

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**HORÁRIOS DE APLICAÇÃO LOCALIZADA OU EM ÁREA
TOTAL E USO DE ADJUVANTES PARA O CONTROLE DE
Spodoptera frugiperda (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) NA
CULTURA DO MILHO**

Ariane Morgana Leal Soares

Engenheira Agrônoma

2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**HORÁRIOS DE APLICAÇÃO LOCALIZADA OU EM ÁREA
TOTAL E USO DE ADJUVANTES PARA O CONTROLE DE
Spodoptera frugiperda (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) NA
CULTURA DO MILHO**

Ariane Morgana Leal Soares

Orientador: Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

2014

S676h Soares, Ariane Morgana Leal
Horários de aplicação localizada ou em área total e uso de
adjuvantes para o controle de *Spodoptera fugiperda*
(Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho / Ariane Morgana
Leal Soares. – – Jaboticabal, 2014
iv, 42 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientador: Marcelo da Costa Ferreira
Banca examinadora: Guilherme Duarte Rossi, Otávio Jorge
Grigoli Abi Saab
Bibliografia

1. Lagarta-do-cartucho do milho. 2. Tecnologia de
aplicação. 3. Pontas de pulverização. I. Título. II. Jaboticabal-
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 632.934.1

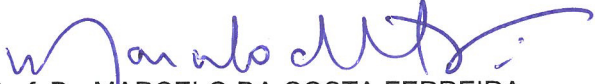
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

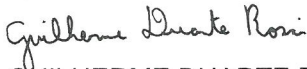
TÍTULO: HORÁRIOS DE APLICAÇÃO LOCALIZADA OU EM ÁREA TOTAL E USO DE ADJUVANTES PARA O CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) NA CULTURA DO MILHO

AUTORA: ARIANE MORGANA LEAL SOARES

ORIENTADOR: Prof. Dr. MARCELO DA COSTA FERREIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:


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


Prof. Dr. GUILHERME DUARTE ROSSI
Departamento de Fitossanidade / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


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

Data da realização: 04 de agosto de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ARIANE MORGANA LEAL SOARES: Brasileira, natural de Angical do Piauí, Estado do Piauí, nascida dia 06 de Outubro de 1988. Graduada em Licenciatura Plena em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Piauí em 2011 e Bacharel em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual do Piauí com término em 2012. Atualmente é Mestre em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Jaboticabal - São Paulo, atuando junto ao Departamento de Fitossanidade. Membro do Núcleo de Estudos e Desenvolvimento em Tecnologia da Aplicação (NEDTA). Atuando principalmente nos temas: Tratamento fitossanitário, tecnologia de aplicação, controle químico em plantas, pulverização.

“Desistir? Eu já pensei seriamente nisso, mas nunca me levei realmente a sério. É que tem mais chão nos meus olhos do que cansaço nas minhas pernas, mais esperança nos meus passos do que tristeza nos meus ombros, mais estrada no meu coração do que medo na minha cabeça.”

(Cora Coralina)

DEDICATÓRIA

Primeiramente a Deus, criador do universo e da vida, por me dar saúde e sabedoria para lidar com as adversidades da vida e suportar todas as provações. Porque o Senhor é bom e é eterna a sua vontade.

À minha família, minha mãe Anunciação de Maria Sousa Leal Soares, meu pai Marco Antônio Queiroz Soares, meu irmão Aryell Madson Leal Soares e minha irmã Ayllana Maria Leal Soares, por serem únicos e presentes na minha vida com amor, carinho e dedicação. A todos os familiares e amigos que caminharam ao meu lado nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Ao curso de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) pela concessão da bolsa de estudos e contribuição para minha qualificação profissional.

Ao Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira, ao qual tenho a honra ter sido orientada, pela dedicação da transmissão do ensino de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, respeito e amizade.

Ao Gilson José Leite, por todos os ensinamentos, empenho, dedicação, atenção, respeito e amizade, de forma integral em todo o tempo e etapas do meu aprendizado neste curso.

Aos membros do Núcleo de Estudos e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação (Núcleo). Ao Departamento de Defesa Fitossanitária. À Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção (FEPP), por todo o auxílio e suporte, para que acontecessem às pesquisas.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	
1. Aspectos econômicos da cultura do milho.....	1
2. <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith 1797).....	2
2.1. Impotância econômica.....	2
2.2. Métodos de controle.....	3
3. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários.....	4
3.1. Modo e horário de pulverização.....	6
3.2. Uso de adjuvantes e caracterização do diâmetro, ângulo e tensão superficial da gota.....	6
REFERÊNCIAS.....	8
CAPÍTULO 2 - CONTROLE DE <i>Spodoptera frugiperda</i> (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM PULVERIZAÇÃO NOTURNA DE CALDAS COM E SEM ADJUVANTES, DIRECIONADA AO CARTUCHO DAS PLANTAS DE MILHO	
RESUMO.....	12
ABSTRACT.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4. CONCLUSÃO.....	24
5. AGRADECIMENTOS.....	24
REFERÊNCIAS.....	26
CAPÍTULO 3 - QUALIDADE DA DISTRIBUIÇÃO DA CALDA INSETICIDA COM USO DE ADJUVANTES EM APLICAÇÃO DIRECIONADA À CULTURA DO MILHO	
RESUMO.....	27
ABSTRACT.....	27
1. INTRODUÇÃO.....	28

2. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
2.1. Tensão Superficial e ângulo de contato.....	29
2.2. Diâmetro de gotas.....	30
2.3. Distribuição volumétrica.....	31
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
3.1. Tensão Superficial e ângulo de contato.....	32
3.2. Diâmetro de gotas.....	36
3.3. Distribuição volumétrica.....	38
4. CONCLUSÃO.....	40
5. AGRADECIMENTOS.....	40
REFERÊNCIAS.....	41

HORÁRIOS DE APLICAÇÃO LOCALIZADA OU EM ÁREA TOTAL E USO DE ADJUVANTES PARA O CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) NA CULTURA DO MILHO

RESUMO - A fase larval do inseto *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) há muitos anos é a principal causa de perdas de produtividade na cultura do milho. O objetivo deste trabalho foi avaliar o controle de *S. frugiperda*, na primeira infestação, em pulverização diurna e noturna e direcionada ao cartucho das plantas de milho ou em área total, com caldas inseticidas acrescidas ou não de adjuvantes, bem como analisar as características físicas de tensão superficial, ângulo de contato, diâmetro de gotas para as caldas, e distribuição volumétrica para os dois modos de aplicação. Para o desenvolvimento do trabalho em campo, foram utilizados dois modos de aplicação (direcionado ao cartucho das plantas e em área total), dois horários (08 e 20h), três caldas inseticidas (somente com inseticida, inseticida mais nonil fenol e inseticida mais óleo vegetal) e um tratamento sem aplicação, em esquema fatorial triplo $(2 \times 2 \times 3) + 1$, conduzido em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. A semeadura foi feita nas safras 2012/13 e 2013/14, sendo avaliados os fatores: lagartas vivas após a aplicação (4, 8 e 12 dias) e matéria seca (g.parcela^{-1}). Em laboratório para análise de tensão superficial e ângulo de contato, utilizou-se de tensiômetro. O diâmetro das partículas foi medido por analisador a laser e a distribuição volumétrica por mesa de deposição. Foram utilizadas as mesmas caldas do experimento de campo e para algumas análises também foram acrescentadas caldas somente com água (mesma utilizada para as pulverizações), água ultra pura e dois modelos de pontas de pulverização DG95015 e LD110015. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Houve maior controle do inseto pela pulverização noturna e direcionada ao cartucho das plantas de milho, independente da calda utilizada, com menor perda no peso da matéria seca. Em laboratório observou-se que o acréscimo de adjuvantes a calda inseticida aumentou o molhamento e o diâmetro das gotas pulverizadas para as duas pontas utilizadas, e a distribuição volumétrica foi equivalente para os dois modos de aplicação.

Palavras-chave: lagarta-do-cartucho do milho, tecnologia de aplicação, pontas de pulverização

TIMES OF APPLICATION IN ON TOTAL AREA OR BY DIRECTED SRAYING AND USE OF ADJUVANTS FOR CONTROL OF *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) IN MAIZE CROP

ABSTRACT - The larval stage of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) is the major cause of yield losses in maize. The aim of this study was to evaluate the control of *S. frugiperda*, during the first infestation, in day and nighttime spraying directed to maize plants whorl and in total area with insecticide spraying liquids supplemented or not by adjuvant as well as analyze physical characteristics of surface tension and contact angle, droplets diameter and volumetric distribution for the two modes of application. The research at field conditions has involved two modes of application (directed to the whorl of plants and to total area), two times (8 a.m. and 8 p.m.), three insecticide spraying liquids (only insecticide, insecticide with nonifenol and insecticide with oil) and a treatment without application following a triple factorial (2x2x3)+1, in a randomized block design with four replications. Sowing was done in seasons 2012/13 and 2013/14, the factors evaluated were larvae alive after application (4, 8 and 12 days) and dry matter of maize plants (g.parcela⁻¹). The surface tension and contact angle were obtained in tensiometer. The droplets diameter was measured by a laser analyzer and the volumetric distribution on patternator. The same spraying liquids from the field experiment were used and compared with water only (same as used for spraying), and ultrapure water, and two models of spray nozzles DG95015 and LD110015. Data were subjected to analysis of variance by F test and the means were compared by Tukey test at 5% probability. It was obtained better control of the insect by the nocturnal directed spraying, regardless of the spraying liquid used, with smaller loss dry matter weight. The addition of adjuvants to insecticide spraying liquids increased wetting and the diameter of sprayed droplets for the two nozzle models, and the volumetric distribution was equivalent for the two application modes.

Keywords: fall armyworm of maize, spraying technology, nozzle, droplet

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Aspectos econômicos da cultura do milho

Estima-se que a domesticação da espécie *Zea mays* L. (milho) ocorreu há 6000 anos, planta oriunda da região mesoamericana e difundida a todo o mundo após a descoberta do continente americano pelos europeus (Australian Government, 2008). Atualmente possui altíssimo índice de domesticação, sobrevivendo somente quando cultivado pelo homem, por ter perdido a capacidade de viver por si mesma na natureza (SILOTO, 2002).

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas que tem crescente escala de produção mundial nos últimos anos. A produção mundial deste grão atualmente é de 858.778 mil toneladas, o Brasil produziu 80 mil toneladas na safra 2012/13, e é atualmente o terceiro maior produtor do grão no mundo (AGRIANUAL, 2014). Segundo dados da FAO (2010), os Estados Unidos é o país que mais ganha economicamente com a cultura milho, seguidos da China, México e Brasil. Em termos de produção o Brasil ocupa a terceira posição.

A cultura apresenta ampla importância comercial, pelo uso na alimentação humana e principalmente de animais, com a maior parte do seu mercado consumidor destinado à fabricação de rações e derivados (FORNASIERI, 2007). Sua importância social é destacada em técnicas culturais de processamento de grãos em produtos como pamonha, farofa, xarope de glicose e bebidas, como forma de agregação de valor e renda para pequenas comunidades (CIMILHO, 2010).

A possível explicação para a produção mundial crescente nos últimos anos é que a semeadura está acontecendo em praticamente o ano todo e em diferentes condições ambientais (LIMA et al., 2008). De acordo com Sangoi et al. (2002), são necessárias diversas cultivares para atender a necessidade dos agricultores, com conjuntos de caracteres diferentes em ciclo, produtividade, tolerância a pragas e doenças, e adaptação às regiões de cultivo.

O cultivo sequencial do milho safrinha após a safra de verão tem proporcionado a continuidade das pragas na cultura devido a permanência da planta

na área, praticamente durante todo o ano, resultando em redução da produtividade devido às perdas fitossanitárias (FARIAS; BARBOSA; BUSOLI, 2001). Para que se evite ou diminua os danos por insetos à cultura é fundamental que práticas de manejo integrado sejam efetivadas.

2. *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)

Conhecida por lagarta-do-cartucho ou lagarta-militar é classificada na Ordem Lepidoptera e da Família Noctuidae. As posturas apresentam cerca de 1500 ovos por mariposas, depois de eclodidos, as larvas tem o período de duração desse estágio de 12 a 30 dias e elas passam a se alimentar de preferência pelas folhas mais novas do milho. Ao final desse período as lagartas medem aproximadamente 50mm. Devido ao hábito de canibalismo da espécie é comum se encontrar apenas uma lagarta desenvolvida por cartucho. Após o estágio larval as lagartas penetram no solo, onde se transformam em pupas. O período pupal dura 21 dias no verão e 50 dias no inverno. A após estes surgem os adultos (GALLO et al., 2002).

2.1. Importância econômica

Dentre as pragas da cultura do milho a lagarta-do-cartucho é considerada a mais expressiva, ou de maior importância. A ocorrência vai desde a emergência das plântulas até o pendoamento e espigamento. No início as lagartas fazem raspagem nas folhas e, com o seu desenvolvimento, se localiza no centro do cartucho, destruindo-o por sua alimentação (CRUZ, 1995).

A cultura suporta 50% da desfolha até 25 dias após emergência das plântulas com dano de 10% na produção. De 25 aos 45 dias tem o menor índice para suportar a desfolha, resultando em dano que pode variar de 15 a 34%. Isso pode ser explicado por nessa fase ocorrer à definição dos componentes de rendimento, como o número de fileiras de grãos por espiga e número de grãos por fileira, responsáveis pela produtividade final da lavoura. Dos 45 aos 75 dias suporta 60% de desfolha com dano de até 15% (CRUZ, 1997).

O inseto destaca-se dentre as espécies descritas do gênero *Spodoptera* por se alimentar de mais de 80 espécies de plantas, incluindo o algodoeiro, o milho e a soja. Apesar da amplitude hospedeira é considerada praga importante de espécies da família de Paoceae (POGUE, 2002). Um dos fatores que podem dificultar o manejo deste inseto no Brasil é a grande oferta de hospedeiros ao longo do ano, como por exemplo, a sucessão de culturas como milho e soja no verão, ou milho e sorgo na safrinha, além da utilização de hospedeiros alternativos pelo inseto para se manter no agroecossistema (BARROS;TORRES;BUENO, 2010).

O inseto tem sua ocorrência frequente em culturas com fenologias distintas como a soja, o milho e o algodão, por estas serem cultivadas em um mesmo período, por exemplo no verão, o que pode favorecer a sua migração entre cultivos (NAGOSHI, 2009). O inseto adulto possui alta capacidade de dispersão, o que lhe permite dispersar-se rapidamente pelas plantas hospedeiras (MARTINELLI et al., 2006).

Estima-se que 25% dos prejuízos causados por pragas no milho no Brasil são provocados por lagarta-do-cartucho (WAQUIL; VILELA, 2003). Em estudo de custos, somente com inseticida para controle de *Spodoptera frugiperda* na safra (verão) de 2009, o valor gasto foi superior a 758 milhões de reais, e na safrinha de R\$ 444 milhões. Considerando que menos da metade dos estados produtores plantaram o grão na safrinha, o valor total superou R\$ 1,2 bilhão/ano (FERREIRA FILHO et al., 2010).

2.2. Métodos de controle

Devido aos hábitos de caminhar noturno da lagarta há menor exposição durante o dia, pois neste período os indivíduos ficam protegidos no interior do cartucho formado pelas folhas mais jovens da planta (WAQUIL, 2006). Métodos que proporcionem o contato do produto com o inseto podem resultar em maior eficácia (CAMPOS et al., 2014). Para o controle desta praga podem ser recomendadas várias estratégias como métodos biológicos, culturais e químicos.

O uso de plantas transgênicas de milho que expressam diferentes toxinas do *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) estão sendo as mais utilizadas atualmente pelos

produtores para diminuir a presença da praga (WAQUIL; VILLELA; FOSTER, 2002), mas a falta de integração deste manejo a outras práticas culturais vem fazendo com que o cruzamento de insetos resistentes, sobreviventes e oriundos das áreas de milho *Bt*, resulte em indivíduos resistentes, não mais sendo afetado pelas toxinas das variedades transgênicas resistentes (CRUZ et al., 2013).

Uma forma de reduzir a velocidade de crescimento de populações resistentes a tecnologias de cultivos *Bt*, é aumentar o uso de plantas que expressem alta dose de toxinas e o uso de área de cultivo de plantas isogênicas não *Bt* (refúgio), essa última tecnicamente deve corresponder a 10% do total da área cultivada, e favorecerá o cruzamento de populações susceptíveis de insetos com populações resistentes, resultado em gerações susceptíveis, assim retardando a evolução da resistência de *S. frugiperda* à cultura do milho *Bt* (CRUZ et al., 2013).

O uso de inseticidas é a técnica mais utilizada atualmente para controle de *S. frugiperda*. Por ser considerado o principal componente de controle de pragas, isso se torna uma opção menos eficiente pela capacidade de o inseto migrar a longas distâncias e se alimentar de várias espécies cultivadas (BELAY; HUCKABA; FOSTER, 2012).

O controle de *Spodoptera* se concentra basicamente na utilização de inseticidas sintéticos e que possuem custos elevados, com altos riscos de toxicidade e de contaminação ambiental (VIANA; PRATES, 2003). Recomenda-se a aplicação de fosforados, clorofosforados, carbamatos, piretróides ou reguladores de crescimento, logo que surjam os primeiros sinais de respagem nas folhas do cartucho (GALLO et al., 2002), utilizando para pulverização ponta de jato plano para que o produto chegue ao local de permanência do inseto.

3. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários

A busca contínua pela redução dos custos de produção e dos riscos ambientais causados pela aplicação de produtos fitossanitários tem levado à necessidade de utilização e ao desenvolvimento de novas tecnologias nesse setor. Nesse aspecto, se procura um tratamento fitossanitário eficiente, que consiga utilizar tecnologias capazes de atingir o alvo na quantidade necessária, de forma econômica

e com o mínimo de contaminação ao ambiente (MATUO, 1990), adequada à biologia e ao comportamento do alvo biológico a ser atingido.

A redução de volumes de aplicação é uma tendência na agricultura, uma vez que isto possibilita diminuir o desperdício de água, reduzir paradas para abastecimentos em campo, o que gera o aumento da capacidade operacional e quando a pulverização é realizada no momento correto não deve interferir no sucesso do tratamento fitossanitário (FERREIRA; MATUO; BARBOSA, 1999).

Para controles realizados por pulverizações é importante se conhecer qual a melhor combinação de densidade e diâmetro de gotas, volume e concentração de ingredientes ativos na calda (FERREIRA, 2003). As pontas de pulverização que formam gotas por energia hidráulica são as mais comercializadas e os espectros de gotas formadas são determinados pelos modelos de pontas, tamanho do orifício, ângulo de descarga, pressão de trabalho e formulação de produtos fitossanitários. Esses fatores estão diretamente relacionados à cobertura do alvo pela calda pulverizada (BALAN et al., 2012).

A formação de gota por esse tipo de energia é bastante desuniforme, dificultando a boa cobertura do alvo (CUNHA; TEIXEIRA; FERNANDES, 2007). Por isso, para aplicações mais eficientes e seguras, é preciso conhecer as características técnicas dos tipos de pontas de pulverização, visando a uma correta seleção.

De acordo com Viana et al., (2010), o componente mais importante no processo de formação e distribuição de gotas é a ponta de pulverização, a qual influencia de forma direta na qualidade e segurança da aplicação. Os riscos de deriva se tornam maiores quando as gotas formadas pela pulverização são pequenas. Já quando a pulverização é por gotas grandes a planta pode ter dificuldade em relação à retenção e absorção (CUNHA; REIS; SANTOS, 2006).

As condições meteorológicas também têm relação direta com o sucesso da pulverização. Determina-se que ventos acima de 9,6 km/h, umidade relativa do ar abaixo de 55% e temperatura superior a 30°C interferem na deposição de gotas sobre o alvo (FAO, 1997).

3.1. Modo e horários de pulverização

O principal método de controle da lagarta-do-cartucho é através da pulverização de inseticidas sobre a cultura do milho. Em decorrência de problemas relacionados à tecnologia de aplicação, como atingir a lagarta no interior do cartucho, pode haver falhas no controle com consequente elevação de riscos ambientais e de custos.

A aplicação direcionada à linha de semeadura, sem que haja sobreposição entre jatos consecutivos, pode resultar na redução dos volumes de aplicação e em maior eficiência no controle da praga, quando comparado a um método de aplicação com cruzamento de jatos em aplicações em área total (CAMPOS et al., 2014).

O método de aplicação localizado tanto promove o molhamento de toda a planta, como facilita o espalhamento da gota para dentro do cartucho podendo causar a mortalidade do inseto por contato direto, ou pela ação de deslocamento das lagartas para as folhas das plantas. Este hábito de deslocamento das lagartas para alimentação é realizado no período noturno para a maioria dos Noctuíde o que favorece a exposição do inseto à pulverização e aumenta a taxa da eficiência do controle (POLATO; OLIVEIRA, 2011).

O fato das lagartas de *S. frugiperda* apresentar hábito noturno para atividades de deslocamento e alimentar (VIANA; RIBEIRO, 2010) é uma oportunidade para que tecnologias de aplicação sejam utilizadas de acordo com o período de maior exposição do alvo.

3.2. Uso de adjuvantes e caracterização do diâmetro, ângulo e tensão superficial das gotas

A interação da planta com o produto aplicado é outro fator que influencia na qualidade da aplicação. Quando a absorção se dá pela parte aérea a maior dificuldade é devida às estruturas anatômicas responsáveis por impedir o ressecamento da planta, principalmente pela deposição de cutina, que forma a cutícula nas folhas, as quais são impermeabilizantes e que impedem a movimentação total ou parcial de água e soluções (RODRIGUES, 2009).

Uma forma de quebra dessas barreiras, para melhorar a qualidade da aplicação, é a adição de adjuvantes à calda. De acordo com a legislação brasileira atual, no artigo 1º do Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, entende-se por adjuvante “produto utilizado em mistura com produtos formulados para melhorar sua aplicação”. Estes são produtos de uso agrícola que podem ser recomendados para atuar junto à calda de pulverização, com o intuito de modificar as características físico-químicas das soluções (IOST; RAETANO, 2010). Os surfatantes são tidos como adjuvantes que promovem o ajustamento entre duas substâncias, ou entre substância e superfície (DURIGAN, 1993).

Alguns processos em que os adjuvantes agrícolas atuam são: na aplicação (deriva e evaporação), mistura de tanque (compatibilidade, solubilidade, estabilidade, proteção e espuma), retenção (rebote e adesão), deposição do produto no alvo (molhamento, espalhamento, forma física e solubilização), e translocação na planta (GREEN, 2000).

Segundo Costa et al. (2005), esses produtos são adicionados à calda de pulverização não alteram a eficiência biológica dos ingredientes ativos. Atuam de maneira diferente entre si e podem melhorar o espalhamento, a aderência das gotas ao alvo, redução de espuma e na penetração. Destacam-se, entre outros efeitos, pela redução da tensão superficial das gotas, causando diminuição do ângulo de contato na superfície, o que melhora a cobertura por aumentar a superfície de contato no alvo biológico (AZEVEDO, 2001). Pelo fato de alterarem as características da calda de pulverização, podem minimizar os efeitos do ambiente que podem comprometer a eficiência de um tratamento fitossanitário (CARBONARI et al., 2005).

A adição de óleo vegetal a calda altera o espectro de gotas pulverizadas, aumentando o diâmetro das gotas e diminuindo a porcentagem de gotas propensas a ação dos ventos, contribuindo assim para redução da deriva (CUNHA et al., 2003). De acordo com Butler-Ellis, Tuck e Miller (2001), adjuvante com função espalhante, pode proporcionar a redução no tamanho de gotas, por em sua composição conterem ingredientes redutores de tensão superficial. Porém podem variar de acordo com a ponta empregada.

Contudo, a adição de componentes à calda de pulverização pode afetar negativamente o resultado da aplicação. Grande parte dos problemas advindos do uso desses produtos origina-se do desconhecimento de sua ação e das implicações da eficiência do seu emprego no controle do alvo preconizado da aplicação (ANTUNIASSI, 2006). A seleção ou recomendação dos adjuvantes é dificultada pela pouca informação científica existente sobre o assunto (CUNHA; BUENO; FERREIRA, 2010).

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL 2014. **Anuário da agricultura brasileira**. Agra FNP, p. 377, 2014.
- ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. **Revista Plantio Direto**, v. 15, p. 17-22, 2006.
- Australian Government*. The Biology of *Zea mays* L. ssp *mays* (maize or corn). **Department of Health and Ageing Office of the Gene Technology Regulator**, p.01-80, 2008.
- AZEVEDO, L.A.S. **Proteção integrada de plantas com fungicidas**. Campinas, SP: Emopi Gráfica, 2001, 230 p.
- BALAN, M. G.; ABI SAAB, O. J. G.; MACIEL, C. D. G.; OLIVEIRA, G. M. Diagnóstico e proposta de descrição metodológica para artigos técnico-científicos que tratam da avaliação de aplicações de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.11, n.1, p.126-138, 2012.
- BARROS, E. M.; TORRES, J. B.; BUENO, A. F. Oviposição, Desenvolvimento e Reprodução de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em Diferentes Hospedeiros de Importância Econômica. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 6, p. 996-1001, 2010.
- BELAY, D. K.; HUCKABA, R. M.; FOSTER, J. E. Susceptibility of the Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), at Santa Isabel, Puerto Rico, to Different Insecticides. **Florida Entomologist**, v. 95, n.2, p.476-478, 2012.
- BUTLER-ELLIS, M. C.; TUCK, C. R.; MILLER, P. C. H. How surface tension of surfactant solutions influences the characteristics of sprays produced by hydraulic nozzles used for pesticide application. **Colloids Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects**, v. 190, n. 3, p. 267-276, 2001.
- CAMPOS, H. B. N; FERREIRA, M. C.; COSTA, L. L.; DECARO JUNIOR, S. T.; LASMAR, O. Localized application of insecticide combined with fertilizer on corn controls *Spodoptera frugiperda* (Smith) and reduces spray drift. **International Journal of Agricultural Research**, 10 p., 2014.

CARBONARI, C. A.; MARTINS, D.; MARCHI, S. R.; CARDOSO, L. R. Efeito de surfactantes e pontas de pulverização na deposição de calda de pulverização em plantas de grama-seda. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 725-729, 2005.

CIMILHO (Centro de Inteligência do Milho). **Múltiplos Usos do Milho (Planta, Espiga e Grão) no Brasil**. 2010. Disponível em: <<http://cimilho.cnpms.embrapa.br/processamento/processamento.php>>. Acesso em 13 de novembro de 2012.

COSTA, N. V.; MARTINS, D.; RODELLA, R. A.; COSTA, L. D. N. C. PH foliar e deposição de gotas de pulverização em plantas daninhas aquáticas: *Brachiaria mutica*, *Brachiaria subquadrifida* e *Panicum repens*. **Planta Daninha**, v. 23, n. 2, p. 295-304, 2005.

CRUZ, I. **A identificação de pragas da cultura do milho**. Sete Lagoas. Embrapa, CNPMS, 1997, 67p.

CRUZ, I. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisas Agropecuárias CNPMS. **Milho: informações técnicas**. Sete Lagoas (Circular técnica, 21), 1995, 45 p.

CRUZ, I.; VALICENTE, F. H.; VIANA, P. A.; MENDES, S. M. **Risco Potencial das Pragas de Milho e de Sorgo no Brasil**. Sete Lagoas: EMBRAPA, CNPMS, (Documentos, 150), 2013, 42p.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURRY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para a redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 325-32, 2003.

CUNHA, J. P. A. R.; REIS, E. F.; SANTOS, R. O. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. **Ciência Rural**, v. 36, n. 5, p. 1360-1366, 2006.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulica utilizando a técnica da difração do raio laser. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 10-15, 2007.

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

DURIGAN, J.C. **Efeito de adjuvantes na aplicação e eficácia dos herbicidas**. Jaboticabal: FUNEP, 1993, 42p.

FAO. FOOD AGRICULTURE AND ORGANIZATION. **Equipo de aplicación de pesticida para uso en agricultura: equipo impulsado mecánicamente**. ROMA, v.2, 1997, 150 p.

FAO (Food And Agriculture Organization). **Faostat**. 2010. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 03 de Novembro de 2012.

FARIAS, P.R.S.; J.C. BARBOSA; A.C. BUSOLI. Amostragem seqüencial (presença-ausência) para *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Neotropical Entomology**, v. 30, p.691-695, 2001.

FERREIRA FILHO, J. B. S.; ALVES, L. R. A.; GOTTARDO, L. C. B.; GEORGINO, M. Dimensionamento do custo econômico representado por *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho no Brasil. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 48., 2010, Campo Grande. **Resumos...** Campo Grande: SSB, 2010. p. 57-68.

FERREIRA, M. C.; MATUO, T.; BARBOSA, J.C Validação de modelo matemático para simulação da capacidade operacional de turbo atomizadores em citros. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n. 1, 1999.

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

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007, 273p.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. p. 919.

GREEN, J. Adjuvant outlook for pesticides. **Pesticide Outlook**, Cambridge, v. 11, p.196-199, 2000.

IOST, A. R. C; RAETANO, G. C. Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfatantes em superfícies artificiais e naturais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.670-680, 2010.

LIMA, J. S.; SOUSA, J. C.; MACHADO, J. C.; RAMALHO, M. A. P. Controle genético para o controle da exigência térmica para o início do florescimento em milho. **Bragantia**, Campinas, v.27, n.1, p.127-131, 2008.

MARTINELLI, S.; BARATA, R. M.; ZUCCHI, M. I.; SILVA-FILHO, M. C.; OMOTO, C. Molecular variability of *Spodoptera frugiperda* (lepidoptera: noctuidae) populations associated to maize and cotton crops in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v.99, p. 519-526, 2006.

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

NAGOSHI, R. N. Can the amount of corn acreage predict fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) infestation levels in nearby cotton? **Journal Economic Entomology**, v. 102, p.210-218, 2009.

POGUE, G. M. A world revision of the genus *Spodoptera guenée* (Lepidoptera: Noctuidae). **Memoirs of the American Entomological Society**, vol. 43, p. 1-202, 2002.

POLATO, S. A.; OLIVEIRA, N. C. Eficiência do controle de lagarta-do-cartucho na cultura do milho em função de diferentes horários de aplicação de inseticida. **Campo Digit@l**, v.6, n.1, p.44-53, 2011.

RODRIGUES, J. D. Absorção e transporte de solutos nas plantas. In: VELINI, E. D. et al. **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, p.31-59, 2009.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 2, 101-110, 2002.

SILOTO, R. C. **Danos e biologia de Spodoptera frugiperda (J. E. Smith, 1797) (Lepdoptera: Noctuidae) em genótipos de milho**. 2002. 92f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

VIANA, P. A.; PRATES, H. T. Desenvolvimento e mortalidade larval de *Spodoptera frugiperda* em folhas de milho tratadas com extrato aquoso de folhas de *Azadirachta indica*. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 1, 2003.

VIANA, P. A.; RIBEIRO, P. E. A. Efeito do extrato aquoso de folhas verdes de nim (*Azadirachta indica*) e do horário de aplicação sobre o dano e o desenvolvimento larval de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.1, p. 27-37, 2010.

VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, M. C.; TEIXEIRA, M. M.; ROSELL, J. R.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, A. F. L. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva. **Planta Daninha**, v.28, n.2, p.439-446, 2010.

WAQUIL, J. M.; VILLELA, F. M. F.; FOSTER, J. E. Resistência do milho (*Zea mays* L.) transgênico (bt) à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, p. 1-11, 2002.

WAQUIL, J. M.; VILELLA, F. M. F. Gene bom. **Revista Cultivar**, v. 49, p. 22-26, 2003.

WAQUIL, J.M. **Cultivo de sorgo**. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, Versão Eletrônica - 2ª edição, Dezembro, 2006. Disponível em: <http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo_2ed/index.htm>. Acesso em: 27 out. 2012.

CAPÍTULO 2 - Controle de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em pulverização noturna de caldas com e sem adjuvantes, direcionada ao cartucho das plantas de milho

RESUMO - A fase larval do inseto *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) há muitos anos é a principal causa de perdas de produtividade na cultura do milho. O objetivo deste trabalho foi avaliar o controle de *S. frugiperda*, na primeira infestação, em pulverização diurna e noturna e direcionada ao cartucho das plantas de milho ou em área total, com caldas inseticidas acrescidas ou não de adjuvantes. Para o desenvolvimento do trabalho, foram utilizados dois modos de aplicação (direcionado ao cartucho das plantas e em área total), dois horários (08 e 20h), três caldas inseticidas (somente com inseticida, inseticida mais óleo vegetal e inseticida mais nonil fenol) e um tratamento sem aplicação, em esquema fatorial triplo $(2 \times 2 \times 3) + 1$, conduzido em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. A semeadura foi feita nas safras 2012/13 e 2013/14, sendo avaliados os fatores: lagartas vivas após a aplicação (4, 8 e 12 dias) e matéria seca (g.parcela^{-1}). Houve maior controle do inseto pela pulverização noturna e direcionada ao cartucho das plantas de milho, independente da calda utilizada, com menor perda no peso da matéria seca.

Palavras-chave: aplicação localizada, horários de aplicação, baixo volume

ABSTRACT – The larvae phase of *Spodoptera frugiperda* (Lepdoptera: Noctuidae) for many years has been the major cause of productivity losses in maize. The aim of this study was to evaluate the control of *Spodoptera frugiperda* (Lepdoptera: Noctuidae), in the first infestation, in daytime and nighttime directing the spray toward the inside of the plant whorl of corn and total area with insecticide spraying liquids supplemented or not with adjuvant. This work carried out with two application modes (located and total area), in two times (8 a.m. and 8 p.m.), with three insecticide spraying liquids (with insecticide, insecticide with oil and insecticide with nonifenol) and treatment without application following a factorial $(2 \times 2 \times 3) + 1$, conducted in a randomized block design. Sowings were proceeded in the crops years 2012/13 and

2013 /14, in which were evaluated the factors: live larvae (4, 8 and 12 days after application) and dry matter (g.plot^{-1}). There was a better control of the insect by the nocturnal directed spray localized in the plants whorl, regardless of the spraying liquid used, with smaller loss dry matter weight.

Keywords: localized application, time of application, low volume

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas com escala crescente de produção mundial, com a semeadura acontecendo em praticamente todos os dias do ano e nas mais diferentes condições ambientais de manejo (LIMA et al., 2008a).

Considerada a principal praga da cultura do milho no Brasil, a *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) se aloja na maior parte do seu ciclo de vida no cartucho formado pelas folhas e registra-se que ao menos são necessárias duas aplicações de inseticidas para controle do inseto, aos 19 e 47 dias após a emergência (BARROS; TORRES; BOENO, 2010; COSTA et al., 2005).

Assim, como a maioria dos insetos da família dos noctuídeos, apresenta hábitos noturnos, sendo que a principal atividade da fase larval é alimentar, deslocando-se a noite com maior frequência, momento em que está mais exposta à pulverizações (CRUZ et al., 2013; GALLO et al., 2002). Estima-se que a larva do inseto cause perdas de 15 a 76% na produção de grãos (FIGUEIREDO; MARTINS; CRUZ, 2006), e que no Brasil os prejuízos econômicos cheguem a 400 milhões de dólares anualmente (CRUZ et al., 2008).

O principal método de controle da lagarta-do-cartucho é através do uso de inseticidas. Considerando que o alvo está localizado em região específica das plantas, uma aplicação que seja direcionada a linha de semeadura pode resultar na possibilidade de se praticar menores volumes de calda por hectare e maior eficiência no controle do inseto (CAMPOS et al., 2014).

Há muito tempo se procura um tratamento fitossanitário eficiente, que consiga utilizar tecnologias capazes de atingir o alvo na quantidade necessária, de forma econômica e com o mínimo de contaminação ao ambiente (MATUO, 1990). Considerando a biologia e o comportamento do alvo a ser atingido, visando ampliar

a eficiência no seu controle, porém na prática, esses aspectos nem sempre são respeitados.

O uso de adjuvantes, como óleos vegetais e espalhantes adesivos, é uma prática que não altera a eficiência biológica dos ingredientes ativos, promovendo o espalhamento e molhamento do alvo pela calda aplicada. Em geral, os produtos espalhantes têm função de reduzir a tensão superficial da calda formada pela água e pelos ingredientes ativos (CUNHA; BUENO; FERREIRA, 2010), podendo resultar em escorrimento das gotas diretamente para o interior do cartucho do milho, principal área de alojamento do inseto alvo, ou mesmo promover uma maior cobertura das folhas da região do cartucho, região alcançada pelas larvas no período noturno que poderão se contaminar por contato com os inseticidas, ficando assim mais propensas ao controle.

Envolvendo esses aspectos, o objetivo deste trabalho foi avaliar o controle de *S. frugiperda*, na primeira infestação, em pulverização diurna e noturna e aplicada direcionada ou em área total ao cartucho das plantas de milho, com caldas inseticidas acrescidas ou não de adjuvantes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados experimentos nas safras 2012/13 e 2013/14, ambos na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção – FEPP, da Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Campus de Jaboticabal-SP (Latitude 21°15'22" S, Longitude 48°18'58" O e altitude de 595 m).

Foi utilizado o híbrido simples BM 502 (Biomatrix®). Cada parcela conteve 4 linhas de 15 metros espaçadas a 0,45m entre linhas, e 6 plantas por metro. Foi considerada como área útil de cada parcela apenas as duas fileiras centrais, desprezando 0,5 metros de cada extremidade. Na safra 2012/13 a semeadura aconteceu no dia 21 de novembro de 2012 e na safra 2013/14 ocorreu no dia 14 de novembro de 2013.

Para o desenvolvimento do trabalho, foram utilizados dois modos de aplicação (direcionado ao cartucho das plantas e em área total), dois horários (08 e 20h), três caldas inseticidas ((somente com inseticida, inseticida mais óleo vegetal e

inseticida mais nonil fenol) e um tratamento sem aplicação, em esquema fatorial triplo $(2 \times 2 \times 3) + 1$, conduzido em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições.

O inseticida utilizado é do grupo químico dos piretróides, com formulação emulsão concentrada (EC), composto por lambda-cialotrina (50 g.L^{-1}) + ingredientes inertes ($852,06 \text{ g.L}^{-1}$), de nome comercial Jack Pot® (Rotam CropSciences, Campinas – SP), também foram utilizados o adjuvante a base de óleo vegetal Veget'oil® (Oxiquímica Agrociência, Jaboticabal – SP), e Nonil fenol Gotafix® (Milenia Agrociências, Londrina – PR). Todos os produtos foram utilizados nas dosagens recomendadas pelos fabricantes para 100 L de água.

A disposição dos bicos na barra de pulverização foi distinta para cada modo de aplicação (Figura 1). Para a aplicação em área total a distância entre bicos foi de 0,50m a uma altura da planta de 0,40m (a), na aplicação localizada o jato foi direcionado para a linha da cultura, sem haver sobreposição, com 0,45m a uma altura de 20 cm da planta (b), nos dois casos, a barra fixada na parte dianteira do trator e composta por quatro bicos.

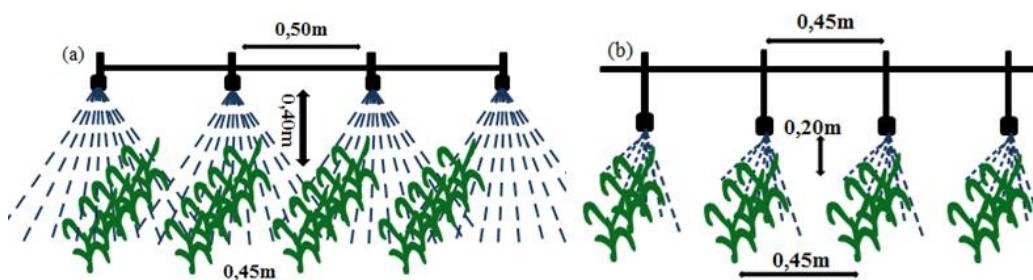


Figura 1. Esquema de projeção dos jatos utilizados para pulverizações em área total (a) e direcionado para o interior do cartucho das plantas de milho (b). Jaboticabal – SP.

As aplicações foram feitas com velocidade constante de 7,7 km/h por parcela, por meio de um pulverizador montado tratorizado em que a calda foi pressurizada constantemente (CO_2). Foi estabelecido o volume de aplicação de 100 L.ha^{-1} , com pressão de trabalho de 275,79kPa.

A aplicação localizada usou pontas de pulverização de jato plano contínuo com pré-orifício modelo DG 95015 EVS (TEEJET, 2011) e para a aplicação em área total, foi utilizada a ponta de pulverização de jato plano convencional com pré-orifício modelo LD 110015 (JACTO, 2000), ambos com produção de gota grossa. Observou-se que a vazão por ponta na pressão trabalhada foi de $0,567 \text{ L.min}^{-1}$, assim de

acordo com a vazão da ponta pela distancia pulverizada em metro de linha no tempo de um minuto, observou-se que em um hectare de linha de milho espaçadas à 0,45m o volume equivalente foi de 99,12 L.ha⁻¹, condizendo com o estabelecido para o trabalho. Estas informações estão descritas no esquema matemático a seguir:

$$\begin{aligned} &15\text{m (comprimento da parcela)} - 7,08\text{s (tempo gasto para percorrê-la)} \\ &60\text{s} = 127,11\text{m de linha} \\ &0,567\text{L/min (vazão da ponta de pulverização)} - 127,11\text{m de linha} \\ &22.222,22 = 99,12 \text{ L.ha}^{-1} \end{aligned}$$

Considerando o espaçamento entre bicos e a área da parcela (m²) utilizados, observou-se que na aplicação localizada foi utilizado o volume de 67,5 mL.m⁻¹ na linha de milho, enquanto para aplicação em área total, observando o mesmo parâmetro foi utilizado 75,0 mL.m⁻¹ de linha, ou seja, para os espaçamentos utilizados de 0,45 m e 0,50 m, considerando 10.000m² de área plantada, teremos menos área tratada na aplicação localizada do que em área total. O esquema matemático que afirma essas informações está descrito a seguir:

1- Aplicação localizada:

$$\begin{aligned} &15\text{m (comprimento da parcela)} \times 0,45 \text{ (espaçamento entre bicos)} = 6,75\text{m}^2 \\ &10000\text{m}^2 - 100\text{L} - 6,75\text{m}^2 = 0,067 \text{ L.m de linha} \end{aligned}$$

2- Aplicação em área total:

$$\begin{aligned} &15\text{m} \times 0,50 = 7,5\text{m}^2 \\ &10000\text{m}^2 - 100\text{L} - 7,5\text{m}^2 = 0,075 \text{ L.m de linha} \end{aligned}$$

As pulverizações foram realizadas quando o nível de controle para o inseto foi de 20% das plantas apresentarem folhas raspadas (GALLO et al., 2002) (Figura 2). A aplicação na safra 2012/13 aconteceu aos 13 dias após a emergência, ao passo que na safra 2013/14 a aplicação aconteceu aos 14 dias após a emergência e as plantas. Em ambos os experimentos, as plantas de milho encontravam-se em estágio fenológico V4.

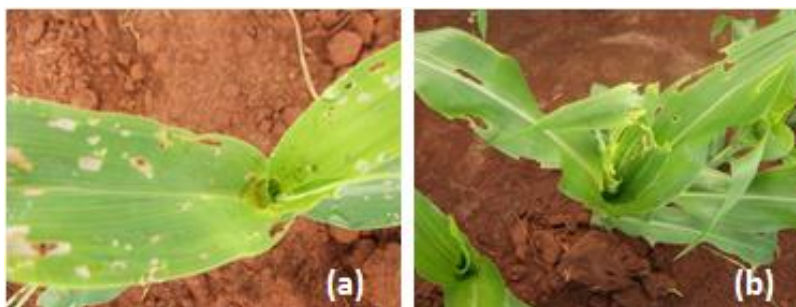


Figura 2. Danos causados por *S. frugiperda*, em primeira infestação, na cultura do milho. (a) Raspagens e perfurações das folhas; (b) Destruição total do cartucho da planta. Jaboticabal – SP. Fonte: Próprio Autor.

Os dados meteorológicos médios para as aplicações na safra ano 2012/13 durante a manhã com início às 8 h e término às 9 h 40 foram: 85% de umidade relativa, 27,46°C de temperatura e 3,3 km.h⁻¹ de vento. E para as aplicações durante a noite com início às 20 h e término às 21 h 10, tiveram: 80% (U.R), 25,76°C (Temp.) e 6,16 km.h⁻¹ (Vento).

Na safra 2013/14, os dados meteorológicos médios para aplicações durante a manhã com início às 8 h e término às 9 h 53, foram: 75% (U.R.), 27,2°C (Temp.) e 2,1 km.h⁻¹ (Vento). Às aplicações noturnas com início às 20h e término às 21 h 30, tiveram: 70% (U.R.), 27,3°C (Temp.) e 1,8 km.h⁻¹ de vento. Em ambas as safras, portanto, as condições meteorológicas foram adequadas à pulverização.

Coletaram-se de cada parcela experimental oito plantas para verificação do número de lagartas vivas, antes da aplicação (prévia) esses valores foram utilizados somente para análise de eficiência, aos 4, 8 e 12 dias após a aplicação (DAA), às lagartas se caracterizaram por estar com tamanhos de 0 a 2 centímetros.

Os valores obtidos foram submetidos ao cálculo da porcentagem de eficiência utilizando a fórmula de HENDERSON; TILTON (1955), na qual os valores obtidos são classificados segundo os critérios de baixa eficiência (menor que 80%), boa eficiência (entre 80 e 90%) e alta eficiência (acima de 90%). A fórmula está esquematizada na equação abaixo:

$$E = \left[-1 \left(\frac{T_a}{T_b} \frac{t_b}{t_a} \right) \right] 100$$

Temos que,

E - eficácia (%);

Ta - total de insetos vivos no tratamento controle antes da aplicação;

Tb - total de insetos vivos no tratamento controle depois da aplicação;
tb - total de insetos vivos no tratamento depois da aplicação, e
ta - total de insetos vivos no tratamento antes da aplicação.

Aos 12 DAA foram coletadas oito plantas inteiras de cada parcela, levadas à estufa de circulação de ar forçada, na temperatura de 60°C, até peso constante, para obtenção de matéria seca (gramas por parcela). Os dados obtidos foram submetidos ao teste F da análise de variância e as médias das parcelas tratadas comparadas entre si, utilizando o teste de Tukey ($p < 0,05$). Os dados do número de lagartas vivas foram transformados em $\sqrt{x + 1}$, para estabilizar a variância do resíduo da análise. Foi utilizado o programa AgroEstat – sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos – versão 1.1.0.0694, 2011 (BARBOSA; MALDONADO JR, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que, a maioria dos tratamentos que receberam aplicação localizada apresentaram de boa a alta eficiência nas duas safras estudadas (Tabela 1), com exceção aos 12 DAA para a aplicação localizada no período da manhã usando calda somente com inseticida e aos 8 e 12 DAA para aplicação localizada pela manhã acrescidas de adjuvantes (C2 e C3).

A avaliação do número de lagartas vivas antes da aplicação (Prévia) demonstra que as parcelas que constituíam os tratamentos foram uniformes tanto no ano de 2012/13 como no ano de 2013/14, com média geral de 7,17 e 10,63, respectivamente.

Para as aplicações feitas pelo modo de aplicação em área total, os tratamentos tiveram menor porcentagem de eficiência quando comparados aos localizados. A menor porcentagem de eficiência foi à combinação da aplicação às 8 h com calda acrescida de óleo vegetal, quando observados os valores para as duas safras em estudo. Na safra 2012/13 todas as caldas aplicadas durante o período noturno obtiveram eficiência de boa a alta, aos 8 e 12 DAA. Aos 4 DAA a única eficiência boa para este modo de aplicação foi a combinação de aplicação às 8 h

com adição de nonil fenol. Na safra 2013/14 a maioria dos tratamentos tiveram boa eficiência às 20 h e valores maiores quando comparados ao mesmo modo de aplicação às 8 h.

Tabela 1. Número médio por tratamento de lagartas vivas antes da pulverização e porcentagens de eficiência dos tratamentos, no controle de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), aos 4, 8 e 12 dias após a aplicação, na cultura do milho (Jaboticabal – SP)

Tratamentos ⁹	Prévia ²		Eficiência de Controle (%) ¹					
	2012/3	2012/4	4 D.A.A ³		8 D.A.A		12 D.A.A	
	2012/3	2012/4	2012/3	2013/4	2012/3	2013/4	2012/3	2013/4
L ⁴ +08h+C1 ⁶	7,5 a	10,0 a	83,1	84,7	88,9	80,4	91,2	70,7
L+08h+C2 ⁷	6,7 a	10,0 a	83,8	81,8	96,8	71,8	92,7	74,8
L+08h+C3 ⁸	6,0 a	10,7 a	83,8	88,6	95,3	78,3	96,4	77,5
L+20h+C1	6,7 a	10,5 a	90,0	100,0	84,4	89,4	90,9	91,9
L+20h+C2	7,0 a	9,2 a	92,8	90,4	88,7	92,7	93,4	91,9
L+20h+C3	7,5 a	10,2 a	91,7	94,1	91,2	96,8	90,4	92,9
AT ⁵ +08h+C1	6,5 a	11,2 a	77,7	76,1	94,2	72,3	91,6	71,5
AT+08h+C2	6,2 a	11,5 a	65,5	72,6	78,8	67,8	96,4	74,9
AT+08h+C3	7,0 a	11,2 a	80,7	82,3	92,1	79,4	88,1	70,9
AT+20h+C1	8,0 a	10,7 a	66,6	89,3	88,5	81,6	86,0	79,7
AT+20h+C2	8,5 a	11,0 a	70,7	86,5	82,4	88,1	92,3	89,8
AT+20h+C3	8,5 a	11,5 a	70,9	82,2	87,2	82,9	81,2	89,5
Controle	8,2 a	10,4 a						
Média Geral	7,17	10,63						
Trat. x Controle	0,72 ^{ns}	0,64 ^{ns}						
C.V.(%)	25,06	14,17						

¹(%E): Porcentagem de eficiência calculada pela fórmula de Hemderson & Tilton (1955). ² Número médio por tratamento de lagartas vivas antes da pulverização. ³DAA: Dias Após a Aplicação; ⁴L: Aplicação localizada; ⁵AT: Aplicação em área total; ⁶C1:Inseticida; ⁷C2:Inseticida + óleo vegetal; ⁸C3: Inseticida + nonil fenol.

Médias nas colunas seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05). ⁹Representação da amostra da parcela de cada tratamento foi de 8 plantas.

De maneira geral, para o último intervalo de avaliação de lagartas vivas (12 DAA) ambas as aplicações tanto no período diurno quanto noturno, foram equivalentes apresentado de boa a alta eficiência (Safr 2012/13). O mesmo não foi verificado na safra 2013/14, quando os modos apresentaram baixa eficiência na pulverização diurna e alta e boa eficiência no período noturno, para aplicação localizada e em área total, respectivamente.

Na pesquisa realizada por POLATO; OLIVEIRA (2011), para avaliar a eficácia de diferentes horários de pulverização, em área total, no controle de *S. frugiperda* na cultura do milho, foi observado que os maiores valores de eficácia das aplicações foram durante a noite às 0, 4 e 20 h. Desta forma pode-se relacionar o trabalho

citado aos fatores também observados nesse estudo para aplicações noturnas, esclarecendo que a relação entre o hábito noturno do inseto e os métodos para aplicação de produtos fitossanitários são eficazes ao controle.

Há a possibilidade de o produto escorrer ao interior do cartucho das plantas, podendo promover efeito de mortalidade direta das larvas pelo contato, além do desalojamento das lagartas para fora do cartucho, ficando expostas ao produto nas folhas. Somando-se o movimento da lagarta para alimentação à noite (Figura 3), há aumento da exposição do inseto ao contato com o produto aplicado, resultando na maior eficiência de controle.



Figura 3. Caminhamento da lagarta de *S. frugiperda* durante o período noturno evidenciado durante a pesquisa (a e b). Jaboticabal – SP. Fonte: Próprio Autor.

O fato desta praga permanecer durante o dia protegida no interior do cartucho das plantas, dificulta o seu controle devido à menor exposição ao inseticida durante o período diurno (WAQUIL, 2006). Este comportamento pode acontecer por, na fase de larvas, os insetos serem sensíveis à exposição à luz solar, e a conformação das plantas de milho serve como de proteção. Tais características podem ter contribuído para o maior número médio de lagartas de *S. frugiperda* no experimento nas aplicações durante a manhã, uma vez que o inseticida tem ação de contato e ingestão, e sua eficácia depende da exposição do alvo a pulverização.

Os valores observados das eficiências (Tabela 1) para cada tratamento correspondem aos descritos dos efeitos principais do número médio de lagartas vivas nas safras pelos métodos avaliados no estudo (Tabela 2).

No ano 2012/13 houve diferença significativa entre os modos de aplicação para o número médio de lagartas vivas nas parcelas tratadas somente aos 4 DAA. Na safra 2013/14 houve diferença significativa para todos os dias avaliados, tanto para os modos de aplicação, tendo a aplicação localizada o menor número de lagartas vivas, quanto para os horários de aplicação. Não houve diferença

significativa para nenhuma das caldas avaliadas, nos anos em estudo. Em todos os dias após a aplicação houve diferença significativa nas duas safras estudadas em relação ao tratamento sem aplicação (controle) (Tabela 2).

Houve interação significativa entre modo de aplicação e horário aos 4DAA, na safra 2012/13, tendo a aplicação localizada às 20h menor número de lagartas vivas (DMS(5%): 0,2196). Também foi observada interação significativa entre os modos de aplicação e as caldas utilizadas aos 4DAA (DMS(5%): 0,2689), tendo a aplicação localizada menor número de lagartas entre as três caldas, e aos 8DAA (DMS(5%): 0,2513) a calda formada por inseticida mais óleo vegetal interagiu significativamente com os modos de aplicação, com a aplicação localizada tendo o menor número de lagartas.

Tabela 2. Número médio por tratamento¹ de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) aos 4, 8 e 12 dias após a aplicação em função dos modos de aplicação, horários e caldas utilizadas (Jaboticabal – SP)

	4 DAA		8 DAA		12 DAA	
Modo de Aplicação (M.A.)	2012/13	2013/14	2012/13	2013/14	2012/13	2013/14
Localizado	0,79 b	0,75 b	0,50 a	0,95 b	0,45 a	0,95 b
Área Total	1,70 a	1,58 a	0,83 a	1,50 a	0,62 a	1,37 a
Horários (H)						
08:00	1,20 a	1,45 a	0,54 a	1,66 a	0,41 a	1,62 a
20:00	1,29 a	0,79 b	0,79 a	0,79 b	0,66 a	0,70 b
Caldas (C)						
Inseticida	1,18 a	1,00 a	0,62 a	1,31 a	0,56 a	1,25 a
I. ¹ + óleo vegetal	1,18 a	1,18 a	0,56 a	1,06 a	0,62 a	1,12 a
I.+ nonil fenol	1,37 a	1,31 a	0,81 a	1,31 a	0,43 a	1,12 a
Teste F						
M.A.	17,29**	15,35**	2,89 ^{NS}	7,13*	1,10 ^{NS}	8,36**
H.	0,02 ^{NS}	13,88**	1,77 ^{NS}	18,86**	2,57 ^{NS}	40,30**
C.	0,27 ^{NS}	0,72 ^{NS}	0,64 ^{NS}	0,74 ^{NS}	0,47 ^{NS}	0,39 ^{NS}
M.A. vs H.	5,68**	0,36 ^{NS}	0,23 ^{NS}	0,17 ^{NS}	1,10 ^{NS}	0,13 ^{NS}
M.A. vs C.	0,67 ^{NS}	0,38 ^{NS}	2,83 ^{NS}	0,34 ^{NS}	1,33 ^{NS}	0,30 ^{NS}
H. vs C.	0,67 ^{NS}	2,21 ^{NS}	0,07 ^{NS}	1,40 ^{NS}	0,59 ^{NS}	0,34 ^{NS}
M.A.C vs H. vs C.	0,67 ^{NS}	0,33 ^{NS}	0,39 ^{NS}	0,47 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,89 ^{NS}
Controle vs Fatorial	109,13**	149,30**	154,43**	107,87**	216,53**	183,13**
C.V. (%)	16,88	16,46	17,9	15,62	15,93	11,35

Médias nas colunas seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05), ¹ I. – Inseticida.² Representação da amostra da parcela de cada tratamento foi de 8 plantas, os dados numéricos são reais e a análise estatística representada pela transformação $\sqrt{x + 1}$.

Para a variável matéria seca do ano/safra 2012/13 houve interação significativa entre os horários e as caldas, tendo que às 20h a calda composta somente por água mais inseticida obteve menor média de matéria seca com relação às acrescidas de adjuvantes (F horários dentro da calda inseticida: 5,00*; DMS(5%): 20,72). Às 20h o valor de matéria seca também foi significativamente inferior ao valor obtido às 8h para calda somente com inseticida (F Caldas dentro de 20h: 3,41*; DMS(5%): 24,96) (F Controle vs Fatorial: 7,37**; C.V(%): 16,2).

Entre modo de aplicação e horários houve interação significativa para todos os dias após a aplicação, sendo que a aplicação localizada obteve menores valores médios de lagartas vivas, também diferindo significativamente para horários com relação aos modos de aplicação, sendo o menor número de lagartas evidenciado para aplicações realizadas às 20h, coletado na safra 2013/2014 (Figura 4).

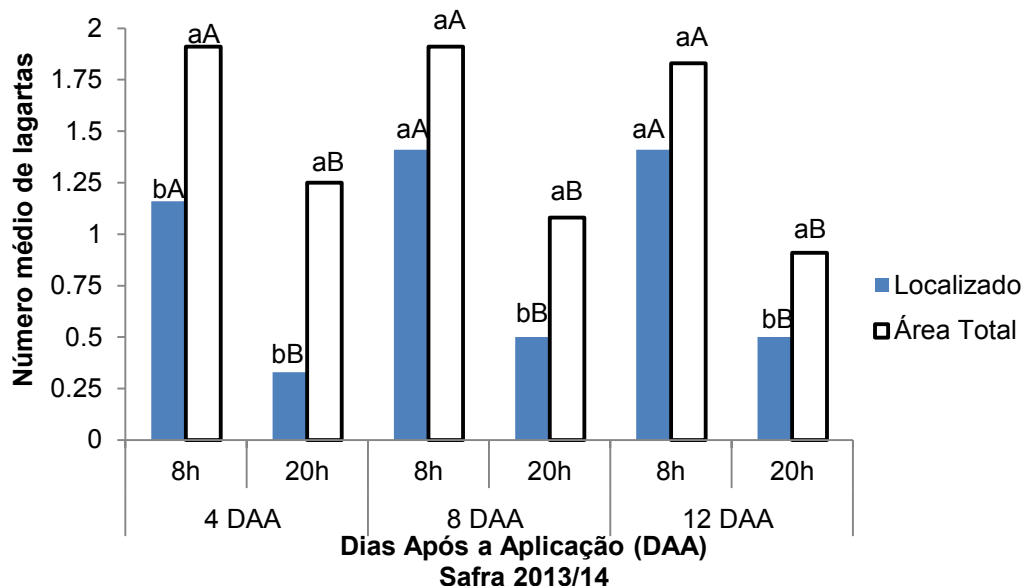


Figura 4. Controle^{1,2} de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) aos 4, 8 e 12 (DAA), para a interação modo de aplicação e horários, na cultura de milho, safra 2013/14 (Jaboticabal – SP).

¹Letra minúscula, para horários em relação aos modos de aplicação, e seguidas da mesma letra maiúscula, para modo de aplicação em relação aos horários, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). ² Representação da amostra da parcela de cada tratamento foi de 8 plantas, os dados numéricos são reais e a análise estatística representada pela transformação $\sqrt{x + 1}$.

Para a variável matéria seca houve diferença significativa entre os modos de aplicação dentro dos horários, tendo às 8h e 20h maior matéria seca a aplicação localizada em relação a área total (C.V. (%): 10,24).

Houve diferença significativa para a interação modos de aplicação em função das caldas, tendo a aplicação localizada acrescida de nonil fenol maior número de

lagartas aos 4 DAA (DMS(5%): 0,2600), e a calda composta somente por inseticida mais água diferiu significativamente entre as formas, apresentando a aplicação localizada menor número de lagartas aos 12 DAA (DMS(5%): 0,1774). O maior peso de matéria seca pôde ser observado para os tratamentos com aplicação localizada diferindo significativamente em relação à aplicação em área total em todas as caldas (DMS(5%): 13,04).

De acordo com a interação horário de aplicação e caldas utilizadas houve diferença significativa para as caldas compostas por inseticida mais água e inseticida mais óleo vegetal entre os horários aos 4 DAA (DMS(5%): 0,2600). Para 8 DAA (DMS(5%): 0,2468) a calda inseticida acrescida de óleo vegetal diferiu significativamente entre os horários, e aos 12 DAA (DMS(5%): 0,1774) todas as caldas diferiram em função do horário de aplicação. Para todos os dias após a aplicação o horário de 20h obteve menor número de lagartas vivas.

As épocas em que ocorreram as pulverizações demonstram que cada vez mais cedo estão acontecendo os ataques da praga à cultura. Tomquelski; Martins (2007) assim como neste trabalho, também utilizaram 15 dias após a emergência para a primeira aplicação de inseticidas nas plantas. Segundo os autores neste período as plantas apresentavam muitos danos pela praga. Quando o ataque ocorre nos primeiros estádios da cultura, ele pode provocar a morte das plantas, e diminuir assim sua população no campo (LIMA et al., 2008b).

Buscando sempre a eficácia no controle da lagarta-do-cartucho Silva (1999), utilizando uma aplicação localizada diurna, a aproximadamente 0,10 m de altura do cartucho da planta e em área total com barra composta por cinco bicos espaçados a 0,50 m e com altura de 0,50 m em relação à planta, onde foi estabelecido um volume de 300 L.ha⁻¹, observou que a aplicação localizada, independente das caldas utilizadas, teve menor número de lagartas vivas nos tratamentos.

Campos et al. (2014) evidenciaram menor número de lagartas de *S. frugiperda* quando houve direcionamento da aplicação para a linha de cultivo, não diferenciando para os volumes aplicados que foram 50, 100 e 150 L.ha⁻¹. Isto implica em que a utilização destes volumes pode não interferir no controle de *S. frugiperda*.

Já Cunha e Silva (2010) estudando os volumes de 130 e 200 L.ha⁻¹ para controlar lagarta-do-cartucho, observou que para cinco dias após a aplicação o

melhor volume foi de 200 L.ha⁻¹, sendo os melhores resultados obtidos por pontas de jato plano. Estes dados diferem dos observados neste estudo no que diz respeito ao volume utilizado, onde nos dois modos de aplicação foi conseguido observar controle de lagartas com volume de 100 L.ha⁻¹. Assim podemos relacionar que os métodos utilizados também proporcionam diminuição do volume de calda, aumentando a rentabilidade da pulverização.

O fato que também reafirma os resultados obtidos neste estudo é a utilização de uma tecnologia que busque considerar o comportamento do inseto como fator para obter qualidade e eficácia na aplicação. Assim pode-se considerar que o método envolvido na aplicação de produtos de forma direcionada à cultura do milho foi mais eficiente e quando também aplicado no período noturno.

Esta tecnologia de controle de *S. frugiperda* na cultura do milho nos permite inferir que é viável e sustentável, ao ponto de que quando trabalhada em pequenas áreas pode ser feita junto à adubação de cobertura na primeira infestação da praga, e com linhas de milho em espaçamentos maiores ser consorciada à outra cultura sem que a pulverização afete esta, assim tornando uma área pequena mais rentável ao produtor.

4. CONCLUSÃO

Houve maior controle de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em pulverização noturna e direcionada ao cartucho das plantas de milho, independente da calda utilizada, houve menor perda no peso da matéria seca.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Núcleo de Estudos em Tecnologia de Aplicação – NEDTA, pelo apoio na realização dos experimentos, especialmente à Gilson José Leite e Henrique Borges Neves Campos, por todos os ensinamentos e acompanhamento durante a pesquisa. E ao programa de pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) pela concessão de bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J. C.; MALDONADO, JR. W. **AgroEstat** – sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Versão 1.0. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2011.
- BARROS, E. M.; TORRES, J. B.; BUENO, A. F. Oviposição, desenvolvimento e reprodução de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros de importância econômica. **Neotropical Entomology**, vol.39, n.6, 2010.
- CAMPOS, H. B. N; FERREIRA, M. C.; COSTA, L. L.; DECARO JUNIOR, S. T.; LASMAR, O. Localized application of insecticide combined with fertilizer on corn controls *Spodoptera frugiperda* (Smith) and reduces spray drift. **International Journal of Agricultural Research**, 10 p., 2014.
- COSTA, M. A. G.; GRUTZMACHER, A. D.; MARTINS, J. F. S.; COSTA, E. C.; STORCH, G., STEFANELLO JÚNIOR, G. J. Eficácia de diferentes inseticidas e de volumes de calda no controle de *Spodoptera frugiperda* nas culturas do milho e sorgo cultivados em várzea. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1234-1242, 2005.
- CRUZ, I. **Manejo de pragas**, p. 303-362. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A.; MAGALHÃES, P. C. (Ed). A cultura do milho. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p. 303-362. 2008.
- CRUZ, I.; VALICENTE, F. H.; VIANA, P. A.; MENDES, S. M. **Risco Potencial das Pragas de Milho e de Sorgo no Brasil**. Sete Lagoas: EMBRAPA,CNPMS, (Documentos, 150), 2013, 42p.
- CUNHA, J.P.A.R.; BUENO, M.R.; FERREIRA, M. C. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, v.28, n.esp., p.1153-1158, 2010.
- CUNHA, J.P.A.R.; SILVA JR, A.D.S. Volumes de calda e pontas de pulverização no controle químico de *Spodoptera frugiperda* na cultura do sorgo forrageiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.692-699, 2010.
- FIGUEIREDO, M. L. C.; MARTINS-DIAS, A. M. P.; CRUZ, I. Relação entre a lagarta do cartucho e seus agentes de controle biológico natural na produção de milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 41, n. 12, p. 1693-1698, 2006.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. p. 919.
- HENDERSON, C. F.; TILTON, E. W. Tests with acaricides against the brow wheat mite. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 48, n. 2, p.157-161, 1955.
- JACTO. Bicos série LD – Jato Plano (Leque). Catálogo Jacto Ltda. 2p., 2000.
- LIMA, F. M. L.; Grützmacher, A. D.; Cunha, U. S.; Porto, M. P.; Martins, J. F. S.; Dalmazo, G. O. Ação de inseticidas naturais no controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797)

(Lepidoptera: Noctuidae) em milho cultivado em agroecossistema de várzea. **Ciência Rural**, vol.38, n.3, 2008a.

LIMA, J. S.; SOUSA, J. C.; MACHADO, J. C.; RAMALHO, M. A. P. Controle genético para o controle da exigência térmica para o início do florescimento em milho. **Bragantia**, Campinas, v.27, n.1, p.127-131, 2008b.

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

POLATO, S.A.; OLIVEIRA, N.C. Eficiência do controle de lagarta-do-cartucho na cultura do milho em função de diferentes horários de aplicação de inseticida. **Campo Digit@l**, v.6, n.1, p.44-53, 2011.

SILVA, M. T. B. Fatores que afetam a eficiência de inseticidas sobre *Spodoptera frugiperda* Smith em milho. **Ciência Rural**, v. 29, n. 3, 1999.

TEEJET. **Teejet Technologies**: catálogo 51-PT. Wheaton: Spraying Systems, p.30, 2011.

TOMQUELSKI, G. V.; MARTINS, G. L. M. Eficiência de inseticidas sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho na região dos chapadões. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 1, p. 26-39, 2007.

WAQUIL, J.M. **Cultivo de sorgo**. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, Versão Eletrônica - 2ª edição, Dezembro, 2006. Acesso em: 27 out. 2012. On line. Disponível em: http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo_2ed/index.htm.

CAPÍTULO 3 - Qualidade da distribuição da calda inseticida com uso de adjuvantes em aplicação direcionada à cultura do milho

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar se o acréscimo de adjuvantes influencia no molhamento, no diâmetro das gotas e na distribuição volumétrica de pontas de pulverização para a aplicação em área total e direcionada a linha de semeadura do milho. Para a análise de tensão superficial e ângulo de contato utilizou-se de tensiômetro. O diâmetro das partículas foi medido por analisador a laser e a distribuição volumétrica por mesa de deposição. Foram utilizadas as caldas somente com inseticida, inseticida mais nonil fenol, e inseticida mais óleo vegetal. Para algumas análises também foram acrescentadas caldas somente com água (mesma utilizada para as pulverizações), e água ultra pura e dois modelos de pontas de pulverização DG95015 e LD110015. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O acréscimo de adjuvantes à calda inseticida aumentou o molhamento e o diâmetro das gotas pulverizadas, tendo a distribuição volumétrica equivalente para os dois modos de aplicação.

Palavras-chave: tecnologia de aplicação, adjuvantes, tensão superficial, espectro de gotas, distribuição volumétrica,

ABSTRACT - This work aimed to assesses if the addition of adjuvants influences in surfaces wettability, droplet size and volumetric distribution with and without the usage of adjuvants in conventional or directed spray on corn planting line. For the analysis of surface tension and contact angle was used a tensiometer. The particle diameters was obtained by laser analyzer and the volumetric distribution by using a patternator. Were utilized spraying liquids containing only insecticide, insecticide with oil, insecticide with nonil fenol spreader adjuvant and insecticide with vegetal oil. For some analysis were also assessed water obtained from the place where the sprays proceeded and by water purifier and two nozzle models DG95015 and LD110015. Data were submitted to variance analysis using F test and the averages compared by Tukey test at 5% of probability. The addition of adjuvants to insecticide spraying

liquids increased wetting and the diameter of sprayed droplets for the two nozzle models, and the volumetric distribution was equivalent for the two application modes.

Keywords: application technology, adjuvants, surface tension, droplet spectrum, volumetric distribution

1. INTRODUÇÃO

O tamanho das gotas formadas em uma pulverização é determinado principalmente pelas características das caldas, pela projeção das pontas de pulverização e pela pressão de trabalho (THEBALDI et al., 2009, TEEJET, 2011; FERREIRA, 2010). Este aspecto é fundamental para a eficiência e segurança da aplicação e deve levar em consideração as características de comportamento de cada e do alvo.

O uso de óleo vegetal à calda reduz a tensão superficial (MILLER; WESTRA, 1998). De acordo com Chechetto; Antuniassi (2012), o uso de adjuvantes a base de óleo vegetal também aumenta o diâmetro das gotas, em ponta de pulverização com pré-orifício. Os adjuvantes derivados de moléculas minerais reduzem o tempo de evaporação das gotas sobre as folhas e aumenta a área molhada tanto em folha pilosa quanto em folha cerosa, sendo a primeira com maior representatividade (Zhu et al., 2010) .

A distância entre bicos na barra de pulverização é variável de acordo com as características da ponta de pulverização empregada, variando assim também os padrões de uniformidade de sobreposição (FERREIRA, OLIVEIRA, PIETRO, 2009). A curva característica de distribuição volumétrica é de grande importância para a relação da distância do bico em relação ao alvo (MATTHEWS, 2000). A quantificação da uniformidade de distribuição é expressa pelo coeficiente de variação, no qual quanto menor o valor mais uniforme será a deposição. É aceitável o limite máximo de até 10% de variação (FAO, 1997).

O objetivo deste trabalho foi avaliar se o acréscimo de adjuvantes influencia no molhamento, no diâmetro das gotas e na distribuição volumétrica de pontas de pulverização para a aplicação em área total e direcionada a linha de semeadura do milho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Departamento de Fitossanidade da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal – SP, em novembro de 2013. O inseticida utilizado é do grupo químico dos piretróides, com formulação emulsão concentrada (EC), composto por lambda-cialotrina (50 g/L^{-1}) + ingredientes inertes ($852,06 \text{ g/L}^{-1}$), de nome comercial Jack Pot® (Rotam CropSciences, Campinas – SP). Também foram utilizados o adjuvante a base de óleo vegetal Veget’oil® (Oxiquímica Agrociência, Jaboticabal – SP), e o espalhante adesivo Nonil Fenol Gotafix® (Milenia Agrociências, Londrina – PR), todos nas dosagens recomendadas pelos fabricantes para 100 L de água.

2.1. Tensão superficial e ângulo de contato

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x2 (caldas x superfícies) em quatro repetições. Além das caldas citadas anteriormente constituídas de produtos fitossanitários, neste experimento também se utilizou de calda somente com água (água da mesma fonte utilizada para pulverização) e água ultra pura (processada por purificador).

As medições ocorreram a cada segundo num tempo total de três minutos, porque nesse ponto observou-se a estabilização da tensão superficial pelas caldas utilizadas, após a deposição de cada gota na superfície natural (folha de milho) e superfície artificial (lâmina de vidro). Esta última teve sua superfície lavada com água, sabão e álcool após cada aplicação para evitar resíduo, e seca com papel toalha. As folhas de milho foram do híbrido simples BM502 (Biomatirx®, Patos de Minas – MG), em estágio de desenvolvimento V4, sendo coletada a folha mais alta. Foram cortadas em tiras de 2 centímetros de comprimento e 1 de largura, fixadas no equipamento por uma prensa própria, e trocadas a cada aplicação.

As medições de tensão superficial e ângulo de contato foram determinados pelo método da gota pendente, utilizando o menor volume até que a gota se desprenda da agulha e estabelecidos volumes de $2\mu\text{L}$ com velocidade de liberação de $1\mu\text{L.s}^{-1}$ para gotas depositadas nas superfícies, respectivamente, através de um tensiômetro automático, modelo OCA-20, da Dataphysics Germany. 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 (precisão para 500 μ L) de emissão do líquido, a ser analisado por assimetria de eixos (ADSA axisymmetric drop shape analysis) (FERREIRA et al., 2013).

Ainda segundo o mesmo autor, o equipamento utiliza um software específico que determina uma posição ideal como linha de referência no campo de imagem e 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. Após a gota ser depositada nas superfícies (natural e artificial), as medições de ângulo de contato se deram a cada segundo, no qual se utilizou o mesmo aparelho e método de análise de imagem.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.2. Diâmetro de gotas

Foi realizado no Laboratório de Análise do Tamanho de Partículas (LAPAR), conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2 (caldas e pontas de pulverização) em 12 repetições, sendo três exemplares de ponta e quatro leituras cada. As pontas de pulverização utilizadas foram: de jato plano contínuo com pré-orifício modelo DG 95015 EVS (TEEJET, 2011) e ponta de pulverização de jato plano convencional com pré-orifício modelo LD 110015 (JACTO, 2000), ambos com produção de gota grossa, caracterizadas por produzirem baixa deriva e evaporação. A pressão trabalhada foi constante de 275,79 kPa. Foram utilizadas as caldas comum a todos os experimentos já citadas, com exceção da composta por água ultra pura.

Empregou-se o equipamento Mastersizer S, da Malvern Instruments Ltda. O equipamento dispõe de unidade óptica que detecta o padrão de difração da luz ao passar por um conjunto de partículas. O desvio que o feixe de laser sofre depende do tamanho da partícula. Quanto menor a partícula, maior é o grau de difração que o raio de luz sofre (FERNANDES et al., 2007). Os valores obtidos dos tamanhos de

partículas fracionados e interceptados pelo feixe de laser são processados e tabulados pelo *software* da Mastersizer S V.2.19, Malvern Instruments Co.

O bico foi instalado a 0,40 m de altura do laser e movimentado 45° para a direita e para a esquerda com o intuito de fazer com que todo o jato atravessasse o feixe. O circuito de pulverização do equipamento é mantido por ar comprimido controlado por regulador de pressão de precisão e munido de manômetro para aferição da pressão estabelecida.

A pulverização é procedida em ambiente fechado com ausência de luz para melhor aferição do laser, e também na ausência de vento. A umidade relativa do ar foi de 59% e temperatura de 23°C.

Foram avaliados os parâmetros: o diâmetro de gotas, tal que 50% do volume aplicado seja maior ou menor que esse valor, ou diâmetro mediano volumétrico (DV0,5 ou DMV); Coeficiente de uniformidade (Coef) e a percentagem do volume aplicado cujas gotas possuam diâmetro inferior a 100 µm ($\% < 100 \mu\text{m}$).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.3. Distribuição volumétrica

Conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2 (caldas e pontas de pulverização) em 3 repetições, sendo três exemplares de ponta e uma leitura para cada calda. As pontas de pulverização utilizadas e as caldas foram as mesmas citadas no tópico anterior, com exceção da água, sob pressão constante de 275,79 kPa.

Para a avaliação da distribuição da calda pulverizada pela ponta, foi utilizada mesa de deposição constituída de uma chapa de metal corrugado, formando canaletas distanciadas de 0,025 m entre si, num total de 67 canaletas, que conduziam o líquido a tubos coletores graduados, sendo um para cada canaleta (FERREIRA et al., 2009).

As pontas foram posicionadas individualmente sobre a canaleta de número 34, estabelecida como a canaleta central. A altura utilizada foi de 0,40 m para a ponta de pulverização LD110015, simulando uma pulverização em área total para cultura de milho, e a altura de 0,20 m para a ponta DG95015, simulando uma

aplicação direcionada a linha de cultivo do milho, sendo ainda girada em aproximadamente 45° em seu próprio eixo de forma a não haver cruzamento de jatos e sobreposição na linha de cultivo.

A calda foi preparada em tanque de aço inoxidável com capacidade volumétrica de 20 L, pressurizado com ar comprimido. Coletou-se por 30 segundos a calda utilizada em cada ponta, na pressão estabelecida, para determinação da vazão. Para avaliar a deposição, o volume das pontas foi coletado no tempo estabelecido de 136 s para a ponta LD110015 e 84 s para a ponta DG95015.

As condições ambientais no momento do experimento foram: temperatura do ar média de 26°C, umidade relativa do ar média de 56%, com ausência de vento.

Após a leitura dos volumes nos tubos graduados, os valores foram utilizados para a obtenção das curvas de deposição e do coeficiente de variação. Também foi medido o ângulo de abertura dos jatos, utilizando um goniômetro analógico. O coeficiente de variação considerado neste trabalho para determinar o espaçamento entre bicos foi de até 10%, dentro do limite aceitável na literatura segundo proposto internacionalmente (FAO, 1997).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Tensão superficial e ângulo de contato

Foi verificada diferença significativa para todos os tempos avaliados, entre os tratamentos, no quesito tensão superficial. A calda inseticida acrescida de óleo vegetal apresentou menor valor de tensão superficial, tendo melhor molhamento da superfície foliar. Também se observa diferença significativa entre os tempos de coleta dos tratamentos, onde significa que ao longo do tempo de avaliação os valores de tensão superficial diminuem para os tratamentos com inseticida, tendo o nonil fenol também o menor valor dentro dos tempos avaliados (Tabela 1).

Observou-se que os valores de água, utilizada para mistura das caldas inseticidas antes da pulverização e água ultra pura não diferiram entre si, assim como em relação ao tempo.

De acordo com Mendonça, Raetano e Mendonça (2007) a utilização de óleo vegetal atingiu o menor valor de tensão superficial. Relatam ainda que a

característica de tensão superficial para óleos vegetais e minerais não é determinada pela origem dos produtos, mas pela qualidade e quantidade de emulsificante adicionado a sua formulação.

Tabela 1. Valores de tensão superficial em função dos tratamentos de base inseticida acrescidos de adjuvantes. Jaboticabal – SP

Tratamentos	Tensão superficial (mN/m)		
	1 s	90 s	180 s
1. Água	78,75 aA	79,00 aA	79,00 aA
2. Água ultra pura	78,75 aA	79,00 aA	79,00 aA
3. Inseticida	45,50 bA	38,75 bB	37,75 bC
4. Ins. + Nonil Fenol	40,00 cA	35,25 cB	34,75 cB
5. Ins. + Óleo Vegetal	33,25 dA	31,25 dB	31,00 dB
CV (%)	1,01		

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os adjuvantes à base de óleo promovem a penetração de produtos químicos em plantas que apresentam cutícula cerosa (XU et al., 2010). Segundo os autores, estes produtos podem melhorar significativamente a homogeneidade da calda inseticida e aumentar a área de cobertura das superfícies alvos.

Resultados similares aos observados neste estudo para a calda inseticida acrescida de nonil fenol foram vistos no trabalho de Ferreira et al. (2013), onde a calda acrescida de produto à base mineral diferiu significativamente dos demais tratamentos ficando bem próximo aos valores da calda composta somente por inseticida.

Para métodos de estudo de molhabilidade em superfícies, admite-se que as gotas ao se depositarem nas plantas formam um ângulo de contato com a superfície. Assim pode-se caracterizá-las quanto à capacidade de molhamento: quando o ângulo for menor que 90°, considera-se que a superfície é molhada pelo líquido (hidrofílica) e quando o ângulo for maior que 90°, considera-se uma superfície hidrofóbica (MOITA NETO, 2006).

Os tratamentos foram diferindo significativamente ao longo do tempo para a variável ângulo de contato no vidro, tendo seus valores diminuídos na avaliação aos 180 segundos, o inseticida acrescido de óleo vegetal teve o menor valor de ângulo de contato, seguido pela calda acrescida nonil fenol. As caldas com produtos

fitossanitários diferiram de ambas as águas utilizadas em todas as avaliações, com exceção da calda inseticida aos 90s (Tabela 2).

Tabela 2. Valores de ângulo de contato no vidro em função dos tratamentos com base inseticidas acrescidos de adjuvantes. Jaboticabal – SP

Tratamentos	Ângulo de contato (°) vidro		
	1 s	90 s	180 s
1. Água	29,25 aA	23,75 aB	19,50 bC
2. Água ultra pura	28,75 aA	25,50 aB	23,25 aB
3. Inseticida	25,00 bA	22,00 aA	17,25 bB
4. Ins. + Nonil Fenol	24,00 bA	16,50 bB	13,50 cB
5. Ins. + Óleo Vegetal	22,25 bA	13,75 bB	9,75 dC
CV (%)	8,43		

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os valores observados, quando avaliado o ângulo de contato em superfície natural pelos tratamentos podem, também ser relacionados aos encontrados na superfície artificial. Houve diminuição dos valores ao longo do tempo de avaliação, diferindo significativamente entre eles. Dos tratamentos avaliados os menores valores foram para as misturas de calda inseticida com óleo vegetal e nonil fenol, não diferindo entre eles, exceto para o tempo de 1 segundo, e diferindo entre os demais tratamentos (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de ângulo de contato na folha em função dos tratamentos com base inseticidas acrescidos de adjuvantes. Jaboticabal – SP

Tratamentos	Ângulo de contato (°) folha		
	1 s	90 s	180 s
1. Água	69,25 aA	60,25 aB	57,00 aB
2. Água ultra pura	66,25 aA	55,25 aB	51,75 aB
3. Inseticida	61,00 bA	41,00 bB	38,00 bB
4. Ins. + Nonil Fenol	48,50 cA	28,75 cB	26,75 cB
5. Ins. + Óleo Vegetal	46,25 dA	24,25 cB	20,75 cB
CV (%)	8,45		

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Todos os valores observados para ângulo de contato tanto na superfície artificial (vidro), como na superfície natural (folha de milho), foram inferiores a 90°, sendo, portanto considerados hidrofílicos.

O nível de molhamento é dependente das características das superfícies foliares. Nesses alvos os melhores índices de molhamento em soluções aquosas são quando se obtêm menores tensões superficiais. Iost e Raetano (2010), também verificaram maior molhamento para caldas com menores tensões superficiais e ângulos de contato.

Observa-se que a relação entre tensão superficial e ângulo de contato para as caldas apenas com água avaliadas foi diferente das caldas inseticidas para as duas superfícies (Figuras 1, 2 e 3). Podemos afirmar que foi estabelecida maior relação entre as caldas avaliadas para a superfície artificial em relação à superfície natural.

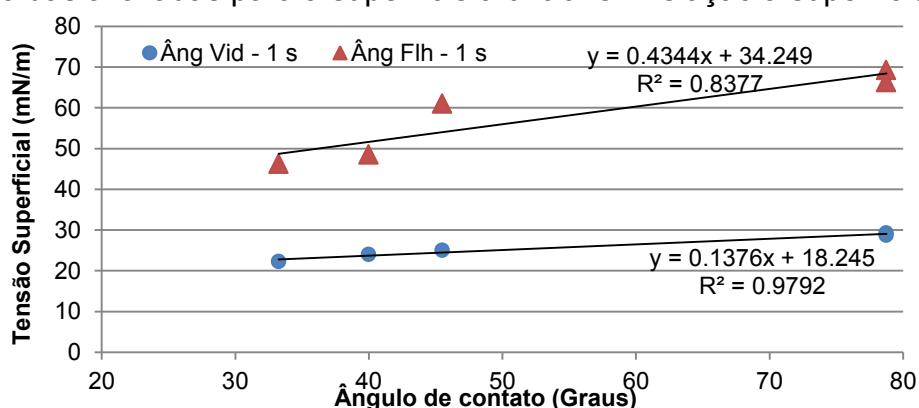


Figura 1. Tensão superficial e ângulo de contato em relação ao tempo de um segundo para caldas inseticidas com e sem adjuvantes em superfície de vidro e natural. Jaboticabal – SP.

Na relação entre ângulo de contato e tensão superficial, para as caldas e superfícies avaliadas, é possível observar que quanto menor a tensão superficial maior o ângulo de contato do líquido com as superfícies, sendo observado que há uma maior relação entre os fatores para a superfície natural (folha de milho) (Figuras 2 e 3).

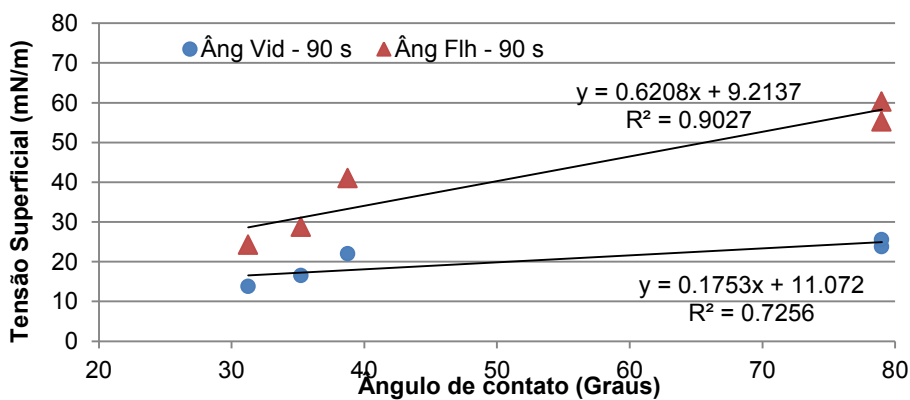


Figura 2. Tensão superficial e ângulo de contato em relação ao tempo de 90 e 180 segundo para caldas inseticidas com e sem adjuvantes em superfície de vidro e natural. Jaboticabal – SP.

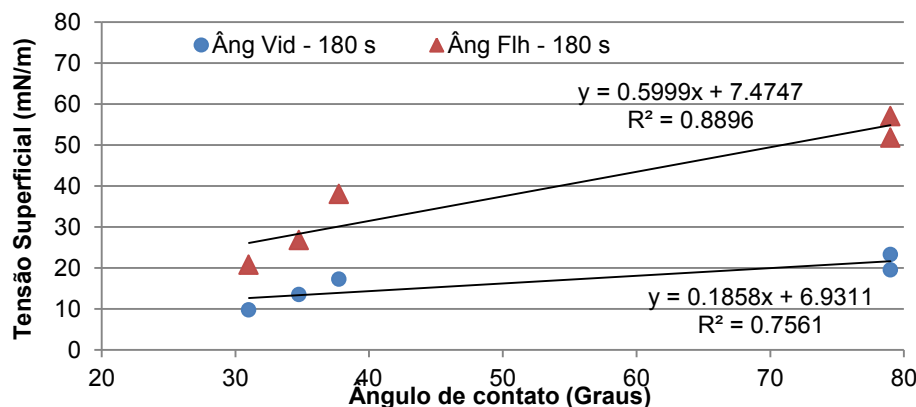


Figura 3. Tensão superficial e ângulo de contato em relação ao tempo de 180 segundo para caldas inseticidas com e sem adjuvantes em superfície de vidro e natural. Jaboticabal – SP.

Pode-se considerar, portanto, o efeito significativo da utilização de adjuvantes no molhamento da folha de milho. Em aplicações com menores volumes de calda, que é busca constante até para reduzir os custos da pulverização, o uso dos adjuvantes torna-se uma ferramenta importante para manter a qualidade do tratamento fitossanitário realizado.

3.2. Diâmetro de gotas

Todas as caldas avaliadas diferiram significativamente em relação às pontas de pulverização utilizadas (DG95015 e LD110015). O maior diâmetro mediano volumétrico (DMV) de gotas para a ponta de pulverização DG 95015 foi para calda acrescida de óleo vegetal, e na ponta LD 110015 a calda somente com inseticida (Tabela 4). Foi observado que as duas pontas de pulverização possuem padrões semelhantes de tamanho de gota nas condições avaliadas nesta pesquisa. Isto ocorre pelo fato de pontas com pré-orifício formarem gotas maiores do que as que não possuem esse mecanismo.

A ponta de pulverização LD (Baixa deriva) formam maiores gotas em comparação entre os modelos de jato plano (FIGUEIREDO et al., 2007). Já para pontas de pulverização de modelo EVS, que fornecem maior uniformidade na distribuição do jato, possuem maiores diâmetros devido às características de formação da gota, onde o ar existente no corpo da ponta de pulverização promove a mistura de gotas ainda na ponta, proporcionando um padrão de pulverização de

calda com ar em baixa pressão, originando gotas grandes e com poucas gotas pequenas (NUYTENS et al., 2007).

Tabela 4. Diâmetro médio volumétrico, coeficiente de variação e de gotas pulverizadas por pontas hidráulicas de jato leque com e sem pré-orifício, com caldas formadas por água, inseticida e adjuvantes. Jaboticabal – SP

Tratamentos	DV 0,5		Coeficiente de Uniformidade		Gota < 100 µm (%)	
	DG95015	LD110015	DG95015	LD110015	DG95015	LD110015
1. Água ¹	172,62 bC	188,13 aC	1,52 bC	1,71 aA	16,72 bA	18,14 aA
2. Inseticida	222,72 aB	225,86 aA	1,72 aA	1,61 bBC	10,19 bB	12,62 aD
3. I. + N.F. ²	216,50 aB	206,65 bB	1,62 aB	1,64 aAB	10,09 bB	15,60 aB
4. I. + O.V. ³	231,08 aA	210,26 bB	1,66 aAB	1,54 bC	10,15 bB	14,02 aC
CV(%)	3,66		4,88		9,68	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

¹Retirada do mesmo local de preparo das caldas para pulverização; ²Inseticida acrescido nonil fenol; ³Inseticida acrescido de óleo vegetal.

Importante ressaltar que a calda inseticida acrescida de nonil fenol obteve na sua maioria valores inferiores a calda acrescida de óleo vegetal. Este fato deve ter acontecido pelas propriedades químicas do produto. Adjuvantes com função espalhante possuem características de redução do diâmetro das gotas, por na sua composição possuírem ingredientes redutores de tensão superficial, porém pode variar de acordo com a ponta de pulverização empregada (BUTLER-ELLIS; TUCK; MILLER, 2001). No trabalho realizado por Cunha; Bueno; Ferreira (2010) verificou-se que, um adjuvante utilizado reduziu o valor do diâmetro mediano volumétrico, por modificar as características físico-químicas da calda dependendo do modelo de ponta de pulverização e pressão de trabalho utilizada.

O coeficiente de uniformidade observado para os tratamentos em relação às pontas diferiram entre si, tendo a ponta LD110015 menor valor das caldas formuladas em relação a calda somente com água. Observou-se que os menores valores dentre as caldas para acrescida de óleo vegetal e para água na ponta DG 95015 (Tabela 4).

Quanto maior o valor do coeficiente de uniformidade, mais desuniformes serão as gotas. Um espectro de gotas homogêneo tem valor de amplitude tendendo à zero (CUNHA; BUENO; FERREIRA, 2010).

Para esta variável as duas pontas de pulverização obtiveram valores entre 10 e 18%, diferindo significativamente entre si. A ponta DG 95015 obteve menor porcentagem, na qual todas as caldas com produtos fitossanitários reduziram ainda mais a formação de gotas menores que 100 μm . Para a ponta LD 110015 o menor potencial de deriva foi para a calda somente com inseticida. A calda somente com água obteve maior porcentagem de gotas menores que 100 μm . Valores inferiores a 15% do volume pulverizado que contenham gotas menor que 100 μm podem ser mais adequados para uma aplicação segura Cunha et al. (2003).

3.3. Distribuição volumétrica

A avaliação da distribuição do jato da pulverização direcionada para a linha de cultivo do milho, utilizando a ponta de pulverização DG 95015, não alterou significativamente em relação ao ângulo do jato de acordo com a pressão estabelecida para nenhuma das caldas avaliadas. O espaçamento entre as canaletas utilizadas para coletar o volume foi de 0,025 m, assim tem-se que a calda somente com inseticida cobriu uma área de 0,525 m, sendo o maior volume coletado de 78 mL; a calda inseticida acrescida de nonil fenol cobriu 0,475 m, e o maior volume coletado foi de 85,33 mL; e a calda inseticida acrescida de óleo vegetal cobriu uma área de 0,500 m, com maior volume coletado de 84 mL (Figura 4).

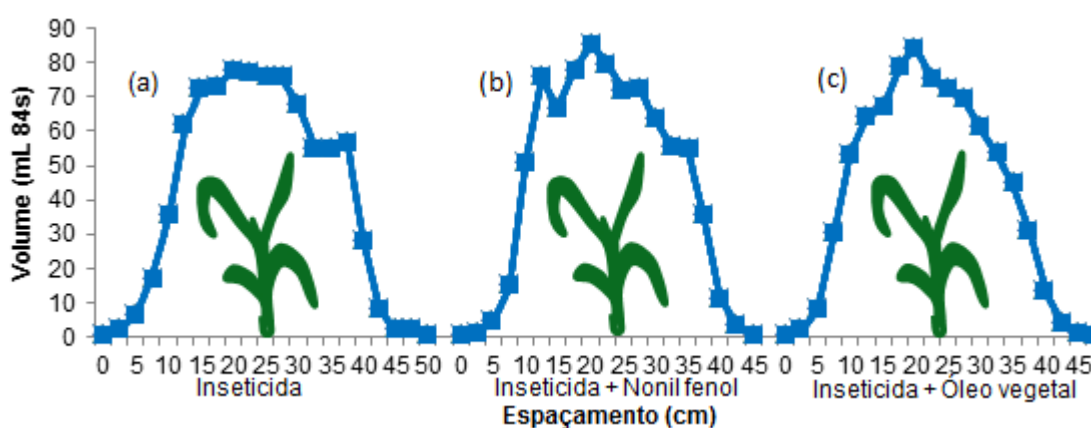


Figura 4. Representação do direcionamento do jato sobre a linha de cultivo de milho, utilizando ponta de pulverização DG95015 para calda inseticida (a), acrescida de nonil fenol (b) ou óleo vegetal (c), na pressão de 275,79 kPa. Jaboticabal –SP.

Observa-se que as caldas acrescidas de óleos atingiram os maiores volumes coletados em relação à calda somente com inseticida.

O coeficiente de variação para a calda somente com inseticida foi de 13,48%, para a calda inseticida com nonil fenol foi de 16,32% e de 15,11% para calda acrescida de óleo vegetal. Pode-se atrelar esses fatores às características empregadas para esta pulverização, a qual os jatos foram posicionados à 0,20 m de altura da planta e girados a aproximadamente 45°, em seu próprio eixo, de forma a não haver sobreposição.

De acordo com o fabricante, este modelo de ponta de pulverização não possui características de sobreposição de jatos, formam gotas grossas e são ideais para aplicações em faixa sobre a linha ou no meio das linhas (TEEJET, 2011).

O ângulo de abertura das pontas LD 110015 avaliadas foi em média de 109° para calda inseticida sem a utilização de adjuvante e de 110° e 107° para formulação de calda inseticida com a adição de nonil fenol e óleo vegetal, respectivamente, na pressão de 275,79 kPa, e vazões de 560 mL.min⁻¹ para calda somente com inseticida, 562 mL.min⁻¹ para calda acrescida de nonil fenol e de 530 mL.min⁻¹ para calda acrescida de óleo vegetal.

Para este estudo determinou-se a altura da barra de pulverização a 0,40 m de altura da planta alvo, no caso cultura de milho, para controle de *Spodoptera frugiperda*. Os espaçamentos utilizados para fazer a curva de regressão variaram de 0,35 m a 0,55 m e em todas as caldas utilizadas nas mesmas condições de trabalho obtiveram coeficiente de variação inferior a 10% (Figuras 5). Desta forma, os coeficientes são aceitáveis dentro do proposto internacionalmente na literatura para espaçamentos de bicos na barra de pulverização em relação à altura do lançamento do jato (FAO, 1997).

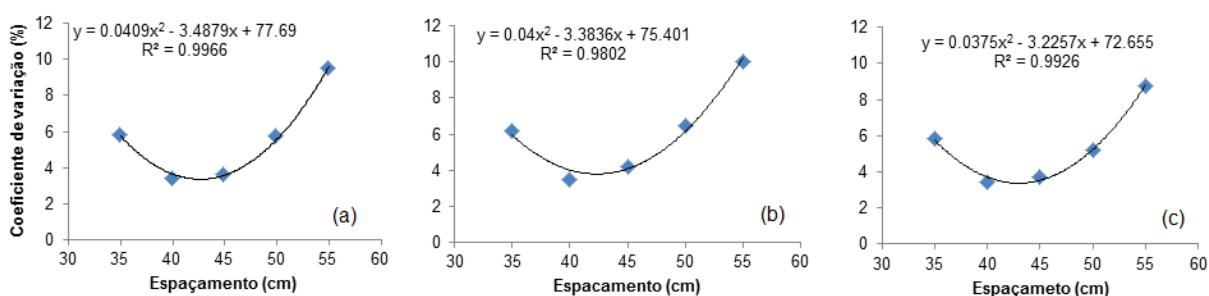


Figura 5. Equação de regressão para determinação do espaçamento entre bicos, em função do coeficiente de variação para calda inseticida (a), acrescida de nonil fenol (b) ou óleo vegetal (c) na pressão de 275,79 kPa, com ponta de pulverização LD110015. Jaboticabal –SP.

A distância máxima entre bicos na barra calculada para alcançar o coeficiente de variação (C.V.) de até 10%, foi de 0,555 m para calda sem adjuvante, e de

aproximadamente 0,547 m pra calda acrescida de nonil fenol, e de 0,564 m para a calda acrescida de óleo vegetal, na pressão estabelecida (Figura 5).

Os resultados dessa avaliação são coerentes com os apresentados por Figueiredo et al. (2007), onde a melhor condição de sobreposição para pontas de pulverização de jato plano com abertura de ângulo de 110° está entre 0,40 e 0,50 m. Porém os trabalhos diferem de acordo com os coeficientes de variação apresentados, onde os autores relatam C.V. acima de 10% na pressão de 275,79 kPa para pontas de pulverização LD 110015 nas alturas de 0,30, 0,40 e 0,50 m da barra de pulverização em relação ao alvo, enquanto na altura de 0,40 m avaliada nesta pesquisa todas as caldas avaliadas apresentaram C.V. em média de 3,50 %.

Em condições de campo o coeficiente de variação tende a aumentar por variações de condições climáticas inerentes a aplicação, e/ou movimentos desordenados na barra de pulverização (PERECIN et al., 1998). Desta forma os fabricantes de pontas de pulverização realizam as suas recomendações de utilização com uma margem de segurança (FERNANDES et al., 2007), conforme verificado no trabalho.

4. CONCLUSÃO

O acréscimo de adjuvantes a calda inseticida aumentou o molhamento e o diâmetro das gotas pulverizadas para as duas pontas utilizadas, e a distribuição volumétrica foi equivalente para os dois modos de aplicação.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Núcleo de Estudos e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação – NEDTA, pelo apoio na realização dos experimentos, em especial à Mariah Valente Baggio e Dieimisson Paulo Almeida, pelo auxílio nas medições dos tamanhos de gotas, e Olinto Lasmar, pelo auxílio nas medições de tensão superficial e ângulo de contato. E ao programa de pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) pela concessão de bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS

- BUTLER-ELLIS, M. C.; TUCK, C. R.; MILLER, P. C. H. How surface tension of surfactant solutions influences the characteristics of sprays produced by hydraulic nozzles used for pesticide application. **Colloids Surfaces A: Physicochem. Engineering Aspects**, v. 190, n. 3, p. 267-276, 2001.
- CHECHETTO, R. G.; ANTUNIASSE, U. R. Espectro de gotas gerado por diferentes adjuvantes e pontas de pulverização. **Energia na Agricultura**, vol. 27, n.3, p.130-142, 2012.
- CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para a redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 325-32, 2003.
- CUNHA, J.P.A.R.; BUENO, M.R.; FERREIRA, M. C. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, v.28, n.esp., p.1153-1158, 2010.
- FAO. FOOD AGRICULTURE AND ORGANIZATION. **Equipo de aplicación de pesticida para uso en agricultura: equipo impulsado mecánicamente**. ROMA, v.2, 150 p., 1997.
- FERNANDES, A. P.; PARREIRA, R. S.; FERREIRA, M.C.; ROMANI, G. N. Caracterização do perfil de deposição do diâmetro de gotas e otimização do espaçamento entre bicos na barra de pulverização. **Revista Engenharia Agrícola**, v.27, n.3, p.728-733, 2007.
- FERREIRA, M.C.; OLIVEIRA, J.R.; PIETRO, I.R.P.S. Distribuição da calda herbicida por pontas de pulverização agrícola utilizadas em áreas de reflorestamento com eucalipto. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.2, p.267-276, 2009.
- FERREIRA, M. C. Padrão do jato aspergido, arraste e distribuição de gotas em função da adição de adjuvantes à calda e à pressão de trabalho com diferentes pontas de pulverização de energia hidráulica. 2010. 73 p. Tese (Livre Docência) – UNESP – Universidade Estadual Paulista Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2008.
- 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. **Bioscience Journal**, v. 29, Supplement 1, p. 1431-1440, 2013.
- FIGUEIREDO, J. L. A.; TEIXEIRA, M. M.; PICANÇO, M. C.; PINTO, F. A. C.; PRAT, M. H. Avaliação da uniformidade de aplicação e do espectro de gotas de bicos hidráulicos. **Revista de Ciências Técnicas Agropecuárias**, v. 16, n.3, p.47-52, 2007.
- 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, n.4, p.670-680, 2010.
- JACTO. **Bicos série LD – Jato Plano (Leque)**. Catálogo Jacto Ltda. 2p., 2000.
- MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. London: Blackwell Science, 3rd ed., 2000, 448 p.

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, n.esp., p.16-23, 2007.

MILLER, P.; WESTRA, P. How surfactants work. Bulletin 0.564, **Crop Series**, Colorado State University Cooperative Extension, Crop Fact. 1998.

MOITA NETO, J. M. **Molhamento e ângulo de contato**, março de 2006. Teresina: Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Piauí. Disponível em: <<http://www.fapepi.pi.gov.br/ciencia/documentos/Molhamento.PDF>>. Acesso em: 12 maio 2013.

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

PERECIN, D.; PERESSIN, V. A.; MATUO, T.; BRAZ, B. A.; PIO, L. C. Padrões de distribuição obtidos com bicos TF-VS4, TJ60-11006 e TQ15006 em mesa de prova. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.2, p.175-82, 1998.

TEEJET. **Teejet technologies**: catálogo 51-PT. Wheaton: Spraying Systems, p.30, 2011.

THEBALDI, M. S.; REIS, E. F.; GRATÃO, P. T. S; SANTANA, M. S. Efeito da adição de adjuvante na redução de deriva em pontas de pulverização tipo cone vazio. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, Vol. 18, No. 2, 2009.

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.

Zhu, H.; Yu, Y.; Xu, L.; Ozkan, H.E.; Krause, C.R. Evaporation time and spread area of adjuvant-amended droplets on waxy and hairy leaves. **ILASS-Americas 22nd Annual Conference on Liquid Atomization and Spray Systems**, Cincinnati, OH, May 2010.