

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA DERIVA DE PRODUTOS
FITOSSANITÁRIOS EM PULVERIZAÇÕES NA CULTURA DA
LARANJA**

Javier Dias Pita
Engenheiro Agrônomo

2015

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA DERIVA DE PRODUTOS
FITOSSANITÁRIOS EM PULVERIZAÇÕES NA CULTURA DA
LARANJA**

Javier Dias Pita

Orientador: Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Entomologia Agrícola).

P681d Pita, Javier Dias
Distribuição espacial da deriva de produtos fitossanitários em pulverizações na cultura da laranja. / Javier Dias Pita. – – Jaboticabal, 2015
vii. 50p. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015
Orientador: Marcelo da Costa Ferreira
Banca examinadora: Daniel Júnior de Andrade, Paulo Roberto Silva Farias, Otávio Jorge Grigoli Abi Saab, José Paulo Molin
Bibliografia

1. Produtos Fitossanitários-tecnologia de aplicação. 2. Pontas de Pulverização. 3. Mapas de Interpolação. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU632.935.3:634.31

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

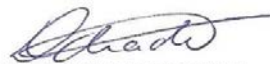
**TÍTULO: "DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA DERIVA DE
PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS EM PULVERIZAÇÕES
NA CULTURA DA LARANJA"**

AUTOR: JAVIER DIAS PITA

ORIENTADOR: Prof. Dr. MARCELO DA COSTA FERREIRA

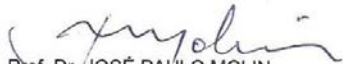
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA
(ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. MARCELO DA COSTA FERREIRA
Departamento de Fitossanidade / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. DANIEL JUNIOR DE ANDRADE
Departamento de Fitossanidade / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. PAULO ROBERTO SILVA FARIAS
Universidade Federal Rural da Amazônia / Belém/PA


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


Prof. Dr. JOSÉ PAULO MOLIN
Universidade de São Paulo / Piracicaba/SP

Data da realização: 13 de agosto de 2015.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JAVIER DIAS PITA – Filho de José Maria Pita Arocena e Ana Cristina Dias Pita nasceu no dia 30 de março de 1987, na cidade de Abaetetuba, PA. Ingressou na Universidade Federal Rural da Amazônia em março de 2005 no curso de Engenharia Agrônômica. Em 2006 iniciou estágio nas disciplinas Geoprocessamento e Topografia, atuando na iniciação científica e monitoria onde permaneceu até a conclusão de seu curso em outubro de 2009. Em novembro de 2009 iniciou o curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais na área de concentração em Silvicultura e Sistemas Agroflorestais na linha de pesquisa Silvicultura de Precisão na Universidade Federal Rural da Amazônia, onde obteve o grau de mestre em dezembro de 2011. Em 2011, foi nomeado professor efetivo do Instituto Federal do Pará (IFPA) – Campus Castanhal, onde ministra as Disciplinas Geoprocessamento e Topografia. Em agosto de 2012 iniciou o Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista – Câmpus de Jaboticabal, SP, na modalidade de doutorado interinstitucional (DINTER), na linha de pesquisa Tecnologia na Aplicação de Produtos Fitossanitários, sob a orientação do Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira.

1º Lei da Geografia “Todas as coisas se parecem, porém as mais próximas no espaço se parecem mais”.

Waldo Tobler

À DEUS pelas pessoas maravilhosas que me cercam, pela saúde e capacidade para concluir mais essa etapa.

Ao meu Pai José Maria Pita Arocena (in memoriam), que é meu exemplo de vida, sempre me espelhei nele tanto profissionalmente como pessoalmente.

A minha mãe Ana Cristina Dias Pita e minha irmã Laura Dias Pita, pelo amor, compreensão e confiança em todas as etapas da minha vida.

Aos meus sobrinhos Gabriel Pita e Yasmin Pita, que trazem luz e gosto para minha vida, um amor especial.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À UNESP/FCAV, Câmpus de Jaboticabal e a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) que em parceria realizaram o Doutorado Interinstitucional(DINTER) no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola), o que me gerou uma grande oportunidade de aprendizagem e aprimoramento profissional e pessoal.

Agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa durante o período que estive em São Paulo para realização deste doutorado.

Ao Instituto Federal do Pará (IFPA) – Câmpus Castanhal, órgão em que trabalho, pela minha liberação para realizar este doutorado.

Ao Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira, pela orientação, amizade, confiança, paciência e motivação no decorrer desse tempo de trabalho.

Ao Prof. Dr. Paulo Roberto Silva Farias, meu professor e orientador durante a graduação, pelo qual sempre tive admiração e que contribuiu diretamente para minha formação e enriquecimento profissional.

A todos os funcionários da FCAV/UNESP em especial ao técnico agrícola Gilson José Leite pela grande ajuda e paciência na execução dos trabalhos em campo.

Aos amigos Walter Maldonado Júnior, Dieimisson Paulo Almeida, Henrique Borges Neves Campos, Caio Pizinni Veloso, Francisco Carlos Almeida de Souza e Daniel Pereira Pinheiro pelo incentivo e ajuda na realização desta tese.

À empresa CITROPAR-Cítricos do Pará e ao Supervisor Agrícola Sr. Adriano de Carvalho Ordonho que cedeu a área para pesquisa e os equipamentos agrícolas para realização do experimento.

À empresa MAGNOJET que disponibilizou as pontas de pulverizações para as avaliações do capítulo 3 desta tese.

A todos aqueles que de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Muito Obrigado!

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO GERAL	2
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
4. REVISÃO DE LITERATURA	2
4.1. Importância da citricultura e os principais insetos-alvos	2
4.2. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários	4
4.3. Deriva dos produtos fitossanitários.....	5
4.4. Mapeamento da variabilidade espacial da deriva	7
5. REFERÊNCIAS	8
 CAPÍTULO 2 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA DERIVA DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS EM PULVERIZAÇÕES NA CULTURA DA LARANJA.....	 13
RESUMO	13
ABSTRACT	14
1. INTRODUÇÃO	15
2. MATERIAIS E MÉTODOS	16
2.1. Caracterização da área experimental	16
2.2. Avaliação da deriva	18
2.3. Delineamento experimental e tratamentos	23
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
3.1. Mapeamento da deriva amostrada	26
4. CONCLUSÕES	31
5. REFERÊNCIAS	32
 CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO DO ESPECTRO DE GOTAS DE PONTAS DE PULVERIZAÇÃO EM DIFERENTES PRESSÕES POR DIFRAÇÃO DE RAIO LASER	 35
RESUMO	35
ABSTRACT	36
1. INTRODUÇÃO	37
2. MATERIAL E MÉTODOS	38

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4. CONCLUSÕES	46
5. REFERÊNCIAS	46
 CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	 49

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- FIGURA 1. Localização da área onde o estudo foi realizado. **A** - Brasil; **B** – Estado do Pará; **C** – Municípios de Capitã-Poço e Irituia (mesorregião do nordeste paraense) 17
- FIGURA 2. Esquema da parcela experimental, indicando o caminhamento do pulverizador no pomar de laranja durante o tratamento fitossanitário para avaliação da deriva. Os pontos acompanhados dos números de 1 a 24 representam as hastes amostradoras na área experimental..... 18
- FIGURA 3. **A** - Detalhe do suporte apical para três fios de náilon (com os fios) amostradores. **B** – Haste coletora posicionada na área adjacente no pomar de laranja durante a pulverização fitossanitária..... 19
- FIGURA 4. **A** – Destaque do conjunto trator-pulverizador de arrasto tratorizado com jato transportado, modelo FMC COPLING GULIVER 4000 utilizado no experimento de avaliação da distribuição da deriva. **B**- Pontas de pulverização Magnojet modelo DDC 3 (Cone vazio) e discos difusores de quatro furos e de dois furos..... 20
- FIGURA 5. **A** – Base Fixa do Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS) instalada em um marco geodésico localizado na sede da propriedade. **B** - Base móvel (Rover) do Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS) rastreando a posição espacial dos coletores de deriva na área experimental..... 22

- FIGURA 6. Representação das etapas do teste de recuperação dos marcadores depositados nos amostradores nas avaliações da distribuição de deriva da pulverização em cultivo de laranja: A – Tubos Falcon com água destilada e deionizada (etapa de diluição); B – Extração do marcador dos amostradores por agitação de ultrassom; C – Determinação em espectrofotômetro da concentração de marcadores nos extratos obtidos dos amostradores..... 22
- FIGURA 7. Mapas de isolinhas da distribuição espacial da deriva pelo método do inverso do quadrado da distância (IQD) 28

CAPÍTULO 3

- FIGURA 1. Pulverizador semi-estacionário motorizado experimental K.O., utilizado para pressurizar a calda nas avaliações de diâmetro de gotas com pontas de pulverização de jato cônico..... 38
- FIGURA 2. A - Laser modelo Mastersizer medidor do tamanho de gotas; B- Oscilador Transversal com bico de pulverização acoplado para avaliação do espectro de gotas..... 40
- FIGURA 3. A- Análise de regressão para Diâmetro Médio Volumétrico (DMV) em função da pressão nos difusores de dois furos (25) e difusores de quatro furos (45); B- Análise de regressão para porcentagem de gotas < 100 em função da pressão nos difusores de dois furos (25) e difusores de quatro furos (45); C- Análise de regressão para o Coeficiente de Uniformidade (COEF.) em função da pressão de trabalho.....45

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

TABELA 1.	Pressões de trabalho e condições meteorológicas nos respectivos horários de aplicação de cada tratamento para a avaliação da distribuição da deriva da pulverização na cultura da laranja.....	21
TABELA 2.	Médias dos depósitos de marcador ($\mu\text{g/mL}$) em função das distâncias e da pressão de trabalho.	24
TABELA 3.	Resumo da análise de variância do depósito de marcador metálico nos coletores utilizados para avaliar o efeito da significância das distâncias em relação aos tratamentos estudados em diferentes condições meteorológicas.....	26
TABELA 4.	Médias descritivas das variáveis e correlação entre as condições meteorológicas e as distâncias avaliadas no experimento, em relação ao depósito de gotas em amostradores de deriva em condições de campo.....	30

CAPÍTULO 3

TABELA 1.	Análise de variância e do teste de médias desdobrado para as variáveis: diâmetro mediano volumétrico (DMV), porcentagem de volume em gotas menores que 100 micrometros ($\%V < 100 \mu\text{m}$) e Coeficiente de Uniformidade (Coef.) para a avaliação do efeito da pressão sobre o tamanho de gotas nas pontas de pulverização de jato cônico.....	42
-----------	--	----

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA DERIVA DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS EM PULVERIZAÇÕES NA CULTURA DA LARANJA

RESUMO - A Tecnologia de Aplicação de produtos fitossanitários busca à correta colocação do produto no alvo, se necessário, na quantidade requerida, de forma econômica e com a mínima contaminação humana e ambiental, consequentemente reduzindo custos de produção e mantendo uma relação sustentável entre agricultura e ambiente. O presente trabalho teve como objetivo avaliar e mapear a distribuição espacial da deriva em pulverizações fitossanitárias na cultura da laranja em diferentes condições meteorológicas e pressões de trabalho. Foram utilizados dois talhões de laranja (*Citrus sinensis*), localizados na mesorregião nordeste do estado do Pará. Para a amostragem, foram utilizadas coletores de fios de náilon que foram distribuídos na área e georreferenciados para análise da distribuição espacial das gotas suscetíveis à deriva. As amostras foram enviadas para análise do depósito de marcador em laboratório Câmpus de Jaboticabal - SP, UNESP/FCAV. Na avaliação no espectro de gotas, foram tomados como parâmetros diâmetro mediano volumétrico (DMV), coeficiente de uniformidade (Coef.) e porcentagem de volume em gotas menores que 100 μm . Para tal utilizou-se um medidor de partículas por difração de raios laser. A partir dos valores dos depósitos nos coletores, foram elaborados mapas de interpolação pelo método do inverso do quadrado da distância (IQD), considerando quantidade de depósito de marcador sobre os coletores (μg) e alcance (m). Nos mapas de interpolação foi representada a distribuição espacial da deriva para quantificar o seu alcance dentro da área amostrada. Verificou-se que as condições meteorológicas exercem influência direta sobre a deriva, sendo a velocidade e sentido do vento os principais fatores responsáveis pela deriva na área experimental, influenciados pela pressão de trabalho no circuito hidráulico do pulverizador. As pressões de trabalho influenciaram a qualidade do espectro de gotas no modelo de ponta estudado em ambos os difusores, sendo que nas pulverizações com pressões menores houve menor potencial de risco de deriva.

Palavras - chave: Tecnologia de Aplicação, pontas de pulverização, espectro de gotas, mapas de interpolação.

SPATIAL DISTRIBUTION OF DRIFT OF PLANT PROTECTION PRODUCTS ON SPRAYING IN ORANGE CROP

ABSTRACT - The application technology for plant protection search the correct product placement on target, if needed, in the required amount, cost-effectively and with minimal human and environmental contamination, reducing production costs and maintaining a sustainable relationship between agriculture and environment. The aim of this study was the evaluation of spatial distribution of spray drift due to plant protection products (ppp) applications in different weather conditions and working pressures on orange crop. Two citrus (*Citrus sinensis*) areas were used, located in CITROPAR company (Citricos of Para SA). For sampling, nylon yarn collectors were distributed in the area, georeferenced and sent to laboratory for analysis after the applications. For droplet spectrum analysis the following parameters were estimated: volumetric median diameter (VMD), uniformity coefficient (Coef.) and percentage of droplets smaller than 100 micrometers, calculated by laser diffraction for particle size analysis. To represent the spatial distribution of spray drift, interpolation maps were built by the inverse distance-squared method (IDS), taking into account the amount of marker on deposit collectors (ug) and the range (m). The weather conditions have a direct influence on spray drift, with wind speed and direction being the most important factors, influenced by working pressure in the sprayer's hydraulic circuit. Work pressures also influenced the droplets spectrum for the used nozzle in both swirl plates, and spraying under lower pressure shows less potential risk of drift.

Keywords: Application Technology, spray nozzles, droplet spectrum, interpolation maps.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução

A utilização dos produtos fitossanitários na produção agrícola constitui ferramenta consolidada para proteger as lavouras dos problemas fitossanitários. Esta proteção tem sido fundamental para a manutenção da produção agropecuária condizente com a demanda da sociedade. Entretanto, tem-se verificado o aumento do número de aplicações, que devem ser eficientes no controle do alvo biologicamente ativo e diminuir o potencial risco de perdas e contaminações.

Na maioria das vezes, dá-se muita importância ao produto fitossanitário a ser aplicado e pouca atenção à tecnologia de aplicação. No entanto, é necessário conhecer a forma adequada de aplicação, de modo a obter eficiência na colocação do produto no alvo, minimizando perdas por deriva e por escorrimento (CUNHA; TEIXEIRA; VIEIRA, 2005).

Há alguns anos o Brasil vem sendo o recordista na produção de laranja, detendo 34,2% da produção mundial e em torno de 57% da produção de suco (AGRIANUAL, 2015). Com os avanços da citricultura nesse período, o Pará passou a assumir posição de destaque, ficando entre os seis maiores produtores de laranja do Brasil, apresentando 90% de sua produção exportada para o estado de São Paulo e para o nordeste brasileiro (IBGE, 2009). A citricultura no estado do Pará possui suas particularidades, como regime de chuva diferente dos demais estados, alta umidade e altas temperaturas que promovem o desenvolvimento mais rápido das plantas.

Estudos relacionados à qualidade da aplicação e à quantificação de deriva de calda utilizada nos tratamentos fitossanitários na cultura da laranja, ainda são escassos e merecem atenção devido ao grande número de pulverizações que são realizadas para diminuir os efeitos dos problemas fitossanitários.

Eliminar completamente o risco de deriva nas aplicações de produtos fitossanitários é praticamente impossível, mas com a tecnologia adequada pode-se diminuí-lo (HEWITT, 2000).

Dessa forma, a necessidade de reduzir os custos de produção, a contaminação dos alimentos e à deriva exigem racionalização no uso de produtos fitossanitários e isto pode ser alcançado através de uma tecnologia de aplicação mais eficiente, que

atinja o alvo adequadamente, de forma que os desperdícios de caldas sejam diminuídos.

2. OBJETIVO GERAL

Diante da possibilidade de associar os conhecimentos da tecnologia de aplicação e do mapeamento da variabilidade espacial em aplicações de produtos fitossanitários, o objetivo deste trabalho foi avaliar e mapear a distribuição espacial da deriva em pulverizações fitossanitárias na cultura da laranja em diferentes condições meteorológicas e pressões de trabalho.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Quantificar a deriva de pulverização pela deposição de marcador metálico (sulfato de manganês) em coletores passivos com fio de náilon.

b) Avaliar a deriva em diferentes condições meteorológicas e pressões de trabalho.

c) Elaborar mapas de distribuição espacial da deriva de pulverização na cultura da laranja.

d) Avaliar o espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulica de jato cônico vazio, submetidas a diferentes difusores e pressões de trabalho e seu potencial de deriva nas diferentes configurações.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Importância da citricultura e os principais insetos-alvos

A citricultura é de fundamental importância para a economia brasileira devido à sua expressiva participação na exportação e pela geração de empregos. O PIB do setor citrícola em 2009 foi de US\$ 6,5 bilhões, dos quais US\$ 4,39 bilhões no mercado interno e US\$ 2,15 bilhões no mercado externo. A citricultura gera, entre empregos diretos e indiretos, um contingente de 230 mil posições, além de uma massa salarial anual de R\$ 676 milhões, gerando renda de US\$ 2,0 bilhões para os produtores de

citros e faturamento total dos elos da cadeia produtiva de citros de US\$ 14,6 bilhões (NEVES et al., 2011).

A produção citrícola no estado do Pará atingiu índices elevados de crescimento nos últimos dez anos, principalmente na microrregião do Guamá, onde se concentram os principais municípios produtores, como Capitão Poço, Garrafão do Norte, Irituia e Ourém, os quais constituem o chamado pólo citrícola do estado. Com os avanços da citricultura, o Pará passou a assumir posição de destaque, ficando entre os seis maiores produtores de laranja do Brasil. A área cultivada com laranja no estado no ano de 2009 foi de 12.220 ha, com produtividade média de 16,7 t/frutos/ha (SAGRI, 2010). A disponibilidade de área, a aptidão edafoclimática, a demanda regional e a proximidade de mercados consumidores internacionais coloca o estado do Pará em situação estratégica para a produção de cítricos no Brasil.

Apesar dessa importância econômica da citricultura para o estado do Pará e para o Brasil, há muitos aspectos que merecem atenção. Os problemas fitossanitários, por exemplo reduzem o lucro e tornam a exportação mais difícil, pois as pragas e doenças endêmicas ou exóticas que foram introduzidas no Brasil durante as últimas décadas têm causado muitas perdas econômicas para os produtores e se encontram, em parte, disseminadas no Pará (NAVA et al., 2007).

Dentre as pragas que mais preocupam os citricultores no estado do Pará, destacam-se a cochonilha-de-placas ou piolho branco – *Praelongorthezia praelonga* (Douglas, 1891) (Hemiptera: Ortheziidae), a mosca-negra-do-citros *Aleurocanthus woglumi* (Ashby, 1915) (Hemiptera: Aleyrodidae), e o ácaro-da-leprose *Brevipalpus* spp. (Acari, Tenuipalpidae) (FARIAS et al., 2012).

A cochonilha-de-placas ou piolho-branco é a principal praga fitossuccívora dos pomares de citros na região norte (FARIAS et al., 2012). O controle dessa praga está estimado em cerca de 30% do custo da produção de laranjas no estado (OEIRAS, 2002), o que eleva custos de implantação e manutenção dos pomares cítricos, bem como eventuais prejuízos decorrentes da perda de colheitas e mercados. De difícil controle em função do seu grande potencial de reinfestação, a cochonilha *Praelongorthezia praelonga* tornou-se uma praga-chave da cultura dos citros em razão da dificuldade de controle, da visualização do foco inicial de ataque e da rápida dispersão no pomar (BENVENGA et al., 2004).

A mosca-negra-do-citros destaca-se por acarretar danos diretos e indiretos às plantas cítricas. Tanto os adultos como as formas imaturas causam danos ao se

alimentarem no floema da planta (PENA et al., 2008). As plantas ficam debilitadas, ocorrendo em consequência o murchamento e, na maioria das vezes, a morte. Durante a alimentação eliminam uma excreção açucarada na superfície da folha, facilitando o aparecimento da fumagina (fungo *Capnodium sp.*). A presença desse fungo reduz a fotossíntese, impede a respiração (NGUYEN; HOMON, 2003) e diminui o nível de nitrogênio nas folhas. Infestações mais intensas desse inseto podem levar à redução da frutificação em até 80% (BARBOSA et al., 2004) e perdas de 20 a 80% na produção, afetando a exportação, não apenas dos citros como de outras frutíferas.

Lopes et al. (2007) verificaram que dos custos com produtos fitossanitários da agricultura para o controle fitossanitário no Brasil, a utilização na citricultura corresponde a 6% do total, sendo que mais de 60% dos acaricidas utilizados na citricultura são destinados ao ácaro da espécie *Brevipalpus spp.*, vetor do vírus da leprose-do-citros. A doença virótica veiculada pelo ácaro-vetor causa lesões locais em folhas e ramos, desfolha, seca de ramos (RODRIGUES et al., 2003) e lesões em frutos, acarretando redução de seu valor comercial. Períodos de baixa precipitação favorecem o aumento da população de ácaros (BIERAS; SANTOS, 2004), e consequentemente elevando o índice de plantas infectadas.

4.2.Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é um dos campos dentro da agricultura mais multidisciplinares, uma vez que se reporta ao controle de insetos, ácaros, plantas daninhas e de agentes patogênicos, que considera aspectos da biologia, química, engenharia, ecologia, sociologia e economia (FERREIRA, 2007).

A falta de conhecimento sobre a tecnologia de aplicação é um dos principais problemas da agricultura tradicional. Seu uso visa obter maior eficiência na utilização de produtos fitossanitários, sendo que seu conhecimento proporciona a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade adequada, de forma econômica e com o mínimo de contaminação de outras áreas (MATUO, 1990). O uso dos produtos deve ser realizado de forma eficiente, uma vez que a sua aplicação sem a tecnologia adequada pode causar a contaminação do ambiente, aumentar o risco de intoxicação dos trabalhadores rurais e deixar resíduos nos produtos colhidos (SASAKI et al., 2013).

Conhecer a forma de aplicação do produto é tão importante quanto conhecer o próprio produto. É preciso minimizar perdas e fazer com que o produto alcance o alvo de forma eficiente. Dessa forma, a uniformidade de aplicação e o espectro de gotas adequado são essenciais (CUNHA et al., 2003).

A escolha e o uso adequado de modelos de pontas de pulverização constituem passos importantes para a melhoria das condições de precisão e segurança na aplicação de produtos fitossanitários (WOMAC; GOODWIN; HART, 1997). Segundo Johnson e Swetnam (1996), a seleção apropriada de pontas é essencial para a eficácia no tratamento fitossanitário, sendo o fator determinante da quantidade aplicada por área, da uniformidade de aplicação, da cobertura do alvo pelas gotas e do risco potencial de contaminação humana e ambiental.

As pontas de pulverização são responsáveis pela formação e distribuição das gotas e por isso determinantes da qualidade da pulverização e da ocorrência de deriva (MATUO, 1990; FERREIRA et al., 2011). Gotas com tamanho entre 50 e 100 μm , classificadas como muito finas, proporcionam grande suscetibilidade à evaporação e à deriva. Porém, apresentam capacidade de serem transportadas para o interior do dossel das culturas. Já gotas grossas são menos suscetíveis à deriva e têm uma trajetória mais definida por sua energia, apresentando assim, maior probabilidade de deposição em alvos mais expostos e localizados na horizontal (MATTHEWS, 2000).

Na cultura da laranja as pulverizações são predominantemente realizadas com pulverizadores de arrasto tratorizados de jato transportado, que auxiliam na manutenção de energia da gota produzida e sua penetração nos locais mais internos das copas das plantas tratadas. Para esses equipamentos, o volume de calda adotado não se correlaciona diretamente com a eficácia de controle, aliando-se aos conceitos clássicos da tecnologia de aplicação, sendo possível diminuir a quantidade de água utilizada em mistura com a calda, promovendo consideráveis reduções no custo do tratamento (DECARO JUNIOR; FERREIRA; LASMAR, 2012).

4.3.Deriva dos produtos fitossanitários

A deriva de produtos fitossanitários é considerada um dos maiores problemas da agricultura moderna (NUYTENS et al., 2011). É uma das principais formas de perda de produtos fitossanitários e, conseqüentemente, de contaminação ambiental.

De acordo com Matuo (1990), deriva é tudo aquilo que não atinge o alvo durante a aplicação.

A deriva dos produtos fitossanitários é considerada um dos principais efeitos colaterais da agricultura tradicional, sendo que a trajetória das gotas da calda é influenciada pelas condições meteorológicas (MOKEBA et al., 1997). Estas condições ambientais naturais e o tamanho das gotas dificultam a avaliação de distâncias para regiões de aplicações de produtos fitossanitários, e locais seguros, livres de resíduos (VAN DE ZANDE; MEIER; VAN IJZENDOORN, 1994).

Entre as características da pulverização que influenciam a deriva, podem ser relacionados os modelos de ponta de pulverização, as propriedades físicas da formulação dos produtos fitossanitários, o tamanho das gotas e outros produtos adicionados ao líquido a ser pulverizado. Mudanças nas propriedades do líquido podem influenciar tanto o processo de formação das gotas como o comportamento do contato destas com o alvo e alterar o risco potencial de perdas por deriva e escoamento (MILLER; BUTLER ELLIS, 2000).

Nuyttens et al. (2006) constataram a partir de 27 aplicações simuladas de produtos fitossanitários realizadas a campo, que o aumento da umidade relativa e a diminuição da velocidade do vento e na temperatura resultaram na redução da deriva. Isto possivelmente ocorre pela combinação de efeitos da redução na taxa de evaporação das gotas e do arraste pelo vento.

Estima-se que cerca de 50% dos produtos fitossanitários sejam desperdiçados devido às más condições de aplicação (FRIEDRICH, 2004).

A adoção de técnicas corretas de aplicação pode efetivamente reduzir o risco ou a quantidade de deriva produzida nas aplicações de produtos fitossanitários. A seleção de pontas de pulverização e adjuvantes adequados pode ser uma medida eficiente para reduzir a deriva, pela produção de gotas de maior diâmetro, menos sujeitas à deriva (COSTA et al., 2007; QUEIROZ et al., 2008).

A contaminação ambiental promovida pela deriva pode causar sérios impactos nas áreas circunvizinhas. Um importante exemplo é o caso da abelha *Apis melífera*, espécie adotada universalmente pelos apicultores dos países ocidentais e responsável por cerca de um terço da produção mundial de mel e amplamente associada como polinizadora em pomares de laranja (COX-FOSTER; VANENGELSDORP, 2009).

Esta espécie tem sofrido duras baixas associadas às aplicações de inseticidas em áreas próximas às suas colmeias, o que causa dentre outros problemas, o distúrbio do colapso das colônias. A causa mais provável para esse distúrbio, no entanto, é uma conjunção de fatores que leva ao enfraquecimento das abelhas e do seu sistema imunológico, deixando-as suscetíveis a infecções por microrganismos, em especial, o Vírus de Paralisia Aguda Israelense - IAPV (COX-FOSTER; VANENGELSDORP, 2009).

4.4. Mapeamento da variabilidade espacial da deriva

Os avanços tecnológicos no setor agrícola têm apontado a importância de se medir a variabilidade espacial das propriedades que afetam o rendimento das culturas, visando otimizar o aproveitamento dos recursos e diminuir custos (CARVALHO; SILVEIRA; VIEIRA, 2002).

A adoção de técnicas corretas de aplicação pode efetivamente reduzir o risco ou a quantidade de deriva produzida nas aplicações de produtos fitossanitários. Uma alternativa para a avaliação do alcance da deriva à campo seria o uso de métodos estatísticos e/ou geoestatísticos para caracterizar a distribuição espacial dos produtos fitossanitários coletados por algum método de amostragem, estimando-se distância potencial de arraste das gotas pulverizadas.

Lasmar (2014) realizou estudos a campo na cultura do café, sob condições naturais de temperatura, umidade relativa do ar e ventos de diferentes velocidades e direções, juntamente com as técnicas de modelagem estatística. A partir de mapas de distribuição espacial, pôde avaliar a deriva considerando a modelagem como uma importante ferramenta da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários.

Estes mapas de distribuição espacial são gerados a partir de modelagem matemática por métodos de interpolação nos quais estimam-se valores para locais não amostrados, a partir de um determinado número de pontos observados em campo (SOUZA et al., 2010). Entre os métodos de interpolação disponíveis na literatura, os utilizados com maior destaque são krigagem e inverso do quadrado da distância (SILVA et al., 2008).

A adoção de tecnologias que permitam identificar e tratar dados individualmente remete para o campo de estudos denominado de Agricultura de Precisão (AP) (McBRATNEY, 2005). A Agricultura de Precisão surge com a promessa

de reverter a situação atual, possibilitando a aplicação de insumos agrícolas de forma localizada e somente na quantidade necessária (LIMA, 2006).

A correta geração e interpretação de dados referentes à variabilidade espacial das lavouras é a etapa mais trabalhosa e mais importante do processo de implantação da AP, sempre visando a busca dos responsáveis pela variabilidade e visando a sua intervenção quando viável, ou a convivência quando esses fatores não permitem intervenção prática e econômica (MOLIN, 2000).

5. REFERENCIAS

AGRIANUAL 2015: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2015. p.241-244.

BARBOSA, F. R.; SANTANA, M. R. S. P.; SILVA, C. S. B.; PARANHAS, B. J. *Aleurocanthus woglumi (Hemiptera: Aleyrodidae): uma ameaça à fruticultura do Vale do São Francisco*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 20., 2004, Gramado. **Anais...** Gramado, 2004.

BENVENGA, S. R.; GRAVENA, S.; SILVA, J. L.; ARAUJO JUNIOR, N.; AMORIM, L. C. S. Manejo prático da cochonilha ortézia em pomares de citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 25, n. 2, p. 291-312, 2004.

BIERAS, A. R.; SANTOS, M. J. Z. Influência climática na incidência do ácaro da leprose (*Brevipalpus phoenicis*) na citricultura dos municípios de Limeira e Bebedouro (SP). **Geosul**, Florianópolis, v. 19, n. 37, p. 95-114, 2004.

CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M.; VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p.1151-1159, 2002.

COSTA, A.G.F.; VELINI, E.D.; NEGRISOLI, E.; CARBONARI, C.A.; ROSSI, C.V.S.; CORRÊA, M.R.; SILVA, F.M.L. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n.1, p. 203-210, 2007.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F. Avaliação de pontas de pulverização hidráulicas na aplicação de fungicida em feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1069-1074, 2005.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.

DECARO JUNIOR, S. T.; FERREIRA, M. C.; LASMAR, O. Reduced spraying liquid volumes for *Leucoptera coffeella* control in coffee plants. In: THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COFFEE SCIENCE, 24., 2012, San Jose. **Abstracts...** San José, 2012. p. 286.

FARIAS, P. R. S.; SILVA, A. G.; SILVA, J. B.; BRANDÃO, A. D. S.; SILVA, E. B. M.; BOIÇA JUNIOR, A. L. Dinâmica populacional de cochonilha-de-placas em pomares de citros em sistemas agroflorestais e monocultura. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 55, n. 4, 2012, p. 269-276.

FERREIRA, M. C.; COSTA, G. M.; SILVA, A. R.; TAGLIARI, S. R. A. Fatores qualitativos da ponta de energia hidráulica ADGA 110015 para pulverização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 471-478, 2007.

FERREIRA, M. C.; LOHMANN, T. R.; CAMPOS, A. P.; VIEL, S. R.; FIGUEIREDO, A. Distribuição volumétrica e diâmetro de gotas de pontas de pulverização de energia hidráulica para controle de corda de viola. **Planta Daninha**, v.29, p.697-705, 2011.

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

HEWITT, A. J. Spray drift: impact of the requirements to protect the environment. **Crop Protection**, v. 19, p. 623-627, 2000.

IBGE. Produção Agrícola Municipal. Área plantada, área colhida, quantidade produzida e valor da produção da lavoura permanente. 2009. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp>. Acesso em: jun. 2015.

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

LASMAR, O. R. **Qualidade da pulverização em volume reduzido para o controle do bicho-mineiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae)**. 2014. 95 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Entomologia Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2014.

LIMA, T.C.B. **Desenvolvimento de um sistema de custo reduzido para geração de sinal de correção diferencial, em tempo real, para GPS.** 2006. 202 f. Tese (Doutorado em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade de Campinas, Campinas, 2006.

LOPES, M. V.; OLIVEIRA, C. A. L.; BARRETO, M.; BARBOSA, J. C.; ROSSI, F. M. Dimensionamento de amostras para monitoramento do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) em citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3. 2007.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods.** Malden: Blackwell Science, 2000. 432p.

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

McBRATNEY, A.; BRETT, W.; TIHOMIR, A.; JOHAN, B. Future Directions of Precision Agriculture. **Precision Agriculture**, New York, v. 6, n. 1, p. 7-23, 2005.

MOKEBA, M.L.; SALT D.W.; LEE, B.E.; FORD, M.G. Simulating the dynamics of spray droplets in the atmosphere using ballistic and random-walk models combined. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, Colorado, v. 68, n. 4, p. 923-933, 1997.

MOLIN, J.P. Geração e interpretação de mapas de produtividade para agricultura de precisão. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M.P.; QUEIROZ, D.M.; MANTOVANI, E.C.; FERREIRA, L.R.; VALLE, F.X.R.; GOMIDE, R.L. **Agricultura de Precisão.** Viçosa: UFV, 2000. p.237-257.

MILLER, P. C. H.; BUTLER-ELLIS, M. C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Protec.**, v. 19, n. 8, p. 609-615, 2000.

NAVA, D. E.; TORRES, M. L. G.; RODRIGUES, M. D. L.; BENTO, J. M. S.; PARRA, J. R. P. Biology of *Diaphorina citri* (Hem., Psyllidae) on different hosts and at different temperatures. **Journal of Applied Entomology**, v.131, p.709-715, 2007.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G.; MILAN, P.; LOPES, F. F.; CRESSONI, F.; KALAKI, R. **O retrato da citricultura brasileira**, São Paulo: CitrusBR, 2011. 138p.

NGUYEN, R.; HAMON, A. B. Citrus blackfly, *Aulerocanthus woglumi* Ashby (*Homoptera: Aleyrodidae*). Gainesville: Florida Department of Agriculture & Consumer Services, Division of Plant Industry, 1993. 3 p. **Entomology Circular**; 360.

NUYTTENS, D.; DE SCHAMPHELEIRE, M.; STEURBAUT, W.; BAETENS, K.; VERBOVEN, P.; NICOLAI, B.; RAMON, H.; SONCK, B. Experimental study of factors influencing the risk of drift from field sprayers, Part 2: Spray application technique. *Aspects Applied Biology*, Wellesbourne, v. 77, p. 331-339, 2006.

NUYTTENS, D.; SCHAMPHELEIRE, M. DE; BAETENS, K.; BRUSSELMAN, E.; DEKEYSER, D.; VERBOVEN, P. Drift from field crop sprayers using an integrated approach: results of a five-year study. **Transactions of the asabe**, v.54,p.403-408, 2011.

OEIRAS, A. H. L. Manejo Integrado de Pragas e Doenças de Citros no Estado do Pará. In: POLTRONIERI, L. S.; TRINDADE, D. R. (Eds.). **Manejo Integrado das Principais Pragas e Doenças de Cultivos Amazônicos**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 284 p.

PENA M. R.; VENDRAMIM J. D.; LOURENÇÃO A. L.; SILVA N. M.; YAMAMOTO P. T.; GONÇALVES M. S. Ocorrência da mosca-negra-dos citros, *Aleurocanthus woglumi* Ashby (*Hemiptera: Aleyrodidae*) no estado de São Paulo. **Review Agricultural**, Carolina do Norte, v. 83, n. 2, p. 61-65, 2008.

QUEIROZ, A. A. et al. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscienci Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 8-19, 2008.

RODRIGUES, J. C. V.; KITAJIMA, E. W.; CHILDERS, C. C.; CHAGAS, C. M. Citrus leprosis virus vectored by *Brevipalpus phoenicis* (Acari: *Tenuipalpidae*) on citrus in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v. 30, n. 1-3, p. 161-179, 2003.

SASAKI, R. S.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; MONTEIRO, P. M. B.; RODRIGUES, D. E. Deposição e uniformidade de distribuição da calda de aplicação em plantas de café utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 9, p. 1605-1609, 2013.

SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA – SAGRI. Evolução da Produção agrícola do Estado do Pará de 2003 até 2009. Disponível em: <http://www.sagri.pa.gov.br/?q=node/124>. Acesso em 05 jun. 2015

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; OLIVEIRA, R. B. Avaliação de interpoladores estatísticos e determinísticos na estimativa de atributos do solo em agricultura de precisão. **Idesia**, Tarapacá, v. 26, n. 2, p. 75-81, 2008.

SOUZA, G.S.; LIMA, J.S.S.; XAVIER, A.C.; ROCHA, W.S.D. Krigagem ordinária e inverso do quadrado da distância aplicados na espacialização de atributos químicos de um argissolo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 73-81, 2010.

VAN DE ZANDE, J. C.; MEIER, R.; VAN IJZENDOORN, M. T. Air assisted spraying in winter wheat-results of deposition measurements and the biological effects of fungicides against leaf and ear diseases. In: British **Crop Protection** Conference – Pests and Diseases. Brighton: 1994. Proceedings. Brighton. BCPC, 1994. p. 313 – 18.

WOMAC, A. R.; GOODWIN, J. C.; HART, W. E. **Comprehensive evaluation of droplet spectra from drift reduction nozzles**. Saint Joseph: ASAE, 1997. 47 p.

CAPÍTULO 2 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA DERIVA DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS EM PULVERIZAÇÕES NA CULTURA DA LARANJA

RESUMO - Objetivou-se avaliar e mapear a distribuição espacial da deriva em pulverizações fitossanitárias na cultura da laranja em diferentes condições meteorológicas e pressões de trabalho. Foram utilizados dois talhões de laranja (*Citrus sinensis*) localizados na empresa CITROPAR (Cítricos do Pará S.A.) na divisa entre os municípios de Capitão Poço e Irituia, no estado do Pará. Para a amostragem, foram utilizadas 24 hastes com coletores de fios de náilon que foram distribuídos na área de 12 em 12 m e georreferenciados para análise do depósito de marcador visando avaliar a distribuição espacial das gotas suscetíveis à deriva. As amostras foram enviadas para análise em laboratório do Campus de Jaboticabal - SP, UNESP. A partir dos valores dos depósitos nos coletores, foram elaborados mapas de interpolação pelo método do inverso do quadrado da distância (IQD), considerando quantidade de depósito de marcador sobre os coletores (μg) e alcance (m). Nos mapas de interpolação foram representadas a distribuição espacial da deriva para quantificar o seu alcance dentro da área amostrada. Verificou-se que as condições meteorológicas exercem influência direta sob a deriva, sendo a velocidade e sentido do vento os principais fatores responsáveis pela deriva na área experimental, influenciados pela pressão de trabalho no circuito hidráulico do pulverizador.

Palavras - chave: Pontas de pulverização, gotas, mapas de interpolação

SPATIAL DISTRIBUTION OF DRIFT OF PLANT PROTECTION PRODUCTS ON SPRAYING IN ORANGE CROP

ABSTRACT - The aim of this study was the evaluation of spatial distribution of spray drift due to plant protection products (PPP) applications in different weather conditions and working pressures on orange crop. In this experiments, we used a citrus field (*Citrus sinensis*), located in CITROPAR company (Cítricos do Pará S.A) at the border between the municipalities of Capitão Poço and Irituia. For sampling, they were used with collector rods 24 nylon yarns that have been distributed in the area of 12 meters and 12 georeferenced for analysis of the spatial distribution of droplets susceptible to drift. The samples were sent for laboratory analysis of Jaboticabal - SP, UNESP. From the values of deposits in the collectors were prepared interpolation maps by inverse distance squared method (IQD), considering the amount of marker on deposit collectors (ug) and range (m). The interpolation maps were represented the spatial distribution of drift to quantify their reach within the sampled area. It was found that the weather conditions have a direct influence on the drift, wind speed and direction and the main factors responsible for the drift in the experimental area, influenced by working pressure in the hydraulic spray circuit.

Keywords: Spray nozzle, drops, interpolation maps

1. INTRODUÇÃO

A citricultura no estado do Pará atingiu índices elevados de crescimento nos últimos dez anos. Com os avanços nesse período, o Pará assumiu posição de destaque, como maior produtor da região norte, ficando entre os seis maiores produtores de laranja do Brasil e tendo 90% de sua produção exportada para o estado de São Paulo e para o nordeste brasileiro (IBGE, 2009). Um dos principais problemas fitossanitários que acarretam a baixa produtividade de laranja é a ocorrência de insetos-pragas que causam perdas significativas ao produtor da região, requerendo cada vez mais intervenções fitossanitárias comumente embasadas em pulverizações de produtos fitossanitários.

A deriva é um dos grandes efeitos adversos da aplicação de produtos fitossanitários e contribui diretamente para a contaminação do ambiente. Entende-se por deriva o desvio da trajetória das gotas em relação ao alvo durante e após a pulverização (MATTHEWS, 2000). Este desvio de trajetória impede que as gotas produzidas atinjam o alvo e está relacionado, principalmente, ao tamanho de gotas produzido pela ponta de pulverização e às condições ambientais no momento da aplicação (MIRANDA et al., 2010).

Em alguns países, uma das soluções encontradas para se reduzir os efeitos negativos da deriva foi o estabelecimento das chamadas “buffer zones” ou zonas de segurança (SNOO, 1999). Trata-se de uma faixa de cultivo que não pode receber a aplicação de produtos fitossanitários para proteger uma determinada área sensível como por exemplo um curso de água. A extensão dessa faixa, no entanto, é variável e depende das condições das aplicações. Portanto, fazem-se necessários estudos que simulem a distância que uma gota pode percorrer em diversas condições operacionais e ambientais, para subsidiar o estabelecimento da extensão correta dessas zonas de segurança.

O processo mais empregado para estudar a dinâmica das pulverizações de produtos fitossanitários tem sido a análise dos depósitos por meio de substâncias marcadoras (corantes alimentícios, pigmentos fluorescentes e íons metálicos), com as quais tem-se tomado decisões na escolha de técnicas de aplicação e equipamentos de pulverização (MARCHI et al., 2005). O uso de marcadores é muito atrativo em virtude da facilidade de sua visualização e remoção das folhas ou alvos coletores e menor custo em relação ao uso de produtos fitossanitários (HEWITT,

2010) e permite estimar quanto de produto atingiu ou não o alvo (BOSCHINI et al., 2008).

Cada vez mais é necessário gerenciar as perdas em atividades agrícolas, e estudos com interpolação estatística e geoestatística vem ganhando espaço por representarem de maneira eficiente a distribuição espacial das variáveis analisadas.

Segundo Molin (2008), inverso do quadrado da distância (IQD), vizinho mais próximo e a krigagem são os métodos de interpolação mais utilizados, diferenciando-se pela maneira como os pesos são atribuídos às diferentes amostras.

Para que a análise espacial seja realizada, os elementos amostrais precisam ser georreferenciados, ou seja, cada ponto amostral é localizado segundo um sistema de informações geográficas. A partir da interpolação dos valores medidos, são estimados valores para a geração dos mapas temáticos que representam a distribuição espacial do atributo na área estudada.

Gil et al. (2014), em trabalho de revisão sobre os avanços tecnológicos voltados à tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários demonstram a importância dos métodos de interpolação, bem como a utilização de pulverizadores com taxas variáveis, capazes de contribuir para redução da quantidade total de produtos fitossanitários utilizados, redução do risco de problemas ambientais e possibilidade de adaptar a quantidade aplicada de produtos fitossanitários com as características do dossel das culturas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar e mapear a distribuição espacial da deriva em pulverizações fitossanitárias na cultura da laranja em diferentes condições meteorológicas e pressões de trabalho.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em área da CITROPAR - Cítricos do Pará S.A., situada entre os municípios de Capitão Poço e Irituia, mesorregião do Nordeste Paraense, microrregião do Guamá, distante 200 km da capital Belém, PA (Figura 1). A área experimental está compreendida entre as coordenadas geográficas 01° 48' 45" e 01° 48' 40" de latitude sul, 47° 11' 43" e 47° 11' 51" de longitude oeste, apresentando solo do tipo Latossolo Amarelo Álico, textura média (EMBRAPA, 2006), clima tipo Ami,

segundo a classificação de Köppen, apresentando os maiores índices de pluviosidade de janeiro a maio e os menores de agosto a novembro.

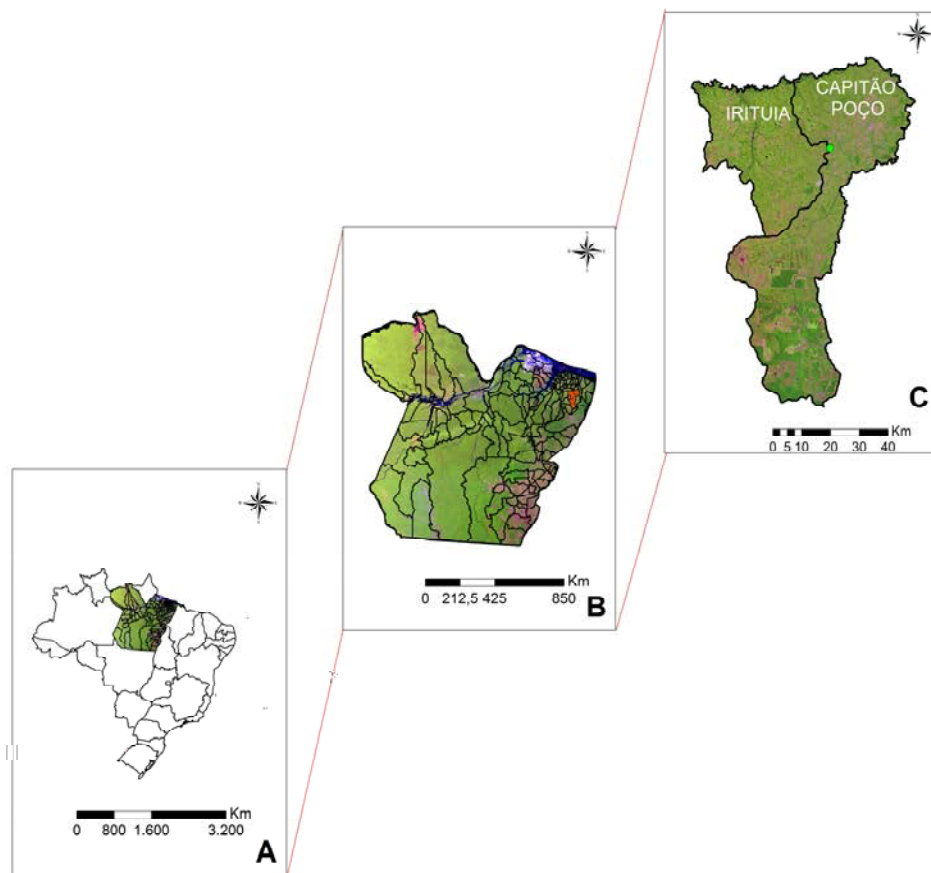


Figura 1. Localização da área. **A** - Brasil; **B** – Estado do Pará; **C** – Municípios de Capitão-Poço e Irituia (mesorregião do nordeste paraense).

Utilizou-se dois talhões denominados pela empresa como L11 e L12, totalizando uma área de 2646,5 m² de laranja (*Citrus sinensis*), no qual a área ao lado da pulverização (L12) era composta por um pomar de laranjeiras da variedade pera-rio enxertadas em tangerina “cleópatra”, com 7 anos de idade e espaçamento de 4 x 7,5 m. Já a área adjacente (L11) era constituída por árvores de variedade pera-rio enxertadas em “limão-cravo” com 2 anos de idade e espaçamento 4 x 7,5 m. As avaliações foram realizadas durante os dias 03 e 04 de março de 2014.

2.2 Avaliação da deriva

A primeira etapa da avaliação de deriva consistiu na distribuição sistemática de 24 hastes coletoras, em uma região de influência do vento sobre a deriva, espaçados a cada 12 m, sendo 12 coletores paralelos a faixa de percurso do trator (L12) e 12 coletores em uma área adjacente (L11), representando uma área não alvo, com o intuito de formar uma malha amostral georreferenciada (Figura 2).

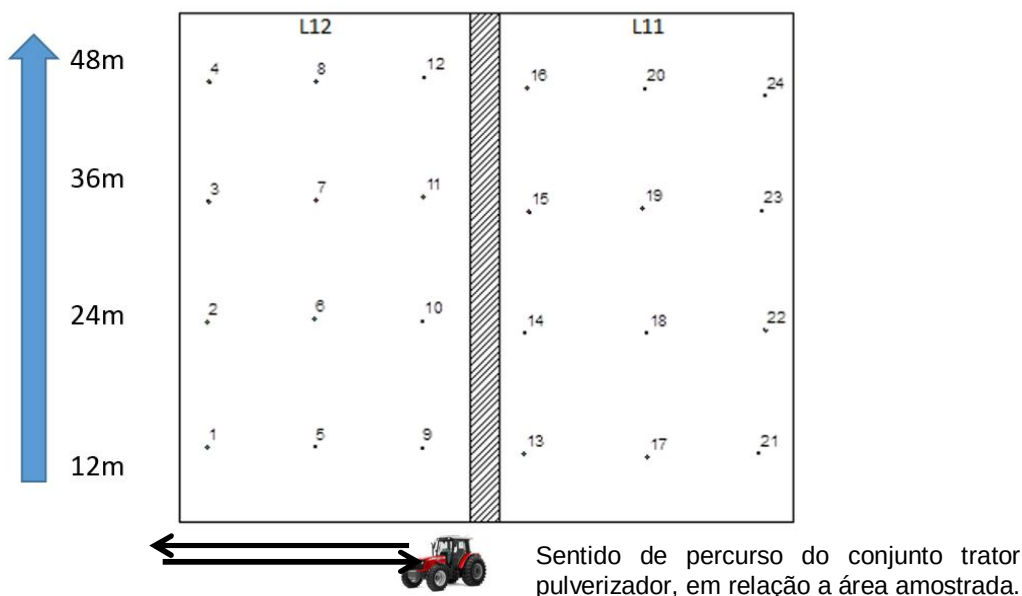


Figura 2. Esquema da parcela experimental, indicando o caminhamento do pulverizador no pomar de laranja durante o tratamento fitossanitário para avaliação da deriva. Os pontos acompanhados dos números de 1 a 24 representam as hastes amostradoras na área experimental.

Cada coletor foi constituído de uma haste de ferro de 4,0 m de altura mais um seguimento apical de 0,8 m, devidamente projetado para a fixação de três fios de náilon de 0,10 m de comprimento (Figura 3A). Entre a rua que passou o pulverizador e o fim do talhão (área dentro da cultura), a distância amostrada foi de até 48 m. Já para a área não alvo (área adjacente), a distância amostrada foi de até 72 m.

Os coletores foram instalados dentro do pomar de laranja (Figura 3B) para coletar gotas numa posição acima da copa das plantas, o que pode ser caracterizado como exoderiva, ou seja, o arraste potencial de gotas para fora da área de aplicação por meio de correntes de ar.



Figura 3. **A** - Detalhe do suporte apical para três fios de náilon (com os fios amostradores). **B** – Haste coletora posicionada na área adjacente no pomar de laranja durante a pulverização fitossanitária (Capitão-Poço, 2014).

Foi utilizado um pulverizador de arrasto tratorizado com jato transportado, modelo FMC COPLING GULIVER 4000 (Figura 4A). Esse pulverizador estava equipado com sensor fotoelétrico. O ramal de bicos utilizado era duplo e estava constituído por 36 bicos de cada lado, totalizando 72 bicos. Para as avaliações, o pulverizador foi tracionado por um trator NEW HOLLAND TL 75E, deslocando-se em segunda marcha reduzida à 2200 rpm, com velocidade de $1,28 \text{ m s}^{-1}$.

As pontas de pulverização utilizadas no experimento foram da marca comercial MagnoJet, modelo DDC 3 (Cone vazio) padrão norma ISO 10.625, recomendado pelo fabricante a trabalhar sob uma faixa de pressão de 517 a 1380 kPa (Figura 4B). Essas pontas foram selecionadas pelo responsável na propriedade por se caracterizarem pela produção de gotas classificadas como finas a muito finas, necessárias para atingir todas as partes da copa da planta, inclusive os ramos internos onde o ácaro ocorre em densidades populacionais suficientes para causar efeitos negativos às plantas, pela transmissão de vírus. As pontas foram instaladas de forma alternada com difusores de quatro furos (DDC3-45) e difusores de dois furos (DDC3-25).

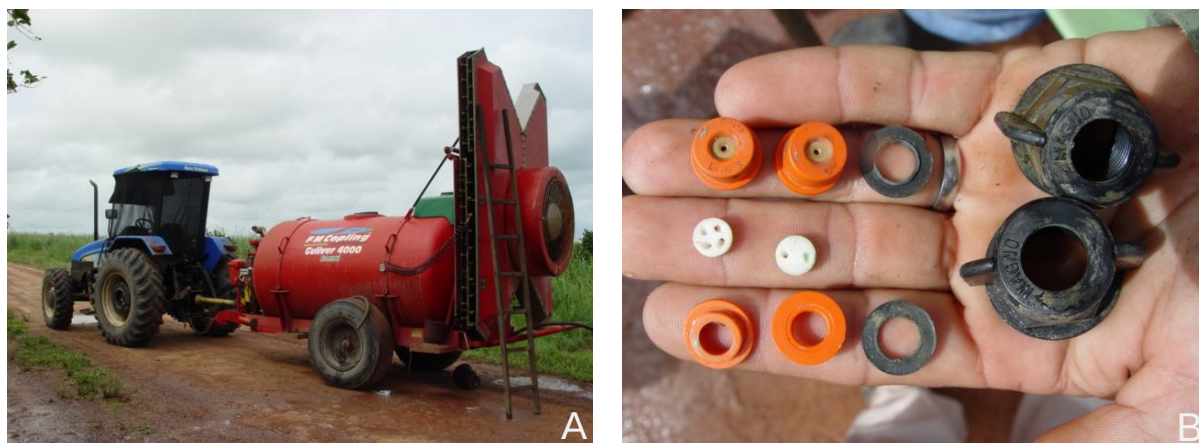


Figura 4. A – Destaque do conjunto trator-pulverizador de arrasto tratorizado com jato transportado, modelo FMC COPLING GULIVER 4000 utilizado no experimento de avaliação da distribuição da deriva. B- Pontas de pulverização Magnojet modelo DDC 3 (Cone vazio) e discos difusores de quatro furos e de dois furos. Capitão-Poço, 2014.

Para o preparo da calda de pulverização utilizada no experimento, foram utilizados 8 kg do marcador sulfato de manganês adicionados em aproximadamente 5 L de água em um balde, agitados até a homogeneização, sendo colocados no tanque do pulverizador contendo 1000 L de água.

Com o auxílio do manômetro, foram estabelecidas duas pressões de trabalho para os bicos pulverizadores, 620,5 kPa e 965,3 kPa, onde encontrou-se a vazão de 5,173 L por planta para a pressão de 620,5 kPa totalizando o volume de 1724 L ha⁻¹, e a vazão de 6,514 L por planta para a pressão de 965,3 kPa totalizando um volume de 2171,1 L ha⁻¹. Foram avaliadas também as condições meteorológicas em cada momento da aplicação, com auxílio de um termo-higrômetro J. Prolab para verificação de temperatura e umidade relativa do ar, um anemômetro Kestrel para verificação da velocidade do vento e um receptor de GPS Garmin Map 64s para verificar o sentido do vento (Tabela 1).

Tabela 1. Pressões de trabalho e condições meteorológicas nos respectivos horários de aplicação de cada tratamento para a avaliação da distribuição da deriva da pulverização na cultura da laranja. Capitão-Poço, 2014.

Tratamentos	Horário	Pressão (kPa)	Condições Meteorológicas			
			Temperatura (°C)	Umidade (%)	Velocidade do Vento (m s ⁻¹)	Sentido do Vento
A	14:47	620,5	25,6	86	2,3	240°SW
B	16:28	965,3	26,3	87	1,4	217°SW
C	08:47	620,5	30,8	73	0,3	248°W
D	09:30	965,3	29,4	79	0,8	250°W
E	10:15	620,5	31,7	69	2,2	261°W
F	11:04	965,3	34,9	63	3,5	263°W
G	12:10	620,5	35,3	58	2,0	248°W

Em cada um dos coletores foi obtida a sua posição georreferenciada, para correlacionar com o depósito de gotas e elaborar mapas de variabilidade espacial da deriva na área. Para o georreferenciamento dos pontos amostrais, foram utilizados receptores de Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS) geodésicos de frequência L1/L2 com pós-processamento, da marca TopCon modelo HIPPER+, apresentando uma acurácia na horizontal (latitude e longitude) de ± 1 cm + 1ppm e na vertical (altimetria) de ± 2 cm + 2ppm.

A base fixa ficou localizada em uma praça em frente à sede da fazenda onde o trabalho foi realizado (Figura 5A). Após determinação, deste ponto de apoio, foram obtidas as coordenadas dos pontos onde estavam posicionados os coletores, que foram rastreados pelo método Posicionamento Relativo Semi Cinemático (Stop And Go) observando em média cinco minutos para cada ponto (Figura 5B). Os equipamentos estavam configurados no datum oficial brasileiro (SIRGAS 2000).



Figura 5. **A** – Base Fixa do Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS) instalada em um marco geodésico localizado na sede da propriedade. **B** - Base móvel (Rover) do Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS) rastreando a posição espacial dos coletores de deriva na área experimental. Capitão-Poço, 2014.

A extração do íon metálico de sulfato de manganês (MnSO_4) dos coletores e demais análises laboratoriais foram realizadas em estrutura do Núcleo de Estudos e Desenvolvimento de Tecnologia de Aplicação - NEDTA do Departamento de Fitossanidade do Câmpus de Jaboticabal - SP, UNESP. Após as aplicações, cada fio de náilon foi colocado em um tubo Falcon completado com 15 mL de água destilada e deionizada (Figura 6A).

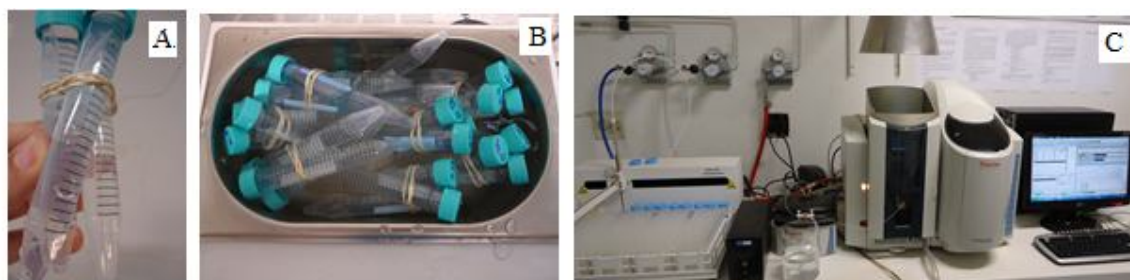


Figura 6. Representação das etapas do teste de recuperação dos marcadores depositados nos amostradores nas avaliações da distribuição de deriva da pulverização em cultivo de laranja: **A** – Tubos Falcon com água destilada e deionizada (etapa de diluição); **B** – Extração do marcador dos amostradores por agitação de ultrassom; **C** – Determinação em espectrofotômetro da concentração de marcadores nos extratos obtidos dos amostradores. Jaboticabal, 2014.

Em seguida, os tubos devidamente fechados e identificados passaram por um banho de ultrassom por cinco minutos para a extração física do marcador (Figura 6B). Por fim, a concentração do marcador nos extratos em cada tubo foi medida por espectrofotometria de absorção atômica (Figura 6C).

Foi utilizado um fator de conversão (0,794) obtido através da divisão entre os dois volumes aplicados na área, o qual foi multiplicado pelos valores dos tratamentos condicionados à pressão de 965,3kPa, para igualar o volume das aplicações com pressões diferentes e poder realizar inferências a partir dos mesmo volume aplicado para cada tratamento.

2.3. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial com 2 fatores (quatro níveis do fator A e dois níveis do fator B), com 3 repetições. O fator A consiste em quatro distâncias entre os coletores (12, 24, 36, 48m) e o fator B consiste em duas pressões de trabalho (620,5 e 965,3kPa). Foi realizada análise de regressão polinomial para o efeito da distância na deriva avaliada e a correlação das distâncias com as condições meteorológicas (temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento).

Para comparação dos tratamentos individualmente, e principalmente o efeito das diferentes condições meteorológicas nos momentos das aplicações sobre o arraste das gotas e depósito nos amostradores, estes foram comparados considerando um delineamento inteiramente ao acaso, sendo cada aplicação adotada como um tratamento. Para a realização das análises, os dados foram transformados pela raiz quadrada de $(x+0,5)$ para minimizar o efeito das variâncias.

As coordenadas obtidas no sistema Universal Transversa de Mercator (UTM) de cada ponto amostral foram processadas e posteriormente associadas ao valor de depósito de gotas no coletor. Foi possível elaborar os mapas de interpolação da área de deriva, pelo método do inverso do quadrado da distância (IQD), que é um interpolador determinístico univariado de médias ponderadas. De acordo com este método, quanto mais próximo um ponto observado estiver do estimado, maior será seu peso, ou seja, maior será sua influência sobre o valor de inferência. Devido à dependência espacial ser nula no conjunto de dados estudados, optou-se por realizar

a interpolação pelo inverso do quadrado da distância para a geração dos mapas de deriva.

Para os cálculos de interpolação e elaboração dos mapas foi utilizado o software ARCGIS 10.1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Da análise dos resultados verificou-se que não houve diferença significativa dos valores médios gerais de depósito de marcador coletados nos amostradores em função das pressões de trabalho (Tabela 2).

Tabela 2. Médias dos depósitos de marcador ($\mu\text{g/mL}$) em função das distâncias e da pressão de trabalho. Capitão-Poço, 2014.

Processo de trabalho: Capinas - 10/05, 2011					
Distância (m)	Distância/Pressão			DMS	Teste F/distância
	Pressão (kPa)		Médias das distâncias		
	620,5	965,3			
12	5,56 Aa	5,40 Aa	5,48a	1,34	F = 39,42** (p>0,0001)
24	1,70 Ab	2,16 Ab	1,93b		
36	1,05 Ab	1,33 Ab	1,19b		
48	1,03 Ab	1,17 Ab	1,10b		
DMS	1,89	1,40		CV	33,35
Médias / Pressão	2,51 a	2,33 a	Teste F/pressão		
	DMS = 0,70		F = 0,30 ^{ns} (p=0,5944)		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$).

Letras maiúsculas iguais indicam que não houve diferença pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade na linha e letras minúsculas nas colunas

Dados transformados pela raiz quadrada de $(x + 0,5)$.

Entretanto, considerando as distâncias individuais entre os coletores houve diferença significativa nos valores amostrados, sendo que o coletor posicionado a 12 m do percurso do pulverizador interceptou a maior quantidade de marcador (MnSO_4). Entre os coletores posicionados a 24, 36 e 48 m não houve diferença significativa de depósito.

Verificou-se diferenças superiores a duas vezes o montante do depósito da posição de 12 m em relação às demais, distintas pelo teste estatístico (Tabela 2). Porém, o mesmo não acontece com diferenças menores de depósito nos coletores à

maior distância. Embora a quantidade volumétrica depositada seja reduzida, possivelmente esta é resultante de uma quantidade numérica muito expressiva de gotas pequenas, uma vez que estas são arrastadas para maiores distâncias (CUNHA, 2008; FERREIRA, 2010).

Mesmo que os teores que causam risco de intoxicação ao homem para os principais produtos fitossanitários utilizados na cultura da laranja sejam maiores que os valores verificados neste trabalho (OLIVEIRA; CAMPOS NETO; FERNANDES, 1998), o nível que causa efeitos aos organismos não alvo presentes no entorno dos cultivos, como as abelhas polinizadoras, pode ser observado dentre os montantes depositados nos amostradores. Carvalho et al. (2009) expôs abelhas *Apis mellifera* à placas de petri tratadas com $1,5 \pm 0,5 \mu\text{L cm}^{-2}$ de inseticidas e acaricidas e verificou toxicidades elevadas para tiametoxam, metidationa e abamectina e moderada para deltametrina. O propargite foi considerado de baixa toxicidade por estes autores.

Ressalta-se também que mesmo a distâncias de 48 m da faixa tratada ainda se verifica valores expressivos de depósito sobre os amostradores. No trabalho de Cunha (2008), simulando deriva de produtos fitossanitários em diversas condições de pulverização, verificou-se que nessas distâncias ocorriam tamanhos de gotas muito pequenos, possivelmente menores que 50 μm . Na maioria das regiões brasileiras gotas de 50 μm ou menores são altamente suscetíveis a evaporação (MATUO, 1990). Nas condições deste trabalho, todavia, a umidade relativa do ar permaneceu igual ou superior a 58% com picos maiores que 85% (Tabela 1), o que é característico da região norte do Brasil. Esta umidade alta desfavorece a evaporação das gotas fazendo com que estas permaneçam por mais tempo nas regiões de aplicação e no seu entorno, favorecendo, portanto, o arraste da calda aplicada na forma de gotas a distâncias maiores.

Para o delineamento inteiramente ao acaso (Tabela 3) verificou-se que para as distâncias de 12 e de 48 m não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Para a distância de 24 m o tratamento F apresentou os maiores montantes de depósito, diferindo dos tratamentos C e D devido à velocidade do vento que foi maior durante a aplicação deste tratamento ($3,5 \text{ m s}^{-1}$). Nesta mesma distância houve também a diferença entre o tratamento B e o tratamento D, este último com o menor valor de depósito. Isto provavelmente ocorreu devido aos fatores de velocidade e sentido do vento. Para a distância de 36 m, houve diferença significativa entre o

tratamento B (maior depósito) e o tratamento E (menor depósito). Este comportamento provavelmente ocorreu devido à diferença entre as pressões de trabalho associadas às condições meteorológicas. Isto porque o vento foi menor no tratamento B, mas devido à maior pressão de trabalho as gotas produzidas são menores.

Tabela 3. Resumo da análise de variância do depósito de marcador metálico nos coletores utilizados para avaliar o efeito da significância das distâncias em relação aos tratamentos estudados em diferentes condições meteorológicas. Capitão-Poço, 2014.

Tratamentos	Distâncias			
	12m	24m	36m	48m
A	4,94 a	1,66 abc	1,45 ab	1,09 a
B	4,20 a	2,57 ab	2,02 a	1,55 a
C	3,23 a	1,34 bc	1,07 ab	1,0 a
D	3,72 a	1,09 c	1,19 ab	1,14 a
E	4,99 a	1,73 abc	0,86 b	0,85 a
F	5,99 a	2,90 a	1,62 ab	1,13 a
G	5,34 a	2,36 abc	1,55 ab	1,42 a
DMS (5%)	5,47	1,37	1,13	0,80
F	0,65 ns	5,09**	2,47 **	1,93ns
P	0,69	0,0023	0,06	0,12
CV (%)	51,44	30,57	35,26	29,54

** diferença entre medias significativa a 5% de probabilidade, teste Tukey;

ns: não significativa.

Dados transformados pela raiz quadrada de $(x + 0,5)$.

Verificou-se uma elevada coerência dos resultados dentro de cada tratamento, com a diminuição gradativa dos valores de depósito em função da distância (Tabela 3), com um único caso discrepante, para o tratamento D na distância de 24m em relação à faixa de aplicação. Isto pode ter ocorrido por razões diversas, mas de toda forma preserva a expectativa lógica do efeito de tamanho de gotas possivelmente reduzidas com o aumento da pressão e das condições meteorológicas, no caso específico, principalmente do vento.

3.1. Mapeamento da deriva amostrada

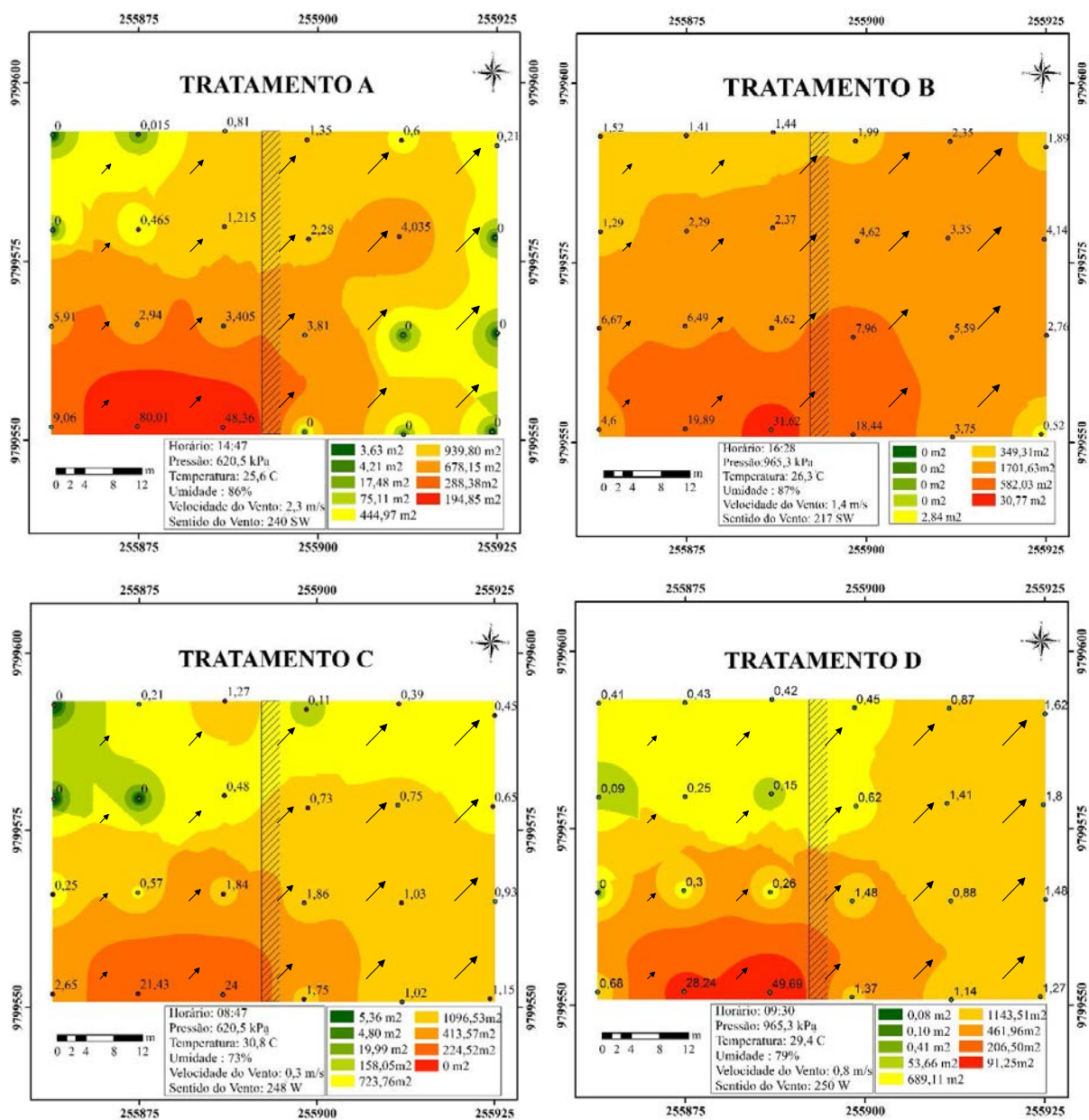
Na Figura 2 são apresentados os mapas da distribuição espacial de deriva, interpolados pelo método do inverso do quadrado da distância (IQD), em função das diferentes características avaliadas: pressões, distâncias e condições meteorológicas

(temperatura, °C; umidade relativa do ar, %; velocidade m s^{-1} e direção do vento), no momento de cada aplicação.

Através dos mapas pode-se quantificar o depósito de gotas nos coletores e verificar sua dispersão na área. Este parâmetro apresenta possível relação com o tamanho de gotas que é diminuído com o aumento da pressão de trabalho (FERNANDES et al, 2007; FERREIRA et al, 2007; CAMARA, et al., 2008). À medida que as gotas são menores aumenta-se a cobertura do alvo (MATUO, 1990). Porém, gotas menores também resultam no maior risco de ocorrência de deriva, tendo em vista que a gota é um corpo tridimensional, representando um volume (FERREIRA, 2008). Isto significa que a fragmentação de uma única gota para a metade de um diâmetro original resultará na obtenção de oito gotas. Tanto a massa quanto o volume dessas gotas será portanto oito vezes menor, ampliando a probabilidade de deriva.

Embora tenha se verificado semelhança estatística para as pressões de trabalho, provavelmente devido aos valores muito pequenos de depósito nos amostradores e à variabilidade dos dados à campo, evidencia-se nos mapas que a deriva aumentou proporcionalmente ao aumento dos fatores pressão de trabalho e velocidade do vento. Conforme será apresentado no próximo capítulo desta tese, o diâmetro das gotas diminui significativamente com o aumento da pressão de trabalho, aumentando gradualmente o risco de deriva.

Comparando os tratamentos A e B (Figura 7) que possuíam condições meteorológicas semelhantes, porém com pressões de 620,5 e 965,3 kPa respectivamente, verificou-se um acréscimo do alcance da calda na região que variou do tratamento A com uma área estimada de $678,15\text{m}^2$ para o tratamento B que registrou área estimada de $1701,63\text{m}^2$ (coloração laranja clara) no sentido diagonal (Figura 7). Ou seja, o aumento da pressão acarretou em deriva consideravelmente maior. Isto também foi constatado por Gandolfo et al. (2014), que quantificaram a deriva em túneis de vento em diferentes pressões e concluíram que o aumento da pressão ocasionou o aumento da porcentagem de deriva independente da ponta de pulverização. Isto possivelmente ocorreu pelo efeito da diminuição do diâmetro de gotas resultante do aumento da pressão.



.../

Figura 7. Mapas de isolinhas da distribuição espacial da deriva pelo método do inverso do quadrado da distância (IQD).

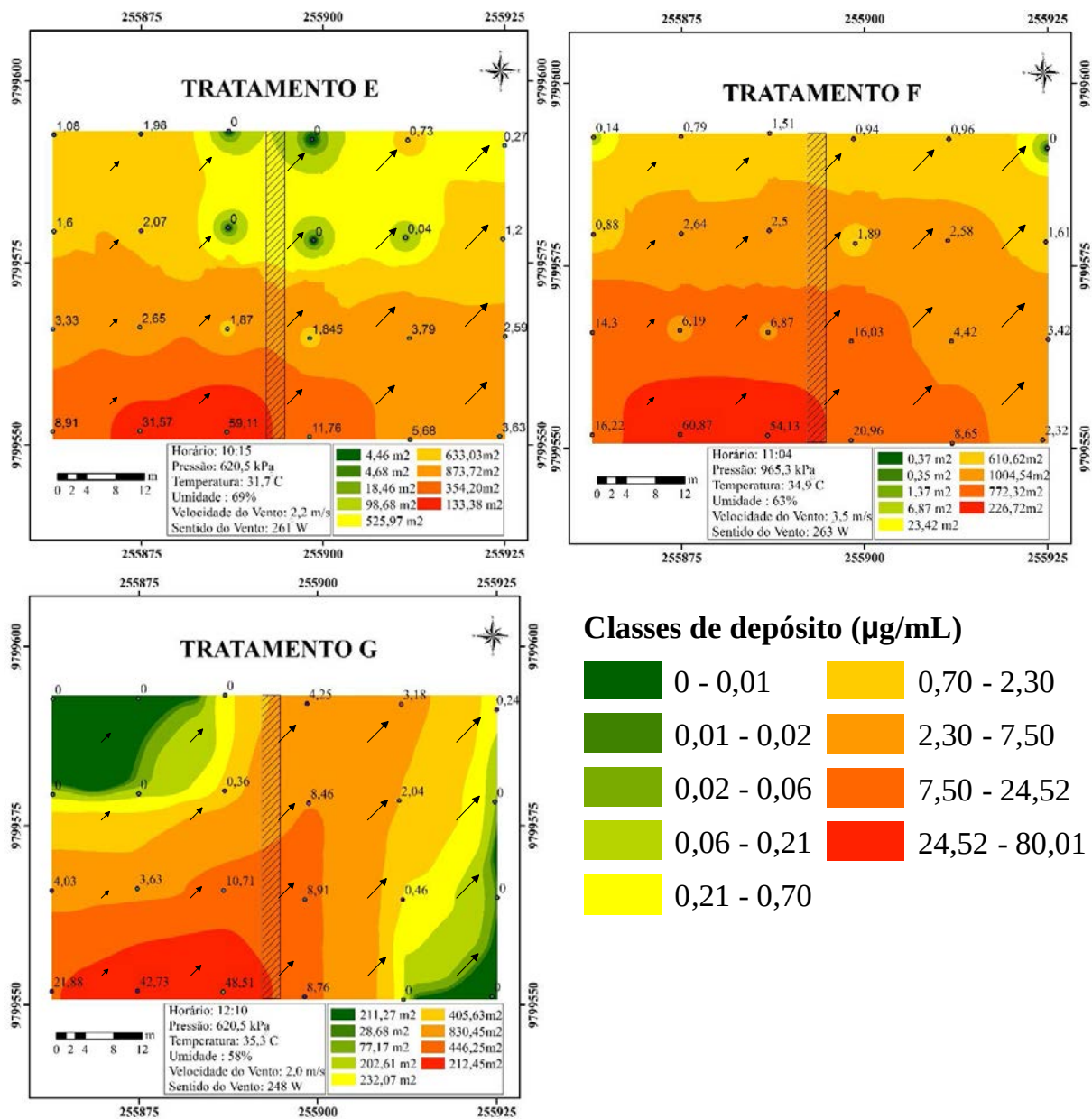


Figura 7. Continuação...

Tratando-se de experimentos de campo, verificou-se uma oscilação da velocidade e sentido do vento durante o trabalho, sendo este o principal fator ligado às perdas por deriva com interação positiva e significativa para as distâncias de 12 e 24m (Tabela 4).

Tabela 4. Médias descritivas das variáveis e correlação entre as condições meteorológicas e as distâncias avaliadas no experimento, em relação ao depósito de gotas em amostradores de deriva em condições de campo. Capitão-Poço, 2014.

Medidas descritivas das variáveis				
Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Temperatura	25,60	35,30	30,57	3,59
Umidade	58,00	87,00	73,57	10,47
Velocidade do vento	0,30	3,50	1,79	0,99
Correlação de Pearson a 5%				
Variáveis	12m	24m	36m	48m
Temperatura	0,13ns	0,31ns	-0,07ns	0,01ns
Umidade	-0,15ns	-0,29ns	0,08ns	-0,01ns
Velocidade do vento	0,38*	0,52*	0,16ns	0,002ns

(*) significativo a 5%; (**) significativo a 1%

(ns) correlação não significativa.

No tratamento F, houve maior velocidade do vento $3,5 \text{ m s}^{-1}$, e comparando com os tratamentos C e D que obtiveram menores valores de velocidade de vento $0,3 \text{ m s}^{-1}$ e $0,8 \text{ m s}^{-1}$ respectivamente, pode-se inferir através do mapa, que com a maior velocidade do vento houve maior arraste de gotas até os últimos coletores na área adjacente (Figura 7). Estes resultados corroboram com os obtidos por Costa et al. (2007) que em trabalho realizado sobre o efeito da intensidade do vento com diferentes tipos de pontas de pulverização, concluíram que nas maiores velocidades de vento houve maior deriva, mesmo quando se utilizam gotas mais grossas.

No mapa que se refere ao tratamento G verificou-se um comportamento diferente dos demais tratamentos quanto à distribuição da calda, em sentido transversal e uniforme, que pode ser explicado, provavelmente pela ocorrência de uma rajada de vento mais constante no momento da aplicação.

De maneira geral, da observação dos mapas pode-se inferir que as pressões e a velocidade do vento influenciaram no maior alcance de deriva.

Em trabalho sobre a simulação de deriva de produtos fitossanitários em diversas condições de pulverização, Cunha (2008) verificou que a distância horizontal máxima

percorrida pelas gotas não chegou a 40 m. Entretanto, como demonstrado no presente trabalho, o alcance das gotas de pulverização pode ultrapassar a distância de 60 m, considerando condições reais de campo.

A velocidade do vento apresentou correlação positiva com o depósito de gotas até a distância de 24m (Tabela 4). Não foi verificada correlação da temperatura com o depósito de gotas em nenhuma das distâncias de coleta. Também não foi verificada correlação da umidade com o depósito de gotas. Outros aspectos que podem ser considerados são o tipo de pulverizador e o volume de calda utilizado que são fatores que contribuem para o alcance das gotas, possivelmente um melhor direcionamento do jato, bem como um projeto de equipamento que seja mais adequado ao formato das plantas arbóreas, podem resultar em menores perdas por deriva (LASMAR,2014; DECARO JUNIOR,2013).

A deriva verificada nas condições reais de aplicação à campo na área amostrada permitiu inferir que são necessárias medidas que possam mitigar a sua ocorrência, uma vez que os níveis avaliados nas distâncias amostradas permanecem oferecendo riscos a organismos e áreas não alvo. Inicialmente sugere-se que sejam priorizados os momentos de menor incidência de ventos (Tabela 4). Outras alternativas como o aumento no diâmetro das gotas e o desenvolvimento de máquinas e técnicas mais seguras bem como a calibração e a manutenção constante dos equipamentos podem contribuir para a redução dos riscos de contaminação de áreas adjacentes às de aplicação.

4. CONCLUSÕES

Há ocorrência importante de deriva nas condições avaliadas e são necessárias ações para mitigação. Os mapas de interpolação representaram a distribuição espacial da deriva e permitem quantificar seu alcance dentro da área amostrada.

As condições meteorológicas exercem influência direta na deriva, sendo a velocidade e sentido do vento os principais fatores responsáveis pela deriva na área experimental, influenciados pela pressão de trabalho no circuito hidráulico do pulverizador.

5. REFERÊNCIAS

BOSCHINI, L.; CONTIERO, R. L.; MACEDO JÚNIOR, K. E.; GUIMARÃES, V. F. Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da vazão e do tipo de bico hidráulico na cultura da soja. **Acta Scientífica Agronômica**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 171-175, 2008.

CÂMARA, F. T.; SANTOS, J. L.; SILVA, E. A.; FERREIRA, M. C. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de bicos hidráulicos de jato plano de faixa expandida XR11003. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 740-749, 2008.

CARVALHO, S. M.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, C. F.; BUENO FILHO, J. S. S.; BAPTISTA, A. P. M. Toxicidade de acaricidas/inseticidas empregados na citricultura para a abelha africanizada *Apis mellifera* L. 1758 (Hymenoptera: Apidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 76, n. 4, p. 597-606, 2009.

COSTA, A. G. F.; VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E.; CARBONARI, C. A.; ROSSI, C. V.S.; CORRÊA, M. R.; SILVA, F. M. L. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 203-210, 2007.

COX-FOSTER, D.; VANENGELSDORP, D. Saving the Honeybee. **Scientific American**, v.300, n.4, p.40-47, 2009.

CUNHA, J.P.A.R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1616-1621, 2008.

DECARO JUNIOR, S. T. **Avaliação de um pulverizador de volume ultra baixo na cultura do café para o controle de *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae)**. 2013. 102f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Departamento de fitossanidade, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 2006. 306 p.

FERNANDES, A. P.; PARREIRA, R. S.; FERREIRA, M. C.; ROMANI, G. N. Caracterização do perfil de deposição e do diâmetro de gotas e otimização do espaçamento entre bicos na barra de pulverização. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 728-733, 2007.

FERREIRA, M. C. **Importância das Gotas de Pulverização**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Aula da Disciplina de Tratamento Fitossanitário, Jaboticabal, SP, 2008. (Mimeografado).

FERREIRA, M. C. **Métodos de amostragem do padrão do jato aspergido: arraste e distribuição de gotas em função da adição de adjuvantes à calda e à pressão de trabalho com diferentes pontas de pulverização de energia hidráulica**. 2010. 75f. Tese (Livre docência) Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

FERREIRA, M. C.; COSTA, G. M.; SILVA, A. R.; TAGLIARI, S. R. A. Fatores qualitativos da ponta de energia hidráulica ADGA 110015 para pulverização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 471-478, 2007.

GANDOLFO, M. A.; CARVALHO, F. K.; CHECHETTO, R. G.; GANDOLFO, U. D.; MORAES, E. D. Effect of working pressure at different spray nozzles on drift quantification in wind tunnel. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, 2014.

GIL, E.; ARNÓ, J.; LLORENS, J.; SANZ, R.; LLOP, J.; ROSELL-POLO, J. R.; GALLART, M.; ESCOLÀ, A. Advanced Technologies for the Improvement of Spray Application Techniques in Spanish Viticulture: An Overview. **Sensors** 14, 691-708, 2014. doi:10.3390/s140100691.

HEWITT, A. J. Tracer and collector systems for field deposition research. In: ASPECTS INTERNATIONAL ADVANCES IN PESTICIDE APPLICATION. **ASPECTS OF APPLIED BIOLOGY**, 99., 2010, Cambridge, U. K. Proceedings, p.283- 289.

IBGE, 2009. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estados, lavoura permanente. Disponível em: www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=pa > Acesso em: 17 jun. 2015.

LANDIM, P.M.B. **Análise estatística de dados geológicos**. Rio Claro: Universidade Estadual de São Paulo, 1998, 226p.

LASMAR, O. R. **Qualidade da pulverização em volume reduzido para o controle do bicho-mineiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842) (LEPIDOPTERA: LYONETIIDAE)**. 2014. 95 f. Tese de Doutorado em Agronomia (Entomologia Agrícola). UNESP, Jaboticabal, 2014.

MARCHI, S. R.; MARTINS, D.; COSTA, N. V.; TERRA, M. A.; NEGRISOLI, E. Degradação luminosa e retenção foliar dos corantes azul brilhante FDC-1 e amarelo

tartrazina FDC-5 utilizados como traçadores em pulverizações. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 287-294, 2005.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. Malden: Blackwell Science, 2000. 432p.

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

MIRANDA, J.E.; MARUYAMA, L.C.T.; FERNANDES, M.G.; TIMOSSI, P.C.; FERREIRA, M.C. **Deriva de produtos fitossanitários na cultura do algodão: causas e prevenção**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. 36p. (Documentos 237). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream.pdf>>. Acesso em 07 abr. 2015.

MOLIN, J. P. Agricultura de Precisão. **O gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba, 2008. 83 p.

OLIVEIRA, C. A. L., CAMPOS NETO, R. R., FERNANDES, C. B. Efeito de diferentes volumes de calda no controle do ácaro-da-leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) em citros. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 27, n. 1, p.117-24, 1998.

SNOO, G. R. Unsprayed field margins: effects on environment, biodiversity and agricultural practice. **Landscape and Urban Planning**, v. 46, n. 1, p. 151-160, 1999.

CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO DO ESPECTRO DE GOTAS DE PONTAS DE PULVERIZAÇÃO EM DIFERENTES PRESSÕES POR DIFRAÇÃO DE RAIOS LASER

RESUMO - O tratamento fitossanitário visa diminuir os prejuízos da infestação de pragas e patógenos que interferem direta ou indiretamente na sanidade e produção de cultivos. Com a presente pesquisa objetivou-se avaliar o espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulica de jato cônico vazio, com diferentes difusores e pressões de trabalho. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com 9 (nove) repetições, em esquema fatorial 7 X 2, em que, os fatores de interação foram constituídos por dois difusores (25 e 45) aplicando água com um marcador de $MnSO_4$ e sete pressões de trabalho (517,1 kPa, 620,5 kPa, 723,9 kPa, 827,4 kPa, 965,3 kPa, 1172,1 kPa e 1378,9 kPa). Foram tomados como parâmetros na avaliação no espectro de gotas, diâmetro mediano volumétrico (DMV), coeficiente de uniformidade (Coef.) e porcentagem de gotas menores que 100 μm , para tal utilizou-se um medidor de partículas por difração de raios laser. O aumento das pressões de trabalho proporcionou redução significativa no diâmetro das gotas. As pressões de trabalho influenciaram a qualidade do espectro de gotas no modelo de ponta estudado em ambos os difusores, sendo que nas pulverizações com pressões menores houve menor potencial de risco de deriva. A relação entre pressão de trabalho e uniformidade do tamanho de gotas não é evidente e foi influenciada pela composição do líquido aspergido.

Palavras-chaves: diâmetro mediano volumétrico, coeficiente de uniformidade, deriva.

CHARACTERISTICS OF THE SPECTRUM OF SPRAY TIPS DROPS IN DIFFERENT PRESSURES FOR LASER RAY DIFFRACTION

ABSTRACT - The treatment plant aims to reduce the losses of the infestation of pests and pathogens that interfere directly or indirectly in health and crop production. The present work aimed to evaluate the droplet spectrum of hydraulic spray nozzles of hollow cone with different diffusers and work pressures. The experiment was conducted in a completely randomized design with nine (9) repetitions in a factorial 7 X 2, in which the interaction of factors consisted of two broadcasters discs (25 and 45) by applying water with a MnSO_4 marker-seven working pressure (517,1 kPa, 620,5 kPa, 723,9 kPa, 827,4 kPa, 965,3 kPa, 1172,1 kPa e 1378,9 kPa). Were taken as parameters for evaluating the droplet spectrum, median volume diameter (MVD), uniformity coefficient (Coef.), and percentage of droplets smaller than 100 micrometres to that used a measuring particles by laser diffraction. The increase of the working pressure gave a significant reduction in droplet diameter. Work pressures influenced the quality of the droplets spectrum at peak model studied in both diffusers, and in spraying at lower pressure there was less potential risk of drift. The relationship between work pressure and uniformity of droplet size is not clear and may have been influenced by the sprayed liquid composition.

Keywords: median volume diameter, uniformity coefficient, drift.

1. INTRODUÇÃO

O sucesso de uma aplicação de produtos fitossanitários depende da sinergia entre fatores como tamanho de gota, modelo de ponta de pulverização, pressão de trabalho, volume e composição da calda, condições meteorológicas e características do alvo (CUNHA; BUENO; FERREIRA, 2010).

Para se obter maior e melhor cobertura e deposição do ingrediente ativo sobre os alvos se faz necessária a seleção correta dos bicos de pulverização, os quais são formados por um conjunto de componentes instalados no final do sistema hidráulico e por meio do qual a calda é fragmentada em gotas. Das partes constituintes do bico, a ponta de pulverização é a mais importante delas, por ser a responsável direta pela formação e distribuição das gotas (MATUO, 1990; FERREIRA et al., 2007).

As gotas produzidas pelas pontas de pulverização apresentam vários tamanhos, podendo ser produzidas gotas finas, médias e grossas por uma única ponta, quantificadas segundo um conjunto de parâmetros como o diâmetro mediano volumétrico (DMV), coeficiente de uniformidade (Coef.) e volume pulverizado em gotas com diâmetros menores que 100 μm (FERREIRA et al., 2011).

É importante definir qual o tamanho da gota que será utilizado em cada aplicação. Ferreira (2003) relata que as gotas produzidas devem ter boa uniformidade de diâmetro, minimizando a percentagem de gotas menores que 100 μm , as quais são mais sujeitas à deriva, ou aquelas excessivamente grandes, que, após o impacto na superfície tratada, ricocheteiam e se fragmentam em gotas menores ou escorrem para o solo, devido ao seu volume maior.

Pontas de jato cônico vazio e de jato plano produzem espectro de gotas bastante diferentes, sendo que a maior diferença é encontrada na porcentagem de gotas pequenas (MATTHEWS, 2000).

As pontas de jato cônico vazio produzem em geral gotas pequenas, de DMV até menores que 100 μm , variando em função da pressão de trabalho. São muito empregadas nas aplicações de fungicidas e inseticidas que necessitem de grande penetração e cobertura, principalmente em culturas com grande índice de área foliar. No entanto, há risco de contaminação ambiental e humana em função da deriva e, por isso, têm-se buscado alternativas que minimizem tais problemas (NUYTTENS et al., 2007).

Para avaliar o espectro de gotas a técnica predominantemente usada é a da difração do raio laser, a qual se mostra rápida, precisa e exata, principalmente para gotas entre $0,05\ \mu\text{m}$ e $3000\ \mu\text{m}$ (FERREIRA, 2008). O princípio dessa técnica baseia-se na medição da luz (feixe de raio laser) difratada durante a passagem das gotas pulverizadas pela região de amostragem do aparelho (SCHICK, 1997).

Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulica de jato cônico vazio, submetidas a diferentes difusores e pressões de trabalho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Núcleo de Estudos e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação – NEDTA, do Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal.

Durante as avaliações a temperatura foi de 28°C e a umidade relativa de 60%. Vento e luminosidade foram ausentes já que as análises foram realizadas em laboratório e com as luzes apagadas para evitar interferências no feixe de laser.

Foi utilizado um pulverizador semi-estacionário motorizado experimental K.O. 160 GRANJEIRO 3PH45-3CV (Figura 1), composto por tanque de 50 L com bomba de três pistões de 160 L de deslocamento volumétrico por minuto.



Figura 1. Pulverizador semi-estacionário motorizado experimental K.O., utilizado para pressurizar as caldas nas avaliações de diâmetro de gotas com pontas de pulverização de jato cônico. Jaboticabal, 2015.

O experimento foi realizado no dia 28/04/2015, conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com nove (9) repetições. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial 7×2 , em que, os fatores de interação foram constituídos por dois difusores (25 e 45) e sete pressões de trabalho (517,1 kPa, 620,5 kPa, 723,9 kPa, 827,4 kPa, 965,3 kPa, 1172,1 kPa e 1378,9 kPa), totalizando 14 tratamentos. As pontas utilizadas no experimento foram da marca comercial MagnoJet, um exemplar de modelo DDC3 (jato cônico vazio) padrão norma ISO 10.625 para identificação da vazão, recomendado pelo fabricante a trabalhar respectivamente sob pressão de 517,1 a 1378,9 kPa.

Os dois difusores utilizados são denominados difusor 25, que significa que o mesmo possui dois furos e uma abertura de 5/32" e o difusor 45, que apresenta quatro furos e uma abertura de 5/32". Isso interfere diretamente na vazão durante a pulverização. Ambos os difusores produzem jatos de cone vazio e são de material cerâmico.

Para o preparo da calda, utilizou-se 400g do marcador sulfato de manganês adicionados em aproximadamente 5 L de água em um balde, sendo agitados até a homogeneização, que foi colocada no tanque do pulverizador contendo 50 L de água. A concentração utilizada foi de 8 g L^{-1} . Este marcador metálico é comumente utilizado em avaliações de depósito devido à facilidade de extração, degradação lenta e baixo custo.

Os parâmetros analisados foram o diâmetro mediano volumétrico (DMV), o coeficiente de uniformidade (Coef.) das gotas pulverizadas e a porcentagem de volume em gotas com diâmetros menores que $100 \mu\text{m}$.

O diâmetro das gotas foi determinado por difração de raios laser durante a passagem das gotas pulverizadas pela região de amostragem de um analisador de tamanho de partículas (Mastersizer, Malvern Instruments Limited), ajustado para avaliar gotas de até $1000 \mu\text{m}$ (Figura 2A).

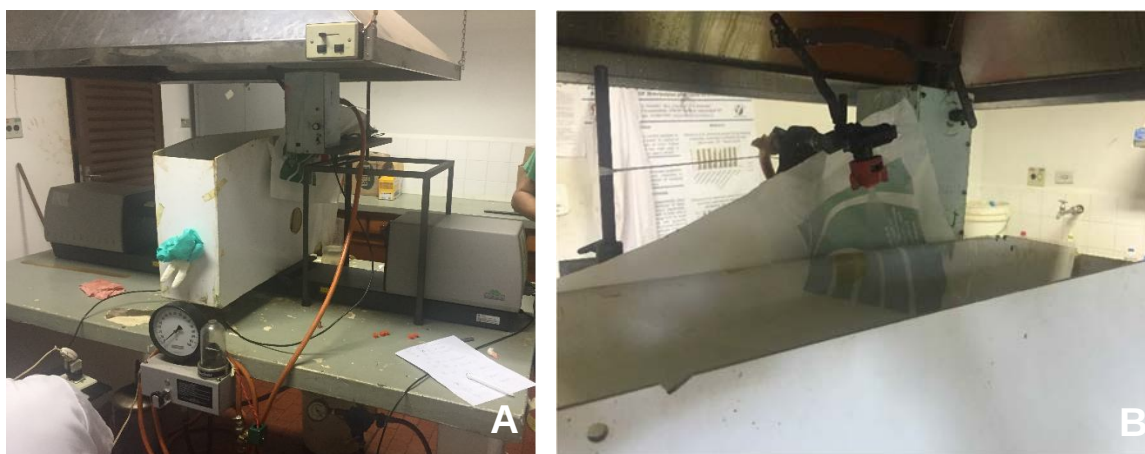


Figura 2. A - Laser modelo Mastersizer medidor do tamanho de gotas; B- Oscilador Transversal com bico de pulverização acoplado para avaliação do espectro de gotas. Jaboticabal, 2015.

Durante a avaliação, a ponta de pulverização foi movimentada de modo que as gotas aspergidas interceptassem transversalmente o laser (Figura 2 B), possibilitando assim, a amostragem de toda a faixa do jato aspergido pela ponta de pulverização. O aparelho dispõe de unidade óptica que detecta padrão de difração da luz ao passar por um conjunto de partículas. O desvio que os raios sofrem depende do tamanho das partículas. Quanto menor a partícula, maior o grau de difração que os raios sofrem (FERNANDES et al., 2007).

Os dados do diâmetro das gotas por difração de raio laser foram processados e tabelados diretamente pelo software Mastersizers®, versão 2.19. Os exemplares dos modelos de pontas de pulverização foram instalados em um transportador radial posicionado a 40 cm do feixe do laser de acordo com normas da FAO (1998).

Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas entre si, utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas em programa computacional SISVAR 5.3. (FERREIRA, 2010).

3.RESULTADOS E DISCUSSÕES

Verificou-se na Tabela 1 que as diferentes pressões exercidas sobre a ponta de pulverização DDC3 reduziu o DMV das gotas de 136,47 μm (517,1 kPa) para 107,39 μm (1378,9 kPa) no difusor de dois furos. O mesmo efeito pôde ser observado para as pontas de pulverização montada com difusor de quatro furos, que reduziu o DMV das gotas de 151,54 μm (517,1 kPa) para 107,82 μm (1378,9 kPa).

Segundo a classificação da ASABE (2009), a faixa de DMV dos dois difusores em todas as pressões verificadas classificam-se como “finas”, pois estão dentro do intervalo 106-235 μm . A suscetibilidade à deriva, entretanto, é progressiva conforme se diminui o diâmetro de gotas.

Conforme a análise estatística, no disco difusor de dois furos, a pressão de 517,1 kPa diferiu no parâmetro DMV das demais pressões com maior tamanho de gota. As pressões de 620,5 kPa, 723,9 kPa e 827,4 kPa diferiram das pressões 965,3 kPa, 1172,1 kPa e 1378,9 kPa, as primeiras com maior tamanho de gota em relação às últimas, ou seja, o aumento da pressão acarretou a diminuição do tamanho de gota.

A pressão de 517,1 kPa produziu espectro de gotas mais homogêneo, caracterizado pelo menor valor do coeficiente de uniformidade (Tabela 1), diferindo estatisticamente apenas da pressão 1378,9 kPa que proporcionou o maior valor, estabelecendo uma menor uniformidade.

Este resultado diverge de resultados verificados por Barreto (2011), que estudando os parâmetros da tecnologia de aplicação para o controle da ferrugem asiática da soja, verificou com pontas jato plano que o aumento da pressão de trabalho resultava em maior uniformidade do tamanho de gotas. Isto pode ser explicado pela variação na calda utilizada, que no presente trabalho foi de apenas água adicionada do marcador metálico, que interage pouco com aspectos físico-químicos da água, sobretudo a tensão superficial (IOST, 2008). No trabalho de Barreto (2011) foram analisadas caldas contendo adjuvantes, que resultaram em diferentes padrões de uniformidade, dependendo de cada produto utilizado, inclusive com resultados semelhantes a este trabalho, mas apenas para adjuvantes não para a calda contendo apenas água e marcador metálico (sulfato de manganês). Neste sentido deve-se levar em conta tanto o efeito do modelo de ponta de pulverização quanto as características do líquido avaliado e as faixas de pressões de trabalho, como fatores que atuam no tamanho de gotas.

TABELA 1. Análise de variância e do teste de médias desdobrado para as variáveis: diâmetro mediano volumétrico (DMV), porcentagem de volume em gotas menores que 100 micrometros (%V < 100 µm) e Coeficiente de Uniformidade (Coef.) para a avaliação do efeito da pressão sobre o tamanho de gotas nas pontas de pulverização de jato cônico. (Jaboticabal,2015).

Pressão (kPa)	DMV (µm) Dif.25		DMV (µm) Dif.45		%V < 100 µm Dif.25		%V < 100 µm Dif.45		COEF.
517,1	136,47	Aa	151,54	Ab	25,68	Aa	25,14	Aa	1,38 A
620,5	125,28	Ba	135,20	Bb	31,41	Ba	31,81	Ba	1,40 A
723,9	124,17	Ba	134,59	Bb	32,59	Ba	32,63	Ba	1,47 AB
827,4	121,07	Ba	123,14	Ca	34,27	Ba	37,22	Cb	1,47 AB
965,3	110,17	Ca	122,01	Cb	42,29	Ca	37,70	Cb	1,48 AB
1172,1	108,76	Ca	110,07	Da	43,54	Ca	44,15	Da	1,50 AB
1378,9	107,39	Ca	107,82	Da	44,75	Ca	45,72	Da	1,54 B

¹Médias das variáveis na mesma linha, seguidas de letras minúsculas iguais e, na mesma coluna, seguidas de letras maiúsculas iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05)

Este resultado diverge de resultados verificados por Barreto (2011), que estudando os parâmetros da tecnologia de aplicação para o controle da ferrugem asiática da soja, verificou com pontas jato plano que o aumento da pressão de trabalho resultava em maior uniformidade do tamanho de gotas. Isto pode ser explicado pela variação na calda utilizada, que no presente trabalho foi de apenas água adicionada do marcador metálico, que interage pouco com aspectos físico-químicos da água, sobretudo a tensão superficial (IOST, 2008). No trabalho de Barreto (2011) foram analisadas caldas contendo adjuvantes, que resultaram em diferentes padrões de uniformidade, dependendo de cada produto utilizado, inclusive com resultados semelhantes a este trabalho, mas apenas para adjuvantes não para a calda contendo apenas água e marcador metálico (sulfato de manganês). Neste sentido deve-se levar em conta tanto o efeito do modelo de ponta de pulverização quanto as características do líquido avaliado e as faixas de pressões de trabalho, como fatores que atuam no tamanho de gotas.

Comparando o desdobramento da interação entre pressão x disco difusor em função da porcentagem de volume de gotas com diâmetro menores ou iguais a 100 µm e o desdobramento da interação em função do DMV, em ambos os difusores, tem-se uma relação inversamente proporcional entre a porcentagem do volume de gotas

menores que 100 μm e o DMV. Costa (2006), também verificou o mesmo padrão e concluiu que quanto menor a porcentagem de volume de gotas menores que 100 μm , menores são as porcentagens de depósito de deriva em coletores verticais e horizontais.

Em relação aos difusores, verifica-se no parâmetro DMV, valores maiores para o difusor de quatro furos em relação ao difusor de dois furos independente da pressão de trabalho. Isto pode ser explicado pela maior vazão do difusor devido ao maior número de orifícios apresentados. Não houve interação entre os difusores para o parâmetro coeficiente de uniformidade. Para o parâmetro porcentagem do volume com gotas menores que 100 μm verificou-se que não houve diferença significativa entre os difusores, para as menores pressões de 517,1 kPa a 723,9 kPa e nas maiores pressões de 1172,1 a 1378,9 kPa, havendo diferença entre 827,4 e 965,3 kPa.

Arvidsson, Bergstrom e Kreuger (2011), ao estudarem o arraste da pulverização influenciado por fatores meteorológicos e técnicos em pulverizador de barra convencional em campos de pastagens e culturas de cereais, afirmaram que a porcentagem de volume em gotas menores que 102 μm é o melhor parâmetro para prever o risco de deriva. Para este parâmetro ($\%V < 100 \mu\text{m}$), verifica-se que para a calda pulverizada nas menores pressões de 517,1 a 827,4 kPa, houve significativamente menor produção de gotas menores que 100 μm (Tabela 1). Quanto a isso, Bueno et al. (2011) afirmam que quanto menor a porcentagem de gotas sujeitas à deriva, apesar de não haver um valor determinado, menores são os riscos de perdas de gotas. Cunha et al. (2003) afirmam que, em geral, valores abaixo de 15% de volume de gotas com diâmetro inferior a 100 μm podem implicar em pulverizações mais seguras.

Na Figura 3A é apresentada a análise de regressão para o DMV para dois difusores (dois e quatro furos) em função da pressão de trabalho. Observou-se o efeito principal das pressões de trabalho no DMV com redução no tamanho da gota produzida pelo modelo de ponta DDC3 em função do aumento das pressões de trabalho. Houve formação de gotas maiores na faixa de trabalho de 517,1 a 827,4 kPa, gotas menores foram observadas na faixa de trabalho de 965,3 a 1378,9 kPa.

Na interação entre pressões e difusores observou-se semelhança entre os difusores nas maiores pressões testadas; essa similaridade ocorre a partir da pressão 1172,1 kPa.

A equação que representa a variação do diâmetro das gotas em relação a pressão é polinomial de graus dois e com o vértice da curva ocorrendo na região entre 1200 e 1400 kPa aproximadamente. Isto implica dizer que há um efeito mais importante de diminuição do tamanho de gotas para as pressões menores, tendendo à estabilização na faixa de pressão maiores dentro dos limites avaliados (Figura 3). Resultados semelhantes foram verificados por Barreto (2011).

Na figura 3B, avaliando o parâmetro porcentagem de gotas menores ou iguais a 100 μm apesar da diferença na vazão, não se verificou alteração significativa na curva de deposição para as pressões analisadas. Na figura 3C, verifica-se através da análise de regressão que o coeficiente de uniformidade cresce em função do incremento da pressão, atingindo o maior valor na pressão 1378,9 kPa.

Portanto, em função do tamanho e uniformidade de gotas, as pontas do tipo jato cônico vazio (modelo DDC3) na pressão de 517,1 kPa apresentaram as melhores condições de utilização no pulverizador na cultura da laranja, uma vez que se obteve porcentagem de gotas menores que 100 μm menor em relação as outras pressões e menor valor de coeficiente de uniformidade.

Embora a uniformidade possa ser considerada crescente com o aumento da pressão de trabalho, esta é verificada mais estável em relação a outros trabalhos (BARRETO,2011). Entretanto, refere-se a importância da especificidade do líquido, modelo de ponta de pulverização e faixa de pressão empregada em diferentes trabalhos.

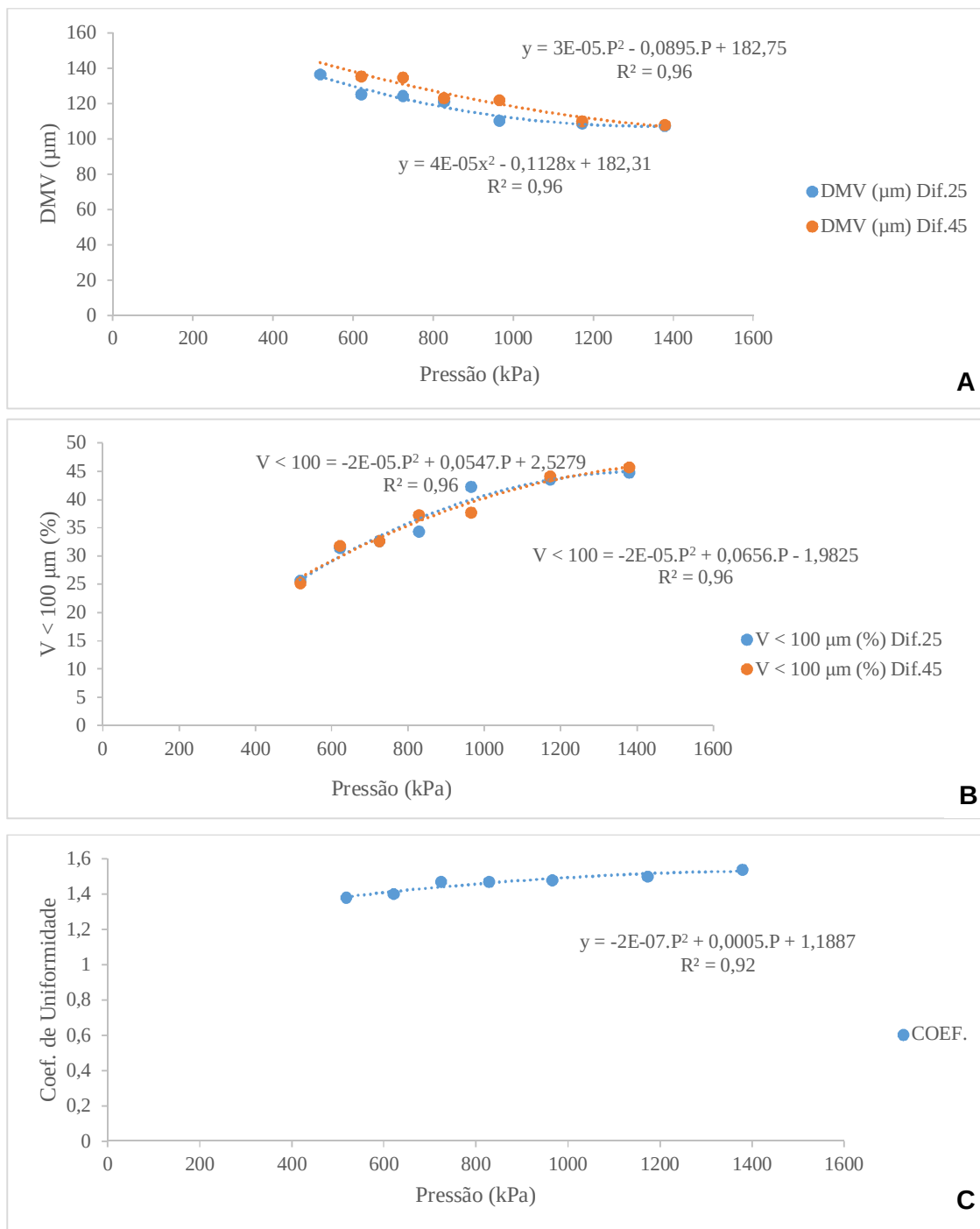


Figura 3. **A** - Análise de regressão para Diâmetro Médio Volumétrico (DMV) em função da pressão nos difusores de dois furos (25) e difusores de quatro furos (45); **B** - Análise de regressão para porcentagem de gotas < 100 em função da pressão nos difusores de dois furos (25) e difusores de quatro furos (45); **C** - Análise de regressão para o Coeficiente de Uniformidade (COEF.) em função da pressão de trabalho.

4. CONCLUSÕES

As pressões de trabalho influenciam diretamente e continuamente na qualidade do espectro de gotas de ambos os modelos de pontas, sendo que pulverizações com pressão de 517,1 kPa proporciona menor potencial de risco de deriva na faixa de pressão estudada.

A relação entre pressão de trabalho e uniformidade do tamanho de gotas não é evidente e foi influenciada pela composição do líquido aspergido e modelo de ponta de pulverização.

5. REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS (ASABE). **Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra, ANSI/ASAE S572.1**. St. Joseph, Michigan, 2009. 4 p.

ARVIDSSON, T.; BERGSTRÖM, L.; KREUGER, J. Spray drift as influenced by meteorological and technical factors. **Pesticide Management Science**, London, v. 67, p. 586-598, 2011.

BARRETO, A. F. **Avaliação de parâmetros da tecnologia de aplicação para o controle da ferrugem asiática da soja**. 2011. 81 f. Tese de Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal). UNESP, Jaboticabal, 2011.

BUENO, M. R. **Tecnologia de aplicação aérea e terrestre na cultura da batata**. 2011. 72 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

COSTA, A. G. F. **Determinação da deriva da mistura 2,4-D e glyphosate com diferentes pontas de pulverização e adjuvantes**. 2006. 94 f. Tese (Doutorado em Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

CUNHA, J. P. A. R.; BUENO, M. R.; FERREIRA, M. C. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, p. 1153-1158, 2010. Número Especial.

CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M.; COURY, J.R.; FERREIRA, L.R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.

FAO -Food and Agriculture Organization Of The United Nations. **Agricultural pesticide sprayers**. Rome, 1998. v. 2, p. 62.

FERNANDES, A. P.; PARREIRA, R. S.; FERREIRA, M. C.; ROMANI, G. N. Caracterização do perfil de deposição e do diâmetro de gotas e otimização do espaçamento entre bicos na barra de pulverização. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p.728-733, 2007.

FERREIRA, D. F. **SISVAR** - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. UFLA, Lavras, 2010.

FERREIRA, M. C. **Importância das Gotas de Pulverização**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Aula da Disciplina de Tratamento Fitossanitário, Jaboticabal, SP, 2008. (Mimeografado).

FERREIRA, M. C.; COSTA, G. M.; SILVA, A. R.; TAGLIARI, S. R. A. Fatores qualitativos para a ponta hidráulica de jato plano ADGA 110015 na pulverização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, 2007.

FERREIRA, M. C.; LOHMANN, T. R.; CAMPOS, A. P.; VIEL, S. R.; FIGUEIREDO, A. Distribuição volumétrica e diâmetro de gotas de pontas de pulverização de energia hidráulica para controle de corda-de-viola. **Planta daninha**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 697-705, 2011.

IOST, C. A. R. **Efeito de adjuvantes nas propriedades Físico-químicas da água e na redução de deriva em pulverizações sobre diferentes espécies de plantas daninhas**. 2008. 63f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 2nd ed. Oxford: Blackwell, 2000. 405p.

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

NUYTTENS, D.; BAETENS, K.; DE SCHAMPHELEIRE, M.; SONCK, B. Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. **Biosystems Engineering**, Silsoe, v. 97, n. 3, p. 333-345, 2007.

SCHICK, R. J. **An engineer's practical guide drop size**. Wheaton: Spraying Systems, 1997. 28 p.

CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste trabalho propiciou analisar a distribuição espacial da deriva avaliada em um plantio de laranja no estado do Pará, podendo verificar o potencial risco a áreas circunvizinhas, apresentando heterogeneidade do depósito de gotas de acordo com a condição meteorológica estudada.

A seleção da ponta de pulverização, a definição da pressão de trabalho adequada e a vazão são essenciais para diminuir os riscos e os efeitos da deriva.

A maior suscetibilidade à deriva ocorreu com as maiores pressões de trabalho de 965,3 a 1378,9 kPa, sendo que a redução na pressão de trabalho mostrou-se como estratégia que pode ser utilizada para redução de deriva na cultura da laranja.

A representação da deriva através de modelagem estatística e geoestatística, pode ser aproveitada para o estabelecimento de parâmetros de controle nas mais diversas culturas agrícolas.

Assim, o desenvolvimento de técnicas de aplicação mais eficientes, tanto no tocante a sustentabilidade ambiental, quanto econômica e social, deve ser constante por pesquisadores para minimizar tanto os prejuízos causados pelos problemas fitossanitários, quanto os efeitos dos produtos fitossanitários no ambiente, algo que tem sido intensamente cobrado pela comunidade internacional, sobretudo europeia, podendo tornar-se fonte de discussões aduaneiras.