

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**QUALIDADE DA PULVERIZAÇÃO EM VOLUME REDUZIDO
PARA O CONTROLE DO BICHO-MINEIRO *Leucoptera
coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842)
(LEPIDOPTERA: LYONETIIDAE)**

**Olinto Lasmar
Engenheiro Agrônomo**

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**QUALIDADE DA PULVERIZAÇÃO EM VOLUME REDUZIDO
PARA O CONTROLE DO BICHO-MINEIRO *Leucoptera
coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842)
(LEPIDOPTERA: LYONETIIDAE)**

Olinto Lasmar

Orientador: Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira

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

2014

L345q Lasmar, Olinto
Qualidade da pulverização em volume reduzido para o controle do bicho-mineiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) / Olinto Lasmar. -- Jaboticabal, 2014
xvii, 85 p. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientador: Marcelo da Costa Ferreira
Banca examinadora: João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha, Wellington Pereira Alencar de Carvalho, Nilza Maria Martinelli, Odair Aparecido Fernandes

Bibliografia

1. Adjuvante. 2. *Coffea arabica*. 3. Inseto-alvo. 4. Pulverizador. 5. Tecnologia de Aplicação. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 632.951:633.73

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: QUALIDADE DA PULVERIZAÇÃO EM VOLUME REDUZIDO PARA O CONTROLE DO BICHO-MINEIRO *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mêneville & Perrottet, 1842) (LEPIDOPTERA: LYONETIIDAE)

AUTOR: OLINTO LASMAR

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. JOÃO PAULO ARANTES RODRIGUES DA CUNHA
Universidade Federal de Uberlândia / Uberlândia/MG



Prof. Dr. WELLINGTON PEREIRA ALENCAR DE CARVALHO
Universidade Federal de Lavras / Lavras/MG



Profa. Dra. NILZA MARIA MARTINELLI

Departamento de Fitossanidade / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. ODAIR APARECIDO FERNANDES

Departamento de Fitossanidade / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 25 de abril de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Olinto Lasmar - nascido em 19 de março de 1984 na cidade Lavras, MG. Realizou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Lavras (UFLA) e estágio curricular na Fazenda Experimental da Iharabras S/A Indústrias Químicas em Sorocaba, SP. Em março de 2008 ingressou no Programa de Pós-graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola), nível de mestrado, do Departamento de Entomologia da UFLA sob a orientação do Prof. Dr. Ronald Zanetti. Em 2010 foi assistente técnico em pesquisa e desenvolvimento de produtos fitossanitários da BASF na região de Capão Bonito, SP. Em 2011 ingressou no Programa de Pós-graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola), nível de doutorado, do Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCAV/UNESP) sob a orientação do Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, em especial ao Departamento de Fitossanidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos nos 10 primeiros meses do curso de doutorado.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa de estudos (Processo 2011/11928-9) nos 26 últimos meses do curso de doutorado e pelo auxílio à pesquisa (Processo 2011/20088-4).

Ao professor Marcelo da Costa Ferreira, pela orientação, ensinamentos, apoio e amizade.

Às empresas Pulsfog Pulverizadores Ltda. e Agrovant Comércio de Produtos Agrícolas pelas parcerias durante todo período de realização deste trabalho.

Aos professores João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha, Wellington Pereira Alencar de Carvalho, Odair Aparecido Fernandes e Nilza Maria Martinelli, pelas valiosas contribuições na fase final deste trabalho.

A todos os professores do Departamento de Fitossanidade, pelos conhecimentos transmitidos ao longo do curso de doutorado em Agronomia (Entomologia Agrícola).

Aos produtores rurais Sr. José Cardurin Guimarães proprietário da fazenda São Luis em Altinópolis, SP e Sr. André Cunha proprietário da fazenda Bela Época Coffees em Ribeirão Corrente, SP.

A todos os amigos do Núcleo de Estudo e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação (NEDTA), pela agradável convivência e pela ajuda incondicional no período de experimentos.

A Grazielle Furtado Moreira, por toda força, dedicação, carinho, respeito e lealdade.

Aos meus pais Edson e Fátima e aos meus irmãos Juninho e André, pelo apoio e incentivo em todos os momentos.

Muito obrigado.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
LISTA DE TABELAS E FIGURAS	xiii
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1. Introdução	1
2. Revisão de Literatura	2
2.1. Importância da cafeicultura e principais insetos-alvo	2
2.2. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários	3
2.3. Aplicação de produtos fitossanitários em volume reduzido	5
2.4. Adjuvantes	6
3. Objetivo geral	7
3.1. Objetivos específicos	7
4. Referências	8
CAPÍTULO 2 - DEPÓSITO DE CALDAS FITOSSANITÁRIAS COM ÓLEO MINERAL EM FOLHAS DE CAFEIEIRO, SOB INCIDÊNCIA DE CHUVA ARTIFICIAL, PARA USO DE PULVERIZAÇÃO A VOLUME REDUZIDO	12
Resumo	12
1. Introdução	12
2. Material e Métodos	14
2.1. Tensão superficial e ângulo de contato	15
2.2. Retenção foliar	16
2.3. Depósito de marcador antes e após chuva artificial	17
3. Resultados e Discussão	19
3.1. Tensão superficial e ângulo de contato	19
3.2. Retenção foliar	25
3.3. Depósito de marcador antes e após chuva artificial	26
4. Conclusões	28
5. Referências	28

CAPÍTULO 3 - QUALIDADE DA PULVERIZAÇÃO PARA CONTROLE DE <i>Leucoptera coffeella</i> NA CULTURA DO CAFÉ COM PULVERIZADOR PARA VOLUME REDUZIDO E TURBO-PULVERIZADOR TRADICIONAL	31
Resumo	31
1. Introdução	31
2. Material e Métodos	33
2.1. Avaliação do tamanho de gotas	33
2.2. Avaliações de depósito, cobertura foliar e controle de <i>L. coffeella</i> em campo - Experimento 1	35
2.3. Avaliações de depósito, cobertura foliar e controle de <i>L. coffeella</i> em campo - Experimento 2	39
2.4. Avaliação de controle de <i>L. coffeella</i> em laboratório	41
3. Resultados e Discussão	42
3.1. Avaliação do tamanho de gotas	42
3.2. Avaliações de depósito, cobertura foliar e controle de <i>L. coffeella</i> em campo - Experimento 1	44
3.3. Avaliações de depósito, cobertura foliar e controle de <i>L. coffeella</i> em campo - Experimento 2	48
3.4. Avaliação de controle de <i>L. coffeella</i> em laboratório	53
4. Conclusões	54
5. Referências	54

CAPÍTULO 4 - MÉTODO PROPOSTO PARA CARACTERIZAÇÃO DE DERIVA DE CALDAS FITOSSANITÁRIAS APLICADAS COM VOLUME REDUZIDO NA CULTURA DO CAFÉ	58
Resumo	58
1. Introdução	58
2. Material e Métodos	61
2.1. Teste de recuperação	61
2.2. Avaliação de deriva	63
2.2.1. Análise estatística (deriva)	66
3. Resultados e Discussão	67

3.1. Teste de recuperação	67
3.2. Avaliação de deriva	69
4. Conclusões	76
5. Referências	76
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	80

QUALIDADE DA PULVERIZAÇÃO EM VOLUME REDUZIDO PARA O CONTROLE DO BICHO-MINEIRO *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842) (LEPIDOPTERA: LYONETIIDAE)

RESUMO - O controle do bicho-mineiro *Leucoptera coffeella* é feito principalmente através de pulverizações foliares com volumes altos de calda. Como alternativa promissora no manejo de pragas na cafeicultura há a aplicação em volume reduzido, que aplica menores volumes de água e economiza recursos operacionais. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade da pulverização de inseticida na cultura do café utilizando volume reduzido com diferentes concentrações de adjuvante (óleo mineral) para controle do bicho-mineiro (*L. coffeella*). As avaliações do trabalho foram: cinética da tensão superficial e do ângulo de contato de gotas, retenção foliar e influência de chuva artificial sobre folhas de cafeeiro tratadas com caldas fitossanitárias constituídas por diferentes concentrações de óleo mineral a 5, 10, 15 e 20% (v/v), representando caldas fitossanitárias possíveis de utilização num pulverizador de volume reduzido, mais a concentração de 0,5% (v/v), comumente utilizada em turbo-pulverizadores tradicionais; além disso, com estas caldas avaliaram-se o tamanho de gotas com diferentes tipos de bocais pneumáticos (jato plano, jato cônico, modelo AT-1000 e efervescente), depósito de marcador, cobertura foliar, controle do inseto alvo e a distribuição espacial de deriva a partir de um pulverizador protótipo de volume reduzido comparado ao pulverizador de jato transportado. As caldas fitossanitárias nas concentrações de óleo mineral a 5 e 10% (v/v) proporcionam as melhores condições para utilização em um pulverizador de volume reduzido. Tanto caldas aquosas quanto caldas oleosas, aplicadas sobre plantas de café apresentam características semelhantes em relação à quantidade de depósito após uma chuva de 20 mm. A aplicação em volume reduzido, proporcionada pelo protótipo de um pulverizador com bocais pneumáticos do tipo efervescente, comparada ao turbo-pulverizador tradicional, apresenta boas condições de uso, principalmente em relação ao depósito de calda e controle de *L. coffeella*. Em relação à deriva de caldas fitossanitárias aplicadas pelo protótipo de um pulverizador para volume reduzido, o método proposto é confiável e representativo para caracterizar a distribuição espacial da deriva de caldas fitossanitárias, avaliado pela amostragem de gotas depositadas em coletores passivos. Portanto, a recomendação mais eficiente e segura quanto aos aspectos avaliados para o uso do protótipo de um pulverizador para volume reduzido, visando o controle de *L. coffeella*, ocorre a partir de caldas inseticidas com concentrações de óleo mineral a 5 ou 10% (v/v). Com base na qualidade da pulverização obtida com o protótipo de um pulverizador para volume reduzido nesta pesquisa, ainda há necessidade de ajustes para uma versão comercializável.

Palavras-chave: adjuvante, *Coffea arabica*, inseto-alvo, pulverizador, tecnologia de aplicação.

**QUALITY OF REDUCED VOLUME SPRAYING FOR THE CONTROL OF COFFEE
LEAF MINER *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842)
(LEPIDOPTERA: LYONETIIDAE)**

ABSTRACT - The control of leaf miner *Leucoptera coffeella* is made primarily through foliar sprays with high spray volumes. As a promising alternative for the management of pests in coffee crop there is application in reduced volume, applying smaller volumes of water and saves operating resources. This research aimed to study the quality of reduced volume of insecticide application with different concentrations of adjuvant (mineral oil) in spraying liquids to control *L. coffeella*. The actions contemplated in the study were: to evaluate the kinetics of surface tension and contact angle of droplets; leaf retention and influence of artificial rain on coffee leaves treated with spraying liquids consisting of different concentrations of mineral oil 5, 10, 15 and 20% (v/v), representing possible spraying liquids for use in reduced volume sprayer, plus the concentration of 0.5% (v/v), commonly used in conventional air-blast. Furthermore, with these spraying liquids was evaluated the droplet size with different pneumatic nozzles (flat fan, conical jet, AT-1000 model and effervescent); tracer deposit; leaf spray coverage; control of the target insect and spatial distribution of drift, comparing the sprayers. The spraying liquids in concentrations of mineral oil 5 to 10% (v/v) provide the best conditions for use in a reduced volume sprayer. Both aqueous spraying liquids as oil spraying liquids, applied on coffee plants, have similar characteristics in terms of the amount of deposit after a rain of 20 mm. The reduced volume application provided by the prototype of a pneumatic sprayer nozzles with the effervescent type, compared to traditional air-blast, presents good condition, especially in relation to deposit of spraying liquid and *L. coffeella* control. Regarding the drift of spraying liquids applied by a prototype reduced volume sprayer, the proposed method is reliable and representative for techniques of collecting drops, tracer extraction and analysis of spatial distribution. The most efficient and secure recommendation, in all aspects evaluated for use reduced volume sprayer, to control *L. coffeella*, occurs from oily insecticide solutions at concentrations of 5 or 10% (v/v). Based on spraying quality obtained with the reduced volume sprayer in this research, there is still need for adjustments to a trade version.

Keywords: adjuvant, *Coffea arabica*, target insect, sprayer, application technology.

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

	Página
CAPÍTULO 2	
Tabela 1. Características dos tratamentos avaliados: concentrações (%), marca comercial e grupo químico.....	15
Figura 1. Tensiômetro automático modelo OCA 15 Plus	16
Figura 2. Equipamento utilizado para aplicação das caldas fitossanitárias no experimento de retenção foliar: bicos e haste com folha (A) e balança para medições (B)	17
Figura 3. Mudas de cafeeiro Catuaí Vermelho durante chuva artificial de 20 mm	19
Tabela 2. Valores iniciais, médios e finais (1, 90 e 180 segundos) das avaliações de tensão superficial (mN/m) e ângulo de contato (θ°) de gotas para as superfícies natural (folha de cafeeiro) e artificial (lâmina de vidro)	20
Figura 4. Cinética da tensão superficial de gotas a partir de caldas com diferentes concentrações de óleo mineral. *OM: óleo mineral	20
Figura 5. Cinética do ângulo de contato de gotas em superfícies natural (folha de cafeeiro) (A), e artificial (lâmina de vidro) (B), a partir de caldas com as diferentes concentrações de óleo mineral. *OM: óleo mineral	22
Figura 6. Ângulos de contato (θ°) das caldas oleosas sobre superfície natural (folha de cafeeiro) em três momentos das observações. *OM: óleo mineral	23
Figura 7. Correlação entre tensão superficial e ângulo de contato de gotas formadas pelas caldas fitossanitárias sobre folhas de cafeeiro aos 1 (A), 90 (B) e 180 (C) segundos de observação	24
Figura 8. Retenção (mL/cm ²) de caldas fitossanitárias a base de óleo mineral aplicadas até o ponto de escorrimento sobre folhas de cafeeiro. Médias seguidas de letras iguais não se diferem significativamente pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); (CV = 14,75%)	25

Figura 9. Depósito de marcador sobre folhas de cafeeiro após diferentes períodos até receber chuva artificial de 20 mm. Letras maiúsculas comparam médias entre intervalos e letras minúsculas comparam médias entre tratamentos, de acordo com o teste Tukey ($p \leq 0,05$). CV = 23,10%	27
Figura 10. Mudas de cafeeiro: logo após pulverizações dos tratamentos até o ponto de escorrimento: calda aquosa (A) e calda oleosa (B)	27

CAPÍTULO 3

Figura 1. Esquema de funcionamento do bocal pneumático efervescente. (Fonte: http://lvt.blk.kit.edu/english/21_1167.php)	32
Figura 2. Bocais pneumáticos avaliados: jato plano (A), jato cônico (B), modelo AT-1000 (C) e efervescente (D)	34
Figura 3. Pulverizadores avaliados no experimento 1: protótipo de volume reduzido versão 2012 (A) e convencional Arbus 400 (B)	36
Tabela 1. Condições meteorológicas no momento das aplicações do experimento 1 na cultura do café	37
Figura 4. Esquema da distribuição dos pontos de coleta em cada quadrante das plantas de café. Adaptado de Fernandes, Ferreira e Oliveira (2010)	37
Figura 5. Pulverizadores avaliados no experimento 2: protótipo de volume reduzido versão 2013 (A) e convencional Arbus 2000 (B)	41
Tabela 2. Condições meteorológicas no momento das aplicações do experimento 2 na cultura do café	41
Figura 6. Aplicação dos tratamentos e acondicionamento das minas em condições controladas	42
Tabela 3. Diâmetro (DMV μm) e uniformidade (COEF) de gotas a partir de diferentes tipos de bocais pneumáticos, pressões de ar e concentrações de óleo mineral nas caldas fitossanitárias	43
Figura 7. Diâmetro (DMV μm) e uniformidade (COEF) de gotas para os diferentes tipos de bocais pneumáticos na pressão de ar de 39,23 kPa	44
Tabela 4. Médias de depósitos ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) em folhas de cada quadrante das partes superior e inferior na cultura do café após aplicações com os pulverizadores de volume reduzido versão 2012 e convencional	45

Figura 8. Médias de cobertura (%) do experimento 1 sobre papel sensível em cada quadrante da parte superior do cafeeiro. CV = 5,60%. Médias seguidas de letras iguais para cada quadrante não se diferem significativamente pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). *OM: óleo mineral Argenfrut®. †Dados transformados em $\text{arc.sen}(x/100)^{1/2}$	46
Figura 9. Médias de cobertura (%) do experimento 1 sobre papel sensível em cada quadrante da parte inferior do cafeeiro. CV = 6,01%. Médias seguidas de letras iguais para cada quadrante não se diferem significativamente pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). *OM: óleo mineral Argenfrut®. †Dados transformados em $\text{arc.sen}(x/100)^{1/2}$	47
Tabela 5. Percentuais médios de folhas minadas, minas ilesas e lagartas mortas do bicho-mineiro (<i>L. coffeella</i>) no experimento 1, antes e após controle químico na cultura do café	48
Tabela 6. Médias de depósitos ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) em folhas de cada quadrante das partes superior e inferior na cultura do café após aplicações com os pulverizadores de volume reduzido versão 2013 e convencional	49
Figura 10. Médias de cobertura (%) do experimento 2 sobre papel sensível em cada quadrante da parte superior do cafeeiro. CV = 7,57%. Médias seguidas de letras iguais para cada quadrante não se diferem significativamente pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). *OM: óleo mineral Argenfrut®. †Dados transformados em $\text{arc.sen}(x/100)^{1/2}$	50
Figura 11. Médias de cobertura (%) do experimento 2 sobre papel sensível em cada quadrante da parte superior do cafeeiro. CV = 24,67%. Médias seguidas de letras iguais para cada quadrante não se diferem significativamente pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). *OM: óleo mineral Argenfrut®. †Dados transformados em $\text{arc.sen}(x/100)^{1/2}$	50
Figura 12. Espectro de gotas sobre papel sensível, das aplicações com o protótipo de um pulverizador de volume reduzido - versão 2013 (A) e pulverizador convencional (B)	51
Tabela 7. Percentuais médios de folhas minadas, minas ilesas e lagartas mortas do bicho-mineiro (<i>L. coffeella</i>) no experimento 2, antes e após controle químico na cultura do café	52

Figura 13. Percentuais médios de lagartas mortas do bicho-mineiro (<i>L. coffeella</i>), 24 horas após aplicações em laboratório. Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); CV = 31,77%.	53
--	----

CAPÍTULO 4

Figura 1. Etapas do teste de recuperação em fio de náilon: aplicação (A), gotas depositadas (B), diluição em água (C), extração física em ultrassom (D) e leitura em espectrofotômetro (E)	62
Figura 2. Área experimental com os 36 pontos amostrais, o trajeto do pulverizador e o sentido do vento predominante	63
Figura 3. Poste coletor: dentro da cultura (A), fora da cultura (B) e fios de náilon posicionados (C)	64
Figura 4. Protótipo de um pulverizador para volume reduzido: visão geral (A) e detalhe dos bocais “efervescentes” (B)	65
Figura 5. Estação meteorológica portátil modelo Advantage Pro 2	66
Figura 6. Taxa de recuperação do marcador (Mn^{2+}) em diferentes volumes aplicados sobre fios de náilon	68
Figura 7. Esquema geral de um dos mapas da distribuição espacial de deriva em relação ao talhão utilizado	70
Figura 8. Mapas de distribuição espacial da deriva (09/10/13) pelo método do inverso do quadrado da distância (IQD) com o protótipo de um pulverizador para volume reduzido a 5, 10, 15 e 20% (v/v) de óleo mineral (A, B, C e D)	71
Figura 9. Mapas de distribuição espacial da deriva (10/10/13) pelo método do inverso do quadrado da distância (IQD) com o protótipo de um pulverizador para volume reduzido a 5, 10, 15 e 20% (v/v) de óleo mineral (A, B, C e D)	73
Figura 10. Depósito médio (μg) de deriva no primeiro dia de avaliação (09/10/13) em função das distâncias (m) dos coletores. OM: óleo mineral	74
Figura 11. Depósito médio (μg) de deriva no segundo dia de avaliação (10/10/13) em função das distâncias (m) dos coletores. OM: óleo mineral	75

Tabela 1. Dados meteorológicos (09/10/13) coletados durante cada aplicação do protótipo de um pulverizador para volume reduzido com as diferentes concentrações de óleo mineral	82
Tabela 2. Dados meteorológicos (10/10/13) coletados durante cada aplicação do protótipo de um pulverizador para volume reduzido com as diferentes concentrações de óleo mineral	84

CAPÍTULO 1 - Considerações gerais

1. Introdução

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários por via líquida enfrenta há algumas décadas uma pressão por parte dos usuários e da sociedade no sentido de manter a eficiência biológica dos tratamentos, melhorar o desempenho operacional, diminuir os volumes de calda e os custos das aplicações e minimizar a contaminação ambiental (FERREIRA; LEITE; LASMAR, 2013).

No Brasil ainda existe muito espaço para estudos relacionados à tecnologia de aplicação, e o desenvolvimento/aprimoramento de tecnologias podem contribuir ao sistema atual que enfrenta graves problemas devido às aplicações em larga escala, com volumes altos de calda e sob condições meteorológicas adversas de altas temperaturas e baixas umidades relativas do ar. Além disso, uma evolução neste setor pode nos levar a uma agricultura mais competitiva e menos impactante ao ambiente.

Na cultura do café estudos relacionados à qualidade da aplicação e à diminuição do volume de calda utilizado nos tratamentos fitossanitários são ainda escassos e merecem atenção devido ao grande número de pulverizações que são realizadas para minimizar os efeitos dos problemas fitossanitários.

Dentre os insetos que causam os maiores danos à planta do cafeeiro destaca-se o bicho-mineiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae), considerado praga-chave de *Coffea arabica* no Brasil e em alguns países da América Central e do Leste Africano por causar sérios prejuízos na produção. Este inseto é favorecido por plantios mais espaçados e regiões de clima mais seco (SOUZA; REIS; RIGITANO, 1998) e tem como principal forma de controle a pulverização de inseticidas sintéticos.

Dessa forma, a necessidade de reduzir os custos de produção e a poluição do ambiente exige racionalização no uso de produtos fitossanitários e isto pode ser conseguido através de uma tecnologia de aplicação mais eficiente, ou seja, que

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

2. Revisão de Literatura

2.1. Importância da cafeicultura e principais insetos-alvo

Os dados da primeira estimativa de produção de café arábica e conilon para a safra 2014 indicam para uma colheita nacional entre 46,53 e 50,15 milhões de sacas de 60 quilos do produto beneficiado (CONAB, 2014). Entretanto, um dos maiores impedimentos para garantia desta boa produtividade e qualidade do produto ainda é a alta incidência de problemas fitossanitários, pois a cultura hospeda vários insetos, ácaros e patógenos (PFENNING et al., 2005).

O agronegócio café é considerado um dos pilares da economia brasileira, pois cerca de 3% do volume total das exportações nacionais relacionam-se a esta commodity. Do ponto de vista social gera aproximadamente dois milhões de empregos diretos, fixando famílias no meio rural com condições dignas de sobrevivência (CONCEIÇÃO, 2005).

O café tem como maiores produtores mundiais o Brasil, a Colômbia e o Vietnã. No Brasil, a atividade integra importante complexo agroindustrial exportador, que faz do país o maior produtor e exportador mundial e o segundo maior consumidor (MOURA et al., 2007).

De acordo com Gallo et al. (2002), os principais insetos a serem controlados na cultura do café nas regiões produtoras são: bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*), broca-do-café (*Hypothenemus hampei*), ácaro da mancha-anular (*Brevipalpus phoenicis*), cochonilha-da-raíz (*Dysmicoccus cryptus*) e cigarra (*Quesada gigas*).

O bicho-mineiro é um inseto monófago do cafeeiro e deve seu nome às galerias que constrói entre as epidermes da folha, em consequência à destruição do tecido paliádico, utilizado pelas lagartas para sua alimentação (SOUZA; REIS; RIGITANO, 1998).

A partir da década de 1970, em razão da ocorrência da ferrugem que revolucionou a tecnologia de aplicação de defensivos na cultura e a abertura de

novas fronteiras em áreas de cerrado para o cultivo dessa rubiácea, o bicho-mineiro tem ocorrido de forma contínua, atacando também durante a época das chuvas (REIS, 1990).

Assim, as principais razões da alta incidência do inseto relacionam-se a adoção de uma substancial modificação no sistema de cultivo, onde espaçamentos maiores, e por consequência, lavouras mais arejadas visando à mecanização para o controle químico da ferrugem, passaram a ser adotados pelos produtores. Além disso, o uso intensivo de produtos químicos promoveu um importante desequilíbrio na população de inimigos naturais do inseto, favorecendo sobremaneira sua proliferação (PARRA, 1985).

2.2. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica e com o mínimo de contaminação de outras áreas (MATUO, 1990), sendo também um dos mais multidisciplinares campos dentro da agricultura, 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 et al., 2007).

Geralmente, dá-se muita importância ao produto fitossanitário a ser aplicado e pouca à técnica de aplicação. Conhecer a forma de aplicação do produto é tão importante quanto conhecer o próprio produto. É preciso minimizar perdas e uma das maneiras para isso é 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).

O espectro de gotas produzido por um equipamento depende do tipo de ponta de pulverização, tamanho do orifício e pressão de trabalho, além de características físico-químicas da calda (PAULSRUD; MONTGOMERY, 2005).

Em pulverizações a campo é comum que algumas áreas nas plantas não recebam a cobertura adequada de calda. Com isto, as pragas podem selecionar

estas áreas para caminhar e alimentar-se, tendo pouco ou nenhum contato com os produtos fitossanitários, que perdem a sua atividade biológica com o passar do tempo (KONNO; FRANCO; OMOTO, 2001; FERREIRA, 2003).

Os principais fatores que afetam as perdas durante a pulverização são a deriva e a evaporação (COMBELLACK, 1981). Para compensar estas perdas os produtores costumam aumentar as doses dos produtos fitossanitários utilizados e os volumes de aplicação gerando perdas por escorrimento. Assim, dependendo do alvo da aplicação, deve-se atentar para que não sejam produzidas gotas muito grandes nem muito pequenas. Gotas menores que 100 μm são arrastadas com facilidade pelo vento e gotas maiores que 800 μm tendem a escorrer da superfície das folhas (LEFEBVRE, 1989).

A seleção apropriada das pontas é essencial para a correta aplicação, sendo o fator principal determinante da quantidade aplicada por área, da uniformidade de aplicação, da cobertura obtida e do risco potencial de deriva (Johnson e Swetnam, 1996). No entanto, fatores como altura de lançamento da gota em relação ao alvo, densidade do líquido pulverizado e temperatura do ar também influenciam a deriva, e precisam ser considerados nos programas de redução de deriva (CUNHA, 2008).

Eliminar completamente o problema é praticamente impossível, no entanto, ele pode ser minimizado empregando-se equipamentos corretos, com tecnologia adequada (HEWITT, 2000).

Alguns estudos de campo já foram realizados objetivando avaliar a distância de deriva das aplicações de agrotóxicos, contudo, eles têm como limitação a impossibilidade de controlar e variar as condições ambientais (CUNHA, 2008). Além disso, a interferência das condições locais de terreno e vegetação também contribui para que ocorra uma alta variabilidade entre repetições, dificultando a análise desse tipo de experimento (ZHU et al., 1994).

Atualmente, são utilizados pulverizadores de jato transportado como forma auxiliar de melhoria na cobertura da pulverização. Estes equipamentos que utilizam a energia hidráulica são consagrados pelo uso e adequação às culturas arbóreas como cafeeiro. Diversos trabalhos citam esses equipamentos para aplicações de inseticidas, fungicidas, acaricidas e micronutrientes (SCUDELER et al., 2004; RAMOS et al., 2007; FERREIRA, LEITE; LASMAR, 2013).

2.3. Aplicação de produtos fitossanitários em volume reduzido

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelece diversas normas que contribuem para um melhor entendimento da terminologia utilizada no setor fitossanitário, a exemplo da NBr 12541 e NBr 12548, que definem os termos e métodos relacionados à aplicação dos defensivos agrícolas no Brasil (ABNT, 1992).

Embora estas normas técnicas tenham contribuído para uma correta padronização da terminologia utilizada neste setor, ainda existe a necessidade de se classificar os termos que caracterizam os diferentes volumes de caldas fitossanitárias aplicadas pelos diferentes tipos de pulverizadores.

Um exemplo de terminologia sem classificação definida no Brasil é a pulverização em volume ultra-baixo (UBV), que se originou a partir de alterações no padrão dos pulverizadores agrícolas na década de 1950 (LOFGREN, 1970), utiliza produtos fitossanitários concentrados, formulados em óleos, pulverizados com gotas muito finas (DMV menor que 100 μm) e com volumes a partir de 5 litros por hectare, que devem ser feitas com adjuvantes capazes de diminuir a evaporação das gotas (CBB, 2011).

Nesse contexto, também existem pulverizadores de volumes reduzidos que se utilizam de pontas do tipo pneumático (pontas de energia gasosa) para produzirem o espectro de gotas adequado e atualmente, seu uso é mais frequente em pulverizações em áreas urbanas para controle de insetos vetores de doenças, embora sua utilização no meio agrícola também seja conhecida desde longa data.

Os bicos pneumáticos são aptos a produzir gotas com diâmetro mediano inferior a 30 μm , com capacidades volumétricas relativamente pequenas, na ordem de alguns litros por hora. No entanto, este fato limita sua utilização generalizada que contrasta com os altos volumes utilizados nos bicos hidráulicos e rotativos que são mais utilizados na agricultura (GRETZINGER; MARSHALL, 1961).

Segundo Juslin et al. (1995), a configuração do bocal; ângulo de pulverização em função do formato da cúpula de ar; orifício de saída da calda; pressão do ar; temperatura da calda e presença de surfactantes são fatores que podem influenciar o tamanho mediano de gotas oriundas de bicos pneumáticos.

Um aspecto importante a considerar é a suscetibilidade das menores gotas produzidas por bicos pneumáticos ao arraste pelo vento. Desta forma, estratégias da tecnologia de aplicação que visam colocar o produto no alvo não podem despreocupar-se com os riscos de deriva.

2.4. Adjuvantes

Os adjuvantes são substâncias ou compostos, sem propriedade fitossanitária, adicionados às caldas para aumentar a eficiência ou modificar determinadas características da solução, visando facilitar a aplicação ou minimizar possíveis problemas (KISSMANN, 1997).

Dentre os efeitos dos adjuvantes, destaca-se a redução da tensão superficial das gotas pulverizadas, causando o seu achatamento, o que aumenta a sua superfície de contato com o alvo biológico e melhora a cobertura deste. A tensão superficial refere-se às forças que existem na interface de líquidos não miscíveis, impedindo que eles se misturem (AZEVEDO, 2001).

A cutícula age como uma barreira para a penetração de líquidos na superfície das plantas, cujas características variam de espécie para espécie e dependem da idade dos órgãos vegetais e das condições climáticas (QUEIROZ; MARTINS; CUNHA, 2008). Os produtos fitossanitários, em geral, são depositados sobre a superfície de partes vegetais, como ramos, folhas e frutos. Alguns devem permanecer sobre essas superfícies, e outros devem ser absorvidos, para exercerem seu efeito no interior dos tecidos vegetais.

A adição de adjuvantes à calda de pulverização pode alterar o espectro das gotas pulverizadas, reduzindo o risco potencial de deriva (WOLF, 2000). No entanto, Wolf & Gardisser (2003), avaliaram a influência da adição de adjuvantes à calda de pulverização em aplicações aéreas e concluíram que alguns produtos reduziram a deriva, enquanto outros aumentaram o seu risco potencial. Logo, a utilização de adjuvantes deve ser feita de forma técnica e criteriosa.

Em geral, as vantagens da utilização de adjuvantes são: rápida absorção de produtos, com menores perdas ocasionadas por chuvas após a aplicação, e a facilitação da cobertura das superfícies hidrorrepelentes, como folhas ou frutos com

cerosidades e corpos ou coberturas cerosas de pragas (BOLLER; FORCELINI; HOFFMAN, 2007).

Diante do exposto, estudos que visem à utilização da aplicação em volumes reduzidos podem ajudar na melhoria dos programas de controle químico existentes. Além disso, de acordo com a literatura, a utilização de adjuvantes nas caldas apresenta grande potencial para melhoria da eficiência nas pulverizações, uma vez que estudos no Brasil são ainda escassos no que diz respeito à utilização conjunta dessas técnicas, em especial no manejo da cafeicultura.

3. Objetivo geral

Avaliar a qualidade da pulverização de inseticida na cultura do café utilizando volume reduzido com diferentes concentrações de adjuvante (óleo mineral) para controle do bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*).

3.1. Objetivos específicos

- avaliar o desempenho de caldas fitossanitárias com diferentes concentrações de óleo mineral a partir de análises de tensão superficial, ângulo de contato de gotas, retenção foliar e influência de chuva artificial sobre folhas de cafeeiro, visando obter informações para uma melhor adequação de uso em um pulverizador de volume reduzido.
- avaliar a qualidade da aplicação em volume reduzido a partir do protótipo de um pulverizador com bocais pneumáticos comparado ao turbo-pulverizador tradicionalmente utilizado para controle do bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*);
- propor e avaliar um método de caracterização de deriva em aplicações fitossanitárias com diferentes concentrações de óleo mineral na cultura do café com um protótipo de pulverizador para volume reduzido.

4. Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 12541 – Aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo. 1992. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 12548 – Métodos de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo. 1992. 2 p.

AZEVEDO, L. A. S. **Proteção integrada de plantas com fungicidas**. Campinas, SP: Emopi Gráfica, 2001. 230 p.

BOLLER, W.; FORCELINI, L. A.; HOFFMANN, L. L. Tecnologia de aplicação de fungicidas - Parte I. In: LUZ, W.C.; FERNANDES J.M.; PRESTES, A.M.; PICININI, E.C. (Org.). **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 15, p. 243-276, 2007.

CENTRO BRASILEIRO DE BIOAERONÁUTICA - (CBB). Manual BVO terrestre. Disponível em: <http://www.bioaeronautica.com.br>. Acesso em 27/04/11.

COMBELLACK, J. H. The problems involved in improving spraying efficiency. **Australian Weeds**, Victoria, v.1, p.13-9, 1981.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO - (CONAB). 1ª estimativa da safra 2014 de Café. Janeiro de 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em 25/03/14.

CONCEIÇÃO, C. H. C. Z. Flutuação populacional do bicho mineiro em cultivares de café arábica resistentes a ferrugem. **Bragantia - Revista de Ciências Agronomicas**, Instituto Agrônomo de Campinas, p. 625 - 631, jun. 2005.

CRUZ FILHO, J.; CHAVES, G. M. **Antibióticos, fungicidas e nematicidas empregados no controle de doenças de plantas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1979.

CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes métodos de aplicação. **Revista Ciência Agrônoma**, v.39, n.4, p.487-493, out-dez, 2008.

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.

FERREIRA, M. C.; LEITE, G. J.; LASMAR, O. Cobertura e depósito de calda fitossanitária em plantas de café pulverizadas com equipamento original e adaptado para plantas altas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, Supplement 1, p. 1539-1548, Nov. 2013.

FERREIRA, M. C. Caracterização da cobertura de pulverização necessária para controle do ácaro *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes., 1939) em citros. Jaboticabal, 2003. 64p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

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**, v. 27, n. 2, p. 471-478, 2007.

GALLO, D., O. NAKANO, S. S. NETO, R. P. L. CARVALHO, G. C. BATISTA, E. B. FILHO, J. R. P. PARRA, R. A. ZUCCHI, S. B. ALVES, J. D. VENDRAMIM, L. C. MARCHINI, J. R. S. LOPES & C. OMOTO. 2002. **Entomologia agrícola**. Piracicaba, FEALQ, 920p.

GRETZINGER, J.; MARSHALL, W. R. JR., Characteristics of pneumatic atomization. **AIChE J.**, n.7, p.312-318, 1961.

HEWITT, A. J. Spray drift modelling, labelling and management in the US. **Aspects of Applied Biology**, n.57, p.11-19, 2000.

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

JUSLIN, L.; ANTIKAINEN, O.; MERKKU, P.; YLIRUUSI, J. Droplet size measurement: II. Effect of three independent variables on parameters describing the droplet size distribution from a pneumatic nozzle studied by multilinear stepwise regression analysis. **International Journal of Pharmaceutics**, n.123, p.257-264, 1995.

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos agrotóxicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21. 1997, Caxambu. Palestras e mesas redondas... Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997. p. 61-77.

KONNO, R. H., FRANCO, C. R., OMOTO, C. Suscetibilidade de populações de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) a acaricidas organoestênicos em citros. **Scientia Agrícola**, v.58, n.4, p.703-709, 2001.

LEFEBVRE, A. H. **Atomization and sprays**. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1989, 421p.

LOFGREN, C. S. Ultra low volume applications of concentrated insecticides in medical and veterinary entomology. **Ann Rev Entomol.**, n.15, p.321-342, 1970.

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

MOURA, W. M., PEREIRA, A. A., LIMA, P. C., DONZELES, S. M. L., CAIXETA, G. Z., COSTA, E. L., SOARES, S. F., SANTOS, I. C., RIBEIRO, M. F., ALVARENGA, A. P., VENZON, M. *Café (Coffea arabica)* In: PAULA JÚNIOR, T. J. de; VENZON, M. (Ed.). **101 culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: Epamig, 2007. p. 185 a 206.

PARRA, J. R. P. Biologia comparada de *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera, Lyonetiidae) visando ao seu zoneamento ecológico no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Entomologia**v. 29, p. 45-76, 1985.

PAULSRUD, B. E., MONTGOMERY, M. Characteristics of fungicides used in field crops. **Report on Plant Disease**. n.1002, 2005.

PFENNING, L. H.; SALGADO, M.; ALMEIDA, A. R.; PEREIRA, R. T. G. Estação Perigo. **Revista Cultivar Grandes Culturas**. Pelotas, n.79, ano VII, p.12-16, nov. 2005.

QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. A. R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Biosci. J.**, Uberlândia, v.24, n.4, p.8-19, out./dez. 2008.

RAMOS, H. H.; YANAI, K.; CORRÊA, I. M.; BASSANEZI, R. B.; GARCIA, L. C. Características da pulverização em citros em função do volume de calda aplicado com turbopulverizador. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n. especial, p.56-65, 2007.

REIS, P. R. Manejo integrado das pragas do cafeeiro em Minas Gerais. In: FERNANDES, O.A. et al. (eds). Manejo integrado de pragas e nematóides. Jaboticabal: FUNEP, 1990. p.39-57.

SCUDELER, F.; RAETANO, C. G.; ARAÚJO, D.; BAUER, F. C. Cobertura da pulverização e maturação de frutos do cafeeiro com ethephon em diferentes condições operacionais. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.1, p.129-139, 2004.

SOUZA, J. C.; REIS P. R.; RIGITANO, R. L. O bicho mineiro do cafeeiro: biologia, danos e manejo integrado. Belo Horizonte: EPAMIG, 1998. 48p. (Boletim Técnico, 54).

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

WOLF, R. E.; GARDISSER, D.R. Field comparisons for drift reducing/deposition-aid tank mixes. ASAE, n.AA03-002. St. Joseph, Mich, 2003.

ZHU, H.; REICHARD, D. L.; FOX, R. D.; BRAZEE, R. D.; OZKAN, H. E. Simulation of drift of discrete sizes of water droplets from field sprayers. Transactions of the ASAE, Saint Joseph, v.37, n.5, p.1401-1407, 1994.

CAPÍTULO 2 - Depósito de caldas fitossanitárias com óleo mineral em folhas de cafeeiro, sob incidência de chuva artificial, para uso de pulverização a volume reduzido

Resumo - Os adjuvantes são substâncias ou compostos sem propriedade fitossanitária adicionados às caldas para aumentar a eficiência ou modificar determinadas propriedades da solução, visando facilitar a aplicação ou minimizar possíveis problemas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de caldas fitossanitárias com diferentes concentrações de óleo mineral a partir de análises de tensão superficial, ângulo de contato de gotas, retenção foliar e influência de chuva artificial sobre folhas de cafeeiro, visando obter informações para uma melhor adequação de uso em um pulverizador de volume reduzido. As avaliações de tensão superficial, ângulo de contato de gotas, retenção foliar e influência de chuva artificial no depósito de calda sobre folhas de cafeeiro foram realizadas em estrutura do Núcleo de Estudo e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação - NEDTA do Departamento de Fitossanidade do Câmpus de Jaboticabal - SP, UNESP, nos anos de 2012 e 2013. Os experimentos seguiram um delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e quatro repetições. Avaliaram-se as concentrações de 5, 10, 15 e 20% (v/v) representando caldas fitossanitárias possíveis de utilização em pulverizador de volume reduzido, mais a concentração de 0,5%, comumente utilizada em pulverizadores convencionais de jato transportado. Água foi utilizada como testemunha. Conclui-se que tanto as caldas fitossanitárias aquosas quanto oleosas aplicadas sobre plantas de café, apresentam características semelhantes em relação à quantidade de depósito após uma chuva de 20 mm e que as caldas nas concentrações de 5 e 10% (v/v) de óleo mineral proporcionam as condições mais adequadas para a utilização em pulverização com volume reduzido.

Palavras-chave: cafeeiro, espalhamento, gotas de pulverização, óleo mineral

1. Introdução

A redução da tensão superficial nas gotas pulverizadas se destaca como um dos principais efeitos dos adjuvantes, que a partir de uma dosagem correta, pode causar um espalhamento ideal, capaz de aumentar sua superfície de contato com o alvo biológico e melhorar a cobertura deste. Esta redução é um efeito físico que ocorre na camada superficial de um líquido que leva a sua superfície a se comportar como uma membrana (GENNES, 1985).

Com boa afinidade às superfícies vegetais, aditivos como óleos minerais ou vegetais possuem amplo espectro de uso na fitossanidade, utilizados isoladamente tanto no controle de insetos e fungos, ou como adjuvantes adicionados às caldas de pulverizações (MENDONÇA; RAETANO; MENDONÇA, 2007).

A deposição das pulverizações é influenciada pela tensão superficial e viscosidade afetando a energia de dissipação durante o processo de colisão das gotas com o alvo. A superfície da planta, velocidade e o ângulo de contato também são importantes. Polímeros que aumentam a viscosidade e diminuem a tensão superficial podem melhorar a deposição das gotas sobre o alvo e diminuir o ricocheteio das gotas oriundo da colisão com o alvo (BERGERON et al., 2003).

Outra vantagem da utilização dos óleos como adjuvantes são a rápida absorção de produtos, com menores perdas ocasionadas por chuvas após a aplicação, e a facilitação da cobertura das superfícies hidrórepelentes, como folhas ou frutos com cerosidades e corpos ou coberturas cerosas de pragas (BOLLER et al., 2007).

A necessidade de molhamento foliar com o mínimo de desperdício, ainda demanda estudos para viabilizar e otimizar as aplicações, sobretudo em relação aos volumes de calda.

Incremento no volume da calda aplicada propicia aumento na quantidade de calda retida, até um determinado ponto, a partir do qual a superfície tratada não mais retém o líquido. Este ponto é chamado de capacidade máxima de retenção, ou ponto de saturação da superfície (MATUO, 1990). Assim, o excesso da calda que a folha não comporta escorre, concorrendo para a contaminação ambiental.

Andrade, Ferreira e Santos (2010) avaliaram a retenção de acaricida em citros com adição de óleos e observaram reduções na quantidade máxima de líquido retido pelas folhas, contribuindo para a redução do volume de aplicação necessário para uma boa cobertura da planta.

Em diversas culturas, a exemplo do café, as pulverizações com produtos fitossanitários são necessárias em diversos momentos, coincidindo com o período de chuvas, que podem influenciar significativamente a eficácia das aplicações, devido à retirada do ingrediente ativo depositado nas folhas, o que pode comprometer sua função biológica (KASAI; DEUBER, 2011).

Logo, o sucesso de uma pulverização depende da utilização de produtos com eficácia comprovada aliada ao montante de ingrediente ativo depositado e distribuído sobre o alvo e à calibração do pulverizador específica para aquela aplicação. Dentre as tecnologias consideradas adequadas aos sistemas de pulverização agrícola para uma boa distribuição das gotas sobre o alvo, quanto aos custos e à capacidade operacional, podemos citar a assistência de ar e a pulverização com volume reduzido.

Assim, considerando a importância de pragas e doenças na cultura do café, a necessidade do controle através de sucessivas aplicações de produtos fitossanitários e o custo associado a este tratamento, há grande necessidade de estudos básicos envolvendo os aspectos relacionados à tecnologia de aplicação (SILVA; LEITE; FERREIRA, 2008).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de caldas fitossanitárias com diferentes concentrações de óleo mineral a partir de análises de tensão superficial, ângulo de contato de gotas, retenção foliar e influência de chuva artificial sobre folhas de cafeeiro, visando obter informações para uma melhor adequação de uso em um pulverizador de volume reduzido.

2. Material e Métodos

As avaliações de tensão superficial, ângulo de contato de gotas, retenção foliar e influência de chuva artificial no depósito de calda sobre folhas de cafeeiro foram realizadas em estrutura do Núcleo de Estudo e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação - NEDTA do Departamento de Fitossanidade do Câmpus de Jaboticabal - SP, UNESP, nos anos de 2012 e 2013.

Os experimentos seguiram um delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e quatro repetições. Na Tabela 1, estão descritos os tratamentos avaliados, bem como suas concentrações, marca comercial e grupo químico.

Tabela 1. Características dos tratamentos avaliados: concentrações (%), marca comercial e grupo químico.

Concentrações	Marca comercial	Grupo químico
1. Óleo mineral - 5%*	Argenfrut	hidrocarbonetos alifáticos
2. Óleo mineral - 10%	Argenfrut	hidrocarbonetos alifáticos
3. Óleo mineral - 15%	Argenfrut	hidrocarbonetos alifáticos
4. Óleo mineral - 20%	Argenfrut	hidrocarbonetos alifáticos
5. Óleo mineral - 0,5%	Argenfrut	hidrocarbonetos alifáticos
6. Água	---	---

*[]s 5 a 20% - visando pulverização em volume reduzido e [] 0,5% - visando pulverização convencional.

Embora o enfoque deste estudo com diferentes concentrações de óleo mineral na calda fitossanitária seja para utilização em um pulverizador de volume reduzido, os experimentos de retenção foliar e depósito de calda foram realizados com pulverizações em volume alto (ponto de escorrimento), a fim de se discriminar melhor os resultados, sendo discutidos e correlacionados ao longo do texto, além de avaliar a situação comumente praticada nas pulverizações de cultivos arbóreos atualmente no Brasil, que normalmente se utilizam de aplicações em volumes altos.

2.1. Tensão superficial e ângulo de contato

A avaliação da cinética da tensão superficial e do ângulo de contato de gotas foi realizada baseada em metodologia de Iost e Raetano (2010). Para tanto, folhas de café (*Coffea arabica*) foram coletadas em plantas presentes no próprio Câmpus de Jaboticabal - SP, as quais foram cortadas em tiras de aproximadamente 2 cm² e para que ficassem sem rugosidade e não comprometessem as avaliações, foram fixadas em esticador.

As medições foram realizadas a cada segundo num tempo total de três minutos, por meio de um tensiômetro automático, modelo OCA 15 Plus (Figura 1), em que a tensão superficial é determinada pelo método da gota pendente, ou seja, a imagem da gota é capturada por uma câmera e o equipamento analisa o formato da gota pendente na extremidade de uma agulha acoplada à seringa de emissão do líquido a ser analisado por assimetria de eixos (ADSA Axisymmetric Drop Shape Analysis).

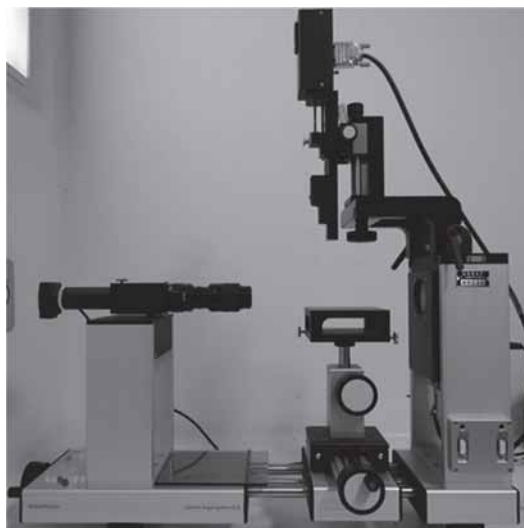


Figura1. Tensiômetro automático modelo OCA 15 Plus.

Em seguida, um software específico que utiliza uma posição ideal como linha de referência no campo de imagem é utilizado para que se identifique o ponto chave para o início da gravação das imagens. A tensão superficial é determinada através da digitalização e análise do perfil da gota, utilizando para ajuste a equação de Young-Laplace (FERREIRA et al., 2013).

Para a avaliação da cinética do ângulo de contato de gotas, utilizou-se o mesmo equipamento (OCA 15 Plus), para análise de imagem com medições a cada segundo num tempo total de três minutos após a deposição de cada gota em superfícies natural (folha de cafeeiro) e artificial (lâmina de vidro).

2.2. Retenção foliar

Para avaliar a retenção de calda, adotou-se a metodologia descrita por Matuo, Nakamura e Almeida (1989), utilizando-se folhas de cafeeiro (*Coffea arabica*) coletadas em plantas presentes no próprio Câmpus de Jaboticabal - SP, com idade e tamanho médios padronizados.

As aplicações foram realizadas em laboratório individualmente sobre as folhas de cafeeiro, através de um pulverizador costal manual pressurizado a CO₂, com duas pontas de pulverização hidráulicas, modelo TX18 (gotas finas), à pressão constante de 206,84 kPa, posicionados lateralmente, apoiados em um suporte e

dispostos dentro de uma bandeja de metal para recolher o excesso de calda (Figura 2A). Pulverizou-se uma folha por vez, até o ponto de escorrimento.

Na aplicação das caldas, cada folha foi posicionada verticalmente em um suporte colocado sobre o prato de uma balança digital com precisão de 1 mg, procedendo-se à tara da mesma (Figura 2B). Na sequência, realizaram-se as aplicações sobre as folhas, de modo a permitir que a calda atingisse uniformemente as superfícies abaxial e adaxial. Imediatamente após cessar o escorrimento do excesso de calda, foi anotada a massa de cada folha. Considerou-se a relação peso:volume de 1:1.

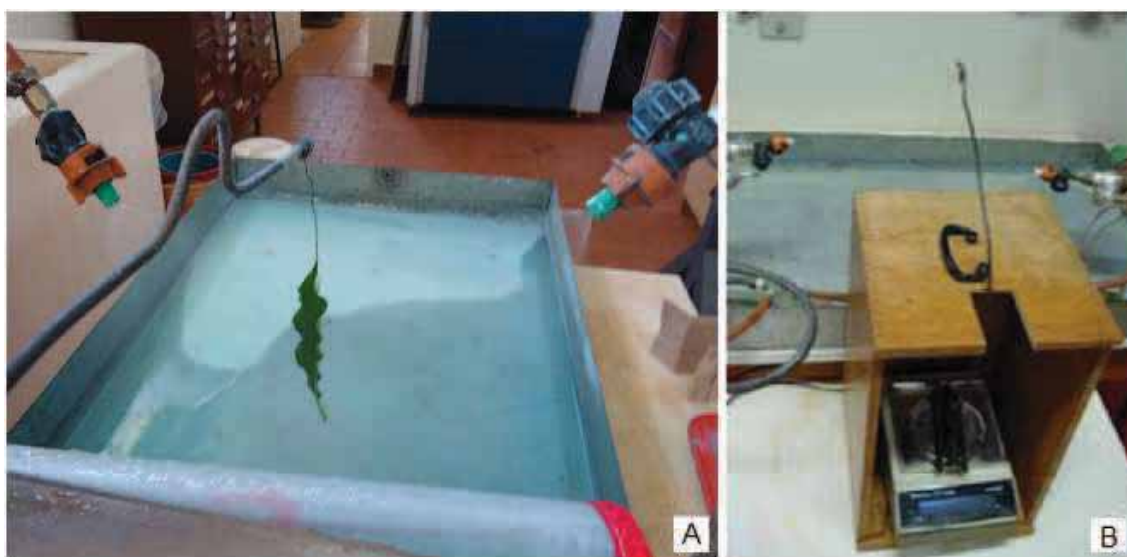


Figura 2. Equipamento utilizado para aplicação das caldas fitossanitárias no experimento de retenção foliar: bicos e haste com folha (A) e balança para medições (B).

Em seguida, após limpas e secas, cada folha teve sua área medida por meio de um medidor de área foliar (LI-Cor 3100), a fim de se calcular a retenção foliar em mL/cm².

2.3. Depósito de marcador antes e após chuva artificial

O experimento seguiu um delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial (6 x 5), com seis tratamentos (água, óleo mineral a 5, 10, 15, 20 e 0,5%) e cinco períodos até receber chuva simulada de 20 mm (1, 6, 12, 18 e 24 horas após

aplicação), com quatro repetições. Para efeito de comparação, algumas mudas pulverizadas com os tratamentos foram separadas e não receberam qualquer influência de chuva artificial (0h = sem chuva).

Cada parcela experimental correspondeu a uma muda de cafeeiro da variedade Catuaí Vermelho com aproximadamente 30 cm de altura e em bom estado vegetativo, plantada em tubete de plástico de 0,175 L de capacidade volumétrica. Foram adicionados 3g sulfato de manganês ($MnSO_4$) por litro de calda, utilizado como marcador, para avaliação de depósito recuperado sobre a superfície foliar.

As aplicações foram realizadas até o ponto de escoamento, individualmente sobre as mudas de cafeeiro, através de um pulverizador costal pressurizado a CO_2 , com duas pontas de pulverização hidráulicas, modelo TX18 (gotas finas), à pressão constante de 206,84 kPa.

No momento da aplicação, realizada em área externa e ambiente natural, a temperatura do ar esteve entre 25 a 29°C, a umidade relativa entre 72 e 77% e não houve incidência de ventos. As condições ambientais foram medidas com termo higrômetro e anemômetro digitais e portáteis.

Após as aplicações e secagem natural das mudas, deu-se início às coletas de folhas dos tratamentos antes de receber a chuva artificial. Em seguida, de acordo com os períodos pré-estabelecidos (1, 6, 12, 18 e 24 horas após aplicação), realizaram-se as chuvas e posteriores coletas de folhas (secas) para extração do marcador.

Para a realização da chuva artificial utilizou-se um simulador com pontas de pulverização modelo FL10, caracterizados pela produção de gotas da classe grossa a muito grossa (Figura 3).



Figura 3. Mudanças de cafeeiro Catuai Vermelho durante chuva artificial de 20 mm.

Todas as folhas coletadas (duas por repetição) foram acondicionadas em sacos de plástico, identificados e levados ao laboratório para o processo de extração ácida (100 mL de solução de HCl 0,2 N por amostra), por 60 minutos em repouso. Logo após, foi realizada a filtragem de cada amostra para posterior quantificação em aparelho de espectrofotometria de absorção atômica.

Complementar a este processo foi realizado a medição da área foliar das amostras submetidas à extração. Para isso utilizou-se o equipamento LI-Cor 3100 que fornece os dados em cm^2 (OLIVEIRA; MACHADO-NETO, 2003). As quantidades obtidas de manganês para cada amostra foram diretamente relacionadas com a área foliar correspondente, a fim de se determinar o depósito de marcador ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) antes e após a simulação da chuva sobre as mudas de cafeeiro.

Os dados obtidos em cada um dos três experimentos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e a comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, além de análises gráficas complementares.

3. Resultados e Discussão

3.1. Tensão superficial e ângulo de contato

Com relação à tensão superficial das caldas, observa-se que todas as concentrações de óleo mineral avaliadas proporcionaram reduções significativas em relação à água (Tabela 2, Figura 4).

O tratamento representado pela concentração de 0,5% de óleo mineral na calda, usualmente adotada em pulverizações convencionais por meio de pulverizadores de jato transportado, proporcionou valores de tensão superficial maiores em relação às outras concentrações avaliadas (Tabela 2, Figura 4).

Tabela 2. Valores iniciais, médios e finais (1, 90 e 180 segundos) das avaliações de tensão superficial (mN/m) e ângulo de contato (θ°) de gotas para as superfícies natural (folha de cafeeiro) e artificial (lâmina de vidro).

Tratamentos	Tensão superficial			Ângulo de contato			Ângulo de contato		
	(mN/m)			(θ°) - folha			(θ°) - vidro		
	1 s	90 s	180 s	1 s	90 s	180 s	1 s	90 s	180 s
1. OM 5%	34,09 c	28,83 c	27,32 c	67,00 c	29,44 c	26,53 c	19,96 c	8,01 c	0,00 c
2. OM 10%	30,76 d	28,84 c	27,31 c	59,73 c	30,06 c	27,02 c	22,15 b	9,46 c	0,00 c
3. OM 15%	31,91 d	29,80 c	28,38 c	48,80 d	27,02 c	23,40 c	14,90 d	8,02 c	0,00 c
4. OM 20%	31,72 d	30,11 c	28,42 c	45,31 d	29,72 c	26,37 c	14,51 d	6,48 d	0,00 c
5. OM 0,5%	69,54 b	48,40 b	44,87 b	84,37 b	62,16 b	57,81 b	22,27 b	15,40 b	12,24 b
6. Água	79,68 a	79,60 a	79,86 a	120,21 a	113,50 a	111,90 a	41,52 a	37,28 a	33,39 a
CV (%)	3,01			9,63			6,90		

OM: Óleo mineral. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); CV (%): coeficiente de variação.

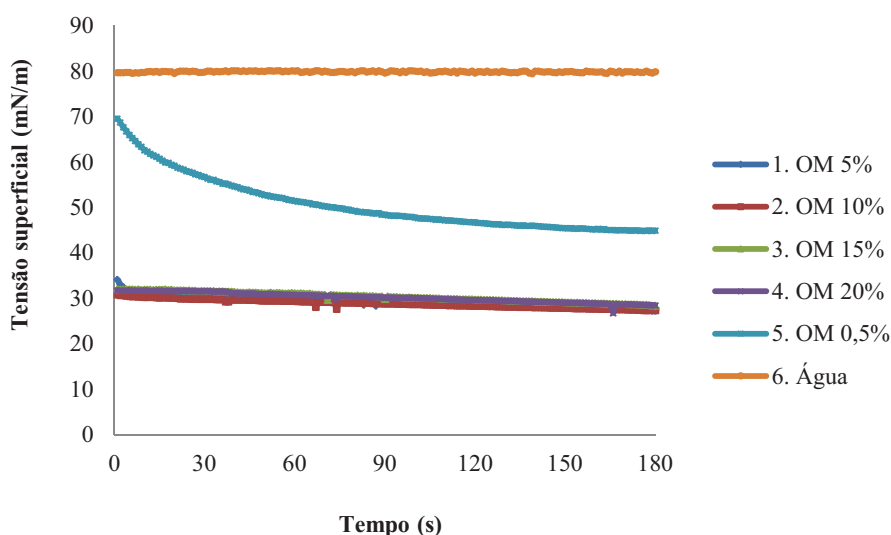


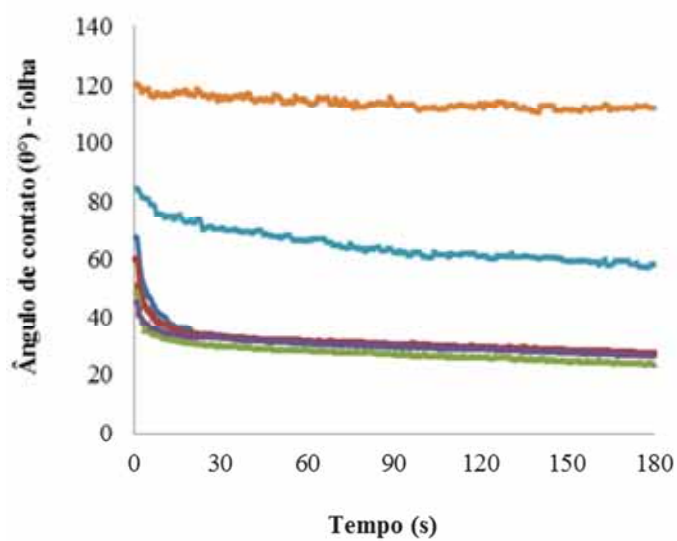
Figura 4. Cinética da tensão superficial de gotas a partir de caldas com diferentes concentrações de óleo mineral. *OM: óleo mineral.

Ao variar a concentração de óleo mineral na calda, de 5 a 20%, concentrações possíveis de utilização em pulverizador de volume reduzido, os valores de tensão superficial pouco se alteraram, com médias respectivas entre 32,12 e 29,40 e 27,86 mN/m, para 1, 90 e 180 segundos. Resultados semelhantes foram observados em cada tratamento, isoladamente, ao longo dos três minutos avaliados (Tabela 2, Figura 4).

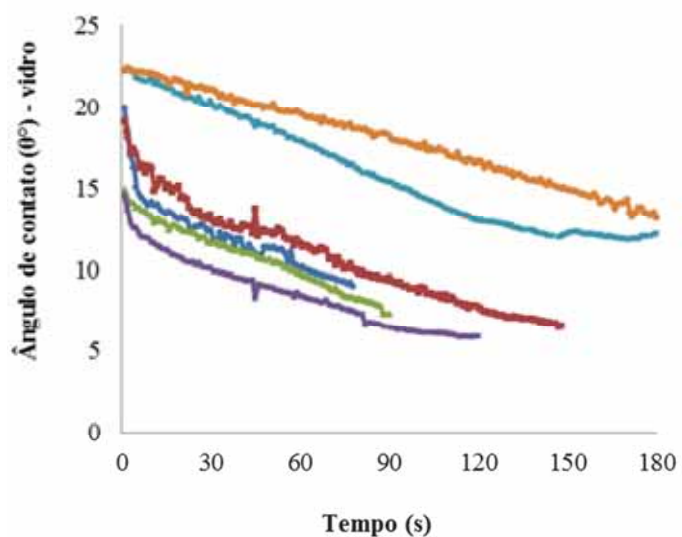
Estes resultados, corroboram com os de Mendonça et al. (2007), que avaliaram as alterações proporcionadas pela adição de óleo mineral e vegetal à água e ambos reduziram significativamente a tensão superficial da calda, embora as modificações tenham dependido não apenas da origem do óleo, mas também da sua concentração na calda de pulverização, uma vez que o aumento da concentração do óleo na calda até 1 % v/v causou reduções mais expressivas de tensão superficial.

Numa planta, a molhabilidade de suas folhas, em especial na aplicação de produtos de contato, depende dos constituintes da folha e das características do agroquímico (MINGUELA; CUNHA, 2010). Logo, a atração da superfície pela água precisa ser maior que a tensão superficial do líquido, visando obter boa molhabilidade. Para isso, a tensão superficial do produto não deve ser muito elevada e nesse caso, também se deve levar em consideração a qualidade da água.

Os dados da cinética do ângulo de contato de gotas formadas pelas caldas sobre a superfície natural (folha de cafeeiro) apontam tendências semelhantes às observadas na tensão superficial, pois as caldas de 5 a 20% de óleo mineral proporcionaram os menores valores de ângulo de contato, seguidas da concentração de 0,5% (Tabela 2, Figuras 5A e 6).



A



B

Figura 5. Cinética do ângulo de contato de gotas em superfícies natural (folha de café) (A), e artificial (lâmina de vidro) (B), a partir de caldas com as diferentes concentrações de óleo mineral. *OM: óleo mineral.

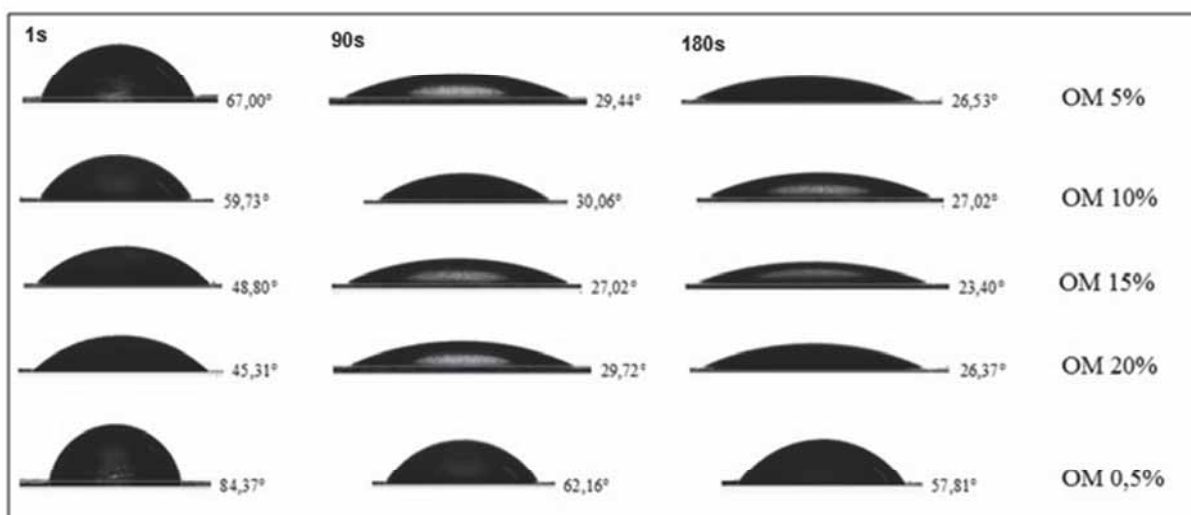


Figura 6. Ângulos de contato (θ°) das caldas oleosas sobre superfície natural (folha de cafeeiro) em três momentos das observações. *OM: óleo mineral.

Verificou-se que na superfície de vidro, comparando-se com a superfície foliar, todos os tratamentos apresentaram valores de ângulo de contato significativamente menores (Tabela 2, Figura 5B).

A superfície de vidro é hidrofílica ($\theta < 90^\circ$), ao passo que em se tratando de folhas, alguns compostos naturais as tornam hidrofóbicas ($\theta > 90^\circ$). Resultados semelhantes foram encontrados por Iost & Raetano (2010), em estudo abordando o uso de vários adjuvantes, com diferentes dosagens, em superfície hidrofílica de vidro e em superfície hidrofóbica de óxido de alumínio, em que ocorreram os maiores ângulos de contato na superfície de óxido de alumínio.

Segundo Porter (1994), a adsorção do surfactante na superfície (interface líquido/ar) depende da concentração do mesmo na solução. Em baixas concentrações, as moléculas do surfactante se distribuem na superfície, ficando paralelamente orientadas. Com o aumento da concentração de surfactante, diminui a área disponível em relação ao número de moléculas e, conseqüentemente, tem início uma ligeira ordenação das mesmas em relação à superfície. A orientação vai depender da natureza da superfície se hidrofílica ou hidrofóbica. Em alta concentração há formação de uma camada unidirecional. Esta concentração é conhecida como concentração micelar crítica (CMC).

Xu et al. (2010) demonstraram que, em superfície cerosa de *Pelargonium stenopetalum* e superfície pilosa de *Pelargonium tomentosum*, sem uso de

adjuvantes, as gotas se mantiveram esféricas, no primeiro caso, e suspensas nos tricomas, no segundo, devido à acentuada hidrofobia dessas superfícies foliares.

Com a redução do ângulo de contato das gotas em função da adição de adjuvante, há maior espalhamento da calda, proporcionando maior área coberta, o que aumenta a possibilidade de que a calda entre em contato com alvo desejado ou a possibilidade de absorção do produto pela superfície foliar. Em ambos os casos espera-se maior eficácia do produto fitossanitário depositado, o que aumenta a importância do uso de adjuvantes nas aplicações em volumes reduzidos.

Além disso, por meio da análise de correlação de Pearson entre tensão superficial e ângulo de contato de gotas sobre a folha de cafeeiro verificaram-se valores de (p) próximo a 1 em todos os três tempos avaliados, demonstrando uma correlação linear quase perfeita (Figura 7ABC). Isto significa que quanto menor a tensão superficial da calda, menor será o ângulo de contato da gota sobre a superfície e conseqüentemente, maior será a capacidade de molhabilidade da gota pulverizada, proporcionando melhor cobertura do alvo.

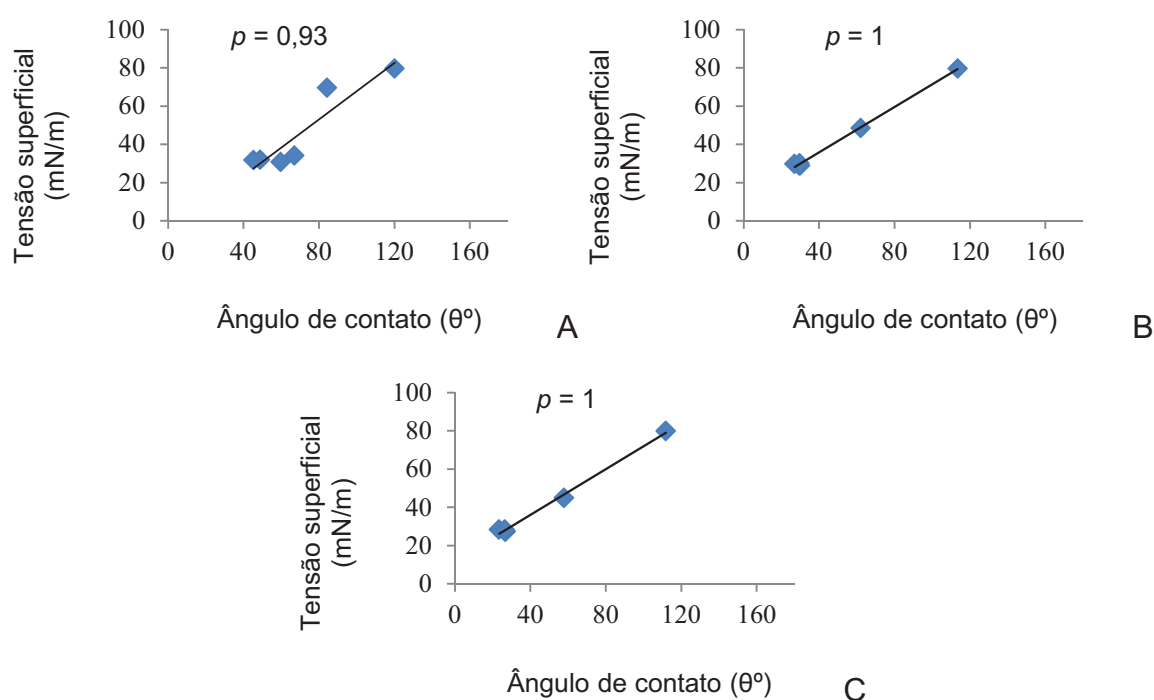


Figura 7. Correlação entre tensão superficial e ângulo de contato de gotas formadas pelas caldas fitossanitárias sobre folhas de cafeeiro aos 1 (A), 90 (B) e 180 (C) segundos de observação.

3.2. Retenção foliar

Em relação à retenção de caldas fitossanitárias a base de óleo mineral aplicadas até o ponto de escorrimento sobre folhas de cafeeiro, verificou-se que houve diferença significativa em função das diferentes concentrações avaliadas (Figura 8).

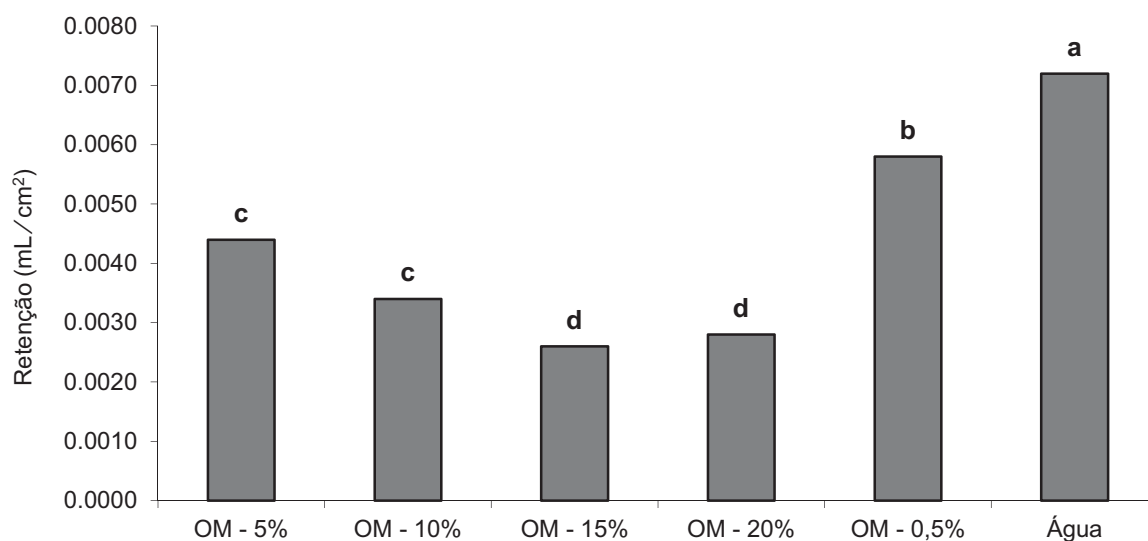


Figura 8. Retenção (mL/cm²) de caldas fitossanitárias a base de óleo mineral aplicadas até o ponto de escorrimento sobre folhas de cafeeiro. Médias seguidas de letras iguais não se diferem significativamente pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); (CV = 14,75%).

O tratamento testemunha representado pela água proporcionou a maior média de retenção com 0,0072 mL/cm². Os demais tratamentos, representados pelas caldas oleosas nas concentrações de 5, 10, 15, 20 e 0,5%, apresentaram médias significativamente inferiores, porém diferentes entre si (Figura 8).

A água apresenta baixa afinidade à superfície foliar, possivelmente com a cutícula (composição e estrutura), o que dificulta sua adesão e, conseqüentemente, a cobertura adequada das folhas pelos produtos fitossanitários. Portanto torna-se útil adicionar à água, produtos que diminuam a tensão superficial das gotas, permitindo maior espalhamento sobre a superfície foliar.

Os adjuvantes podem exercer outras ações como estimular a atividade fisiológica das plantas, romper a camada com cera da superfície foliar, acidificar e neutralizar os íons da água utilizada na aplicação, evitar a evaporação das gotas, além de garantir a formação das mesmas com diâmetro maior, pelo aumento da densidade da calda e pode reduzir o potencial de deriva devido ao aumento ou uniformização do tamanho das gotas produzidas no processo de pulverização (QUEIROZ; MARTINS; CUNHA, 2008). Normalmente, os adjuvantes apresentam uma ou duas dessas características, sendo raros os adjuvantes que possuem todas elas ao mesmo tempo (RUEDELL, 2002).

De modo geral, observou-se que a partir da concentração de 15% de óleo mineral na calda fitossanitária, a retenção foliar não mais se altera. Dessa forma, em condições de alto volume, o que ainda é muito comum na cultura do café, as perdas por escorrimento tendem a ser as mesmas a partir desta concentração.

3.3. Depósito de marcador antes e após chuva artificial

Os tratamentos aplicados sobre as mudas de café que não sofreram influência de chuva artificial (0 h) apresentaram depósitos significativamente diferentes entre si (Figura 9), ou seja, o tratamento representado pela aplicação de água proporcionou a formação de gotas grandes e de alta tensão superficial (Figura 10A). Dessa forma, este tratamento conseguiu manter uma quantidade maior de marcador depositado quando comparada com as caldas oleosas, que de modo geral apresentaram menor quantidade de marcador nas folhas, devido à menor capacidade de retenção, principalmente para as concentrações de 15 e 20% de óleo mineral na calda (Figura 10B).

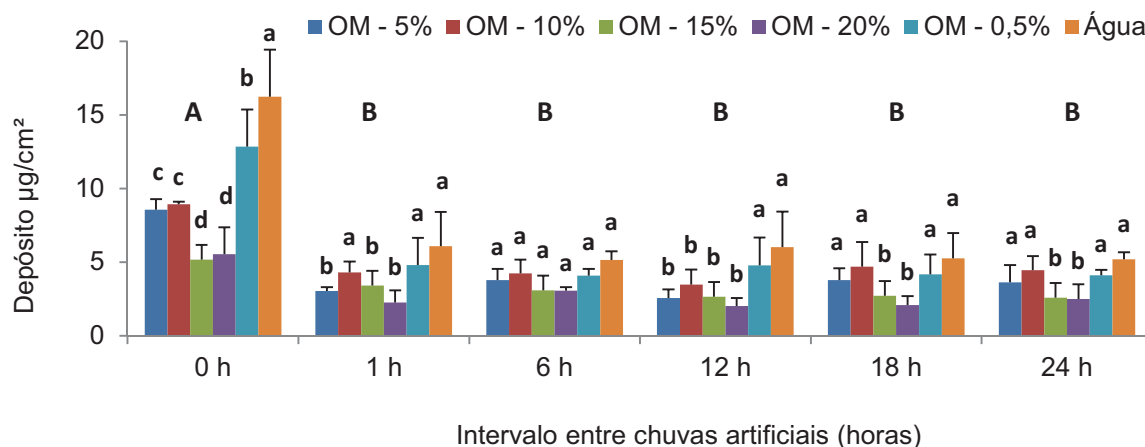


Figura 9. Depósito de marcador sobre folhas de cafeeiro após diferentes períodos até receber chuva artificial de 20 mm. Letras maiúsculas comparam médias entre intervalos (horas) e letras minúsculas comparam médias entre tratamentos, de acordo com o teste Tukey ($p \leq 0,05$). CV = 23,10%.

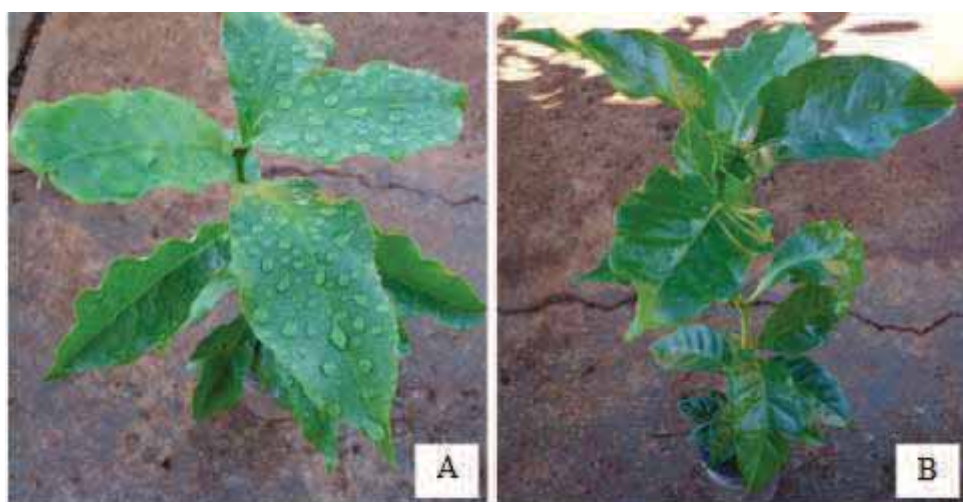


Figura 10. Mudanças de cafeeiro: logo após pulverizações dos tratamentos até o ponto de escoamento: calda aquosa (A) e calda oleosa (B).

Nas aplicações realizadas, não houve efeito fitotóxico visível às mudas de café num período de até 24 horas após aplicação das caldas oleosas. Sabe-se que este efeito pode ser influenciado por características das plantas como o estágio de desenvolvimento, bem como de sua sensibilidade, além de outros fatores como as condições climáticas (MINGUELA; CUNHA, 2010).

Após as mudas passarem pelo processo de chuva artificial, de acordo com os períodos pré-estabelecidos, verificou-se que os valores de depósitos foram diminuídos em todos os tratamentos (Figura 9). De modo geral, observou-se que

após uma chuva de 20 mm, as caldas oleosas em diferentes concentrações se comportaram de forma semelhante entre si e entre a calda aquosa, ou seja, com quantidades próximas de marcador depositado.

Fernandes, Ferreira e Oliveira (2010) avaliaram a mortalidade do ácaro *Brevipalpus phoenicis* em função da cobertura de calda aplicada em plantas de café e constataram que a chuva afetou a eficiência de controle, ou seja, o efeito residual do ingrediente ativo sobre as folhas de cafeeiro foi menor.

Segundo os resultados observados no presente trabalho, tanto uma calda aquosa quanto uma oleosa, aplicadas sobre plantas de café apresentam características semelhantes em relação à quantidade de marcador lavado após uma chuva de 20 mm.

4. Conclusões

Conclui-se que tanto as caldas fitossanitárias aquosas quanto oleosas aplicadas sobre plantas de café, apresentam características semelhantes em relação à quantidade de depósito após uma chuva de 20 mm e que as caldas nas concentrações de 5 e 10% (v/v) de óleo mineral proporcionam as condições mais adequadas para a utilização em pulverização com volume reduzido.

5. Referências

ANDRADE, D. J.; FERREIRA, M. C.; SANTOS, N. C. Efeito da adição de óleos ao acaricida cyhexatin sobre o ácaro *brevipalpus phoenicis* e na retenção de calda por folhas de citros. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 32, n. 4, p. 1055-1063, dez., 2010.

BERGERON, V.; MARTIN, J. Y.; VOVELLE, L. Use of polymers as sticking agents. **US Patent 6**, p. 534-563, 2003.

BOLLER, W.; FORCELINI, L. A.; HOFFMANN, L. L. Tecnologia de aplicação de fungicidas – Parte I. In: LUZ, W. C.; FERNANDES J. M.; PRESTES, A. M.; PICININI, E. C. (Org.). **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 15, p. 243-276, 2007.

CENTRO BRASILEIRO DE BIOAERONÁUTICA - (CBB). Manual BVO terrestre. Disponível em: <http://www.bioaeronautica.com.br>. Acesso em 27/04/11.

FERNANDES, A. P.; FERREIRA, M. C.; OLIVEIRA, C. A. L. Eficiência de diferentes ramais de pulverização e volumes de calda no controle de *Brevipalpus phoenicis* na cultura do café. **Revista Brasileira de Entomologia** 54(1): 130-135, mar., 2010.

FERREIRA, M. C.; LASMAR, O.; DECARO JUNIOR, S. T.; NEVES, S. S.; AZEVEDO, L. H. Qualidade da aplicação de inseticida em amendoim (*Arachis hypogaea* L.), com e sem adjuvantes na calda, sob chuva simulada. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, Supplement 1, p. 1431-1440, nov., 2013.

GENNES, P. G. Wetting: statics and dynamics. **Reviews of Modern Physics**, v. 57, n. 3, Part I, p. 827-863, 1985.

IOST, C. A. R.; RAETANO, C. G. Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfatantes em superfícies artificiais e naturais. **Engenharia Agrícola**, v. 30, p. 670-680, 2010.

KASAI, F. S.; DEUBER, R. **Manejo de plantas daninhas na cultura do amendoim**. Campinas: Instituto Agrônomo - IAC, 2011. 23p. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 207).

LOFGREN, C. S. Ultra low volume applications of concentrated insecticides in medical and veterinary entomology. **Annual Review of Entomology**, n.15, p.321-342, 1970.

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

MATUO, T.; NAKAMURA, S. H.; ALMEIDA, A. Efeito de alguns adjuvantes da pulverização nas propriedades físicas do líquido. **Summa Phytopathology**, Botucatu, v.15, p.163-173, 1989.

MENDONÇA, C. G. de; RAETANO, C. G.; MENDONÇA, C. G. de. Tensão superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, Número especial, p. 16-23, 2007.

MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. A. R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2010. 588p.

OLIVEIRA, M. L.; MACHADO-NETO, J. G. Use of tracer in the determination of respiratory exposure and relative importance of exposure routes in safety of pesticide applicators in citrus orchards. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, Florida, v.70, n.3, p.415-21, 2003.

PORTER, M. R.; **Handbook of surfactants**. Blackie Academic & Professional. Second edition.324p.1994.

QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. A. R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Biosci. J.**, Uberlândia, v.24, n.4, p.8-19, out./dez. 2008.

RAETANO, C. G.; BAUER, F. C. Efeito da velocidade do ar em barra de pulverização na deposição de produtos fitossanitários em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.2, p.329-34, 2003.

RUEDELL, J. Tecnologia de aplicação de defensivos. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, RS. nº 72. 2002.

SILVA, A. R., LEITE, M. T., FERREIRA, M. C. Estimativa da área foliar e capacidade de retenção de calda fitossanitária em cafeeiro. **Biosci. J.**, Uberlândia, v.24, n.3, p.66-73, 2008.

XU, L.; ZHU, H.; OZKAN, H. E.; BAGLEY, W. E.; KRAUSE, C. R. Droplet evaporation and spread on waxy and hairy leaves associated with type and concentration of adjuvants. **Pest Management Science**. United States, v. 67, p. 842-851, 2010.

Capítulo 3 - Qualidade da pulverização para controle de *Leucoptera coffeella* na cultura do café com pulverizador para volume reduzido e turbo-pulverizador tradicional

Resumo - O objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade da aplicação em volume reduzido a partir do protótipo de um pulverizador com bocais pneumáticos comparado ao turbo-pulverizador tradicionalmente utilizado para controle do bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*). Avaliaram-se diferentes tipos de bocais pneumáticos (jato plano, jato cônico, modelo AT-1000 e efervescente), na aplicação de caldas inseticidas com concentrações de 5, 10, 15 e 20% (v/v) de óleo mineral aplicadas em volume reduzido e 0,5% aplicado via pulverizador convencional de jato transportado. Os parâmetros da tecnologia de aplicação estudados em condições de laboratório e/ou campo foram: tamanho de gotas (μm); depósito de marcador ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$); cobertura foliar (%) e controle do inseto alvo. A aplicação em volume reduzido, proporcionada pelo protótipo de um pulverizador com bocais pneumáticos do tipo efervescente comparada ao turbo-pulverizador tradicional, apresenta adequadas condições de uso, principalmente em relação ao depósito de calda e controle de *L. coffeella*.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, pulverizador, tecnologia de aplicação, redução de volume.

1. Introdução

O controle do bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*) é feito principalmente através de inseticidas sintéticos que, se utilizados sem o devido conhecimento técnico, podem contaminar seres humanos e o ambiente, além de causar desequilíbrios biológicos que levam ao aumento das pragas secundárias e à seleção de populações de insetos resistentes aos inseticidas (PIMENTEL, 2007; SHARMA, 2008).

Atualmente, são utilizados pulverizadores de jato transportado que foram desenvolvidos para diminuir os custos com mão-de-obra, passando de dois operadores para apenas um e, além disso, o fluxo de ar gerado nesses equipamentos tem como objetivo favorecer a trajetória das gotas pulverizadas em direção ao alvo, proporcionando melhorias em sua penetração e consequente deposição (BALAN, ABI SAAB; SASAKI, 2006).

Outra importante modalidade de aplicação é a pulverização em volume reduzido, geralmente adotada em pulverizadores pneumáticos. Estes equipamentos

baseiam-se no processo de pulverização pneumática, que consiste no choque de um fluxo de ar em alta velocidade e pressão moderada com um líquido conduzido por gravidade ou sob baixa pressão.

Segundo Minguela e Cunha (2010), o circuito pneumático consta de um ventilador radial acionado pela tomada de força com uma transmissão multiplicadora intermediária. Para permitir diferentes vazões e velocidades de ar, convém que a transmissão mecânica tenha diferentes velocidades. A velocidade de giro permite obter uma população de gotas finas, de 100 a 250 μm e em geral, muito uniforme, o que permite realizar aplicações a baixos volumes (50-100 L/ha), inclusive ultra baixo volume.

Há pulverizadores de volume reduzido que utilizam bocais do tipo pneumático (energia gasosa) para produzirem gotas de tamanho adequado e uniforme. Atualmente, com uso mais frequente em pulverizações em áreas urbanas para controle de insetos vetores de doenças, embora sua utilização no meio agrícola também seja conhecida desde longa data.

Um exemplo de bocal pneumático é o do tipo efervescente, cuja tecnologia foi desenvolvida por Lefebvre e seus colaboradores na década de 1980 (LEFEBVRE; WANG; MARTYN, 1988). Neste sistema são utilizados dois fluidos (ar e líquido), sendo injetada uma pequena quantidade de gás (normalmente ar) na corrente de líquido, antes de este ser ejetado pelo orifício de descarga do atomizador. O gás produz um escoamento de pequenas bolhas no interior do líquido, que são comprimidas na sua passagem pelo orifício de descarga. À saída, estas bolhas sofrem um abaixamento brusco de pressão, criando diversas explosões minúsculas que desintegram o líquido em gotas (Figura 1).

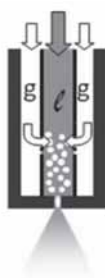


Figura 1. Esquema de funcionamento do bocal pneumático do tipo efervescente. (Fonte: http://lvt.blk.kit.edu/english/21_1167.php).

As características típicas de um atomizador efervescente são: baixa relação massa de gás/massa de líquido (baixo consumo de gás); alta eficiência energética; não possui orifícios pequenos (não é sujeito a entupimentos); baixa energia cinética (não imprime muita velocidade às gotas geradas) e baixa versatilidade (alterações relativamente pequenas na viscosidade ou vazão do líquido demandam nova calibragem ou mudança da geometria do atomizador) (FERREIRA, 2008).

Assim, objetivou-se avaliar a qualidade da aplicação em volume reduzido a partir do protótipo de um pulverizador com bocais pneumáticos comparado ao turbo-pulverizador tradicionalmente utilizado para controle do bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*).

2. Material e Métodos

As análises laboratoriais do tamanho de gotas, cobertura e depósito de marcador sobre folhas de cafeeiro foram realizadas em estrutura do Núcleo de Estudo e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação - NEDTA do Departamento de Fitossanidade do Câmpus de Jaboticabal - SP, UNESP, nos anos de 2012 e 2013. No mesmo período, realizaram-se os experimentos de campo, em talhões de café (*Coffea arabica*) localizados nas regiões produtoras dos municípios de Altinópolis e Ribeirão Corrente, SP.

2.1. Avaliação do tamanho de gotas

Utilizou-se um analisador de partículas a laser para avaliar o tamanho de gotas tal que 50% do volume aplicado é de gotas com diâmetro inferior a este valor (DMV) e o coeficiente de uniformidade (COEF) de gotas formadas pelos diferentes tipos de bocais pneumáticos: jato plano, jato cônico, modelo AT-1000 e bocal efervescente (Figura 2).

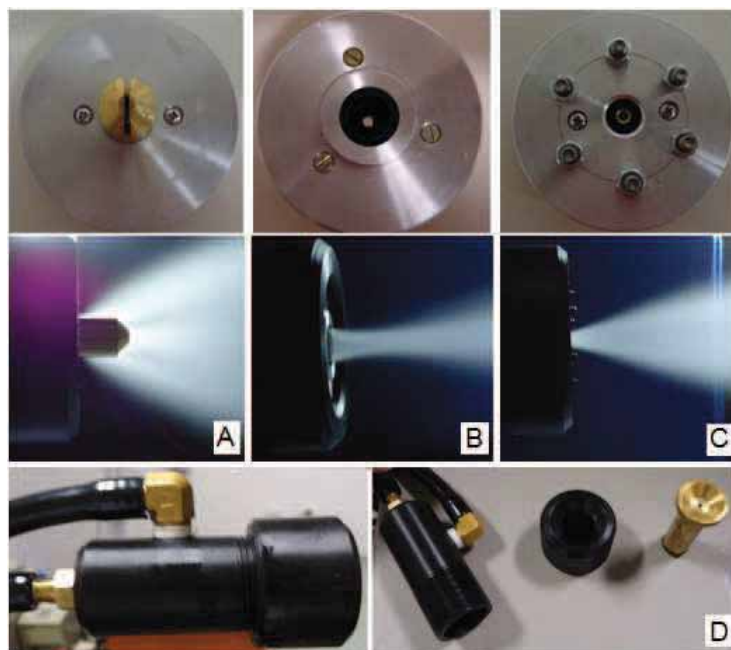


Figura 2. Bocais pneumáticos avaliados: jato plano (A), jato cônico (B), modelo AT-1000 (C) e efervescente (D).

Adotaram-se duas pressões de ar, representando o compressor do pulverizador (29,42 e 39,23 kPa), ajustadas respectivamente para duas velocidades de trabalho (5,3 e 7,5 km/h) e quatro caldas fitossanitárias a base de óleo mineral (Argenfrut[®]) nas concentrações de 5, 10, 15 e 20% v/v. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 4 x 5 (bocais x caldas), para as duas pressões. Adotaram-se seis repetições e água foi utilizada como testemunha.

A análise do espectro de gotas foi realizada de forma direta, pelo método da difração de raio laser, utilizando-se um analisador de partículas (Mastersizer S[®], Malvern Instruments Co.), que se baseia no desvio da luz após o choque desta com as gotas, sendo que o diâmetro das gotas é inversamente proporcional ao ângulo do desvio sofrido pela luz (FERNANDES et al., 2007).

Os bocais de pulverização foram instalados a 40 cm do feixe de laser de forma estática e posicionados com o intuito de que todo o jato atravessasse o feixe de luz. Para manter a pressão das caldas constante, utilizou-se de ar comprimido controlado com regulador de pressão de precisão, operado manualmente, munido de manômetro analógico calibrado para a função. A decodificação dos dados, segundo o algoritmo elaborado para a caracterização do diâmetro de partículas por

difração de raios laser, foi realizada pelo programa computacional Mastersizer S V.2.19, Malvern Instruments Co.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e em seguida, as médias foram comparadas pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

2.2. Avaliações de depósito, cobertura foliar e controle de *L. coffeella* em campo - Experimento 1

Um primeiro experimento de campo foi realizado no período de abril a maio de 2012, no município de Altinópolis, SP. O cafezal utilizado pertence à fazenda São Luís localizada nas coordenadas 21°0'40.38" S e 47°25'36.54" O, em altitude de aproximadamente 987 metros.

As parcelas experimentais constituíram-se de 20 plantas da variedade Catuaí IAC-99, com aproximadamente 12 anos de idade e altura média de 2,50 metros. Segundo a escala de Camargo e Camargo (2001), a cultura se caracterizava em período vegetativo com bom nível de enfolhamento.

Os tratamentos em volume reduzido foram aplicados num volume de aproximadamente 70 L/ha por meio de um protótipo de um pulverizador versão 2012 (PVR-12) (Figura 3A). Este pulverizador tem como base o modelo Smart 400 UBV da Pulsfog Pulverizadores Ltda, que começou a ser avaliado para o controle de insetos de brotações novas da cultura do citros (SILVA, 2011) e desde então segue em processo de desenvolvimento para outras culturas, como o café (DECARO JUNIOR, 2013).

Para as aplicações utilizaram-se um inseticida (tratamento da fazenda) registrado para cultura (profenofós + lufenuron), marca comercial Curyon 550 CE, na dosagem de 800 mL de produto comercial/ha, com diferentes concentrações de óleo mineral Argenfrut (5, 10, 15 e 20% v/v) na calda. O tipo de bocal pneumático presente nesta versão foi o de jato plano (de acordo com as condições apresentadas pelo fabricante), com disco de 0,6 mm e pressão de 310,26 kPa no tanque de calda pressurizada via CO₂.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com seis tratamentos e quatro repetições. Para efeito de comparação, foram utilizadas duas

testemunhas, uma negativa (sem aplicação) e outra positiva (aplicação via pulverizador convencional de jato transportado - modelo Arbus 400 da Jacto). Neste caso, o volume de aplicação foi de aproximadamente 400 L/ha, com 16 pontas de pulverização hidráulicas modelo JA-2, numa pressão de trabalho de 999,74 kPa (Figura 3B).



Figura 3. Pulverizadores avaliados no experimento 1: protótipo de volume reduzido versão 2012 (A) e convencional Arbus 400 (B).

Para os dois pulverizadores avaliados, o trator utilizado foi Massey Ferguson 275 compacto, com rotação de 1900 RPM no motor e de 540 na tomada de potência.

Para quantificação do depósito de calda sobre as folhas de cafeeiro foi adicionado às caldas fitossanitárias o marcador sulfato de manganês (20 g/L). Devido à utilização da mesma concentração de marcador na calda para todos os tratamentos, foi realizada uma correção matemática em função dos volumes de calda. Assim, os dados de depósito oriundos do menor volume (L/ha) foram multiplicados por um fator de correção (FC), obtido pela seguinte equação: $FC = mav / mev$, em que FC é o fator de correção; mav é o valor do maior volume; e mev é o valor do menor volume, para a comparação das médias de depósito na análise estatística (FERREIRA; LEITE; LASMAR, 2013).

Os dados relacionados às condições meteorológicas durante as aplicações de cada tratamento estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Condições meteorológicas no momento das aplicações do experimento 1 na cultura do café.

Tratamentos*	Aplicações				
	Data	Hora	Temp. ar (°C)	UR ar (%)	Vento (km/h)
1. PVR-12 (5% OM)	26/04/2012	12:40	20,6	89	2,3
2. PVR-12 (10% OM)	26/04/2012	13:12	20,9	88	5,5
3. PVR-12 (15% OM)	26/04/2012	13:45	22,5	80	6,2
4. PVR-12 (20% OM)	26/04/2012	14:15	23,8	73	5,0
5. Arbus 400 (0,5% OM)	27/04/2012	10:30	23,4	57	5,4

*A velocidade do vento foi aferida no interior da cultura. Tratamentos 1, 2, 3 e 4 com volume de aplicação de 70 L/ha e 5 com 400 L/ha.

Nas parcelas, constituídas de cinco linhas de 30 plantas, duas linhas de cada lado foram utilizadas como quebra-ventos e bordaduras, e a linha central representou a área útil. Nesta última, foram utilizadas duas plantas centrais nas quais foram retiradas amostras de folhas para avaliação da calda depositada. As demais plantas restantes da área útil serviram de bordadura.

Após as aplicações dos tratamentos, aguardou-se por aproximadamente 30 minutos e realizou-se a coleta de folhas externas à copa (duas por posição) para avaliação do depósito de gotas. Foram realizadas coletas nos quatro quadrantes superiores (2,50 m de altura) e também nos quatro quadrantes inferiores (0,5 m de altura) (Figura 4). Dessa forma, avaliaram-se 128 folhas por tratamento, sendo duas para cada uma das oito posições, de duas plantas por parcela em quatro repetições.

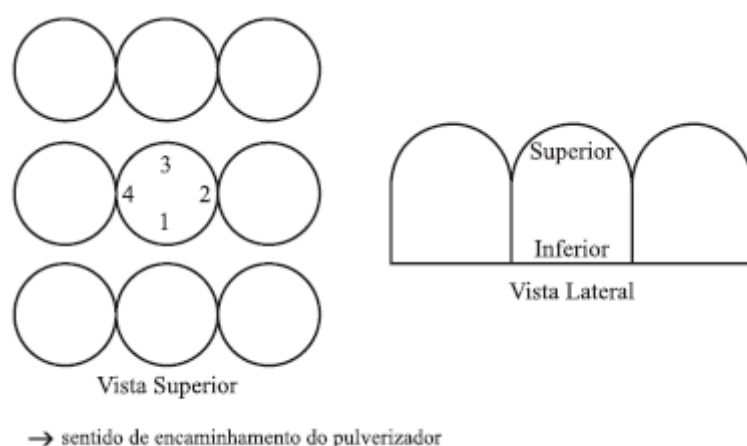


Figura 4. Esquema da distribuição dos pontos de coleta em cada quadrante das plantas de café. Adaptado de Fernandes, Ferreira e Oliveira (2010).

As folhas coletadas foram colocadas em sacos de plástico, devidamente identificados e levadas ao laboratório do NEDTA. De acordo com a metodologia descrita por Oliveira e Machado-Neto (2003), as amostras receberam 100 mL de solução HCl 0,2 N e foram mantidas em repouso por 60 minutos para que ocorresse a dissolução do marcador aplicado. Após este período foi realizada a filtragem do extrato para a quantificação do íon metálico (Mn^{2+}) recuperado. A quantificação foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica e após este processo, as folhas foram lavadas e tiveram suas áreas foliares medidas através do método do integrador eletrônico de superfície (LI-Cor Portable, mod. LI-3000 A), que fornece a área foliar real (AFR), para posterior correlação da quantidade de marcador recuperado em função da área foliar amostrada (μg de marcador/ cm^2).

A porcentagem de cobertura de calda na superfície foliar foi avaliada com o uso de papéis sensíveis (grampeados diretamente sobre as folhas), posicionados em oito pontos da copa de cada planta, em quatro quadrantes e duas alturas, de aproximadamente 0,5 m e 2,5 m em relação ao solo, utilizando os mesmos critérios adotados para a avaliação de depósito, ou seja, a coleta foi realizada após a secagem das folhas. Em seguida os papéis foram retirados, colocados em placas de Petri para mantê-los fora da exposição de umidade e levados ao mesmo laboratório citado anteriormente. Para a análise de imagem foi utilizado o *software* Quant 2002[®] que quantifica a porcentagem de área coberta pelas manchas produzidas pelas gotas. Este método se dá por meio da diferença entre a área total e a área manchada, entretanto não inclui qualquer correção de volume e fator de espalhamento (FERNANDES FILHO et al., 2002).

Os dados obtidos nas avaliações foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Além disso, os dados de cobertura foram transformados em $\text{arc. sen } (x/100)^{1/2}$ e os de depósito em $(x + 0,5)^{1/2}$, para emprego da estatística paramétrica, seguindo o critério da homogeneidade de variâncias.

Para as avaliações de controle do bicho-mineiro (*L. coffeella*) em campo, o alvo almejado foi o inseto-praga em qualquer estágio de desenvolvimento, mas principalmente nas fases de lagartas as quais se alimentam de células do parênquima paliçádico das folhas de cafeeiro (RAMIRO et al., 2004).

Os tratamentos e as formas de aplicação foram semelhantes às descritas anteriormente, uma vez que as avaliações de controle se deram concomitantemente às avaliações de depósito e cobertura nos dois experimentos de campo (Altinópolis 2012 e Ribeirão Corrente 2013).

Nas parcelas, constituídas de cinco linhas de 30 plantas, duas linhas de cada lado foram utilizadas como quebra-ventos e bordaduras, e a linha central foi serviu de área útil. Nesta última, foram utilizadas 20 plantas centrais nas quais foram retiradas amostras de folhas para avaliação de controle do bicho-mineiro. As demais plantas restantes da área útil (cinco de cada extremidade), também serviram de bordadura.

Baseado na metodologia de Matiello (2005), as amostragens de folhas para determinação da incidência do bicho-mineiro em cada parcela foram realizadas no terço mediano das plantas amostradas, tomadas aleatoriamente por meio de caminhamento dentro da parcela útil. Coletaram-se 20 folhas do 3º ou 4º par em todos os lados da planta (norte/sul e leste/oeste), sendo amostrados 80 cafeeiros por tratamento. As folhas foram acondicionadas em sacos de papel identificados e levados ao laboratório (NEDTA) para quantificações.

Avaliaram-se o percentual de folhas minadas, de minas ilesas (sem sinal de saída ou predação das lagartas) e de lagartas mortas, antes das pulverizações (prévias) e aos 7 e 14 dias após as aplicações de cada experimento.

Os dados percentuais foram transformados em $\text{arc.sen} (x/100)^{1/2}$, para emprego da estatística paramétrica (seguindo o critério da homogeneidade de variâncias) e submetidos à análise de variância pelo teste F. Em seguida as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Por fim, com os dados percentuais de lagartas mortas, calcularam-se as eficácias de controle segundo equações de Henderson & Tilton (1955) e Abbott (1925) para os experimentos 1 e 2, respectivamente. Tal discriminação entre os cálculos de eficácia de controle se deu por causa dos valores observados nas avaliações prévias.

2.3. Avaliações de depósito, cobertura foliar e controle de *L. coffeella* em campo - Experimento 2

Um segundo experimento de campo foi realizado no período de agosto a setembro de 2013 no município de Ribeirão Corrente, SP. O cafezal utilizado pertence à fazenda Bela Época Coffees localizada nas coordenadas 20°29'58.90" S e 47°32'52.70" O, em altitude de aproximadamente 900 metros.

As parcelas experimentais constituíram-se de 20 plantas da variedade Mundo Novo IAC 379/19, com aproximadamente 5 anos de idade e altura média de 3,0 metros. Segundo a escala de Camargo e Camargo (2001), a cultura se caracterizava em período vegetativo com bom nível de enfolhamento.

A metodologia empregada neste segundo experimento foi semelhante ao primeiro, salvo algumas modificações que foram realizadas na configuração do pulverizador protótipo de volume reduzido.

Os tratamentos em volume reduzido foram aplicados num volume de aproximadamente 100 L/ha por meio do protótipo de um pulverizador versão 2013 (PVR-13) (Figura 5A), utilizando uma mistura de dois inseticidas (tratamento da fazenda) registrados para a cultura (lambda-cialotrina) marca comercial Karate Zeon 50 SC na dosagem de 100 mL de produto comercial/ha + (chlorantraniliprole) marca comercial Altacor na dosagem de 90 g de produto comercial/ha, com diferentes concentrações de óleo mineral Argenfrut[®] (5, 10, 15 e 20%) na calda.

O tipo de bocal pneumático presente nesta versão foi o efervescente (de acordo com as condições apresentadas pelo fabricante) e a pressão de ar do compressor ajustada para a vazão proposta foi de 58,84 kPa.

O delineamento utilizado foi igual ao citado anteriormente, entretanto, o pulverizador convencional utilizado foi um Arbus 2000 da Jacto[®], com volume de aplicação de aproximadamente 400L/ha, com 22 pontas de pulverização hidráulicas modelo JA-2, numa pressão de trabalho de 413,69 kPa, sem utilizar o ramal auxiliar " T " (Figura 5B).



Figura 5. Pulverizadores avaliados no experimento 2: protótipo de volume reduzido versão 2013 (A) e convencional Arbus 2000 (B).

Para os dois pulverizadores avaliados, o trator utilizado foi Yanmar 1155 compacto, com rotação de 2000 RPM no motor e de 540 na tomada de potência.

Os dados relacionados às condições climáticas durante as aplicações dos tratamentos estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Condições meteorológicas no momento das aplicações do experimento 2 na cultura do café.

Tratamentos*	Aplicações				
	Data	Hora	Temp. ar (°C)	UR ar (%)	Vento (km/h)
1. PVR-13 (5% OM)	15/08/2013	13:45	21,9	37	1 a 2
2. PVR-13 (10% OM)	15/08/2013	14:35	22,0	37	1 a 2
3. PVR-13 (15% OM)	14/08/2013	17:00	21,1	68	1 a 2
4. PVR-13 (20% OM)	14/08/2013	17:40	18,1	75	1 a 2
5. Arbus 2000 (0,5% OM)	14/08/2013	11:00	23,3	55	1 a 2

*A velocidade do vento foi aferida no interior da cultura. Tratamentos 1, 2, 3 e 4 com volume de aplicação de 100 L/ha e 5 com 400 L/ha.

A partir disso, toda metodologia das avaliações de depósito, cobertura e controle foram iguais às citadas anteriormente, bem como as análises estatísticas.

2.4. Avaliação de controle de *L. coffeella* em laboratório

Para validação das aplicações de campo, um experimento de laboratório (NEDTA), foi realizado a partir de folhas infestadas com minas ilesas de bicho-

mineiro, considerando apenas as caldas e os volumes avaliados no experimento de campo 2, devido aos melhores resultados obtidos.

Realizaram-se pulverizações por meio de torre de Potter, calibrada na pressão de 34,47 kPa, propiciando aplicações equivalentes aos volumes avaliados no campo (100 L/ha - UBV e 400 L/ha - convencional). As caldas inseticidas avaliadas foram à base de lambda-cialotrina + chlorantraniliprole, nas dosagens de 100 mL + 90 g de produto comercial/ha, com diferentes concentrações de óleo mineral (5, 10, 15, 20 e 0,5%), conforme descrito anteriormente.

Após as aplicações, as folhas foram deixadas sobre placas de Petri para secar e em seguida, foram acondicionadas em câmara climatizada com temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de 70 ± 10 % e fotoperíodo de 12 horas (Figura 6).



Figura 6. Aplicação dos tratamentos e acondicionamento das minas em condições controladas.

Passadas 24 horas, as minas foram abertas para a contagem de lagartas vivas e mortas. O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso, com 4 repetições por tratamento, sendo considerada como parcela uma placa com cinco minas. Os dados foram analisados conforme item 2.3.

3. Resultados e Discussão

3.1. Avaliação do tamanho de gotas

Para as duas pressões de ar (29,42 e 39,23 kPa) observa-se que todas as caldas avaliadas com o bocal efervescente apresentaram os maiores valores de DMV com médias de 110,80 e 74,69 μm , respectivamente. Além disso, o espectro de gotas mostrou-se uniforme (COEF), o que também é interessante para a qualidade da aplicação. Os demais bocais avaliados (jato plano, jato cônico e modelo AT-1000) proporcionaram valores significativamente inferiores de DMV para essas pressões de trabalho.

Tabela 3. Diâmetro (DMV μm) e uniformidade (COEF) de gotas a partir de diferentes tipos de bocais pneumáticos, pressões de ar e concentrações de óleo mineral nas caldas fitossanitárias.

Tratamentos	DMV (μm)				COEF			
	29,42 [†]				29,42			
	jato plano	jato cônico	AT-1000	efervescente	jato plano	jato cônico	AT-1000	efervescente
1. Água	35,41 Ba	23,85 Ca	22,52 Ca	103,64 Ad	3,94 Ac	1,31 Ca	1,24 Ca	2,07 Ba
2. OM 5%	27,85 Bbc	23,77 Ca	22,74 Ca	108,14 Ac	4,54 Ab	1,31 Ca	1,23 Ca	2,00 Ba
3. OM 10%	28,75 Bb	23,66 Ca	22,62 Ca	109,63 Ac	5,38 Aa	1,32 Ca	1,22 Ca	2,08 Ba
4. OM 15%	28,55 Bbc	24,28 Ca	22,87 Ca	118,33 Aa	5,39 Aa	1,32 Ca	1,23 Ca	2,20 Ba
5. OM 20%	25,96 Bc	23,28 Ca	22,58 Ca	114,24 Ab	3,66 Ad	1,33 Ca	1,23 Ca	2,26 Ba
Média	29,30	23,77	22,67	110,80	4,58	1,32	1,23	2,12
CV (%)	3,55				4,56			
Tratamentos	DMV (μm)				COEF			
	39,23				39,23			
	jato plano	jato cônico	AT-1000	efervescente	jato plano	jato cônico	AT-1000	efervescente
1. Água	23,81 Ba	18,03 Ca	18,48 Cb	75,46 Aab	3,94 Ab	1,16 Ca	1,12 Ca	2,07 Ba
2. OM 5%	20,29 Bb	18,04 Ca	18,74 BCb	76,57 Aa	4,03 Ab	1,16 Ca	1,12 Ca	1,94 Ba
3. OM 10%	21,63 Bb	18,04 Ca	21,25 Ba	70,29 Ac	5,28 Aa	1,15 Ca	1,10 Ca	1,97 Ba
4. OM 15%	21,25 Bb	18,50 Ca	18,60 Cb	74,62 Ab	5,40 Aa	1,20 Ca	1,12 Ca	1,91 Ba
5. OM 20%	19,92 Bb	18,06 Ca	18,54 BCb	76,51 Aa	3,49 Ac	1,17 Ca	1,12 Ca	1,94 Ba
Média	21,38	18,13	19,12	74,69	4,43	1,17	1,12	1,97
CV (%)	3,50				4,65			

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não se diferem significativamente pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). [†] Valores de pressão do ar (kPa) gerada pelo compressor do pulverizador. OM: óleo mineral Argenfrut®.

Como esperado, a maior pressão de ar (39,23 kPa) proporcionou gotas de menor DMV em todos os bocais, contudo, manteve a discriminação entre os tipos de bocais. Na Figura 7 são apresentadas as médias de DMV e COEF apenas para a pressão de 39,23 kPa, evidenciando a diferença significativa entre os tipos de bocais pneumáticos avaliados.

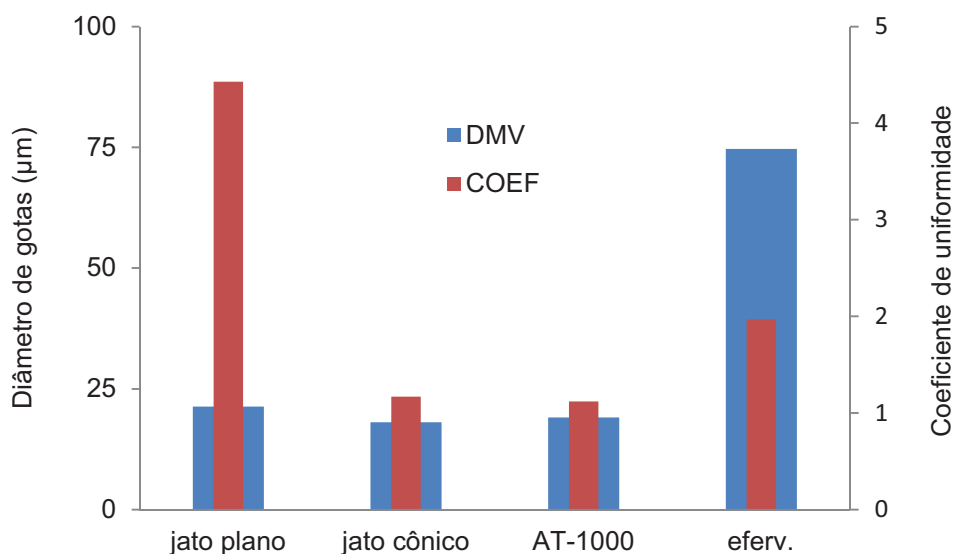


Figura 7. Diâmetro (DMV μm) e uniformidade (COEF) de gotas para os diferentes tipos de bocais pneumáticos na pressão de ar de 39,23 kPa.

O DMV e o COEF devem ser analisados conjuntamente para uma melhor caracterização da pulverização. Isoladamente, o DMV fornece um valor de referência, sem indicar a dispersão dos dados em torno desse valor, enquanto que o COEF indica a homogeneidade do espectro de gotas (CUNHA; BUENO; FERREIRA, 2010). Dessa forma, além de avaliar os efeitos dos adjuvantes e de outros fatores que influenciam o tamanho das gotas, é importante avaliar também seu efeito na uniformidade destas.

Portanto, em função do tamanho e uniformidade de gotas, o bocal pneumático do tipo efervescente na pressão de ar de 39,23 kPa apresentou as melhores condições de utilização no pulverizador protótipo de volume reduzido para cultura do café, uma vez que se buscava um DMV mais próximo de 100 μm , ou seja, com gotas maiores capazes de promoverem uma melhor deposição sobre as folhas.

3.2. Avaliações de depósito, cobertura foliar e controle de *L. coffeella* em campo - Experimento 1

Os resultados de deposição do marcador sobre as folhas de cafeeiro em diferentes pontos da copa (4 quadrantes superiores e 4 inferiores), demonstram que

o pulverizador PVR-12, em média, proporcionou depósitos inferiores ao pulverizador convencional Arbus 400 (Tabela 4).

Tabela 4. Médias de depósitos ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) em folhas de cada quadrante das partes superior e inferior na cultura do café após aplicações com os pulverizadores de volume reduzido versão 2012 e convencional.

Tratamentos	Depósito em folhas de cafeeiro ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)								Média dos quadrantes
	Sup. I		Sup. II		Sup. III		Sup. IV		
1. PVR-12 (5% OM*)	2,00	Ab	0,34	Ba	0,91	ABb	0,63	ABa	0,97 b
2. PVR-12 (10% OM)	2,74	ABab	1,37	BCa	3,71	Aa	0,80	Ca	2,16 ab
3. PVR-12 (15% OM)	4,06	Aab	0,80	Ba	1,14	Bab	0,69	Ba	1,67 ab
4. PVR-12 (20% OM)	4,46	Aa	1,09	Ba	2,17	ABab	0,57	Ba	2,07 ab
5. Arbus 400 (0,5% OM)	4,86	Aa	1,42	Ba	3,44	Aa	0,70	Ba	2,61 a
CV (%) [†]	21,94								14,45

Tratamentos	Depósito em folhas de cafeeiro ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)								Média dos quadrantes
	Inf. I		Inf. II		Inf. III		Inf. IV		
1. PVR-12 (5% OM*)	2,06	Ab	0,23	Ba	2,23	Ab	0,29	Ba	1,20 c
2. PVR-12 (10% OM)	3,09	Ab	0,80	Ba	3,71	Aab	0,74	Ba	2,09 b
3. PVR-12 (15% OM)	3,14	Ab	0,69	Ba	3,14	Aab	0,74	Ba	1,93 bc
4. PVR-12 (20% OM)	3,26	Aab	0,74	Ba	4,80	Aab	0,74	Ba	2,39 b
5. Arbus 400 (0,5% OM)	6,24	Aa	1,40	Ba	5,42	Aa	1,38	Ba	3,61 a
CV (%) [†]	22,72								7,76

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não se diferem significativamente pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). *OM: óleo mineral Argenfrut[®]. [†]Dados transformados em $(x + 0,5)^{1/2}$.

Observa-se ainda, que nos quadrantes II e IV (pontos internos à copa), as médias de depósito em todos os tratamentos foram inferiores aos quadrantes I e III (pontos externos à copa), o que já era esperado em virtude do volume de calda aplicado (70 L/ha) e também da baixa energia cinética das gotas produzidas por essa versão do pulverizador protótipo de volume reduzido.

Além disso, outro fator que pode ter contribuído negativamente para a qualidade das aplicações foi a evaporação dessas gotas, principalmente para as concentrações menores de óleo mineral, mesmo em condições meteorológicas aceitáveis (Tabela 1). Este fato também foi comprovado por Matthews (2000), sendo que numa condição ótima de temperatura de 20°C e umidade relativa do ar de 80%, uma gota de 50 μm de diâmetro dura cerca de 14 segundos e consegue percorrer 0,5 metro de distância, enquanto que numa condição adversa (30°C e 50%), o

tempo de duração desse mesmo tamanho de gota seria de 4 segundos e a distância percorrida seria de apenas 0,15 metro.

Nesta versão do pulverizador de volume reduzido (PVR-12), os bocais utilizados foram do tipo jato plano, os quais proporcionaram gotas muito finas, com DMV inferior a 25 μm e baixa uniformidade no espectro de gotas (Tabela 3 e Figura 6).

A porcentagem de cobertura no terço superior das plantas de café pelas caldas pulverizadas apresentou diferenças significativas entre os tratamentos principalmente nos quadrantes I e III, sendo que o tratamento representado pelo pulverizador Arbus 400 a 0,5% de óleo mineral, apresentou os maiores valores, seguido do tratamento PVR-12 a 20% de óleo mineral (Figura 8). É importante notar que ambos os pulverizadores avaliados apresentaram dificuldades em atingir o terço superior das plantas de café, uma vez que os percentuais de cobertura não ultrapassaram sequer 40% (Figura 8).

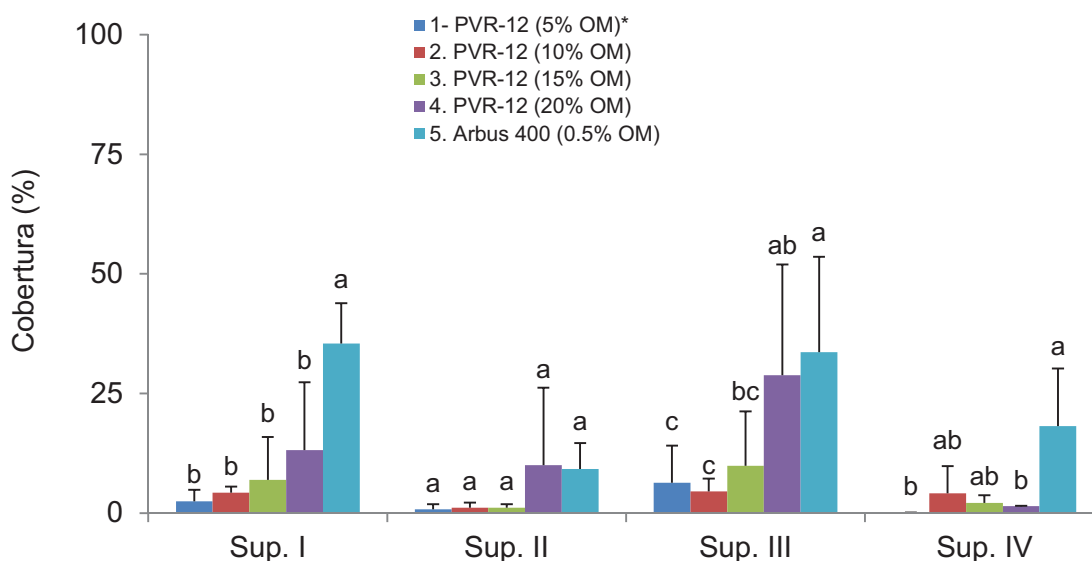


Figura 8. Médias de cobertura (%) do experimento 1 sobre papel sensível em cada quadrante da parte superior do cafeeiro. Médias seguidas de letras iguais para cada quadrante não se diferem significativamente pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); CV = 5,60%. *OM: óleo mineral Argenfrut[®]. Dados transformados em $\text{arc.sen}(x/100)^{1/2}$.

Ferreira, Leite e Lasmar (2013) ao avaliarem a cobertura de gotas de pulverização sobre plantas de café bem como o seu depósito utilizando um

pulverizador com e sem adaptação de um ramal auxiliar para plantas altas evidenciaram a dificuldade de se atingir o terço superior das plantas, corroborando com o presente estudo.

Em relação ao terço inferior das plantas de café, houve diferenças significativas em todos os quadrantes, entretanto, apenas a favor do tratamento Arbus 400 a 0,5% de óleo mineral, cujas médias alcançaram valores de 80% nos quadrantes I e III e 50% nos quadrantes II e IV (Figura 9).

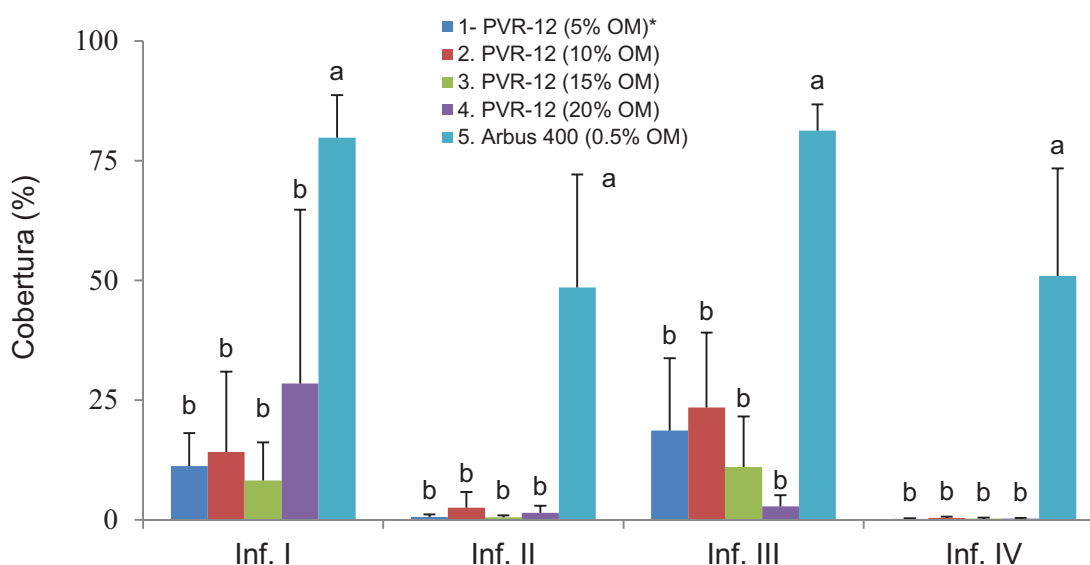


Figura 9. Médias de cobertura (%) do experimento 1 sobre papel sensível em cada quadrante da parte inferior do cafeeiro. Médias seguidas de letras iguais para cada quadrante não se diferem significativamente pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); CV = 6,01%. *OM: óleo mineral Argenfrut®. Dados transformados em $\text{arc.sen}(x/100)^{1/2}$.

Estes valores baixos, verificados nas avaliações de depósito e cobertura sobre as plantas de café, principalmente em relação ao pulverizador PVR-12, impactaram negativamente os resultados de controle do inseto alvo, que não foi satisfatório em nenhum dos parâmetros de controle avaliados (Tabela 5).

Tabela 5. Percentuais médios de folhas minadas, minas ilesas, lagartas mortas e eficácia de controle do bicho-mineiro (*L. coffeella*) no experimento 1, antes e após controle químico na cultura do café.

Tratamentos	Folhas minadas (%)			Minas ilesas (%)		
	Prévia	7 DAA	14 DAA	Prévia	7 DAA	14 DAA
1. PVR-12 (5% OM)*	32,00 a	42,00 a	33,00 ab	38,75 a	55,02 a	38,73 a
2. PVR-12 (10% OM)	23,00 a	25,00 a	16,00 b	50,83 a	43,68 a	36,11 a
3. PVR-12 (15% OM)	29,00 a	22,00 a	21,00 b	47,31 a	83,38 a	74,79 a
4. PVR-12 (20% OM)	28,00 a	28,00 a	20,00 b	56,71 a	53,94 a	55,53 a
5. Arbus 400 (0,5% OM)	26,00 a	25,00 a	21,00 b	39,72 a	44,58 a	53,96 a
6. Testemunha	36,00 a	24,00 a	48,00 a	52,13 a	84,23 a	58,73 a
CV (%)	25,53			21,80		

Tratamentos	Lagartas mortas (%)			E (%) p/ lagartas mortas	
	Prévia	7 DAA	14 DAA	7 DAA	14 DAA
1. PVR-12 (5% OM)*	53,02 a	50,76 ab	78,41 a	0,00	0,00
2. PVR-12 (10% OM)	75,00 a	79,16 a	50,00 a	0,00	0,00
3. PVR-12 (15% OM)	63,79 a	71,68 ab	88,10 a	0,00	0,00
4. PVR-12 (20% OM)	49,04 a	63,74 ab	78,33 a	0,00	0,00
5. Arbus 400 (0,5% OM)	45,83 a	64,44 ab	100,00 a	0,00	0,00
6. Testemunha	79,17 a	13,74 b	34,47 a	---	---
CV (%)	31,82				

Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); CV (%): coeficiente de variação. *OM: óleo mineral Argenfrut[®]; tratamentos de 1 a 5 continham o inseticida (profenofós + lufenuron) na dosagem recomendada pelo fabricante. [†]Dados transformados em $\text{arc. sen } (x/100)^{1/2}$. E (%): eficácia de controle segundo Henderson & Tilton (1955).

3.3. Avaliações de depósito, cobertura foliar e controle de *L. coffeella* em campo - Experimento 2

Para o depósito de calda na parte superior da copa das plantas de café, houve diferença significativa no primeiro e segundo quadrantes, e no depósito médio dos quadrantes (Tabela 6). No primeiro quadrante, houve maior depósito proporcionado pelo pulverizador PVR-13 com 100 L de calda/ha, não diferindo entre as concentrações de óleo mineral (5, 10, 15 e 20%). Entretanto, os valores foram maiores em relação ao pulverizador Arbus 2000, calibrado para um volume de 400 L/ha e 0,5% de óleo mineral na calda conforme comumente utilizado na fazenda cedente da área.

No terço inferior, os resultados de depósito foram melhores, principalmente nos quadrantes I e III (posições externas da copa), e no depósito médio dos quadrantes, sobretudo para o pulverizador PVR-13, não diferindo novamente em

função das diferentes concentrações de óleo mineral na calda, mas sendo significativamente maiores quando comparados ao pulverizador convencional Arbus 2000 (Tabela 6).

Tabela 6. Médias de depósitos ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) em folhas de cada quadrante das partes superior e inferior na cultura do café após aplicações com os pulverizadores de volume reduzido versão 2013 e convencional.

Tratamentos	Depósito em folhas de cafeeiro ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)								Média dos quadrantes
	Sup. I		Sup. II		Sup. III		Sup. IV		
1. PVR-13 (5% OM)*	24,49	Aa	9,97	ABab	19,12	ABa	9,22	Ba	15,70 a
2. PVR-13 (10% OM)	30,02	Aa	12,27	Aab	17,30	Aa	13,08	Aa	18,17 a
3. PVR-13 (15% OM)	20,39	Aa	19,34	Aa	8,49	Aa	16,18	Aa	16,10 a
4. PVR-13 (20% OM)	20,86	Aa	14,83	Aab	6,82	Aa	12,29	Aa	13,70 a
5. Arbus 2000 (0,5% OM)	2,14	Ab	3,37	Ab	3,62	Aa	3,52	Aa	3,16 b
CV (%) [†]	32,14								18,34

Tratamentos	Depósito em folhas de cafeeiro ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)								Média dos quadrantes
	Inf. I		Inf. II		Inf. III		Inf. IV		
1. PVR-13 (5% OM)*	44,66	Aa	7,08	Ba	32,45	Aa	10,57	Ba	23,69 a
2. PVR-13 (10% OM)	38,17	Aa	11,52	Ba	39,07	Aa	10,70	Ba	24,87 a
3. PVR-13 (15% OM)	38,24	Aa	17,63	Ba	31,72	ABa	14,91	Ba	25,62 a
4. PVR-13 (20% OM)	36,94	Aa	11,11	Ba	25,79	ABa	10,09	Ba	20,98 a
5. Arbus 2000 (0,5% OM)	5,14	Ab	4,62	Aa	5,86	Ab	4,20	Aa	4,95 b
CV (%) [†]	24,67								16,84

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não se diferem significativamente pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). *OM: óleo mineral Argenfrut®. †Dados transformados em $(x + 0,5)/2$.

Assim como no presente estudo, diversos autores verificaram que no terço inferior das culturas arbóreas, é mais fácil conseguir boas quantidades de calda depositada devido a maior exposição desta parte das plantas aos bicos dos equipamentos (SCUDELER et al., 2004; FERNANDES; FERREIRA; OLIVEIRA, 2010; RAMOS et al., 2007). A distribuição de calda sobre as plantas deve ser a mais homogênea possível, contribuindo para uma eficiência de controle satisfatória.

Em relação à cobertura foliar, no terço superior das plantas de café, só foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos no primeiro quadrante, sendo que o tratamento representado pelo pulverizador PVR-13 com 15% de óleo mineral na calda proporcionou o maior percentual de cobertura das folhas (Figura 10). Nos demais quadrantes, não foram observadas diferenças entre as caldas nem entre os pulverizadores.

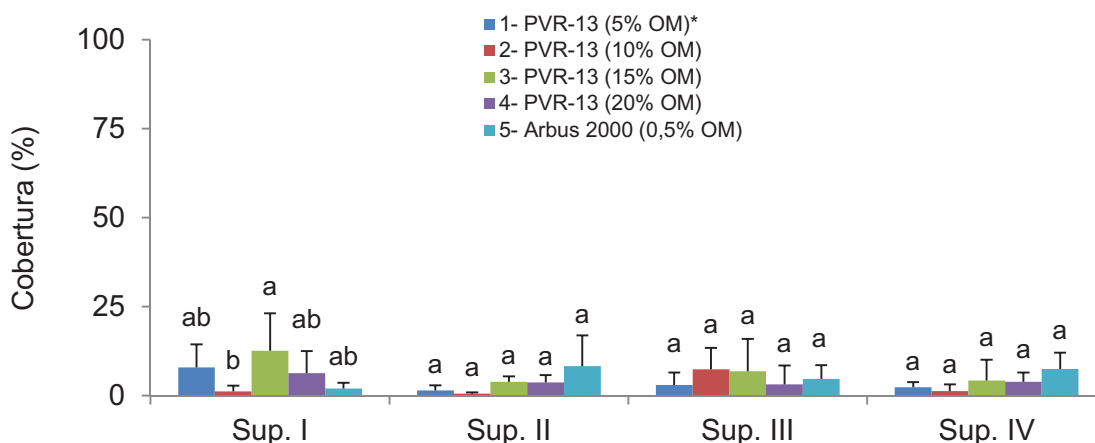


Figura 10. Médias de cobertura (%) do experimento 2 sobre papel sensível em cada quadrante da parte superior do cafeeiro. Médias seguidas de letras iguais para cada quadrante não se diferem significativamente pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); CV = 7,57%. *OM: óleo mineral Argenfrut[®]. Dados transformados em $\text{arc. sen } (x/100)^{1/2}$.

No terço inferior, a exemplo do verificado na avaliação de depósito, observaram-se maiores médias nos quadrantes I e III (Figura 11). No terceiro quadrante, apenas o tratamento representado pelo pulverizador Arbus 2000 na concentração de 0,5% mostrou-se superior aos demais, provavelmente devido às características do próprio equipamento como tamanho de gotas geradas por pontas de pulverização hidráulicas, número de bicos e distância dos bicos em relação à copa das plantas, além do maior volume aplicado (400 L/ha).

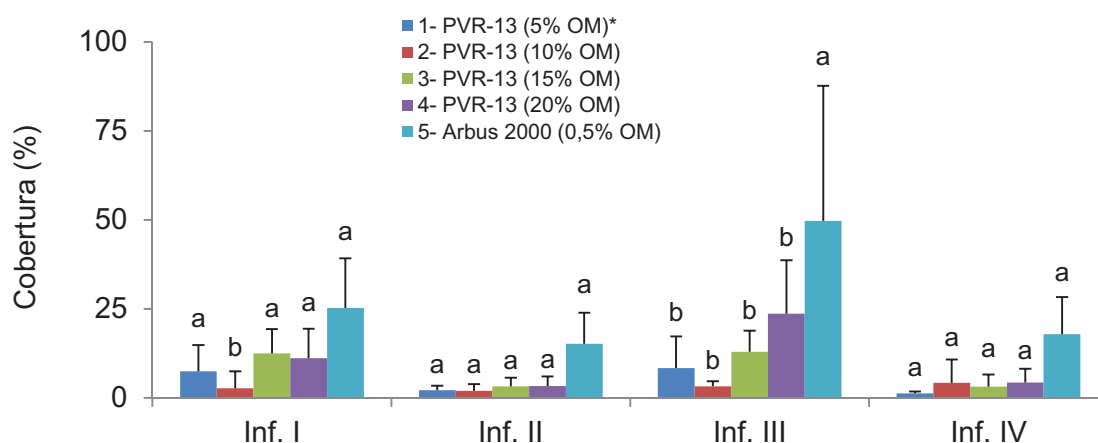


Figura 11. Médias de cobertura (%) do experimento 2 sobre papel sensível em cada quadrante da parte inferior do cafeeiro. Médias seguidas de letras iguais para cada quadrante não se diferem significativamente pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); CV = 24,67%. *OM: óleo mineral Argenfrut[®]. Dados transformados em $\text{arc. sen } (x/100)^{1/2}$.

Os espectros de gotas sobre papéis sensíveis gerados pelos pulverizadores de volume reduzido (PVR-13) e convencional de jato transportado (Arbus 2000) podem ser observados na Figura 12.

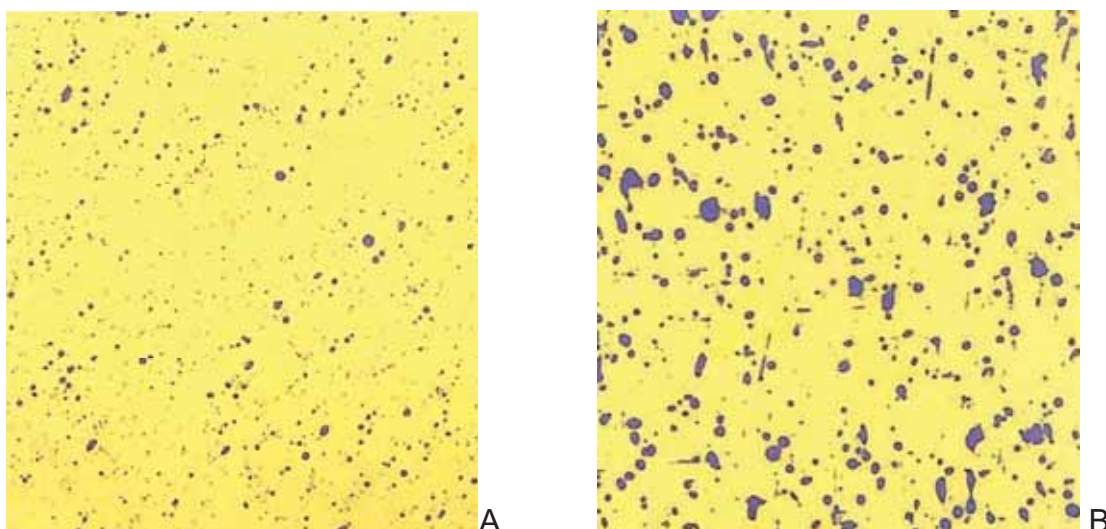


Figura 12. Espectro de gotas sobre papel sensível, das aplicações com o protótipo de um pulverizador de volume reduzido - versão 2013 (A) e pulverizador convencional (B).

Para a porcentagem de folhas minadas, todos os tratamentos demonstraram discriminação em relação à testemunha, principalmente na amostragem aos 14 dias após aplicação (DAA), não diferindo entre si (Tabela 7).

Este padrão, embora aos 7 e 14 DAA, também pode ser observado quanto a porcentagem de lagartas mortas, ou seja, os tratamentos tanto em volume reduzido quanto em sistema convencional proporcionaram percentuais de mortalidade estatisticamente semelhantes, inclusive com eficácias de controle mais representativas quando comparado à versão anterior (PVR-12) (Tabela 7).

Tabela 7. Percentuais médios de folhas minadas, minas ilesas e lagartas mortas do bicho-mineiro (*L. coffeella*) no experimento 2, antes e após controle químico na cultura do café.

Tratamentos	Folhas minadas (%)			Minas ilesas (%)		
	Prévia	7 DAA	14 DAA	Prévia	7 DAA	14 DAA
1. PVR-13 (5% OM)*	65,00 b	83,75 ab	47,50 b	20,08 a	27,79 a	74,84 a
2. PVR-13 (10% OM)	80,00 ab	67,50 b	40,00 b	16,40 a	31,72 a	57,42 a
3. PVR-13 (15% OM)	72,50 ab	90,00 ab	48,75 b	13,11 a	30,54 a	58,92 a
4. PVR-13 (20% OM)	67,50 ab	80,00 ab	40,00 b	15,09 a	35,57 a	70,46 a
5. Arbus 2000 (0,5% OM)	91,25 a	78,75 ab	41,25 b	15,28 a	32,50 a	60,06 a
6. Testemunha	73,75 ab	93,75 a	93,75 a	23,28 a	42,21 a	80,65 a
CV (%)	11,64			24,95		

Tratamentos	Lagartas mortas (%)			E (%) p/ lagartas mortas	
	Prévia	7 DAA	14 DAA	7 DAA	14 DAA
1. PVR-13 (5% OM)*	0,00 a	77,50 ab	73,96 a	76,38	66,98
2. PVR-13 (10% OM)	0,00 a	52,86 abc	82,37 a	50,52	77,65
3. PVR-13 (15% OM)	0,00 a	86,10 a	75,74 a	85,41	69,24
4. PVR-13 (20% OM)	0,00 a	35,02 bc	52,68 ab	31,79	40,00
5. Arbus 2000 (0,5% OM)	0,00 a	64,87 ab	70,83 a	63,13	63,02
6. Testemunha	0,00 a	4,73 d	21,13 b	---	---
CV (%)	34,12				

Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); CV (%): coeficiente de variação. *OM: óleo mineral Argenfrut®; tratamentos de 1 a 5 continham o inseticida (lambda-cialotrina + chlorantraniliprole) na dosagem recomendada pelo fabricante. NS: não significativo. ¹Dados transformados em $\text{arc. sen}(x/100)^{1/2}$. E (%): eficácia de controle segundo Abbott (1925).

Miranda et al. (2012), também em estudo comparativo de pulverizadores pneumático e hidráulico em diferentes volumes sobre plantas de café, verificaram que as aplicações com pulverizador hidráulico proporcionaram maiores depósitos na parte inferior, e além disso, a aplicação com pulverizador pneumático foi mais homogênea, contribuindo para uma melhor qualidade da aplicação.

Em pulverizadores para as culturas arbóreas, qualquer configuração que mantém uma distância mínima eficaz entre cada um dos bocais e respectivo alvo melhora a uniformidade de depósito e reduz deriva. Além disso, a utilização de dutos (torres e lanças verticais ou horizontais) está crescendo em popularidade entre os fabricantes, especialmente em relação à busca de melhores taxas de deposição na zona de proteção, contribuindo para a melhoria da qualidade da pulverização e redução dos resíduos (DEVEAU, 2009).

Portanto, em se tratando dos tipos de equipamentos avaliados, percebe-se que o pulverizador PVR-13 apresentou melhores condições de utilização quando

comparado à versão 2012, tanto pelo aumento de volume de calda (de 70 L/ha para 100 L/ha), quanto pelas modificações incorporadas pelo fabricante, em especial o tipo de bocal pneumático (efervescente), capaz de produzir gotas com tamanho maior e de boa uniformidade.

Além disso, o pulverizador PVR-13 (100 L/ha) apresentou resultados de depósito e controle do inseto alvo no mínimo semelhantes ao pulverizador convencional de volume alto (400 L/ha), mesmo em condições meteorológicas desfavoráveis (Tabela 2).

3.4. Avaliação de controle de *L. coffeella* em laboratório

Os resultados do experimento de controle do bicho-mineiro em laboratório, a partir das mesmas condições adotadas no experimento de campo 2, com as caldas e volumes de aplicação utilizados no pulverizador PVR-13 e Arbus 2000 são apresentados na Figura 13.

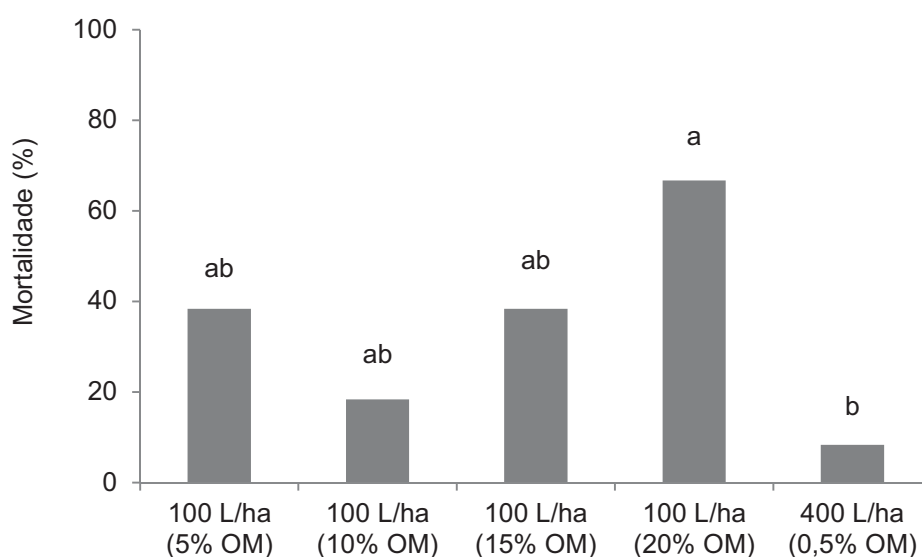


Figura 13. Percentuais médios de lagartas mortas do bicho-mineiro (*L. coffeella*), 24 horas após aplicações em laboratório. Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); CV = 31,77%.

Nota-se que houve diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que o volume equivalente a 100L/ha na concentração de 20% de óleo mineral

proporcionou o maior percentual de lagartas mortas em 24 horas, seguido dos demais tratamentos de mesmo volume, porém em diferentes concentrações de óleo mineral (Figura 13). Além disso, o tratamento representado pelo volume equivalente a 400 L/ha na concentração de 0,5% de óleo mineral apresentou baixo percentual de mortalidade de lagartas ao tempo de 24 horas.

Os resultados de mortalidade do bicho-mineiro em laboratório, principalmente para o tratamento equivalente ao maior volume de calda inseticida (400 L/ha com 0,5% de óleo mineral), não se mostraram semelhantes aos observados em campo, onde o controle foi significativo (altos percentuais de mortalidade). Provavelmente, isto ocorreu devido à diferença entre os tempos de avaliação, ou seja, enquanto no campo a primeira avaliação se deu aos 7 dias após aplicação, em laboratório, a avaliação ocorreu após 24 horas da aplicação. Ressalta-se, que esse tempo de 24 horas foi o tempo considerado viável (de acordo com a viabilidade da testemunha), para avaliação das minas do bicho-mineiro nas folhas.

Assim, o inseticida chlorantraniliprole do grupo químico antranilamida, que atua na ativação do receptor da rianodina via regulação da liberação de cálcio no retículo sarcoplasmático de células musculares, afetando a contração muscular dos insetos necessita de um período de até 72 horas para causar mortalidade (SATELLE; CORDOVA; CHEEK, 2008).

4. Conclusões

A aplicação em volume reduzido, proporcionada pelo protótipo de um pulverizador com bocais pneumáticos do tipo efervescente comparada ao turbo-pulverizador tradicional, apresenta adequadas condições de uso, principalmente em relação ao depósito de calda e controle de *L. coffeella*.

5. Referências

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

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.

CENTRO BRASILEIRO DE BIOAERONÁUTICA - (CBB). **Manual BVO terrestre**. Disponível em: <http://www.bioaeronautica.com.br>. Acesso em 27/04/11.

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

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. Dissertação de mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2013.

DEVEAU, J. **Six elements of effective spraying in orchards and vineyards**. Ontário: Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2009. (Factsheet Order, 09-39).

FERNANDES, A. P.; FERREIRA, M. C.; OLIVEIRA, C. A. L. Eficiência de diferentes ramais de pulverização e volumes de calda no controle de *Brevipalpus phoenicis* na cultura do café. **Revista Brasileira de Entomologia** 54(1): 130-135, março 2010.

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. 728-33, 2007.

FERNANDES FILHO, E. I.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L.; LIBERATO, J. R. 2002. Software **QUANT v.1.0.0.22 - Quantificação de Doenças de Plantas**. Universidade Federal de Viçosa, CD-ROM.

FERREIRA, M. E. C. **Atomização efervescente na combustão de óleos usados**. 2008. 222p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica - Energia dos fluidos) – Universidade do Minho, Guimarães, Portugal, 2008.

FERREIRA, M. C.; LEITE, G. J.; LASMAR, O. Cobertura e depósito de calda fitossanitária em plantas de café pulverizadas com equipamento original e adaptado para plantas altas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, Supplement 1, p. 1539-1548, Nov. 2013.

LEFEBVRE, A. H.; WANG, X. F.; MARTYIN, C. A. Spray Characteristics of Aerated-Liquid Pressure Atomizers, **J. Propulsion**, vol. 4, n.º 4, 1988.

LOFGREN, C. S. Ultra low volume applications of concentrated insecticides in medical and veterinary entomology. **Annual Review of Entomology**, n.15, p.321-342, 1970.

MATIELLO, J. B. 2005. **Cultura do café no Brasil, Novo Manual de Recomendações**. MAPA/PROCAFÉ e Fundação Procafé, 434 p.

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

MIRANDA, G. R. B.; RAETANO, C. G.; SILVA, V. C.; CUNHA, M. D. Q.; CARVALHO, R. H.; PINHEIRO, J. M.; GONÇALVES, M. P.; REINATO, C. H. R.; PAIVA, L. C.; ARAÚJO, D. Avaliação dos depósitos da pulverização em frutos de cafeeiro utilizando dois equipamentos associados a diferentes volumes de calda. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 4, n. 1, p. 15-20, abr. 2012.

OLIVEIRA, M. L.; MACHADO-NETO, J. G. Use of tracer in the determination of respiratory exposure and relative importance of exposure routes in safety of pesticide applicators in citrus orchards. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, Florida, v.70, n.3, p.415-21, 2003.

PIMENTEL, D. **Encyclopedia of pest management**. New York, M. Dekker, 2007, 784p.

RAMIRO, D. A.; GUERREIRO-FILHO, O.; QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; MATTHIESEN, S. C. Caracterização anatômica de folhas de cafeeiros resistentes e suscetíveis ao bicho-mineiro. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.3, p.363-372, dez. 2004.

RAMOS, H. H.; YANAI, K.; CORRÊA, I. M.; BASSANEZI, R. B.; GARCIA, L. C. Características da pulverização em citros em função do volume de calda aplicado com turbopulverizador. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n. especial, p.56-65, 2007.

SCUDELER, F.; RAETANO, C. G.; ARAÚJO, D.; BAUER, F. C. Cobertura da pulverização e maturação de frutos do cafeeiro com ethephon em diferentes condições operacionais. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.1, p.129-139, 2004.

SHARMA, H. C. **Biotechnological approaches for pest management and ecological sustainability**. Florida, CRC Press, 2008, 546p.

SILVA, J. L. Avaliação de pulverizador tratorizado em volume ultra baixo (UBV) para controle de insetos de brotações novas, na cultura dos citros. 2011. Dissertação de mestrado em Agronomia (Entomologia Agrícola) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2011.

SATELLE, D. B.; CORDOVA, D.; CHEEK, T. R. Insect ryanodine receptors: molecular targets for novel pest control chemical. **Invertebrate Neuroscience**, v.8, n.3, p.107-119, 2008.

Capítulo 4 - Método proposto para caracterização de deriva de caldas fitossanitárias aplicadas com volume reduzido na cultura do café

Resumo - O objetivo deste trabalho foi propor e avaliar um método de caracterização de deriva em aplicações fitossanitárias com diferentes concentrações de óleo mineral na cultura do café com um protótipo de pulverizador para volume reduzido. Testes preliminares de recuperação e análises laboratoriais foram realizados em estrutura do Núcleo de Estudo e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação, do Departamento de Fitossanidade do Câmpus de Jaboticabal, SP – FCAV/UNESP. Em campo, utilizou-se um talhão de 6,23 ha com a cultura do café, cultivar Mundo Novo IAC 379/19, com sete anos de idade e espaçamento de 3,5 x 0,65 m, localizado no município de Ribeirão Corrente, SP. As concentrações de óleo mineral avaliadas foram 5, 10, 15 e 20% (v/v) aplicadas por um protótipo de um pulverizador para volume reduzido calibrado para 100 L/ha e munido de bocais pneumáticos do tipo efervescente. Para a amostragem de gotas suscetíveis à deriva utilizaram-se 36 postes coletores que foram distribuídos na área a cada 12 metros equidistantes e georeferenciados. A partir disso, foram criados mapas de interpolação pelo método do inverso do quadrado da distância (IQD), considerando as características alcance (m) e quantidade de depósito de gotas (μg). Após a aplicação das caldas por um protótipo de pulverizador para volume reduzido na cultura do café, conclui-se que o método proposto é confiável e representativo para caracterizar a distribuição espacial da deriva de caldas fitossanitárias, avaliado pela amostragem de gotas depositadas em coletores passivos.

Palavras-chave: estimativa, interpolação, pulverizador, gotas, tecnologia de aplicação.

1. Introdução

Uma das definições de deriva diz respeito à perda do produto fitossanitário para fora do alvo na forma de gotas ou de vapor, podendo ocorrer durante ou posteriormente à aplicação, sendo dependente da pressão de vapor e das características da formulação do produto (MILLER, 2004), e eminentemente do tamanho e uniformidade das partículas do tratamento fitossanitário (gotas ou grânulos) e das condições meteorológicas.

O tamanho das gotas e as condições meteorológicas são os fatores que mais interferem no desvio da trajetória que impede as gotas produzidas de atingirem seu alvo. De acordo com as condições locais de aplicação, é preciso conhecer o

espectro das gotas pulverizadas, de forma a adequar o seu tamanho, garantindo, ao mesmo tempo, eficácia biológica e segurança ambiental (CUNHA, 2008).

É fato que gotas menores que 100 μm são facilmente carregadas pelo vento, sofrendo mais intensamente a ação dos fenômenos climáticos (MURPHY; MILLER; PARKIN, 2000). Além disso, as perdas ocasionadas por deriva vão além daquelas específicas ao produto fitossanitário utilizado, podendo estar ligadas a fatores como a intoxicação de culturas vizinhas por herbicidas, contaminação de cursos d'água e também em relação à mortalidade de organismos benéficos, em especial os polinizadores (CROXFORD, 1998).

Nesse sentido, alguns países têm adotado medidas legais para minimizar os riscos de deriva por meio de barreiras em torno dos campos de cultivo e também por meio de zonas sem pulverização como é o caso de áreas próximas às águas de superfície e de habitações (VAN DE ZANDE et al., 2000).

Em estudo sobre avaliação de risco de deriva de pesticidas utilizados em região citrícola da Espanha, Cunha et al. (2012) classificaram seis alvos como sendo os mais afetados: organismos aquáticos, minhocas, abelhas, transeuntes (adultos e crianças) e moradores.

Segundo Felsot (2004), o objetivo dos estudos experimentais de deriva tem sido o de compreender os mecanismos relacionados ao movimento e deposição das gotas pulverizadas. Assim, o pesquisador deve levar em consideração as variáveis controláveis como o modo de aplicação (terrestre ou aérea) e os parâmetros de pulverização (tipo de bico e pressão; velocidade do pulverizador, volume de aplicação e quantidade de ingrediente ativo e características dos adjuvantes), bem como as variáveis incontrolláveis que incluem condições meteorológicas (velocidade e direção do vento, umidade relativa do ar e inversões térmicas).

Com relação à avaliação da deriva e sua quantificação em função das diferentes condições meteorológicas e formas de aplicação, diversos trabalhos veem sendo desenvolvidos, sobretudo em condições controladas em túneis de vento (MILLER et al., 1993; PARKIN; WHEELER, 1996 e SOUTHCOMBE et al., 1997), e também por meio de modelos matemáticos relacionados à mecânica dos fluidos e da metodologia de superfície de resposta, para determinar a distância com que as gotas podem ser arrastadas quando liberadas de alturas variadas, em função do tamanho,

densidade do líquido e velocidade horizontal do vento (MATTHEWS, 2000 e CUNHA, 2008).

Estudos de campo também podem ser utilizados para avaliação da deriva, entretanto, estes podem ser caros e demorados (MURPHY; MILLER; PARKIN, 2000), pois necessitam de materiais estruturados a exemplo dos postes coletores, mão de obra treinada e também, uma coleta de dados ao longo do tempo, considerando as diferentes características meteorológicas da região em estudo.

Como forma alternativa a esta questão, existe a possibilidade de se realizar estudos a campo, sob condições naturais de temperatura, umidade relativa do ar e ventos de diferentes velocidades e direções, juntamente com as técnicas de modelagem estatística, ou seja, a partir de mapas de distribuição espacial, pode-se avaliar a deriva de gotas pulverizadas, sendo esta mais uma importante ferramenta da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários.

Estes mapas são gerados a partir de modelagem matemática por métodos de interpolação, ou seja, estimam-se valores para locais não amostrados, a partir de um determinado número de pontos observados em campo. 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).

O método da krigagem ou geoestatístico usa a dependência espacial entre amostras vizinhas, expressa no semivariograma, para estimar valores em qualquer posição dentro do campo, sem tendência e com variância mínima, sendo assim um estimador ótimo (CARVALHO; ASSAD, 2005).

Gil et al. (2014), em trabalho de revisão sobre os avanços tecnológicos voltados à tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários demonstra a importância da geoestatística 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 pesticidas com as características do dossel das plantas.

No método do inverso do quadrado da distância, o fator de ponderação como o nome já indica, é o inverso do quadrado da distância euclidiana entre o ponto conhecido e o estimado. Esse método é considerado simples e de fácil aplicação, no

entanto menos acurado que a krigagem, uma vez que não considera o padrão da estrutura da dependência espacial (MELLO et al., 2003).

A escolha do método pode variar em função do atributo a ser estimado (COUTO; SCARAMUZZA; MARASCHINI, 2002), e também, da amostragem, sendo esta, determinante em algumas situações onde o número de pontos amostrados não é tão grande.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi propor e avaliar um método de caracterização de deriva em aplicações fitossanitárias com diferentes concentrações de óleo mineral na cultura do café com um protótipo de pulverizador para volume reduzido.

2. Material e Métodos

Testes preliminares de recuperação e análises laboratoriais foram realizados em estrutura do Núcleo de Estudo e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação - NEDTA do Departamento de Fitossanidade do Câmpus de Jaboticabal - SP, UNESP.

Em campo, utilizou-se um talhão de 6,23 ha com a cultura do café (*Coffea arabica*), da cultivar Mundo Novo IAC 379/19, com sete anos de idade e espaçamento de 3,5 x 0,65 m, localizado no município de Ribeirão Corrente, SP. O talhão em estudo pertence à fazenda Bela Época Coffees e localiza-se nas coordenadas 20°29'10.68" S e 47°33'21.21" O, sua altitude varia de 886 a 913 m e o relevo varia de suave a montanhoso, com solo predominantemente argiloso.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é Cwa - clima temperado úmido com inverno seco e verão quente. Todo o estudo foi realizado durante o mês de outubro de 2013.

2.1. Teste de recuperação

Previamente à instalação dos experimentos de campo, foi realizado um teste de recuperação sobre fios de náilon de 2 mm de diâmetro a fim de se verificar a

funcionalidade do método. Para tanto, adicionou-se à calda, um marcador metálico formulado à base de sulfato de manganês (31% de Mn^{2+}).

O teste se deu com uma calda aquosa composta apenas de água purificada mais sulfato de manganês na concentração de 50g/L, onde se avaliou a recuperação do marcador em diferentes volumes aplicados por meio de uma microsseringa graduada. Os volumes avaliados foram: 0; 1; 3; 5; 10; 15; 20 e 25 μ L para cada fio de náilon de 12 cm de comprimento, com quatro repetições.

Após as aplicações, cerca de 5 minutos, cada fio de náilon foi colocado em um tubo Falcon completado com 15 mL de água purificada. Em seguida, os tubos devidamente fechados e identificados passaram por um banho de ultrassom por cinco minutos para a extração física do marcador. Por fim, a concentração do marcador nos extratos em cada tubo foi medida em espectrofotometria de absorção atômica (Figura 1).

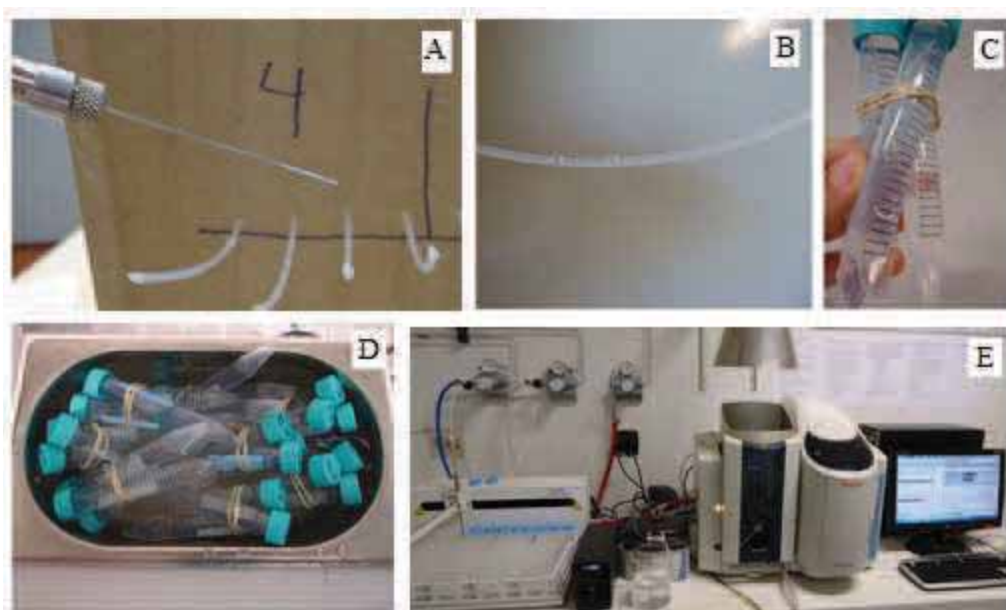


Figura 1. Etapas do teste de recuperação em fio de náilon: aplicação (A), gotas depositadas (B), diluição em água (C), extração física em ultrassom (D) e leitura em espectrofotômetro (E).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e a comparação das médias pelo teste de regressão a 5% de probabilidade.

2.2. Avaliação de deriva

Para a caracterização de deriva no campo, realizaram-se dois experimentos (réplicas), para maior confiabilidade dos resultados, mesmo sabendo que embora possam ser semelhantes, as condições meteorológicas de cada dia são únicas.

A primeira etapa da caracterização de deriva consistiu da distribuição sistemática, no sentido do vento, de 36 postes coletores, espaçados a cada 12 metros, sendo 24 dentro da cultura do café e 12 fora (representando uma área não alvo), com o intuito de formar uma “malha” georreferenciada (Figura 2).

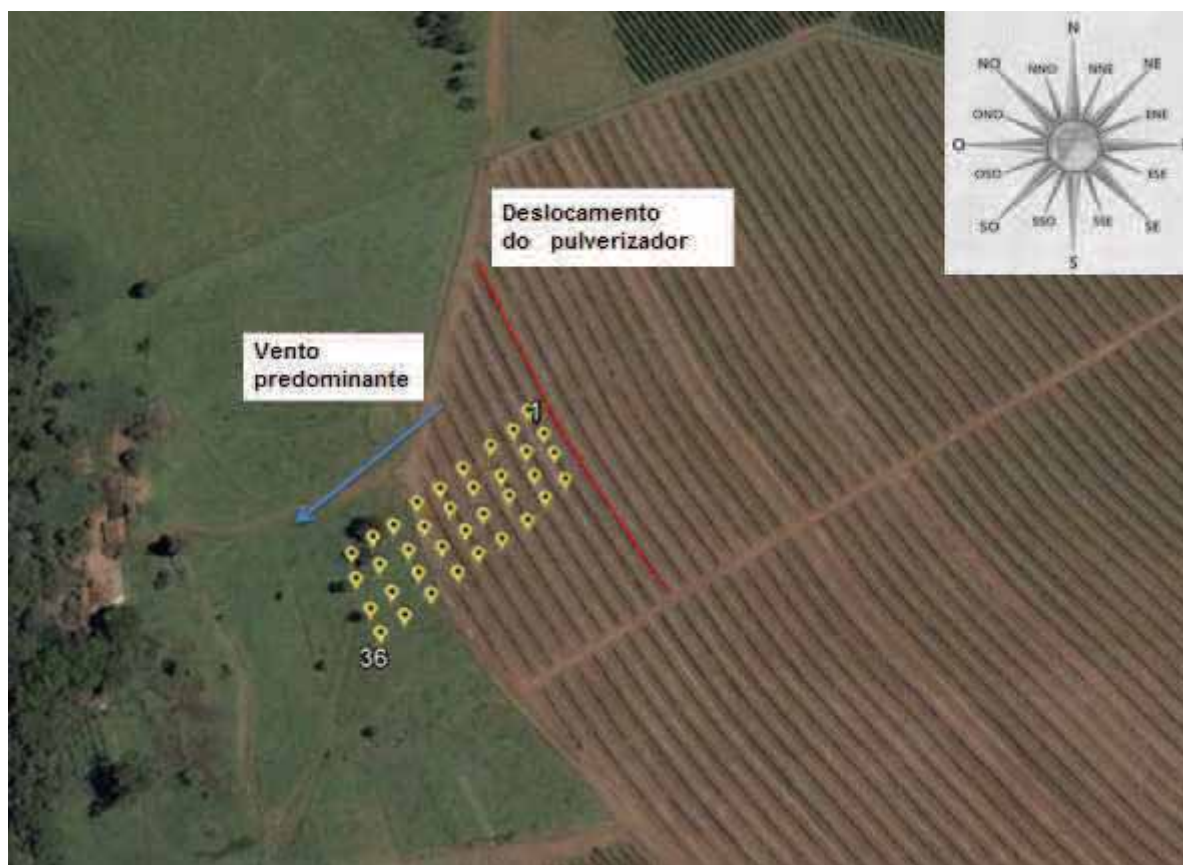


Figura 2. Área experimental com os 36 pontos amostrais, trajeto do pulverizador e sentido do vento predominante.

Cada poste coletor foi constituído de uma haste basal de PVC de 3,0 m de altura mais uma haste apical de metal de 0,6 m, devidamente projetada para a fixação de três fios de náilon de 12 cm de comprimento (Figura 3).

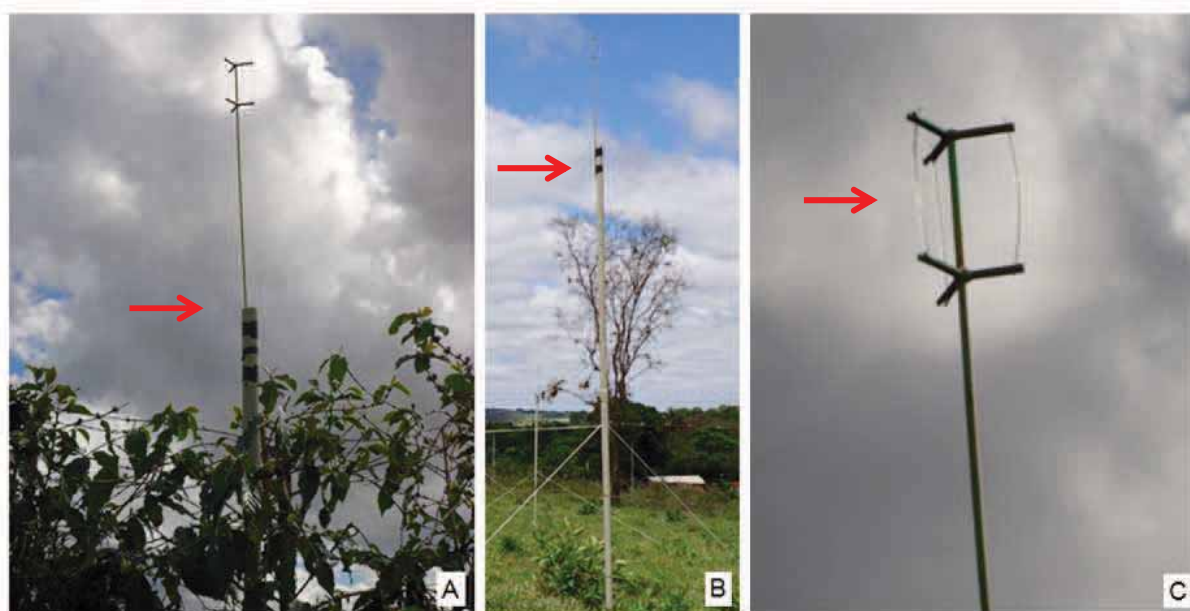


Figura 3. Poste coletor: dentro da cultura (A), fora da cultura (B) e fios de náilon posicionados (C).

Os postes instalados dentro da cultura do café serviram para coletar gotas acima da copa das plantas, o que já pode ser caracterizado como deriva. As aplicações dos tratamentos ocorreram nos dias 09 e 10 de outubro de 2013, representando o primeiro experimento e sua réplica, respectivamente.

Avaliaram-se caldas fitossanitárias com diferentes concentrações de óleo mineral Argenfrut (5, 10, 15 e 20% v/v), aplicadas por um protótipo de um pulverizador para volume reduzido. Este pulverizador está sendo desenvolvido a partir do modelo Smart 400 UBV (Pulsfog Pulverizadores Ltda.), cujas características principais são: utilização de bocais pneumáticos e volume de aplicação reduzido.

Na Figura 4, pode-se observar a versão mais recente deste pulverizador, já com os bocais pneumáticos do tipo “efervescente”, os quais são capazes de produzir gotas de tamanho uniforme e próximas a 100 μm . A pressão de ar do compressor ajustada para a vazão proposta foi de 58,84 kPa.



Figura 4. Protótipo de um pulverizador para volume reduzido: visão geral (A) e detalhe dos bocais “efervescentes” (B).

Para caracterização de deriva adotou-se um volume de aproximadamente 100 L/ha, volume este que já vinha sendo trabalhado em outros experimentos para avaliação de depósito e cobertura de calda sobre folhas de cafeeiro, além do controle do bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*).

Utilizou-se um trator Yanmar 1155 compacto, com rotação de 2000 RPM no motor e de 540 na tomada de potência.

Após as aplicações, todos os três fios de náilon de cada coletor foram acondicionados em conjunto nos tubos Falcon e de acordo com a metodologia descrita no teste de recuperação, foram processados para posterior análise e interpretação dos resultados.

Todos os dados climáticos como temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento (Km/h) e direção ($^{\circ}$) de cada uma das 8 aplicações (4 caldas x 2 dias) foram registrados por meio de uma estação meteorológica portátil modelo Advantage Pro 2 (Figura 5). Estes dados podem ser observados no Anexo 1.



Figura 5. Estação meteorológica portátil modelo Advantage Pro 2.

2.2.1. Análise estatística (deriva)

A análise estatística teve como primeira etapa o estudo exploratório dos dados, possibilitando verificar a tendência das características avaliadas em função da longitude (WE) e da latitude (NS). Em seguida, com as coordenadas das posições de cada coletor mais os dados de depósitos de gotas, utilizou-se a análise do inverso do quadrado da distância (IQD), que é um interpolador determinístico univariado de médias ponderadas.

De acordo com esta análise, quanto mais distante um ponto observado estiver do estimado, menor será seu peso, ou seja, menor será sua influência sobre o valor de inferência. O IQD, descrito por Mello et al. (2003) é definido pela equação:

$$\hat{Z}_i = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^2} * Z_i \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^2} \right)}$$

em que: \hat{Z}_i é o valor interpolado; Z_i é o valor do atributo amostrado e d_i é a distância euclidiana entre o ponto amostrado e o estimado.

A escolha deste método se deu principalmente, devido ao número de amostras em cada pulverização ($n = 36$), sendo este, satisfatório para a análise proposta. A partir disso, foram criados mapas de interpolação da deriva, considerando as características alcance (m) e quantidade de depósito de gotas (μg), produzidas pelos diferentes pulverizadores e suas respectivas concentrações de óleo mineral na calda fitossanitária, bem como as condições meteorológicas de cada aplicação. Para os cálculos de interpolação utilizou-se o programa GS + e para a elaboração dos mapas, o programa Surfer, ambos na versão 9.

3. Resultados e Discussão

3.1. Teste de recuperação

Os dados referentes à concentração recuperada em relação aos volumes aplicados de calda, submetidos à análise de regressão, se ajustaram ao modelo linear, apresentando uma equação que permitiu obter uma estimativa da recuperação de marcador sobre os fios de náilon (Figura 6). Na equação de regressão, o eixo “y” corresponde à concentração recuperada ($\mu\text{g}/\text{mL}$) e o eixo “x” aos volumes predeterminados (μL).

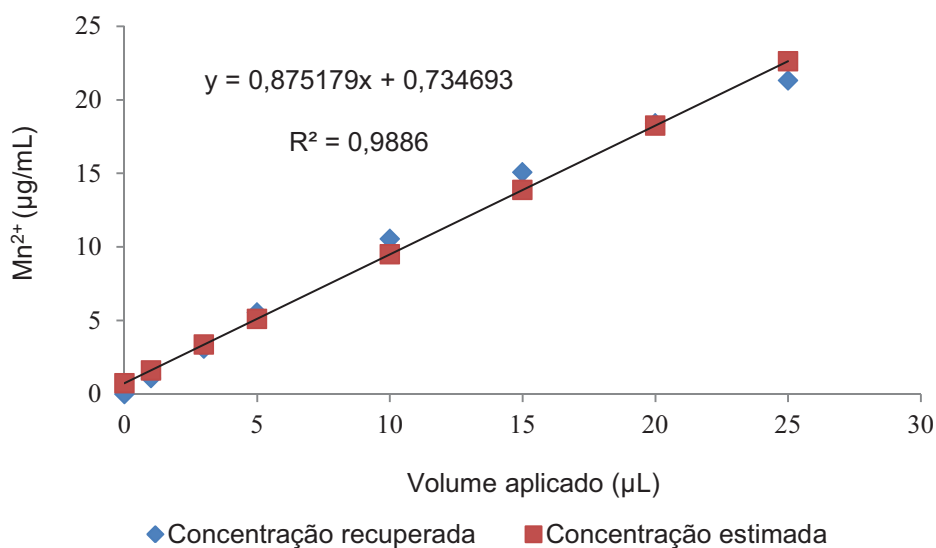


Figura 6. Taxa de recuperação do marcador (Mn^{2+}) em diferentes volumes aplicados sobre fios de náilon.

A recuperação de marcador nos fios de náilon utilizados como coletores de deriva apresentou coeficiente de determinação (R^2) acima de 0,98, indicando que mais de 98% dos valores observados estão incluídos na estimativa de recuperação (Figura 6).

Hatje et al. (2009), em trabalho comparativo de extrações ultrassônica e convencional (HCl) verificaram que para a maioria dos elementos testados, a extração assistida por radiação ultrassônica apresentou a mesma precisão do método convencional e ainda, pode reduzir o tempo de extração de 12 h para 50 min ou menos.

A análise de depósitos de calda mais representativa para entender os aspectos relacionados à pulverização de produtos fitossanitários é baseada na detecção e recuperação de elementos químicos ou substâncias, a partir da própria superfície das plantas, de alvos artificiais ou por equipamentos específicos de amostragem (PALLADINI; RAETANO; VELINI, 2005).

Diversos trabalhos já foram realizados sobre o uso de marcadores para estudos de depósito da pulverização, tais como íons metálicos (CHRISTOVAM et al., 2010, OLIVEIRA; MACHADO NETO, 2003, RAMOS et al., 2007), pigmentos fluorescentes e corantes alimentícios (COSTA et al., 2012, CUNHA et al., 2011, PINTO et al., 2007, SIMÕES; TEIXEIRA; FARONI, 2011).

A principal vantagem do uso de íons metálicos como marcadores de calda de pulverização em relação aos compostos fluorescentes e corantes visíveis é a estabilidade a degradação sob a luz solar (HERMOSILLA et al., 2006). Além disso, são facilmente detectáveis por espectrofotometria de absorção atômica, o que confere maior estabilidade e segurança nas análises (ZABKIEWICZ; STEELE; PRAAT, 2008). Costa (2013) verificou que os marcadores sulfato de manganês, cobre e zinco são adequados para os estudos de depósitos da pulverização.

Dessa forma, com base no resultado obtido e considerando-se o método de extração empregado, a taxa de recuperação do marcador sobre os fios de náilon foi considerada adequada para os estudos de depósitos da pulverização em função da deriva.

3.2. Avaliação de deriva

Os mapas da distribuição espacial de deriva interpolados pelo método do inverso do quadrado da distância (IQD) em função das diferentes características avaliadas: concentrações de óleo mineral na calda fitossanitária (5, 10, 15 e 20% v/v) e condições meteorológicas (temperatura °C, umidade relativa do ar %, velocidade km/h e direção do vento °), no momento de cada aplicação durante os dois dias de avaliações, são apresentados nas Figuras 7, 8 e 9.

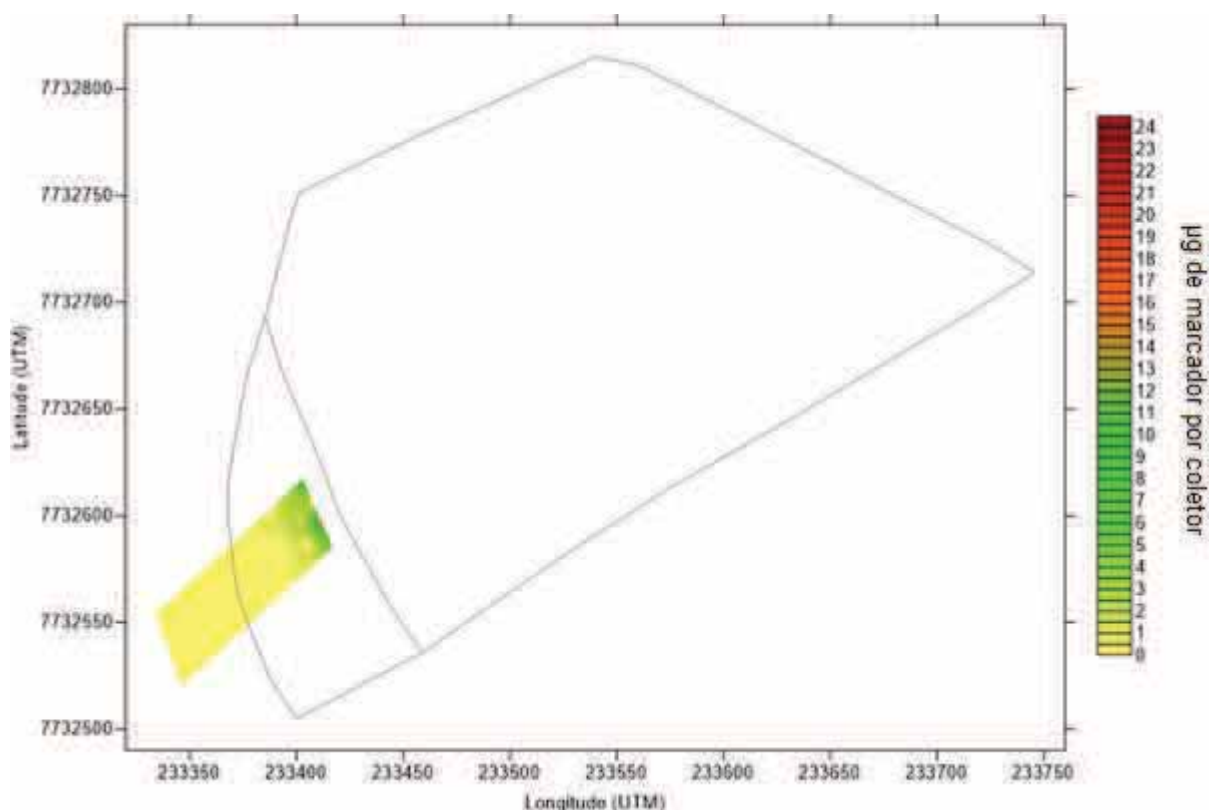


Figura 7. Esquema geral de um dos mapas da distribuição espacial de deriva em relação ao talhão utilizado.

No primeiro dia de avaliação (09/10/13), as concentrações de 5 e 10% de óleo mineral na calda fitossanitária (Figura 8A e 8B) proporcionaram uma pequena diferença de deriva entre os mapas interpolados com as concentrações de 15 e 20% de óleo mineral (Figura 8C e 8D), sendo que nos dois primeiros mapas, a quantidade de depósito (intensidade da coloração) e principalmente o alcance das gotas (área da mancha), foram menos intensos com valores médios de 1,61 e 0,39 μg até 24 metros contra 0,15 e 0,25 até 48 metros, respectivamente.

A distância percorrida pelas gotas pulverizadas está relacionada dentre outros fatores, com o tempo de “vida” destas gotas (MATTHEWS, 2000), e conforme se aumenta a concentração de adjuvante, no caso o óleo mineral classificado como anti-evaporante (QUEIROZ; MARTINS; CUNHA, 2008), aumenta-se também a probabilidade destas gotas atingirem áreas mais distantes, ou seja, além de não se depositarem no alvo, o que já é uma perda, essas gotas também podem contribuir para um maior contaminação de outras áreas.

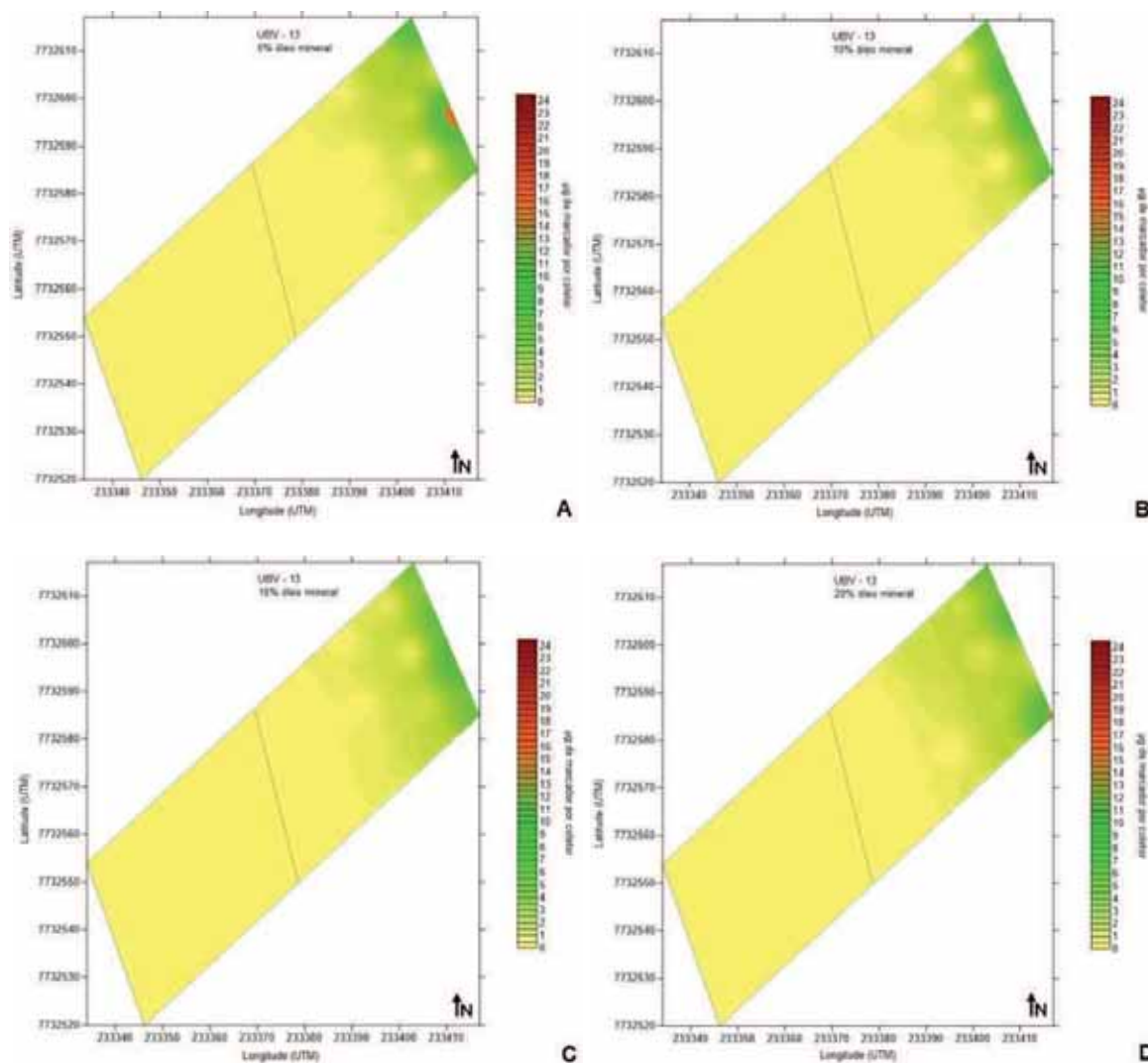


Figura 8. Mapas de distribuição espacial da deriva (09/10/13) pelo método do inverso do quadrado da distância (IQD) com o protótipo de um pulverizador para volume reduzido a 5, 10, 15 e 20% (v/v) de óleo mineral (A, B, C e D).

Segundo Hewitt e O'Donnell (2013), a eficácia de uma pulverização para culturas perenes depende de vários elementos, tais como: tipo de pulverizador; tipo de pontas e sua configuração; mistura de tanque e adjuvantes; tecnologia adotada no pulverizador; arquitetura da cultura e as condições meteorológicas. Nesse sentido, algumas estratégias como um melhor direcionamento dos jatos em relação à copa e a escolha do momento ideal para a aplicação devem ser adotados no dia a dia das pulverizações agrícolas.

Uma vez liberada a gota de pulverização, seu tamanho pode diminuir rapidamente em função da evaporação e/ou volatilização. Em pulverizadores

voltados para plantas altas, a exemplo do cafeeiro, a altura de lançamento pode estar acima do dossel da cultura, o que pode aumentar o potencial de deriva da pulverização (DEVEAU; BEATON, 2011).

Nos pulverizadores para culturas arbóreas, qualquer configuração que mantenha uma distância mínima eficaz entre cada bico e o seu alvo respectivo melhora a uniformidade de depósito e reduz a deriva. Além disso, a utilização de dutos (por exemplo, torres e lanças verticais), está crescendo em popularidade entre os operadores, principalmente em relação à busca por melhores taxas de depósito, sendo estas, mais precisas e com exigências menores na zona de proteção, contribuindo para uma melhor qualidade da pulverização e diminuição de desperdícios (DEVEAU, 2009).

No segundo dia de avaliação (10/10/13), as concentrações de 5, 10 e 15% de óleo mineral na calda fitossanitária (Figura 9A, 9B e 9C), proporcionaram diferenças de deriva entre os mapas interpolados em relação à concentração de 20% de óleo mineral (Figura 8D), com valores médios de 0,9, 0,18 e 0,03 μg até 24 metros, contra 0,67 μg até 108 metros, respectivamente. Estes resultados se assemelham com os do primeiro dia, exceto pela inclusão do tratamento com 15% de óleo mineral no grupo dos tratamentos menos concentrados. Essa diferença pode ser explicada em virtude das condições meteorológicas diferentes, principalmente em relação à maior temperatura e menor umidade relativa do ar registradas no segundo dia (Anexo 1, Tabelas 1 e 2).

Dessa forma, as gotas geradas na pulverização com 15% de óleo mineral apresentaram uma menor deriva, juntamente com os tratamentos representados pelas concentrações de 5 e 10%. Essa hipótese também pode estar relacionada com a evaporação das gotas, o que pode ser menos problemático do ponto de vista da probabilidade de ocorrer uma maior deriva, entretanto, também pode ser grave quando se pensa nas condições meteorológicas adversas (temperatura alta e umidade relativa baixa), encontradas no campo, em vistas à quantidade de depósito no alvo.

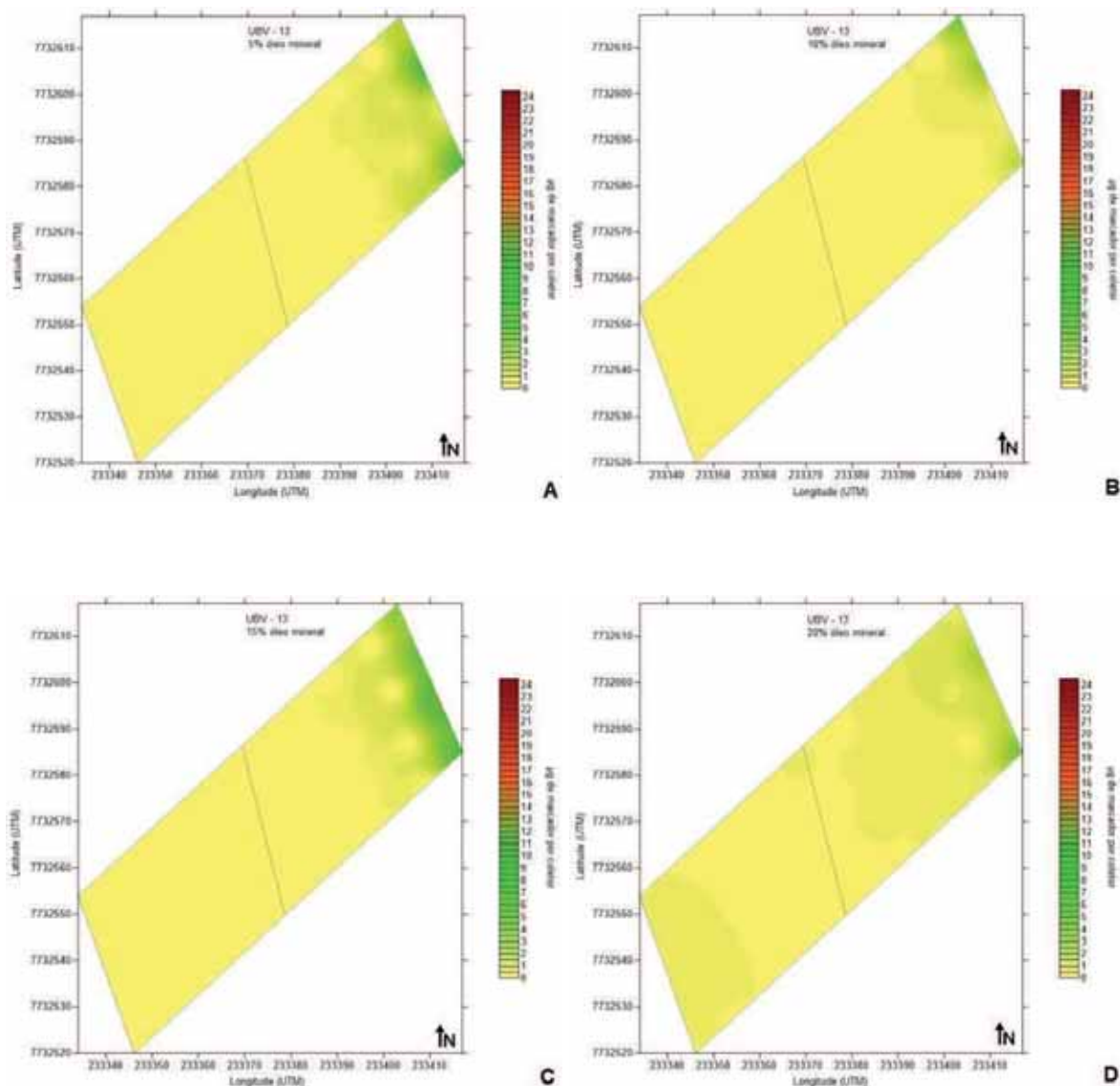


Figura 9. Mapas de distribuição espacial da deriva (10/10/13) pelo método do inverso do quadrado da distância (IQD) com o protótipo de um pulverizador para volume reduzido a 5, 10, 15 e 20% (v/v) de óleo mineral (A, B, C e D).

A concentração de 20% de óleo mineral demonstrou o maior valor de deriva na cultura do café, com média de 0,67 μg , pois de acordo com seu respectivo mapa interpolado (Figura 9D), pode-se verificar que as gotas alcançaram os coletores mais distantes, de até 108 metros em relação à rua pulverizada.

As médias de depósito da deriva para cada faixa ou distância amostrada (12 m) podem ser observadas nas figuras 9 e 10, para o primeiro e segundo dias de avaliações, respectivamente.

No primeiro dia, a deriva das pulverizações foi medida até uma distância de 60 metros, principalmente em relação ao tratamento representado pelas concentrações de 15 e 20% de óleo mineral na calda fitossanitária (Figura 10).

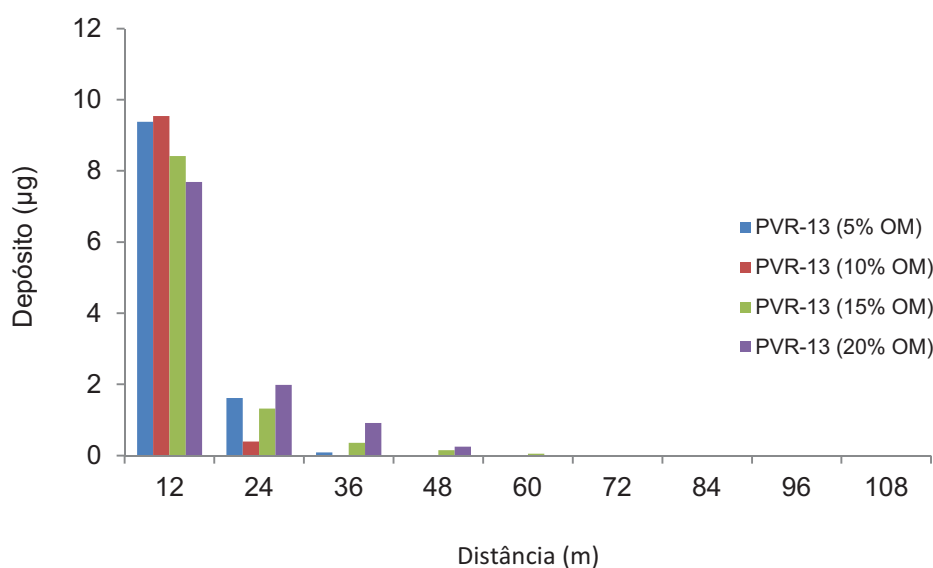


Figura 10. Depósito médio (μg) de deriva no primeiro dia de avaliação (09/10/13) em função das distâncias (m) dos coletores. OM: óleo mineral.

Em avaliações de deriva dos agrotóxicos, a quantidade de produto mesmo que pequena já pode causar sérios problemas ao ambiente.

Um importante exemplo de impacto causado pela deriva de inseticidas é o caso da abelha *Apis mellifera*, espécie adotada universalmente pelos apicultores dos países ocidentais e responsável por cerca de um terço da produção agrícola mundial. Esta espécie vem sofrendo mortalidades frequentes devido 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 mesmas suscetíveis a infecções por microrganismos, em especial, o Vírus de Paralisia Aguda Israelense - IAPV (COX-FOSTER; VANENGELSDORP, 2009).

Os resultados do alcance de gotas suscetíveis à deriva registrados no segundo dia de avaliações proporcionaram registros até a distância de 108 m (Figura 11), porém, apenas para o tratamento com 20% de óleo mineral. Esta maior distância percorrida pelas gotas oriundas deste tratamento está relacionada aos fatores já discutidos anteriormente, como velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar, além do fator concentração de óleo mineral.

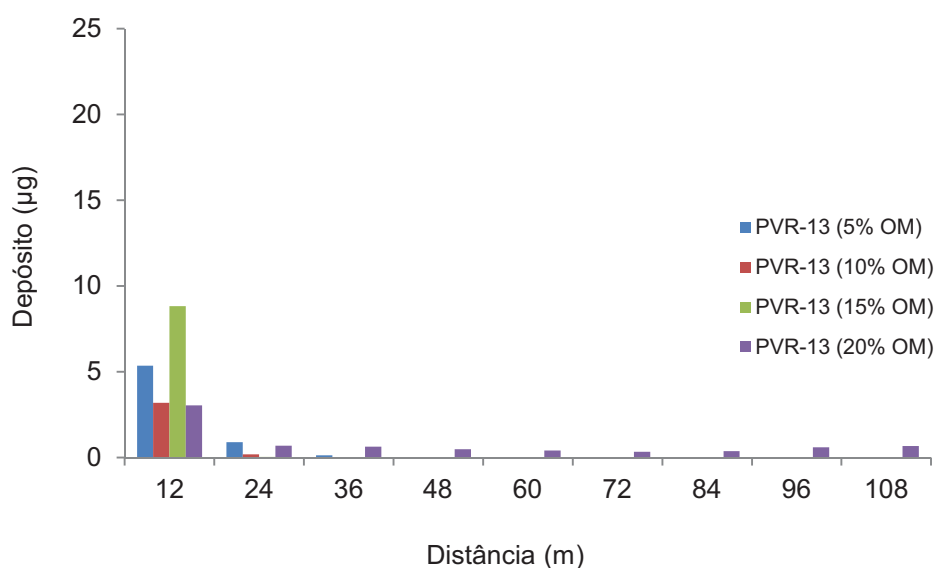


Figura 11. Depósito médio (μg) de deriva no segundo dia de avaliação (10/10/13) em função das distâncias (m) dos coletores. OM: óleo mineral.

Portanto, com base nas condições meteorológicas observadas no campo e nos resultados obtidos, o alcance das gotas de pulverização produzidas pelo protótipo de um pulverizador para volume reduzido pode ultrapassar os 100 metros de distância.

De modo geral, o método proposto para caracterização de deriva se mostrou simples e de custo relativamente baixo, sobretudo quanto as técnicas de amostragem e aos materiais de consumo, embora sejam necessários alguns equipamentos de análises laboratoriais como banho de ultrassom e espectrofotômetro de absorção atômica, relativamente comuns em institutos de pesquisa, universidades públicas e em laboratórios privados.

4. Conclusões

Após a aplicação das caldas por um protótipo de pulverizador para volume reduzido na cultura do café, conclui-se que o método proposto é confiável e representativo para caracterizar a distribuição espacial da deriva de caldas fitossanitárias, avaliado pela amostragem de gotas depositadas em coletores passivos.

5. Referências

CARVALHO, J. R. P.; ASSAD, E. D. Análise espacial da precipitação pluviométrica no Estado de São Paulo: Comparação de métodos de interpolação. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 377-384. 2005.

CHRISTOVAM, R. S.; RAETANO, C. G.; AGUIAR JUNIOR, H. O.; DAL-POGETTO, M. H. F. A.; PRADO, E. P.; GIMENES, M. J.; KUNZ, V. L. Assistência de ar em barra de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja. **Bragantia** 69: 231-238, 2010.

COSTA, L. L. Eficiência de volumes e pontas de pulverização centrífuga e hidráulica na distribuição e deposição da calda no controle da ferrugem asiática da soja. 2013. Tese (Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP.

COSTA, N. V.; MARTINS, D.; COSTA, A. C. P. R.; CARDOSO, L. A. Deposição de glyphosate com diferentes pontas de pulverização na dessecação de plantas de *Panicum maximum*. **Revista Brasileira de Herbicidas** 11: 96-107, 2012.

COUTO, E. G.; SCARAMUZZA, J. F.; MARASCHINI, L. Influência dos métodos de interpolação dos dados nos mapas usados na agricultura de precisão. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2., 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SIAP, 2002. p. 1-5.

COX-FOSTER, D.; VANENGELSDORP, D. Saving the Honeybee. **Scientific American**, 300(4), 40-47, 2009.

CROXFORD, A. C. Bufferzones to protect the aquatic environment. In: Proceeding of the Brighton Crop Protection Conference – Pests and Diseases, pp. 923 -930. BCPC, Farnham, 1998.

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, set./out., 2008.

CUNHA, J. P. A. R.; FARNESE, A. C.; OLIVET, J. J.; VILLALBA, J. Deposição de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. **Engenharia Agrícola** 31: 343-351, 2011.

CUNHA, J. P.; CHUECA, P.; GARCERÁ, C.; MOLTÓ, E. Risk assessment of pesticide spray drift from citrus applications with air-blast sprayers in Spain. **Crop Protection**, 42, 116-123, 2012.

DEVEAU, J. Six elements of effective spraying in orchards and vineyards. Ontário: Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2009. (Factsheet Order, 09-39).

DEVEAU, J.; BEATON, D. Pesticide drift of ground applications. Ontário: Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2011. (Factsheet Order, 11-001).

FELSOT, A. S. Impacts of U.S. Court cases on application technology. **Proc. International Conference on Pesticide Application for Drift Management**. October 27-29, Waikoloa, HI. pp. 53-58, 2004.

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.

HATJE, V.; COSTA, L. M.; KORN, M. G. A.; COTRIM, G. Speeding up HCl extractions by employing ultrasound energy to evaluate trace elements bioavailability in sediments. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Vol. 20, No. 5, 846-852, 2009.

HERMOSILLA, J. S.; MEDINA, R.; RODRIGUEZ F.; CALLEJON, A. Use of food dyes as tracers to measure multiple spray deposits by ultraviolet visible absorption spectrophotometry. **Transactions of the ASABE** 51: 1177-1186, 2008.

HEWITT, A.; O'DONNELL, C. Spray applications: grapevines. Grape and Wine Research and Development Corporation (GWRDC). Factsheet, September, 2013.

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

MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; LIMA, J. M.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, M. S. Modelos matemáticos para predição da chuva de projeto para regiões do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 121-128, 2003.

MILLER, P. C. H. Reducing the risk of drift from boom sprayers, pp. 110-124. Eds C G Raetano and U R Antuniassi. **Qualidade em tecnologia de aplicação**. Botucatu, 2004.

MILLER, P. C. H., HISLOP, E. C., PARKIN, C. S., MATTHEWS, G. A.; GILBERT, A. J. The classification of spray generator performance based on Wind tunnel assessments of spray drift. *ANPP – British Crop Protection Council Second Symposium on Pesticide Application Techniques*, Strasbourg, pp. 109 – 116. ANPP, Paris, 1993.

MURPHY, S. D.; MILLER, P. C. H.; PARKIN, C. S. The effect of boom section and nozzle configuration on the risk of spray drift. **Journal of Agricultural Engineering Resource**, London, v. 75, p. 127-137, 2000.

OLIVEIRA, M. L.; MACHADO-NETO, J. G. Use of tracer in the determination of respiratory exposure and relative importance of exposure routes in safety of pesticide applicators in citrus orchards. **Bull Environ Contam Toxicol** 70: 415-21, 2003.

PALLADINI, L. A.; RAETANO, C. G.; VELINI, E. D. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. **Sci Agric** 62: 440-445, 2005.

PARKIN, C. S., WHEELER, P., 1996. Influence of spray induced vortices on the movement of drops in wind tunnels. **Journal of Agricultural Engineering Research**. 63, 35-44.

PINTO, J. R.; LOECK, A. E.; SOUZA, R. T.; LOUZADA, R. S. Estabilidade à exposição solar dos traçantes azul brilhante e amarelo tartrasina utilizados em estudos de deposição de pulverização. *Revista Brasileira Agrociência* 13: 105-107, 2007.

QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. A. R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v.24, n.4, p.8-19, out./dez. 2008.

RAMOS, H. H.; YANAI, K.; CORRÊA, I. M.; BASSANEZI, R. B.; GARCIA, L. C. Características da pulverização em citros em função do volume de calda aplicado com turbopulverizador. *Engenharia Agrícola* 27: 56-65, 2007.

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*, v. 26, n. 2, p. 75-81, 2008.

SIMÕES, R. O.; TEIXEIRA, M. M.; FARONI, L. R. D. A. Determinação da uniformidade de distribuição de agroquímicos em grãos de trigo utilizando a técnica da espectrofotometria do UV/visível. *Bioscience Journal* 25: 130-134, 2009.

SOUTHCOMBE E. S. E., MILLER, P. C. H.; GANZELMEIER, H.; VAN DE ZANDE, J. C.; MIRALLES, A.; HEWITT, A. J. The international (BCPC) spray classification system including a drift potential factor. Proceedings of the Brighton **Crop Protection Conference - Weeds**. Nov. Brighton. UK. p.371-380, 1997.

VAN DE ZANDE, J. C., PORSKAMP, H. A. J., MICHELSEN, J. M. G. P., HOLTERMAN, H. J.; HUIJSMANS, J. F. M. Classification of spray applications for driftability to protect surface water. *Aspects of Applied Biology*. 57, 57 - 65, 2000.

ZABKIEWICZ, J. A.; STEELE, K. D.; PRAAT, J. P. Determination of spray drift using multiple metal cations as tracers. *N. Z. Plant Protection*. 61: 159-163, 2008.

Capítulo 5 - Considerações finais

Dentre os fatores avaliados para discriminação das quatro concentrações de óleo mineral possíveis de utilização em um pulverizador de volume reduzido, destacam-se a retenção foliar e a influência ou não de chuva artificial, uma vez que os resultados de tensão e ângulo foram semelhantes entre as concentrações avaliadas. Assim, visando uma aplicação de volume reduzido, as concentrações de 5 e 10% de óleo mineral nas caldas fitossanitárias proporcionam as melhores condições em relação à qualidade da aplicação na cultura do café.

Em função do tamanho e uniformidade de gotas, o bocal pneumático do tipo efervescente apresenta as melhores condições de utilização no protótipo de um pulverizador para volume reduzido. Este protótipo (versão 2013), calibrado num volume de calda de 100 L/ha proporciona resultados no mínimo semelhantes aos do turbo-pulverizador tradicional, calibrado num volume de calda de 400 L/ha, para os parâmetros depósito de calda e controle do bicho-mineiro. Para cobertura foliar e uniformidade de distribuição de calda sobre as plantas de café, o protótipo de um pulverizador para volume reduzido (versão 2013) necessita de alguns ajustes para poder ser comercializado, principalmente em relação ao posicionamento dos bocais pneumáticos que devem envolver melhor a copa do cafeeiro.

A avaliação de deriva de caldas fitossanitárias aplicadas com o protótipo de um pulverizador para volume reduzido (versão 2013), em diferentes concentrações de óleo mineral, mostra-se viável e com boa confiabilidade, sobretudo em relação às técnicas de coleta, extração do marcador e análise da distribuição espacial. A concentração de 20% de óleo mineral com volume de aplicação de 100 L/ha proporciona a maior deriva, com um alcance horizontal máximo das gotas pulverizadas de até 108 metros. Entretanto, as caldas nas concentrações de 5 e 10%, aplicadas com o mesmo pulverizador para volume reduzido, apresentam alcances de no máximo 24 metros, diminuindo a probabilidade de causar maiores problemas de contaminação ambiental e perdas econômicas.

Portanto, após todos estes resultados, o protótipo de um pulverizador para volume reduzido (versão 2013), que começou a ser avaliado para o controle de insetos de brotações novas da cultura do citros, e em seguida para o controle do

bicho-mineiro na cultura do café sob diferentes aspectos, alcançou um novo patamar de desenvolvimento, cuja contribuição ao setor fitossanitário dessas culturas é e será de grande valia, desde que utilizado de forma técnica e racional, tanto do ponto de vista econômico, quanto do ponto de vista ambiental.

Dessa forma, a recomendação mais eficiente e segura, sob todos os aspectos avaliados até o momento, para o uso do protótipo de um pulverizador para volume reduzido, visando o controle do bicho-mineiro na cultura do café, se dá a partir da versão 2013 (bocais pneumáticos do tipo efervescente) com caldas inseticidas oleosas (óleo mineral), nas concentrações de 5 e 10% v/v.

ANEXO 1 (Capítulo 4)

Tabela 1. Dados meteorológicos (09/10/13) coletados durante cada aplicação do protótipo de um pulverizador para volume reduzido com as diferentes concentrações de óleo mineral.

Tratamento	Horário da aplicação	Temperatura (°C)	UR (%)	Vento	
				Velocidade (km/h)	Direção
5% OM	11:05	21,3	64	3,2	SO
	11:06	21,3	63	6,4	SSE
	11:07	21,3	63	8	S
	11:08	21,3	64	9,7	S
	11:09	21,4	63	6,4	SSO
	11:10	21,5	63	11,3	SSE
	11:11	21,6	64	6,4	S
	11:12	21,6	63	6,4	SSO
	11:13	21,7	61	11,3	S
	11:14	21,6	61	6,4	SSE
	11:15	21,6	62	8	S
	11:19	21,6	63	3,2	SSE
	11:20	21,6	63	6,4	SSO
	11:21	21,6	64	8	SSO
	11:22	21,6	63	4,8	SO
	11:23	21,6	62	8	SO
	11:24	21,6	64	8	SSE
	11:25	21,7	63	9,7	S
	11:26	21,7	62	6,4	SSO
	11:27	21,8	62	6,4	SO
	11:28	21,8	61	9,7	SO
11:29	21,8	62	8	SSO	
11:30	21,7	62	11,3	SSO	
11:31	21,6	62	8	S	
Média	---	21,6	63	7,6	---
10% OM	12:07	22,2	60	6,4	S
	12:08	22,3	60	4,8	S
	12:09	22,3	60	9,7	SSE
	12:10	22,3	60	11,3	S
	12:11	22,3	60	9,7	S
	12:12	22,3	61	6,4	SO
	12:13	22,3	60	6,4	S
	12:14	22,4	59	8	S
	12:15	22,4	59	3,2	S
	12:16	22,4	60	6,4	SSO
12:17	22,5	60	3,2	SSO	

	12:18	22,6	61	3,2	OSO
	12:19	22,6	60	6,4	O
	12:20	22,7	59	6,4	OSO
Média	---	22,4	60	6,5	---
15% OM	16:10	24,2	56	4,8	S
	16:11	24,2	55	4,8	S
	16:12	24,2	56	4,8	S
	16:13	24,2	55	3,2	S
	16:14	24,1	55	11,3	S
	16:15	24	55	6,4	S
	16:16	23,9	56	3,2	S
	16:17	23,8	56	6,4	SSO
	16:18	23,7	56	6,4	S
	16:19	23,7	56	3,2	SSO
	16:20	23,6	56	6,4	S
	16:21	23,6	57	4,8	SO
	16:22	23,6	57	1,6	SO
	16:23	23,6	57	1,6	S
	16:24	23,6	57	6,4	S
	16:25	23,7	57	8	SSO
Média	---	23,9	56	5,2	---
20% OM	17:06	22,6	60	6,4	SO
	17:07	22,5	60	9,7	SSO
	17:08	22,5	61	3,2	SSO
	17:09	22,4	60	9,7	SO
	17:10	22,4	60	9,7	SSO
	17:11	22,4	61	6,4	SSO
	17:12	22,3	60	4,8	SO
	17:13	22,3	60	8	SSO
	17:14	22,3	61	6,4	SO
	17:15	22,3	61	6,4	SSO
	17:16	22,3	61	8	S
	17:17	22,2	61	8	SSO
	17:18	22,2	62	6,4	SO
	17:19	22,2	61	9,7	SO
Média	---	22,4	61	7,3	---

*OM: óleo mineral.

Tabela 2. Dados meteorológicos (10/10/13) coletados durante cada aplicação do protótipo de um pulverizador para volume reduzido com as diferentes concentrações de óleo mineral.

Tratamento	Horário da aplicação	Temperatura (°C)	UR (%)	Vento	
				Velocidade (km/h)	Direção
5% OM	10:04	21,9	58	11,3	O
	10:05	22	60	8	OSO
	10:06	22,1	59	11,3	S
	10:07	22,2	60	8	SO
	10:08	22,3	59	8	S
	10:09	22,3	57	12,9	SSO
	10:18	21,9	57	11,3	O
	10:19	21,9	58	11,3	OSO
	10:20	21,9	59	9,7	OSO
	10:21	22	59	9,7	OSO
	10:22	22,1	58	12,9	SO
	10:23	22	58	11,3	OSO
	10:24	22	58	11,3	SO
	10:25	22	58	11,3	SO
	10:26	21,9	59	11,3	SO
Média	---	22,0	58	10,6	---
10% OM	11:01	23,1	56	8	OSO
	11:02	23,2	55	9,7	SO
	11:03	23,2	55	11,3	SO
	11:04	23,3	55	11,3	SO
	11:05	23,2	54	11,3	SSO
	11:06	23,2	55	9,7	S
	11:07	23,2	55	9,7	SSO
	11:08	23,2	56	6,4	SSO
	11:09	23,2	57	9,7	SO
	11:10	23,3	55	4,8	SO
	11:11	23,4	55	9,7	OSO
	11:12	23,4	55	8	OSO
	11:13	23,5	54	12,9	OSO
Média	---	23,3	55	9,4	---
15% OM	14:18	26,2	39	4,8	SO
	14:19	26,3	39	1,6	SSO
	14:20	26,3	39	3,2	OSO
	14:21	26,3	39	4,8	SO
	14:22	26,3	40	6,4	SO
	14:23	26,3	40	9,7	SSO
	14:24	26,3	38	8	SSO
	14:25	26,3	39	6,4	SO

	14:26	26,3	39	6,4	ONO
	14:27	26,3	39	4,8	O
	14:28	26,4	38	3,2	ONO
	14:29	26,4	39	3,2	SO
	14:30	26,3	38	8	SSE
Média	---	26,3	39	5,4	---
	15:00	26	37	4,8	O
	15:01	25,9	37	1,6	ONO
	15:02	25,9	39	1,6	NO
	15:03	25,9	40	0	---
	15:04	25,9	39	0	---
	15:05	26	39	4,8	SSE
	15:06	26,1	39	6,4	O
20% OM	15:07	26,1	39	8	OSO
	15:08	26,2	38	6,4	OSO
	15:09	26,2	38	6,4	SO
	15:10	26,2	37	6,4	SSO
	15:11	26,2	39	6,4	SO
	15:12	26,2	37	8	SO
	15:13	26,3	38	8	OSO
	15:14	26,3	37	6,4	S
Média	---	26,1	38	5,0	---

*OM: óleo mineral.