 p.

KRISHNAN, P.; GAL, I.; KEMBLE, L. J.; GOTTFRIED, S. L. Effect of sprayer bounce and wind condition on spray pattern displacement of TJ60-8004 fan nozzles. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 36, n. 4, p. 997-1000, 1993.

LUCHINI, L. C.; ANDRÉA, M. M. Comportamento ambiental de agroquímicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, Suplemento, p. 33-35, 2000.

MAGALHÃES, P. C. et al. Efeito de doses reduzidas de glyphosate e paraquat simulando deriva na cultura do milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 247-253, 2001a.

MAGALHÃES, P. C. et al. Efeito de doses reduzidas de glyphosate e paraquat simulando deriva na cultura do sorgo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 255-262, 2001b.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 3.ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. 432 p.

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

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

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

MURPHY, S. D.; MILLER, P. C. H; PARKIN, C. S. The effect of boom section and nozzle configuration on the risk of spray drift. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 75, n. 2, p. 127-37, 2000.

NORDBY, A.; SKUTERUD, R. The effects of boom height, working pressure and wind speed on spray drift. **Weed Research**, Oxford, v. 14, n. 6, p. 385-395, 1974.

NUYTTENS, D. et al. Experimental study of factors influencing the risk of drift from field sprayers, Part 1: Meteorological conditions. **Aspects Applied Biology**, Wellesbourne, v. 77, p. 321-329, 2006.

OKE, T. R. **Baunday Layer Climate**. Methuen & Co. LTDA. London. 1978.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440 p.

OZKAN, H. E. New nozzles for spray drift reduction. Ohio, USA: Ohio State University, 2000. (**Boletim 816-00**). Disponível em: <<http://ohioline.osu.edu/aex-fact/0523.html>>. Acessado em 15 jan. 2013.

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

PERGHER, G.; GUBIANI, R.; TONETTO, G. Foliar deposition and pesticide losses from three air-assisted sprayers in a hedgerow vineyard. **Crop Protection**, Surrey, v. 16, n. 1, p. 25-33, 1997.

SALYANI, M.; WHITNEY, J. D. Evaluation of methodologies for field studies of spray deposition. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 31, n. 2, p. 390-395, 1988.

SALYANI, M.; FOX, R. D. Evaluation of spray quality by oiland water-sensitive papers. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 42, n. 1, p. 37-43, 1999.

SILVA, C. M. S; FAY, E. F. **Agrotóxicos e Meio Ambiente** – Brasília, DF – Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

SINDAG. Uso de defensivos é intensificado no Brasil. Noticiado em 30 de Julho de 2012. Disponível em: <http://www.sindag.com.br/noticia.php?News_ID=2278>. Acessado em 17 jan. 2013.

SMITH, D. B.; HARRIS, F. D.; GOERING, C. E. Variables affecting drift from ground boom sprayers. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 25, n. 1, p. 1499-1503, 1982.

SOUZA, R. T. **Efeito da eletrização de gotas na variabilidade de depósitos de pulverização e eficácia teórica do glyphosate no controle de plantas daninhas na cultura da soja**. 2002. 73 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

SOUZA, R. T.; PALLADINI, L. A.; VELINI, E. D. Depósitos de pulverização com e sem energia eletrostática com diferentes pontas no volume de 50 L ha⁻¹ em aplicação em pós-emergência na cultura da soja sobre *Euphorbia heterophila* na cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Gramado. **Resumos...** Gramado: Sociedade Brasileira da Ciências de Plantas Daninhas, 2002, p. 712

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

TEIXEIRA, M. M. **Influência del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica**. 1997. 310 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1997.

TESKE, N.; THISTLE, H. W. Considerations of Spray Cloud Relative Humidity Effects on Evolving Droplet Size in the Simulation of Fine Droplet Motion using AGDISP. In: **Annual International Meeting Sponsored by ASABE**. 2010. Paper No. 1008632. St. Joseph. 2010.

TOFOLI, G. R. **Efeito do tamanho do alvo e condições operacionais sobre a uniformidade de deposição de pulverizações em pré-emergência**. Botucatu, 2001. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

TOMAZELA, M. S. **Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da densidade populacional de *Brachiaria plantaginea* (Link) Wicth, volume e ângulo de aplicação**. Botucatu, 1997. 78 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.

TUBELIS, A. **Meteorologia Descritiva: Fundamentos e Aplicações Brasileiras**. São Paulo. Nobel. 374 p. 1980.

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

TUFFI SANTOS, L.D. et al. Deriva de herbicidas e efeito de fungicida x herbicida em plantas jovens de pessegueiro. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 505-512, 2006.

VELINI, E. D. et al. Monitoramento da deriva em aplicações de herbicidas em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2010. p. 3528-3532.

VIEIRA, S. **Estatística Experimental**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999. ISBN 85-224-2113-7. 185 p.

VOGEL, A. I. **Análise química quantitativa**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1992. 712 p.

WEEB, D. A.; PARKIN, C. S. Influence of nozzle design, application speed and air-assistance on the variability of spray deposits under arable boom sprayers. **Aspects of Applied Biology**, 71. International advances in pesticide application. 2004. Associations of Applied biologists, Wellesbourne, Warwick. UK, p. 83-90.

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

YAMASHITA, O. M.; GUIMARÃES, S. C. Resposta de cultivares de algodoeiro a sub doses de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 627-633, 2005.

ZANDE, J. C. VAN DE et al. Effect of sprayer boom movement on spray deposition and biological efficacy. **Aspects of Applied Biology** 71, International advances in pesticide application. 2004. Associations of Applied biologists, Wellesbourne, Warwick. UK, p. 90-98.

ZHU, H. et al. A specially designed air-assisted sprayer to improve spray penetration and air jet velocity distribution inside dense nursery crops. **Transactions of the ASABE**, v. 49, n. 5, p. 1285-1294, 2006.

ZHU, H. et al. Simulation of drift of discrete sizes of water droplets from field sprayers. **Transactions of the ASAE**, v. 37, n. 5, p. 1401-1407, 1994.

ZHU, H. et al. Spray penetration into peanut canopies with hydraulic nozzle tips. **Biosystems Engineering**, London, v. 87, n. 3, p. 275-283, 2004.