

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

**PULVERIZAÇÃO CONJUGADA À FERTILIZAÇÃO PARA  
CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH,  
1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM DIFERENTES  
HÍBRIDOS DE MILHO, EM FUNÇÃO DO VOLUME DE  
CALDA E PONTA DE PULVERIZAÇÃO**

**Henrique Borges Neves Campos**

Engenheiro Agrônomo

**2013**

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

**PULVERIZAÇÃO CONJUGADA À FERTILIZAÇÃO PARA  
CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH,  
1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM DIFERENTES  
HÍBRIDOS DE MILHO, EM FUNÇÃO DO VOLUME DE  
CALDA E PONTA DE PULVERIZAÇÃO**

**Henrique Borges Neves Campos**

**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)

**2013**

## FICHA CATALOGRÁFICA

C198c Campos, Henrique Borges Neves  
Pulverização conjugada à fertilização para controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes híbridos de milho, em função do volume de calda e ponta de pulverização / Henrique Borges Neves Campos. -- Jaboticabal, 2013  
iv, 85 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013  
Orientador: Marcelo da Costa Ferreira  
Banca examinadora: João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha, Guilherme Duarte Rossi  
Bibliografia

1. Produtos fitossanitários-tecnologia de aplicação. 2. *Zea mays* L.-transgênicos. 3. Pulverização-volumes de calda. 4. Bicos-pontas de pulverização. 5. *Spodoptera frugiperda*-controle químico. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 591.342:632.951



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** PULVERIZAÇÃO CONJUGADA À FERTILIZAÇÃO PARA CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM DIFERENTES HÍBRIDOS DE MILHO, EM FUNÇÃO DO VOLUME DE CALDA E PONTA DE PULVERIZAÇÃO

**AUTOR:** HENRIQUE BORGES NEVES CAMPOS

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. MARCELO DA COSTA FERREIRA

Aprovado 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. JOÃO PAULO ARANTES RODRIGUES DA CUNHA

Universidade Federal de Uberlândia / Uberlândia/MG

Data da realização: 29 de julho de 2013.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**HENRIQUE BORGES NEVES CAMPOS:** Brasileiro, natural de Tupaciguara, Estado de Minas Gerais, nascido em 27 de outubro de 1986. Em 2005 começou os estudos de nível superior no curso de Agronomia da Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ipameri, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo em 2009. Em 2010, como aluno especial, iniciou seus primeiros trabalhos com tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários junto à equipe de pesquisas coordenada pelo Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira. Em 2011 ingressou como aluno regular na Pós-Graduação em Agronomia no curso de Mestrado pelo programa Produção Vegetal no Departamento de Tratamento Fitossanitário da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp, Câmpus de Jaboticabal. Durante o curso de mestrado foi bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) continuando a desenvolver pesquisas com tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, focado nas culturas de milho, soja, café e citros. Em julho de 2013 obteve o título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

“Existe, no universo, uma roda onde se movem todos os negócios humanos e o seu mecanismo é tal que impede qualquer homem de ser feliz o tempo todo”.

Creso

## **DEDICATÓRIA**

Dedico à Deus, senhor dos senhores, luz do mundo. Agradeço por me abençoar com saúde e inteligência. Obrigado por sempre estar presente no meu caminho.

À minha verdadeira família, meu pai Adilson Ferreira de Campos, minha mãe Elice Borges Neves Campos e minha irmã Paula Márcia Borges Neves Campos. Em especial ao meu avô Landes Alves de Campos e meu tio Nestor Braz, eles sabiam que a vida não é um conto de fadas.

## **AGRADECIMENTOS**

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Marcelo da Costa Ferreira, cujo tenho enorme admiração. Obrigado pela oportunidade de compor sua equipe, pela orientação, paciência e respeito.

Ao Prof. Dr. Flávio Gonçalves de Jesus, Prof. Dr. Saulo Araújo, Prof. Dr. Adilson Pelá, Prof. Dr. Pedro Luis da Costa Aguiar Alves e Prof. Dr. José Carlos, eles foram essenciais para essa conquista.

Ao corpo docente do Programa Produção Vegetal pela transferência de conhecimentos e contribuição para minha formação intelectual.

Aos brilhantes pesquisadores do Núcleo de Estudos e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação (NEDTA), funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção (FEPP) e ao Departamento de Fitossanidade pelo suporte e oferecimento de ótimas condições de trabalho.

Ao meu excelentíssimo professor Gilson José Leite, muito obrigado pela ajuda imensurável, pela confiança, atenção, respeito e amizade.

À minhas amigas Lilian L. Costa e Lúgia A. de Paiva; a meus amigos George F. G. de Carvalho; Raphael E. Lemos; Olinto Lasmar; Ricardo A. Calore; Sérgio T. D. Júnior; Lucas P. Goulart; Fábio R. P. G. Netto; Eduardo Mercaldi; Rafael J. do Vale, Luis Alberto A. Faria; Thiago Boel; Diogo G. Campos; Gustavo Farinelli; Paulo R. Paiva; Arthur Y. Matsunaga; Mário Cava; Alyssom L. Gobby; Thiago P. Rezende; Edgar Marques Rodrigues; Maico Tomazine; Hans B. Miller; Jamil G. Abud e Rodrigo D. C. Ribeiro, sem eles eu não chegaria até aqui.

Aos meus grandes amigos da República CANEKÃO Luis F. P. Cavalieri, Mário Fernandes, Gabriel Jurca, Gabriel Batista, Victor Lemos e Victor Lopes, Victor Monseff, Augusto Paixão, João Victor Rodrigues, Rafael B. Kalaki, Guilherme Manzi e Victor Honorato pelo companheirismo e momentos de alegria.



## SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
<b>CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS</b>	
1.A cultura do milho.....	1
2. A lagarta-do-cartucho .....	1
2.1.Estratégia de controle.....	3
3.Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários.....	3
3.1.Pontas de pulverização.....	4
3.2.Volumes de aplicação.....	5
REFERÊNCIAS.....	6
<b>CAPÍTULO 2 - CONTROLE DE <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) COM APLICAÇÃO LOCALIZADA DE INSETICIDA EM OPERAÇÃO CONJUGADA À FERTILIZAÇÃO EM FUNÇÃO DE PONTAS E VOLUMES NO MILHO</b>	
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
1.INTRODUÇÃO .....	12
2.MATERIAL E MÉTODOS.....	13
2.1.Dados gerais – Anos agrícolas de 2010 e 2011.....	13
2.2.Espectro das gotas produzidas .....	19
2.3.Avaliações de controle.....	20
2.4.Análise estatística.....	21
3.RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	21
4.CONCLUSÕES.....	28
5.AGRADECIMENTOS.....	28
REFERÊNCIAS.....	28

**CAPÍTULO 3 - CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797)  
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) COM APLICAÇÃO LOCALIZADA DE  
INSETICIDA EM OPERAÇÃO CONJUGADA À FERTILIZAÇÃO EM FUNÇÃO  
DO VOLUME DE CADA NO MILHO**

RESUMO.....	34
ABSTRACT.....	35
1.INTRODUÇÃO.....	36
2.MATERIAL E MÉTODOS.....	38
2.1.Dados gerais.....	38
2.2.Avaliações de controle.....	42
2.3.Análise estatística.....	43
3.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.CONCLUSÕES.....	48
5.AGRADECIMENTOS.....	48
REFERÊNCIAS.....	48

**CAPÍTULO 4 - CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797)  
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) COM APLICAÇÃO LOCALIZADA DE  
INSETICIDA EM OPERAÇÃO CONJUGADA À FERTILIZAÇÃO EM FUNÇÃO  
DE HÍBRIDOS DE MILHO E INSETICIDAS**

RESUMO.....	53
ABSTRACT.....	54
1.INTRODUÇÃO.....	55
2.MATERIAL E MÉTODOS.....	57
2.1.Dados gerais.....	57
2.2.Avaliações de controle.....	60
2.3.Análise estatística.....	60
3.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
4.CONCLUSÃO.....	69
REFERÊNCIAS.....	69

**PULVERIZAÇÃO CONJUGADA À FERTILIZAÇÃO PARA CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM DIFERENTES HÍBRIDOS DE MILHO, EM FUNÇÃO DO VOLUME DE CALDA E PONTA DE PULVERIZAÇÃO**

**RESUMO** – A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é a ciência que busca à correta colocação do produto no alvo, se necessário, na quantidade requerida, de forma econômica e com a mínima contaminação humana e ambiental, conseqüentemente reduzindo custos de produção e mantendo uma relação sustentável entre agricultura e ambiente. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o controle da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) com a aplicação localizada de inseticida em operação conjugada à fertilização na cultura do milho (*Zea mays* L.), em função de modelos de pontas de pulverização, volumes de calda, híbridos de milho e inseticidas. Foram conduzidos experimentos com plantas de milho transgênicas (*Bt*) e isogênicas (não *Bt*) em cultivo de safra (verão) e safrinha (inverno). Quando se fez necessário o controle, os tratamentos foram pulverizados em sistema de aplicação dirigida ao cartucho das plantas de milho em equipamento acoplado à máquina de adubação de cobertura, em que o comprimento da barra de pulverização é congruente a faixa utilizada para a fertilização e, para efeito de comparação, com a aplicação do inseticida em área total. Foram realizadas avaliações quanto à eficácia no controle da lagarta-do-cartucho aos 3, 6 e 10 dias após a aplicação de inseticida (DAA). Os dados obtidos foram submetidos ao teste F da análise de variância (ANOVA) e as médias das parcelas foram comparadas entre si, utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. A aplicação localizada do inseticida em operação conjugada à fertilização foi eficaz no controle de *S. frugiperda* e pode diminuir a quantidade de inseticida aplicado fora do alvo em relação à aplicação em área total. Modelos de pontas de pulverização, volumes de calda e inseticidas, no geral, não diferenciaram estatisticamente no controle do inseto. Híbridos *Bt* diminuíram a infestação da lagarta-do-cartucho em relação ao híbrido não *Bt*. A produtividade do milho foi influenciada pela eficácia no controle da lagarta-do-cartucho.

**Palavras-chave:** Tecnologia de aplicação; aplicação dirigida; inseticidas; controle.

**ASSOCIATED SPRAYING TO CONTROL OF *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) AT DIFFERENT HIBRIDS OF MAYZE DUE SPRAYING VOLUME AND NOZZLE**

**ABSTRACT** – The technology of pesticides application seeks the correct placement of the target product, when needed, at quantity required, cost effectively and with minimal contamination, thus reducing production costs and maintaining a sustainable in relation of agriculture and environment. This study aimed to evaluate the control of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Smith) with localized application of insecticide in associated operation of fertilization due spray nozzles, spray volumes, hybrid corn, insecticides and quantities of application in maize (*Zea mays* L.). Experiments were conducted with conventional and transgenic (*Bt*) maize plants in growing season (Summer) and off-season (Winter). When it was necessary, the insecticide were sprayed on the targeted application system device coupled to the machine cover fertilization, wherein the length of the spray boom is congruent to the range used for fertilization. Were evaluated the efficacy in the control of fall armyworm at 3, 6 and 10 days after spraying (DAS). The data were submitted to the F test of analysis of variance and mean plots were compared using the Tukey test at 5% probability. The localized application of insecticide in associated operation of fertilization promoted greater control of *S. frugiperda* and can reduce the amount of pesticide applied on the soil compared with total area application. Spray nozzles, spray volumes, insecticides and quantities of application did not differ statistically in insect control. *Bt* hybrids reduce the infestation of fall armyworm compared with non-*Bt* hybrids. The corn yield was directly related to the effectiveness of controlling fall armyworm.

**Keywords:** Technology of application; directed application; insecticides; control; efficiency.

## CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

### 1. A cultura do milho

A cultura do milho (*Zea mays* L.) é uma das mais importantes à agricultura mundial. Utilizado na alimentação humana, animal e para a produção de etanol este cereal representa grande importância econômica e social (FORNASIERI FILHO, 2007).

Na safra 2012, os maiores produtores mundiais de milho foram os Estados Unidos (329,4 milhões de toneladas), a China (195 milhões de toneladas) e o Brasil (67 milhões de toneladas). Mas apesar de entre os três principais produtores o Brasil ocupa apenas o sexto lugar no *ranking* de produtividade, com 4.713 kg ha<sup>-1</sup> (AGRIANUAL, 2013).

Os agricultores brasileiros estão investindo em novas tecnologias, sobretudo em variedades transgênicas, buscando o aumento da produtividade. Na safra 2011 as variedades geneticamente modificadas atingiram 70% do total semeado. Há cinco safras esse percentual não chegava a 15% (AGRIANUAL, 2012).

A resistência genética, obtida por meio da seleção natural ou dirigida, vem sendo intensamente utilizada pelo homem no controle de pragas e doenças desde que as plantas foram domesticadas há mais de 11 mil anos (HARLAN, 1975). Atualmente estão disponíveis aos agricultores plantas expressando o gene *Bt*, clonado a partir da bactéria entomopatogênica *Bacillus thuringiensis* Berliner (*Bt*), que codifica uma proteína tóxica quando ingerida por um grande número de espécies de insetos, dentre eles os da ordem Lepidoptera.

Nas plantações de milho, embora com o advento dos transgênicos, nota-se que as perdas provocadas por insetos-pragas ainda constituem fator limitante para altas produtividades. À vista disso, a lagarta-do-cartucho se destaca como uma das pragas mais importantes da cultura.

## 2. A lagarta-do-cartucho do milho

A lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), é um dos principais insetos-pragas em cultivos de milho, *Zea mays* L., em países das Américas. No Brasil, foi considerada praga em 1964 devido ao surto nas culturas do milho, arroz e pastagens, sendo que os métodos de controle empregados pelos agricultores, naquela oportunidade, não foram eficientes no controle deste inseto (CRUZ, 1995; GALLO et al., 2002).

Os adultos caracterizam-se por possuir asas anteriores de coloração pardo-escura e posteriores branco-acinzentadas. Medem cerca de 40 mm de envergadura e o comprimento do corpo é de aproximadamente 15 mm. O ciclo larval de vida dura por volta de 12 dias. No milho, a postura é realizada na parte superior das folhas, em grupos de 50 a 300 ovos, totalizado 1500 a 2000 ovos por fêmea (ALVES; ZUCCHI; VENDRAMIM, 1992; CRUZ et al., 1995; GALLO et al., 2002).

O período de incubação dos ovos é de aproximadamente três dias em temperaturas variando ente 25 e 30°C (PRAÇA, 2003). Após a eclosão, alimentam-se da própria casca do ovo e posteriormente de folhas novas e centrais do milho provocando o sintoma de raspagem (ALVES; ZUCCHI; VENDRAMIM, 1992; CRUZ et al., 1995; GALLO et al., 2002; BUSATO et al., 2004).

No primeiro e segundo instares é comum encontrar apenas uma lagarta de *S. frugiperda* desenvolvida por planta, pois podem apresentar canibalismo. No terceiro e quarto instares podem destruir completamente uma planta pequena, e ao quinto e sexto instares são observados os maiores danos nas plantações pelo fato de migrarem com frequência para o cartucho do milho (CRUZ et al., 1995; GALLO et al., 2002).

Ao fim do período larval penetram no solo, onde se transformam em crisálidas. O período pupal é de oito dias no verão e 25 dias no inverno. A 25°C seu ciclo pode ser completado em menos de 30 dias, possibilitando a produção de várias gerações durante o ano (CRUZ et al., 1995; GALLO et al., 2002; BUSATO et al., 2004).

Estima-se que a lagarta-do-cartucho seja responsável por 25% dos prejuízos causados por pragas em cultivos de milho convencionais ou não *Bt*, de acordo com Ferreira Filho et al. (2010) na safra de 2009 o custo no controle da *S. frugiperda* foi superior a US\$ 602,1 milhões no Brasil. Estudos sobre os custos no controle deste inseto em cultivos de milho transgênico ainda são escassos.

Embora a lagarta-do-cartucho tenha preferência pela cultura do milho sua presença não se limita às áreas cultivadas com este cereal. Devido à polifagia mais de 100 espécies de plantas são consideradas hospedeiras e incluem nesta lista plantas cultivadas e daninhas. Portanto, em função da alimentação diversificada e disponível durante todo o ano e das condições de clima favoráveis, a lagarta-do-cartucho pode ser encontrada em todas as regiões agrícolas brasileiras (CRUZ et al., 1995).

## **2.1. Estratégia de controle**

A estratégia de controle historicamente utilizada para a lagarta-do-cartucho é a pulverização de produtos fitossanitários. Estes devem ser aplicados quando constatadas folhas raspadas após a emergência das plântulas. O ideal é realizar o monitoramento do inseto, pois o controle deve ser feito antes que o nível de dano econômico seja atingido (SANTOS, 1997).

Podem ser usados inseticidas fosforados, clorofosforados, organofosforados, carbamatos, piretróides, neonicotinóides e reguladores de crescimento (KAGABU, 2003). Estes devem ser aplicados nos momentos de maior umidade relativa do ar e menor temperatura, direcionando a aplicação para o cartucho das plantas (CRUZ et al., 1995). Também se recomenda produtos com seletividade a inimigos naturais (DEGRANDE, 1998).

No entanto, o controle tem sido pouco eficiente. Vários inseticidas antes empregados com sucesso no controle desta praga não têm mostrado a mesma eficácia, principalmente devido a técnicas de aplicação inadequadas. Como reflexo há o aumento no uso destes produtos e o estabelecimento de populações resistentes a várias classes de inseticidas (DIEZ-RODRIGUEZ; OMOTO, 2001; YU, 2006).

Com o advento dos transgênicos criou-se a expectativa de reduzir significativamente os problemas com a lagarta-do-cartucho no milho. Entretanto, sem as prevenções adequadas os riscos de haver quebra de resistência na tecnologia *Bt* é alto. O plantio de áreas de refúgio com plantas isogênicas tem sido proposto para se reduzir a velocidade de crescimento de populações resistentes (MARTINELLI; OMOTO, 2005). Esta estratégia tem o objetivo de propiciar a reprodução de insetos suscetíveis com possíveis insetos resistentes originados da área *Bt*, gerando populações suscetíveis.

Apesar das explicações técnicas sobre a razão da área de refúgio, a sua efetiva utilização ainda é muito baixa no Brasil. De acordo com Cruz et al. (2013), esta situação pode ser justificada em decorrência de não haver clareza sobre como conduzir a área de refúgio, principalmente no que diz respeito ao controle de pragas-alvo. Segundo os autores, em área de refúgio é essencial aplicar os preceitos do manejo integrado de pragas.

Na realidade, deve-se reconhecer que qualquer tecnologia quando utilizada sem a integração com outras táticas de controle pode se tornar ineficiente.

### **3. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é um dos mais multidisciplinares campos dentro da agricultura, uma vez que se reporta ao controle de insetos e ácaros, de plantas daninhas e de agentes patogênicos, que considera aspectos da biologia, da química, da engenharia, da ecologia, da sociologia e da economia (FERREIRA, 2006).

Esta ciência pode ser definida como a correta colocação do produto fitossanitário no alvo, se necessário, na quantidade requerida, de maneira econômica e com o menor risco de contaminação humana e ambiental (MATUO, 1990).

A manutenção da produtividade e da rentabilidade na cultura do milho ainda é muito dependente do uso de agrotóxicos. A pulverização, com a finalidade de controle fitossanitário, depende não somente de produtos de ação comprovada, mas também da tecnologia desenvolvida para sua aplicação.



No caso da lagarta-do-cartucho do milho, a maior dificuldade de controle encontra-se em atingí-la com o produto pela aplicação, devido às lagartas migrarem e permanecerem no cartucho e à incompatibilidade entre o posicionamento dos bicos com a linha de semeadura na pulverização de inseticidas em área total, grande parte da calda não atinge o alvo.

Com a aplicação localizada de inseticida no cartucho das plantas, pelo alinhamento dos bicos na barra de pulverização às linhas de semeadura do milho, espera-se conseguir um melhor aproveitamento da calda aplicada. Desse modo, melhorando a eficiência da aplicação quanto à correta colocação do produto no alvo e à menor contaminação.

### **3.1. Pontas de pulverização**

As pontas de pulverização são consideradas componentes fundamentais nos equipamentos aplicadores, por determinarem as características da pulverização emitida (FERNANDES et al., 2007).

Modelos de pontas de pulverização de energia hidráulica caracterizam-se pela heterogeneidade do diâmetro de gotas produzido, com gotas desde finas até grossas, isto em função do modelo utilizado (MATUO, 1990, CAMPOS et al., 2011).

No caso de gotas muito finas, geralmente, tem-se boa cobertura superficial, no entanto essas gotas podem evaporar em condições de baixa umidade relativa do ar ou mudarem sua trajetória com a ação do vento. Sumner (1997); Murphy, Miller, Parkin (2000) e Wolf (2000) consideram que gotas de diâmetro menor que 100  $\mu\text{m}$  são facilmente carregadas pelo vento, sofrendo mais intensamente a ação dos fenômenos climáticos.

No caso de serem produzidas gotas muito grossas, não ocorre boa cobertura da superfície, tampouco boa uniformidade de distribuição e deposição em pulverizações em área total (CUNHA; TEIXEIRA; FERNANDES, 2007). No entanto, é relevante o uso de gotas grossas em pulverizações localizadas (MILLER et al., 2012).

A busca por qualidade na aplicação de produtos fitossanitários e menor contaminação impulsionou o desenvolvimento de modelos de pontas de pulverização antideriva. Estes têm em comum a característica de produzir

gotas de maior diâmetro e redução da deriva (NUYTTENS et al., 2006). Segundo Chechetto et al. (2013) os modelos de pontas de pulverização com pré-orifício e indução de ar alteram diretamente o potencial de perdas de gotas por deriva. Consequente, no caso da aplicação localizada tornando mais eficiente a colocação de gotas no alvo.

Logo, a importância do diâmetro de gotas cresce em função da dificuldade de alcance do alvo e das condições ambientais no momento das aplicações, devendo ser considerados os riscos de perdas por deriva e evaporação (LEMOS et al., 2012).

### **3.2. Volumes de aplicação**

Na aplicação via líquida é usual classificar o processo em função do volume de calda aplicado por hectare (MATUO, 1990). Palladini (2000) define volume de calda como a quantidade de calda necessária para proporcionar a máxima cobertura de gotas, em função do equipamento ou técnica de pulverização utilizada, proporcionando efeito biológico, ou seja, eficácia de controle.

Atualmente, há a demanda do setor produtivo para reduzir o volume de calda nas pulverizações e, conseqüentemente, custos operacionais. A partir de menores volumes há menos transporte de água ao campo e menor número de paradas para reabastecimento do pulverizador, por consequência, menor custo e aumento da capacidade operacional do equipamento de aplicação (MATTHEWS, 1979; FERREIRA; MATUO; BARBOSA, 1999; LIMA; MACHADO NETO, 2001).

Reduções no volume de calda podem ser alcançadas com a utilização de pontas de baixa vazão, com o aumento do espaçamento entre bicos, redução da pressão de trabalho e maiores velocidades no deslocamento do pulverizador (SOUZA, 2006).

Por outro lado, a redução do volume de aplicação nas pulverizações pode repercutir na formação de classes de gotas de menor diâmetro, mais suscetíveis à deriva, em virtude do uso de pontas de pulverização de menor vazão, podendo prejudicar o tratamento fitossanitário (ISHFAQUE; ASHFAQ; SAYYED, 2005).

Portanto, o desafio da tecnologia de aplicação é oferecer condições de segurança e eficiência no controle fitossanitário por meio de técnicas de aplicação adequadas, atendendo tanto no tocante à produtividade do milho quanto a sustentabilidade social e ambiental desta cultura.

## Referências

AGRIANUAL: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FND Consultoria & Comércio, 2013. p. 363.

AGRIANUAL: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FND Consultoria & Comércio, 2012. p. 361.

ALVES, S. B.; ZUCCHI, R. A.; VENDRAMIM, J. D. Pragas do milho, arroz, trigo e sorgo. In: CURSO de entomologia aplicada à agricultura. Piracicaba: FEALQ, 273 – 310 p., 1992.

BUSATO, G. R.; GRUTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S.; GIOLO, F. B.; NOMBERG, S. D. Consumo e utilização de alimento por *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidóptera: Noctuidae) em duas temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1278 - 1283, 2004.

CAMPOS, H. B. N.; COSTA, L. L.; LASMAR, O.; LEMOS, R. E.; DECARO JUNIOR, S. T.; FERREIRA, M. C. Aspectos gerais e atuais da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: BUSOLI, A.C. et al. (Ed.). **Tópicos em entomologia agrícola IV**. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2011. p. 205 - 218.

CHECHETTO, R. G.; ANTUNIASSI, U. R.; MOTA, A. A. B.; CARVALHO, F. K.; SILVA, A. C. A.; VILELA, C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvantes no potencial de redução de deriva em túnel de vento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 37-46, 2013.

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, 2013. 42 p. (Documentos, 150).

CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA,CNPMS, 1995. 45 p. (Circular técnica, 21).

CRUZ I.; WAQUIL, J. M.; VIANA, P. A.; VALICENTE, F. H. **Pragas**: diagnóstico e controle. 2. ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1995. p.10-14. (Arquivo do Agrônomo, 2).

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**, Jaboticabal, v. 27, n.esp., p. 10 - 15, 2007

DEGRANDE, P. E. **Guia prático de controle das pragas do algodoeiro**. Dourados: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 1998. 60 p.

DIEZ-RODRIGUES, G. I.; OMOTO, C. Herança da resistência de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a lambda - cialotrina. **Neotropical Entomology**, Curitiba, v.30, p. 311 - 316, 2001.

FERNANDES, A. P.; PARREIRA, R. S.; FERREIRA, M. C.; ROMANI, G. N. Caracterização do perfil de deposição e do diâmetro de gotas e otimização do 16 espaçamento entre bicos na barra de pulverização. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 728 - 733, 2007.

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. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários em cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA,

J.CM. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Prol – Editora Gráfica, 2006. v.1, p. 293 - 303.

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.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. p.3-7.

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.

HARLAN, J. R. **Crops & man**. Madison: ASA / CSSSA, 1975. 275 p.

ISHFAQUE, M.; ASHFAQ, M.; SAYYED, A. H. Effect of power on droplet size by hand held spinning disc sprayer. **Pakistan Journal Biology Sciences**, New York, v. 8, n. 4, p. 567-570, 2005.

KAGABU, S. Insecticides: imidacloprid. In: PLIMMER, J. R. (Ed.). **Encyclopedia of agrochemicals**. New York: Wiley-Interscience, 2003. p. 933 - 944.

LEMOS, R. E.; CAMPOS, H. B. N.; COSTA, L. L.; CALORE, R. A.; DECARO JUNIOR; S. T.; FERREIRA, M. C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: BUSOLI, A. C. et al. (Ed.) **Tópicos em entomologia agrícola V**. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2012. p. 231 - 250.

LIMA, P.R.F.; MACHADO NETO, J.G. Otimização da aplicação de fluazifop-p-butil em pós emergência na cultura da soja (*Glycine max*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n.1, 2001, p. 85 - 95.

MARTINELLI, S.; OMOTO, C. Resistência de insetos a plantas geneticamente modificadas. **Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, n.34, p. 67-77, 2005.

MATTEWS, G.A. Controlled application (CDA) of pesticides in pest management. In: SYMPOSIUM ON CONTROLLED DROP APPLICATION, 1979, **Proceedings...** p. 213-.217

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

MILLER, P.; TILLET, N.; SWAN, T.; TUCK, C.; LANE, A. The development and evaluation of nozzle systems for use in targeted spot spraying applications. In: INTERNATIONAL ADVANCES IN PESTICIDE APPLICATION, 2012, Wageningen. **Resumos...** Wageningen: IAPA, 2012. p. 159 -166.

MURPHY, S. D.; MILLER, P. C. H.; PARKIN, C. S. The effect of boom section and nozzle configuration on the risk of spray drift. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 75, n. 2, p. 127 - 137, 2000.

NUYTTENS, D.; SCHAMPHELEIRE, M. S.; STEURBAUT, W.; BAETENS, K.; VERBOVEN, P.; NICOLAI, B.; RAMON, H.; SONCK, B. Experimental study of factors influencing the risk of drift from field sprayers, part 1: meteorological conditions. **Aspects of Applied Biology**, v, 77, n. 2, p. 321-329, 2006.

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

PRAÇA, L. B. **Prospecção de estipes brasileira de *Bacillus thuringiensis* efetivas contra insetos da ordem Lepidoptera, Coleóptera e Díptera.** 2003. (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2003.

SANTOS W. J. **Manejo integrado de pragas do algodoeiro.** Rondonópolis: Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária do Mato Grosso, 1997. 107 p. (Boletim de Pesquisa, 01)

SOUZA, G.V.R. de. **Ponta de pulverização e pressão de trabalho na aplicação de tebuconazole para o controle da ferrugem da soja.** 2006. 49 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

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

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

YU, S. J. Insensitivity of acetylcholinesterase in a field strain of strain of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 84, p.135 - 142, 2006.

## **CAPÍTULO 2 - CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) COM A APLICAÇÃO LOCALIZADA DE INSETICIDA CONJUGADA À FERTILIZAÇÃO EM FUNÇÃO DE PONTAS E VOLUMES NO MILHO**

**RESUMO** - O objetivo deste estudo foi avaliar o controle da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) no milho, *Zea mays* L., com a aplicação localizada de inseticida em operação conjugada à fertilização em função de modelos de pontas de pulverização e volumes de calda. Foram conduzidos dois experimentos com plantas de milho geneticamente modificadas em cultivo de verão e inverno. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 2 x 3 + 1 em quatro repetições. Os níveis dos fatores foram constituídos pelo resultado da combinação do modo de aplicação do inseticida (aplicação localizada e aplicação em área total), modelos de pontas de pulverização (DG e AI), volumes de calda (50, 100 e 150 L ha<sup>-1</sup>) e um tratamento testemunha (sem aplicação de inseticida). Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância (ANOVA) e as médias das parcelas foram comparadas entre si, utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi utilizado o inseticida imidacloprido + beta-ciflutrina na dose de recomendação do produto. As tecnologias avaliadas controlaram a lagarta-do-cartucho em relação ao tratamento testemunha. A aplicação localizada do inseticida em operação conjugada à fertilização é eficaz no controle de *S. frugiperda* e pode diminuir a quantidade de inseticida aplicado fora do alvo em relação à aplicação em área total. Não houve diferença significativa entre os modelos de ponta DG e AI. O volume de 50 L ha<sup>-1</sup> foi adequado. A produtividade do milho foi diretamente relacionada com a eficácia no controle da lagarta-do-cartucho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Técnicas de aplicação; controle; volumes de aplicação; pontas de pulverização.



**CONTROL OF *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) WITH LOCALIZED INSECTICIDE APPLICATION IN ASSOCIATED OPERATION OF FERTILIZATION DUE NOZZLES AND SPRAY VOLUMES ON CORN**

**ABSTRACT** – The aim of this study was to evaluate the control of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) with localized insecticide application in associated operation of fertilization due nozzles and spray volumes on corn (*Zea mays* L.). Two experiments were conducted with *Bt* corn plants in summer and winter crop. The experimental design was a randomized block in factorial 2 x 2 x 3 + 1 in four replications. Factor levels were set by the result of the combination of the mode of application of the insecticide (localized application and application in total area), models of spray nozzles (DG and AI), spray volumes (50, 100 and 150 L ha<sup>-1</sup>) and a control (no insecticide application). The data were submitted to the F test of the analysis of variance (ANOVA) and mean plots were compared, using the Tukey test at 5% probability. We used the insecticide imidacloprid + beta-cyfluthrin at a dose of product recommendation. The technologies evaluated controlled the *S. frugiperda* compared to the control treatment. Localized insecticide application in associated operation of fertilization was effective in controlling *S. frugiperda* and can decrease the amount of insecticide applied off target in relation to the total area application. There was no significant difference between the nozzles DG and AI. The spray volume of 50 L ha<sup>-1</sup> was adequate. The corn yield was directly related to the effectiveness in controlling fall armyworm.

**Keywords:** Spray techniques; control; spray volumes; spray nozzles.

## 1. INTRODUÇÃO

A lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) é um dos principais insetos-pragas no milho, *Zea mays* L., em cultivos de safra e safrinha (SANTOS, 2001; FARINELLI; FORNASIERI FILHO, 2006). Alimenta-se de todas as estruturas da planta acima do solo (MORRILL; GREENE, 1973; BUNTIN, 1986), provocando reduções significativas de produtividade.

O uso de híbridos de milho transgênicos, com genes clonados a partir da bactéria entomopatogênica *Bacillus thuringiensis* Berliner (*Bt*) aumentou a tolerância ao ataque de *S. frugiperda* (WAQUIL; VILELA; FOSTER, 2002). Mas quando populações adaptadas do inseto causam danos às plantas geneticamente modificadas as aplicações de inseticidas são importantes para a redução de danos na cultura (MARTINELLI; OMOTO, 2005).

Quando necessário, os inseticidas têm sido aplicados em área total por pulverizadores de barra (AL-SARAR; HALL; DOWNER, 2006; DAL POGETTO et al., 2012; GIMENES et al., 2012a). No entanto, grande parte da calda inseticida não atinge o inseto com a pulverização em área total devido à incompatibilidade entre o posicionamento dos bicos de pulverização com as linhas de plantio.

De acordo com Matthews (2000), quando a eficácia na pulverização de agrotóxicos não é conseguida, o resultado é um considerável desperdício de energia e produtos. À vista disso, técnicas e equipamentos de pulverização localizada têm conseguindo maior exatidão na deposição do ingrediente ativo sobre alvos biológicos (SLAUGHTER; GILES; DOWNER, 2008; SINGH; AGRAWAL; BORA, 2011; HONG; MINZAN; ZHANG, 2012).

A eficiência no processo de pulverização também está relacionada ao diâmetro de gotas produzido pelas pontas de pulverização (CAMPOS, et al., 2011). Gotas de diâmetro menor, geralmente, promovem maior cobertura superficial, porém são facilmente perdidas por deriva em condições climáticas desfavoráveis. Por outro lado, gotas de diâmetro maior promovem menor cobertura, entretanto são mais resistentes à deriva (WOLF, 2000; LEMOS et al., 2012).

A busca por qualidade nas pulverizações e menor contaminação ambiental por deriva de agrotóxicos impulsionou o desenvolvimento de modelos de pontas de pulverização com pré-orifício e indução de ar. Estes produzem gotas de diâmetro maior e reduzem perdas por deriva (NUYTTENS et al., 2006). Mas pouco é investigado sobre o uso destas pontas no controle de *S. frugiperda* em milho.

Outro fator importante é a adequação do volume de aplicação, pois define a quantidade de calda que proporciona a máxima cobertura de gotas com mínimo de perdas por escorrimento (PALLADINI, 2000). O uso de menores volumes pode aumentar a capacidade operacional de pulverizadores e diminuir custos de produção devido à redução no número de paradas para reabastecimento com água, principal veículo de transporte de agrotóxicos em pulverizações (SOUZA; CUNHA; PAVANIN, 2012).

Considerando que as aplicações de inseticida para o controle de *S. frugiperda* no milho ocorrem em período semelhante à fertilização em cobertura, devido à exigência em grandes quantidades pela cultura e perdas por lixiviação (PÖTTKER; WIETHÖLTER, 2004), há a hipótese que inseticida e fertilizante aplicados simultaneamente seja viável.

Espera-se pela adequação do comprimento da barra de pulverização à faixa de fertilização, alinhando as pontas de pulverização às linhas de semeadura do milho, o melhor direcionamento do jato de calda para o local de ocorrência da lagarta. O que não acontece com a pulverização isolada, em que a barra é, em geral, mais larga que a faixa de fertilização e os bicos incompatíveis com as linhas de semeadura.

O objetivo deste estudo foi avaliar o controle da lagarta-do-cartucho com a aplicação localizada de inseticida em operação conjugada à fertilização em função do modelo de ponta de pulverização e do volume de calda na cultura do milho.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Dados gerais – Anos agrícolas de 2010 e 2011**

Foram conduzidos dois experimentos em área experimental (latitude 21°15'22" S, longitude 48°19'20" W e altitude de 575 metros) com a

semeadura direta do híbrido de milho transgênico 2B688 (Herculex I<sup>®</sup>, Cry 1F). O experimento do ano agrícola 2010 foi instalado em 17/06/2010 em cultivo de inverno (safrinha) e conduzido com sistema de irrigação por aspersão. O experimento do ano agrícola 2011 foi instalado em 20/12/2010 em cultivo de verão (safra). A fertilização de plantio foi de 350 kg ha<sup>-1</sup> (8-20-20 NPK) e a fertilização em cobertura de 200 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, de acordo com análises do solo na área experimental. Foi utilizado o espaçamento entre linhas de 0,9 m, comumente adotado pelos agricultores da região onde o estudo foi conduzido, e seis sementes por metro de sulco. Cada unidade experimental foi constituída por quatro linhas de 15 metros de comprimento totalizando 54 m<sup>2</sup> de área, onde duas linhas centrais foram consideradas área útil, totalizando 27 m<sup>2</sup> de área.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 2 x 3 + 1 em quatro repetições. Os níveis dos fatores foram constituídos pelo resultado da combinação do modo de aplicação do inseticida (aplicação localizada e aplicação em área total), modelos de pontas de pulverização (DG e AI), volumes de calda (50, 100 e 150 L ha<sup>-1</sup>) e um tratamento testemunha (sem aplicação de inseticida).

Após a emergência das plântulas foi monitorada a infestação de *S. frugiperda* na área experimental pela retirada de quatro plantas, escolhidas aleatoriamente fora da área útil de cada parcela, para verificação do dano provocado pelas lagartas nas folhas. Foi adotada a escala visual de dano de 0 (nenhum dano as plantas) a 9 (plantas com quase todas as folhas destruídas), com base na escala visual adaptada de Davis et al. (1992) (Figura 1). O inseticida foi aplicado com plantas apresentando dano 4 (de 3 a 4 lesões de 1,3 a 2,5 cm por planta) (Figura 2).

Foi utilizado o inseticida do grupo químico neonicotinóide, na formulação suspensão concentrada, composto pela mistura de imidacloprido + beta-ciflutrina (100 g L<sup>-1</sup> + 12,5 g L<sup>-1</sup>) na dose de 0,8 L ha<sup>-1</sup> de produto comercial Connect<sup>®</sup> (Bayer CropScience) conforme recomendação no rótulo e especificações técnicas do produto.



**Figura 1.** Escala Davis (*Visual Rating Scales for Screening Whorl-Stage Corn for Resistance to Fall Armyworm*, F. M. Davis, USDA-ARS, Crop Science Research Laboratory, Mississippi State University, MS 39762) de notas de danos visuais para *S. frugiperda* em milho.



**Figura 2.** Exemplo de plantas de milho classificadas com nota de dano 4.

Foram utilizadas a ponta de pulverização de energia hidráulica com pré-orifício DG e a ponta com indução de ar AI, nas vazões de 0,15, 0,2 e 0,3 galões americanos por minuto (Figura 3). Modelos EVS, com 95 graus de ângulo de jato plano aspergido (jato contínuo, de polímero com inserto de aço inoxidável), foram escolhidos para a aplicação localizada, e modelos VS, com 110 graus de ângulo de jato plano aspergido (jato convencional, de polímero

com inserto de aço inoxidável), para a aplicação em área total (TEEJET TECHNOLOGIES, 2008).



**Figura 3.** Exemplos dos modelos de pontas de pulverização de jato plano Teejet® DG e AI.

Foram estabelecidos os volumes de calda de 50, 100 e 150 L ha<sup>-1</sup>. Para a calibração dos volumes foram realizados ajustes com as vazões dos modelos de pontas mencionados, pressão de trabalho e velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador, visando adequá-los aos modos de aplicação do inseticida (Tabela 1).

**Tabela 1.** Modelos de pontas de pulverização, pressões e velocidades de trabalho utilizados nos experimentos dos anos agrícolas de 2010 e 2011, para avaliação do controle de *S. frugiperda* em comparação entre aplicação localizada e área total. Jaboticabal, SP.

ANO AGRÍCOLA DE 2010 e 2011					
APLICAÇÃO LOCALIZADA			APLICAÇÃO EM ÁREA TOTAL		
Tratamentos*	Pressão (kPa)	V.T. (km h <sup>-1</sup> )	Tratamentos*	Pressão (kPa)	V.T. (km h <sup>-1</sup> )
DG 95015 - 50 L ha <sup>-1</sup>	229,9	6,8	DG 110015 - 50 L ha <sup>-1</sup>	130,0	7,8
DG 9502 - 100 L ha <sup>-1</sup>	300,0	5,4	DG 11002 - 100 L ha <sup>-1</sup>	140,0	6,8
DG 9503 - 150 L ha <sup>-1</sup>	350,0	5,4	DG 11003 - 150 L ha <sup>-1</sup>	170,0	6,8
AI 95015 - 50 L ha <sup>-1</sup>	229,9	6,8	AI 110015 - 50 L ha <sup>-1</sup>	200,0	7,8
AI 9502 - 100 L ha <sup>-1</sup>	300,0	5,4	AI 11002 - 100 L ha <sup>-1</sup>	200,0	7,8
AI 9503 - 150 L ha <sup>-1</sup>	350,0	5,4	AI 11003 - 150 L ha <sup>-1</sup>	200,0	7,8

\*Dosagem fixa de 0,8 L ha<sup>-1</sup> do inseticida com nome comercial Connect® para os modos de aplicação localizada e em área total. V.T. - Velocidade do Trator.

Nas aplicações do inseticida foi utilizado um trator modelo Ford 4610 para deslocamento do pulverizador. A calda inseticida foi pressurizada por cilindro com CO<sub>2</sub>.

A aplicação localizada do inseticida foi realizada com quatro pontas na barra de pulverização, no espaçamento entre bicos de 0,9 m, o mesmo adotado na linha de plantio. A barra de pulverização foi acoplada à dianteira do trator e o jato pulverizado direcionado com pingente para o cartucho das plantas de milho. A distância dos bicos em relação às plantas foi ajustada entre 0,2 a 0,25 m. Em operação conjugada o fertilizante foi distribuído entre as linhas de plantio do milho com equipamento acoplado à traseira do trator e sem interferência na aplicação do inseticida (Figura 4).



**Figura 4.** Visão geral do equipamento utilizado para a aplicação localizada de inseticida em operação conjugada a fertilização. A: Visão lateral do conjunto trator-pulverizador. B: Compartimentos laterais para fertilizantes e ao centro o reservatório de calda. C e D: Barra de pulverização desenvolvida para a aplicação localizada de inseticida em milho.

A aplicação do inseticida em área total foi realizada por seis pontas na barra de pulverização acoplada a dianteira do trator, no

espaçamento entre bicos de 0,5 m e com a altura da barra em relação às plantas de milho ajustada em 0,5 a 0,55 m (Figura 5).



**Figura 5.** Visão frontal do equipamento, em detalhe, com a barra de pulverização acoplada ao trator para pulverização de inseticida em área total.

A aplicação do inseticida no ano agrícola de 2010 ocorreu aos 11 dias após a emergência das plântulas (DAE), com as plantas em estágio de crescimento V 4. No ano agrícola de 2011 ocorreu aos 26 DAE e com plantas em estágio V 8. A data de ocorrência dos estádios fenológicos das plantas de milho são descritos na Tabela 2.

**Tabela 2.** Data de ocorrência dos estádios fenológicos das plantas de milho. Jaboticabal, SP.

Estádios fenológicos	DATAS DE OCORRÊNCIA	
	Ano agrícola 2010	Ano agrícola 2011
Emergência	22 – Junho	25 – Dezembro
V 4 – quarto folhas expandidas	03 – Julho	06 – Janeiro
V 8 – oito folhas expandidas	18 – Julho	21 – Janeiro
Reprodutivo 1	17 – Agosto	19 – Fevereiro
Reprodutivo 2	23 – Agosto	25 – Fevereiro
Reprodutivo 3	30 – Agosto	04 – Março
Reprodutivo 4	24 – Setembro	18 – Março
Reprodutivo 5	06 – Outubro	31 – Março
Reprodutivo 6	01 – Novembro	26 – Abril
Colheita de grãos	08 – Novembro	02 – Maio



As condições meteorológicas observadas durante as aplicações dos tratamentos nos anos agrícolas de 2010 e 2011 estão apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3.** Condições meteorológicas observadas durante as aplicações para avaliação do controle de *S. frugiperda* em comparação entre aplicação localizada e área total. Jaboticabal, SP.

APLICAÇÃO LOCALIZADA DE INSETICIDA								
Tratamentos	Temp. (C°)		U.R (%)		Hora		V.V (km h <sup>-1</sup> )	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
DG – 50 L ha <sup>-1</sup>	27,9	35,8	37	41	9h10	8h10	3	3
DG – 100 L ha <sup>-1</sup>	27,9	34,8	37	49	9h35	8h35	3	4
DG – 150 L ha <sup>-1</sup>	28,1	34,2	37	50	9h58	8h57	3	4
AI – 50 L ha <sup>-1</sup>	29,7	35,8	32	41	10h22	9h20	3	3
AI – 100 L ha <sup>-1</sup>	29,7	34,8	32	49	10h50	9h42	3	4
AI – 150 L ha <sup>-1</sup>	29,9	34,2	32	50	11h13	10h05	3	4

APLICAÇÃO EM ÁREA TOTAL DE INSETICIDA								
Tratamentos	Temp. (C°)		U.R (%)		Hora		V.V (km h <sup>-1</sup> )	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
DG – 50 L ha <sup>-1</sup>	29,3	36,2	30	41	11h36	10h28	3	2
DG – 100 L ha <sup>-1</sup>	29,6	34,1	30	58	14h50	10h55	3	2
DG – 150 L ha <sup>-1</sup>	29,3	34,2	30	57	15h15	11h18	3	2
AI – 50 L ha <sup>-1</sup>	27,7	36,2	35	41	15h37	14h30	2	2
AI – 100 L ha <sup>-1</sup>	27,2	34,1	39	58	16h00	14h53	2	2
AI – 150 L ha <sup>-1</sup>	24,7	34,2	45	57	16h26	15h17	2	2

Temp. - Temperatura do ar. U.R - Umidade relativa do ar. V.V - Velocidade do Vento.

## 2.2. Espectro das gotas produzidas

A análise do espectro das gotas produzidas pelas pontas de pulverização nos tratamentos foi realizada em 27/06/2013 no Laboratório de Análise de Partículas (LAPAR) do Núcleo de Estudos e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação (NEDTA), Câmpus de Jaboticabal. Os parâmetros analisados foram o diâmetro mediano volumétrico (Dv0,5) (diâmetro da gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho maior ou menor que este valor), o coeficiente de uniformidade das gotas pulverizadas e a porcentagem de volume em gotas com diâmetros menores que 100 µm.

O coeficiente de uniformidade foi obtido através da equação: Coef. Unif. = (Dv0,9 - Dv0,1)/Dv0,5 em que, Dv0,1 e Dv0,9 referem-se ao diâmetro da gota, tal que 10 e 90%, respectivamente, do volume aspergido é composto por gotas de diâmetro inferior a ele.

O diâmetro das gotas foi determinado por difração de raio laser durante a passagem das gotas pulverizadas pela região de amostragem de um analisador de tamanho de partículas (Mastersizer, Malvern Instruments Limited), ajustado para avaliar gotas de até 1000  $\mu\text{m}$ . O grau de difração que o raio de luz sofre é inversamente proporcional ao tamanho da partícula (FERNANDES et al., 2007). A decodificação dos dados, segundo o algoritmo elaborado para a caracterização do diâmetro das gotas por difração de raio laser foram processados e tabelados diretamente pelo programa Mastersizer S<sup>®</sup>, versão 2.19.

Os modelos de pontas de pulverização DG e AI foram instalados em um transportador radial posicionado a 40 cm do feixe do laser de acordo com normas da FAO (1998) (Figura 6). Foram utilizadas três amostras de cada modelo de ponta para as análises e para cada uma delas foram realizadas quatro repetições das leituras dos jatos aspergidos, mantendo-se as pressões adotadas no ensaio de campo. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, uma vez que as condições operacionais e meteorológicas entre as repetições foram padronizadas.



**Figura 6.** Detalhe do posicionamento do bico em relação ao feixe do laser (simulação).

### **2.3. Avaliações de controle**

Aos 3, 6 e 10 dias após a aplicação do inseticida (DAA) foi avaliado o controle da lagarta-do-cartucho. Retiraram-se quatro plantas,

escolhidas aleatoriamente nas linhas de bordadura de cada parcela, para o registro do número de lagartas vivas. Durante as avaliações a maioria das lagartas encontradas apresentavam entre 1° (3 mm) e 4° (11 a 15 mm) instares (Figura 7).



**Figura 7.** Planta de milho com presença, em detalhe, de *S. frugiperda*.

Em complemento, foi avaliada a produção de matéria seca aos 10 dias após a aplicação de inseticida. Em cada parcela retiraram-se quatro plantas inteiras escolhidas aleatoriamente e acondicionadas em sacos de papel identificados para o procedimento de pré-secagem em estufa de circulação de ar forçado. Após 72 horas em temperatura de 52 °C as amostras foram pesadas e os valores de matéria seca obtidos em gramas por parcela.

Também foi avaliada a produção de grãos ao final do ciclo da cultura. Apresentando grãos com umidade entre 18 e 20% e checado o estande de seis plantas por metro, foram colhidas manualmente as espigas em 5 metros na área útil de cada parcela. As espigas foram acondicionadas em sacos identificados e em seguida debulhadas mecanicamente. As amostras foram pesadas e os valores de massa de grãos obtidos em quilos por parcela.

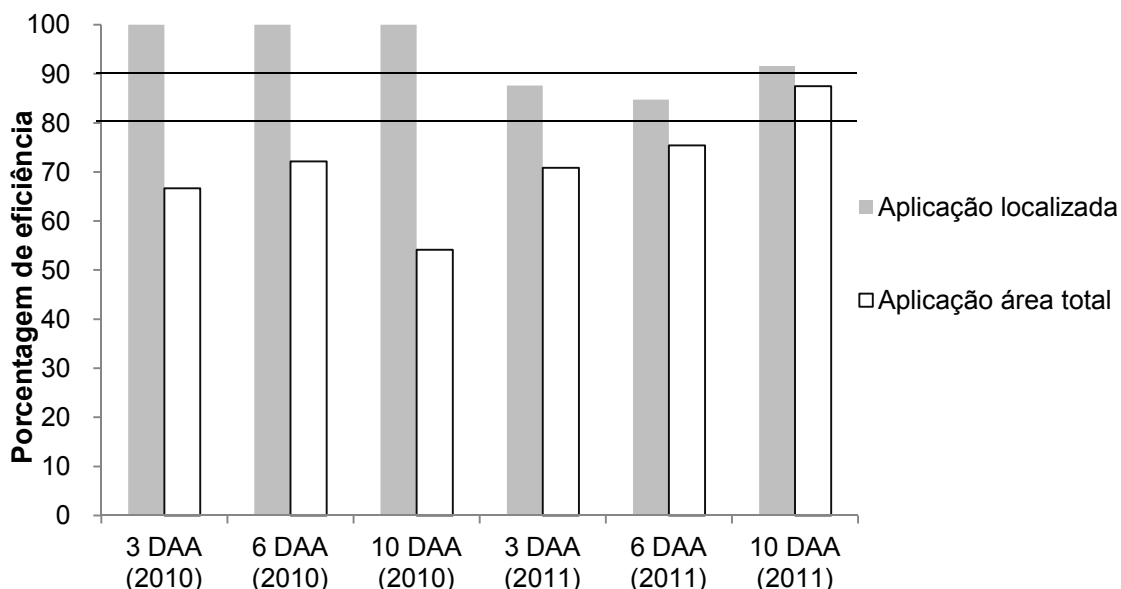
Por fim, a partir do número de lagartas vivas antes da aplicação de inseticida e aos 3, 6 e 10 DAA, foi realizado o cálculo da porcentagem de eficiência pela fórmula de Henderson & Tilton (1955). Os valores encontrados classificaram os tratamentos em baixa eficácia (menor que 80%), boa eficácia (de 80 a 90%) e alta eficácia (maior que 90%).

## 2.4. Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância (ANOVA) e as médias das parcelas foram comparadas entre si, utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas em programa computacional AgroEstat – sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos - versão 1.1.0.0694, 2011 (BARBOSA; MALDONADO JR, 2011). Os dados dos experimentos conduzidos nos anos agrícolas 2010 e 2011 foram transformados em Log x para atender aos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância da ANOVA.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cálculo da porcentagem de eficiência no controle da lagarta-do-cartucho demonstrou que os tratamentos com aplicação localizada do inseticida na linha da cultura resultaram em alta eficácia (maior que 90%) no ano agrícola 2010 e boa eficácia (maior que 80%) no ano agrícola 2011. Por outro lado, os tratamentos com aplicação em área total, em maioria, obtiveram baixa eficácia (menor que 80%), nos dois anos agrícolas (Figura 4).



**Figura 8.** Porcentagem de eficiência aos 3, 6 e 10 dias após a aplicação do inseticida (DAA) com a aplicação localizada e a aplicação em área total no controle de *S. frugiperda* no milho.

Com relação às análises estatísticas, no ano agrícola 2010 verificou-se que aos 3, 6 e 10 dias após a aplicação do inseticida (DAA) a aplicação localizada foi eficaz no controle de *S. frugiperda* com a mortalidade total de lagartas. Na aplicação em área total não foi obtido o mesmo nível de controle (Tabela 4).

**Tabela 4.** Média do número de lagartas de *S. frugiperda* nas parcelas experimentais aos 3, 6 e 10 dias após a aplicação (DAA) do inseticida imidacloprido + beta-ciflutrina, em aplicação localizada e em área total, com os modelos de pontas de pulverização DG e AI e nos volumes de calda de 50, 100 e 150 L ha<sup>-1</sup>. Jaboticabal, SP.

Modo de aplicação (M.A.)	3 DAA		6 DAA		10 DAA	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
Aplicação localizada	0,0 a	0,72 a	0,0 a	0,70 a	0,0 a	0,70 a
Aplicação em área total	0,33 b	0,70 a	0,25 b	0,71 b	0,45 b	0,69 a
Pontas (P.)	2010	2011	2010	2011	2010	2011
DG	0,16 a	0,72 a	0,16 a	0,71 a	0,25 a	0,70 a
AI	0,16 a	0,70 a	0,08 a	0,70 a	0,20 a	0,69 a
Volumes (V.)	2010	2011	2010	2011	2010	2011
50 L ha <sup>-1</sup>	0,12 a	0,71 a	0,06 a	0,70 a	0,31 a	0,70 a
100 L ha <sup>-1</sup>	0,18 a	0,70 a	0,18 a	0,71 a	0,18 a	0,69 a
150 L ha <sup>-1</sup>	0,18 a	0,72 a	0,12 a	0,70 a	0,18 a	0,70 a
Teste F						
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
M.A.	10,73**	3,62 <sup>NS</sup>	7,46**	4,26*	18,93**	2,28 <sup>NS</sup>
P.	0,00 <sup>NS</sup>	3,62 <sup>NS</sup>	0,83 <sup>NS</sup>	0,17 <sup>NS</sup>	0,16 <sup>NS</sup>	2,28 <sup>NS</sup>
V.	0,17 <sup>NS</sup>	1,30 <sup>NS</sup>	0,62 <sup>NS</sup>	0,19 <sup>NS</sup>	0,63 <sup>NS</sup>	0,57 <sup>NS</sup>
M.A. X P.	0,00 <sup>NS</sup>	0,36 <sup>NS</sup>	0,83 <sup>NS</sup>	0,17 <sup>NS</sup>	0,16 <sup>NS</sup>	2,28 <sup>NS</sup>
M.A. X V.	0,17 <sup>NS</sup>	0,27 <sup>NS</sup>	0,62 <sup>NS</sup>	2,21 <sup>NS</sup>	0,63 <sup>NS</sup>	0,57 <sup>NS</sup>
P. X V.	0,50 <sup>NS</sup>	0,27 <sup>NS</sup>	0,21 <sup>NS</sup>	1,19 <sup>NS</sup>	0,63 <sup>NS</sup>	0,57 <sup>NS</sup>
M.A. X P. X V.	0,50 <sup>NS</sup>	0,09 <sup>NS</sup>	0,21 <sup>NS</sup>	0,17 <sup>NS</sup>	0,63 <sup>NS</sup>	0,57 <sup>NS</sup>
Fatorial X Testemunha	20,63**	5,58*	28,10**	11,02*	16,48**	0,18 <sup>NS</sup>
<b>C.V. (%)</b>	<b>3,89</b>	<b>4,88</b>	<b>3,51</b>	<b>3,87</b>	<b>4,00</b>	<b>2,15</b>

Médias dos dados originais e letras dos transformados. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Pelo teste F, NS = Não Significativo; \*significativo a 5% de probabilidade; \*\*significativo a 1% de probabilidade. C.V.(%) - Coeficiente de variação.

A aplicação localizada deposita com maior exatidão o inseticida no alvo. O mesmo espaçamento entre os bicos na barra de pulverização e as linhas de plantio permite direcionar o jato pulverizado para o cartucho das plantas de milho e aumenta a proporção de gotas depositadas no alvo em relação à aplicação em área total. Consequentemente há aumento da exposição da lagarta-do-cartucho aos efeitos do produto fitossanitário

No entanto, no ano agrícola 2011 os modos de aplicação localizado e em área total não diferiram estatisticamente aos 3 e 10 DAA (Tabela 4). Embora com mesmo efeito no controle da lagarta-do-cartucho, a aplicação localizada não exige a sobreposição dos jatos produzidos pelas pontas de pulverização, o que diminui a quantidade de produto aplicado diretamente no solo em relação à aplicação em área total. Nieuwenhuizen et al. (2008, 2009, 2010a, 2010b) verificaram que a aplicação localizada de herbicida pode reduzir o desperdício de produtos e a contaminação do solo.

Os modelos de pontas de pulverização de pré-orifício DG e indução de ar AI não diferiram estatisticamente aos 3, 6 e 10 DAA no controle da lagarta-do-cartucho nos anos agrícolas de 2010 e 2011 (Tabela 4).

A análise do espectro de gotas produzidas por DG e AI, nas mesmas pressões utilizadas no ensaio de campo, está apresentada nas Tabelas 5 e 6.

**Tabela 5** – Síntese da análise de variância e do teste de médias para as variáveis: Diâmetro mediano volumétrico ( $Dv_{0,5}$ ); Porcentagem de gotas menores que 100 micrometros ( $\% < 100 \mu m$ ) e Coeficiente de uniformidade (Coef. Unif.). Jaboticabal, SP.

Vazões	APLICAÇÃO LOCALIZADA											
	DG		AI		AI							
	$Dv_{0,5}$ ( $\mu m$ )		$\% < 100 \mu m$		Coef. Unif.							
015	221,82	<b>B a</b>	790,05	<b>A a</b>	9,49	<b>B a</b>	1,06	<b>A a</b>	1,57	<b>A a</b>	1,67	<b>A a</b>
020	229,29	<b>B a</b>	566,72	<b>A b</b>	9,78	<b>B a</b>	2,68	<b>A b</b>	2,61	<b>B b</b>	1,56	<b>A a</b>
030	224,14	<b>B a</b>	547,86	<b>A b</b>	10,58	<b>B a</b>	2,95	<b>A b</b>	2,59	<b>B b</b>	1,51	<b>A a</b>
Teste F												
Ponta (P)	3303,6771**		530,1316**		16,9539**							
Vazão (V)	114,4419**		6,7549**		3,3352*							
P x V	123,7615**		1,3394 <sup>ns</sup>		5,5849**							
CV (%)	7,03		23,35		36,44							
DMS P (5%)	24,6637		1,1598		0,5694							
DMS V (5%)	29,6251		1,3931		0,6840							

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Pelo teste F: \*\*significativo a 1% de probabilidade, \*significativo a 5% de probabilidade, <sup>ns</sup> não significativo.

**Tabela 6** – Síntese da análise de variância e do teste de médias para as variáveis: Diâmetro mediano volumétrico ( $Dv_{0,5}$ ); Porcentagem de gotas menores que 100 micrometros ( $\% < 100 \mu\text{m}$ ) e Coeficiente de uniformidade (Coef. Unif.). Jaboticabal, SP.

Vazões	APLICAÇÃO EM ÁREA TOTAL											
	DG	AI	DG	AI	DG	AI						
	$Dv_{0,5}$ ( $\mu\text{m}$ )		$\% < 100 \mu\text{m}$		Coef. Unif.							
015	328,04	<b>B b</b>	892,56	<b>A a</b>	5,65	<b>B b</b>	0,72	<b>A a</b>	2,04	<b>B ab</b>	1,55	<b>A a</b>
020	374,36	<b>B a</b>	777,61	<b>A b</b>	4,18	<b>B a</b>	1,32	<b>A b</b>	1,88	<b>B a</b>	1,43	<b>A a</b>
030	334,91	<b>B b</b>	765,37	<b>A b</b>	5,27	<b>B b</b>	1,47	<b>A b</b>	2,32	<b>B b</b>	1,42	<b>A a</b>
Teste F												
Ponta (P)	6394,6455**		564,4228**		65,9040**							
Vazão (V)	35,7505**		5,0877**		2,6868ns							
P x V	73,1361**		13,4815**		3,7677*							
CV (%)	4,27		22,25		18,12							
DMS P (5%)	20,1624		0,5627		0,2621							
DMS V (5%)	24,2183		0,6759		0,3148							

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Pelo teste F: \*\*significativo a 1% de probabilidade, \*significativo a 5% de probabilidade, <sup>ns</sup> não significativo.

O coeficiente de uniformidade (Coef. Unif.) foi significativamente menor nas pontas de pulverização AI, indicando a produção de gotas mais uniformes. Leva-se em consideração que quanto mais próximo de zero foi o valor do coeficiente de uniformidade mais homogêneo é o espectro das gotas produzidas.

O diâmetro mediano volumétrico ( $Dv_{0,5}$ ) das gotas formadas pela ponta DG foi significativamente menor em relação à ponta de AI. Com menor diâmetro de gotas, DG apresentou maior porcentagem do volume pulverizado composto por gotas com diâmetro inferior a  $100 \mu\text{m}$ , visto que para aplicações mais seguras, mais tolerantes a deriva, é recomendado 15% do volume pulverizado composto por gotas com diâmetro inferior a  $100 \mu\text{m}$  (CUNHA et al., 2003).

Entretanto, observando as condições meteorológicas durante as aplicações (Tabela 3) nota-se velocidade do vento favorável ( $3 \text{ km h}^{-1}$ ), o que pode ter contribuído para que não houvesse diferenças significativas entre DG e AI no controle da lagarta-do-cartucho, independentemente do modo de aplicação do inseticida.

Chechetto et al. (2013) avaliaram a influência de pontas de pulverização no potencial de redução de deriva em túnel de vento e verificaram que os modelos de pontas com pré-orifício e indução de ar diminuem o potencial de deriva devido a produção de gotas de maior diâmetro. Logo, em condições de vento favorável, semelhantes às observadas neste estudo, DG e AI permitem boa deposição de produto no alvo.

Com relação aos volumes de calda, 50, 100 e 150 L ha<sup>-1</sup> têm o mesmo efeito no controle de *S. frugiperda* aos 3, 6 e 10 DAA em ambos os anos agrícolas (Tabela 4). Desse modo, tanto o menor volume de 50 L ha<sup>-1</sup> quanto o maior de 150 L ha<sup>-1</sup> controlaram a lagarta-do-cartucho.

Por outro lado, o oposto foi observado por Gimenes et al. (2012b). Os autores avaliaram o efeito dos volumes de calda de 100 e 200 L ha<sup>-1</sup> no controle da lagarta-do-cartucho em milho, e conseguiram melhores resultados no controle deste inseto com o maior volume adotado.

Há a hipótese que neste estudo o controle da lagarta-do-cartucho com o volume de 50 L ha<sup>-1</sup> deve-se ao uso de pontas de pulverização redutoras de deriva. Menores volumes de calda combinados a gotas de maior diâmetro, menos suscetíveis a deriva, podem proporcionar uma prática mais sustentável de intervenção fitossanitária, atendendo ao conceito de eficácia, economicidade e respeito ao ambiente.

A aplicação de imidacloprido + beta-ciflutrina reduziu a população de *S. frugiperda*. As tecnologias avaliadas foram eficazes no controle da lagarta-do-cartucho em relação ao tratamento testemunha em ambos os anos agrícolas (Tabela 4), mesmo utilizadas plantas de milho geneticamente modificadas. Isto demonstra a importância do estudo de novas tecnologias de aplicação de agrotóxicos no manejo fitossanitário.

No tocante à produção de matéria seca e de grãos, no ano agrícola de 2010 os modos de aplicação do inseticida se diferiram estatisticamente. A aplicação localizada e a aplicação em área total apresentaram 86.13 e 64.13 gramas de matéria seca por parcela e 3.36 e 2.22 quilos de grãos por parcela, respectivamente. Nota-se que a aplicação localizada aumentou as produções de matéria seca e grãos.

Cunha e Silva Júnior (2010) explicam que há relação positiva entre eficácia e produtividade. Os autores avaliaram volumes de calda e pontas



de pulverização no controle químico de *S. frugiperda* em sorgo e verificaram que melhores controles resultaram em maior produtividade da cultura.

Não obstante, no ano agrícola de 2011 não houve diferença estatística nas produções de matéria seca e grãos entre aplicação localizada e aplicação em área total. No entanto, opta-se pela aplicação localizada devido à menor quantidade de produto aplicado fora do alvo maior e maior eficácia observada no ano agrícola de 2010.

Taiz e Zeiger (2009) explicam que em plantas de milho há intensa atividade fotossintética nas folhas jovens, logo os danos provocados por *S. frugiperda* às folhas do cartucho interferem negativamente em processos metabólicos das plantas. Ainda, de acordo com Juliatti et al. (2005), quando a área fotossinteticamente ativa é mantida, a planta apresenta mais meios de produção de fotoassimilados para serem armazenados nos grãos, garantindo aumento de produtividade. Dessa forma, a produtividade do milho está diretamente associada à eficácia dos métodos adotados no controle da lagarta-do-cartucho.

Em conclusão, o controle químico de *S. frugiperda* pelo critério de alinhamento dos bicos de pulverização às linhas de semeadura permitiu maior exatidão no depósito de produto no alvo, ainda sendo executáveis duas operações em uma única passada do trator. A técnica sugerida se presta a produtores de pequenas glebas que podem adequar os equipamentos já existentes na propriedade a um conjunto de simples instalação e baixo custo, sendo prontamente aplicada a agricultura familiar. Entretanto, a sugestão também poderá ser incorporada por fabricantes de máquinas agrícolas para oferecimento amplo aos interessados pela tecnologia.

#### **4. CONCLUSÕES**

A aplicação localizada do inseticida imidacloprido + beta-ciflutrina em operação conjugada à fertilização é eficaz no controle de *S. frugiperda*, aumenta a produtividade no milho e diminui a quantidade de produto aplicado fora do alvo em relação à aplicação em área total.

Dos volumes de calda combinados aos modelos de pontas de pulverização, DG e AI a 50 L ha<sup>-1</sup> é indicado no controle da lagarta-do-cartucho.

## 5. AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos pesquisadores do Núcleo de Estudo e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação (NEDTA) pela colaboração neste estudo.

## REFERÊNCIAS

AL-SARAR, A.; HALL, F. R.; DOWNER, R. A. Impact of spray application methodology on the development of resistance to cypermethrin and spinosad by fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE SMITH). **Pest Management Science**, Sussex, v. 62, n. 11, p. 1023-1031, 2006.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO, JR. W. **AgroEstat** – sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. Versão 1.0. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2011.

BUNTIN, G. D. A review of plant response to fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE SMITH), injury to selected field and forage crops. **The Florida Entomologist**, Washington, v. 69, n. 3, p. 549-559, 1986.

CAMPOS, H. B. N.; COSTA, L. L.; LASMAR, O.; LEMOS, R. E.; DECARO JUNIOR, S. T.; FERREIRA, M. C. Aspectos gerais e atuais da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: BUSOLI, A.C. et al. (Ed.). **Tópicos em entomologia agrícola IV**. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2011. p. 205 - 218.

CHECHETTO, R. G.; ANTUNIASSI, U. R.; MOTA, A. A. B.; CARVALHO, F. K.; SILVA, A. C. A.; VILELA, C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvantes no potencial de redução de deriva em túnel de vento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 37-46, 2013.

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. 10, p. 325-32, 2003.

CUNHA, J. P. A. R.; SILVA JÚNIOR, A. D. 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.

DAL POGETTO, M. H. F. A.; PRADO, E. P.; GIMENES, M. J.; CHRISTOVAM, R. S.; REZENDE, D. T.; AGUIAR-JUNIOR, H. O.; COSTA, S. I. A.; RAETANO, C. G. Corn yield reduction of insecticidal sprayings against fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepdoptera: Noctuidae). **Journal of Agronomy**, Madison, v. 11, n. 1, p. 17-21, 2012.

DAVIS, F. M.; NG, S. S.; WILLIAMS, W. P. **Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm**. Mississippi: Agricultural and Forest Experiment Station, 1992, p. 9. (Technical Bulletin, 186).

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

FARINELLI, R.; FORNASIERI FILHO, D. Injury evaluation from *Spodoptera frugiperda* (J E Smith, 1797) (Lepdoptera: Noctuidae) in corn plants. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 197-202, 2006.

FERNANDES, A. P.; PARREIRA, R. S.; FERREIRA, M. C.; ROMANI, G. N. Caracterização do perfil de deposição e do diâmetro de gotas e otimização do 16 espaçamento entre bicos na barra de pulverização. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 728 - 733, 2007.

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.

GIMENES, M. J.; RAETANO, C. G.; DAL POGETTO, M. H. F.; PRADO, E. P.; CHRISTOVAM, R. S.; REZENDE, D. T.; COSTA, S. I. A. Air-assistance in spray booms which have different spray volumes and nozzle types for chemically controlling *Spodoptera frugiperda* on corn. **Journal of Plant Protection Research**, Poznan, v. 52, n. 2, p. 247-253, 2012a.

GIMENES, M. J.; RAETANO, C. G.; DAL POGETTO, M. H. F.; PRADO, E. P.; REZENDE, D. T.; CHRISTOVAM, R. S. Effects of spray nozzles and spray volume on *Spodoptera frugiperda* management and narrow row corn performance. **International Journal of Agriculture Research**, New York, v. 7, n. 3, p. 134-143, 2012b.

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.

HONG, S.; MINZAN, L.; ZHANG, Q. Detection system of smart sprayers: Status, challenges, and perspectives. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, Beijing, v. 5, n. 3, p. 1-15, 2012.

JULIATTI, F. C.; POLIZEL, A. C.; BALARDIN, R. S.; VALE, F. X. R. Ferrugem da soja: epidemiologia e manejo para uma doença reemergente. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 13, n. 1, p. 351-395, 2005.

LEMOS, R. E.; CAMPOS, H. B. N.; COSTA, L. L.; CALORE, R. A.; DECARO JUNIOR; S. T.; FERREIRA, M. C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: BUSOLI, A. C. et al. (Ed.) **Tópicos em entomologia agrícola V**. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2012. p. 231 - 250.

MARTINELLI, S.; OMOTO, C. Resistência de insetos a plantas geneticamente modificadas. **Biotechnology, Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, n.34, p. 67-77, 2005.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide Application Methods**. 3<sup>rd</sup> ed. London: Blackwell Science, 2000. p. 432.

MORRILL, W.; GREENE, G. L. Distribution of fall armyworm larvae. 1. Regions of field corn plants infested by larvae. **Environmental Entomology**, College Park, v. 2, n. 2, p. 195-198, 1973.

NIEUWENHUIZEN, A. T.; TANG, L.; HOFSTEE, J. W.; MUELLER, J.; HENTEN, E. J. van. Colour based detection of volunteer potatoes as weeds in sugar beet fields using machine vision. **Precision Agriculture**, Chifton Park, v. 8, n. 6, p. 267-278, 2008.

NIEUWENHUIZEN, A. T.; HOFSTEE, J. W.; HENTEN, E. J. van. Adaptive detection of volunteer potato plants in sugar beet fields. **Precision Agriculture**, Chifton Park, v. 11, n. 5, p. 433- 447, 2009.

NIEUWENHUIZEN, A. T.; HOFSTEE, J. W.; ZANDE, J. C. van; MEULEMAN, J.; HENTEN, E. J. van. Classification of sugar beet and volunteer potato reflection spectra with a neural network and statistical discriminant analysis to select discriminative wavelengths. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 73, n. 2, p. 146-153, 2010a.

NIEUWENHUIZEN, A. T, HOFSTEE, J. W.; HENTEN, E. J. van. Performance evaluation of an automated detection and control system for volunteer potatoes in sugar beet fields. **Biosystems Engineering**, London, v. 107, n. 1, p. 46-53, 2010b.

NUYTTENS, D.; SCHAMPHELEIRE, M. S.; STEURBAUT, W.; BAETENS, K.; VERBOVEN, P.; NICOLAI, B.; RAMON, H.; SONCK, B. Experimental study of factors influencing the risk of drift from field sprayers, part 1: meteorological conditions. **Aspects of Applied Biology**, v, 77, n. 2, p. 321-329, 2006.

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

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1015-1020, 2004.

SALYANI, M. **Optimization of sprayer output at different volume rates**. St. Joseph: ASAE, 1999. p. 99-1028. (Paper).

SANTOS, W. J. Identificação, biologia, amostragem e controle das pragas do algodoeiro. In: EMBRAPA. CPAO. **Algodão: tecnologia e produção**. Dourados, 2001. p. 181-226.

SINGH, K.; AGRAWAL, K. N.; BORA, G. C. Advanced techniques for weed and crop identification for site specific weed management. **Biosystems Engineering**, London, v. 109, n. 1, p. 52-64, 2011.

SLAUGHTER, D. C.; GILES, D. K.; DOWNEY, D. Autonomous robotic weed control systems: A review. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 61, n. 1, p. 63-78, 2008.

SOUZA, L. A.; CUNHA, J. P. R. A.; PAVANIN, L. A. Deposição do herbicida 2,4-D Amina com diferentes volumes e pontas de pulverização em plantas infestantes. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 78-85, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4<sup>th</sup> ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2009. p. 848.

TEEJET TECHNOLOGIES. **Teejet**: catálogo 50 A-P. Wheaton: Spraying Systems, 2008.

WAQUIL, J. M.; VILELLA, 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**, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 1-11, 2002.

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

### **CAPÍTULO 3 - CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) COM APLICAÇÃO LOCALIZADA DE INSETICIDA EM OPERAÇÃO CONJUGADA A FERTILIZAÇÃO EM FUNÇÃO DO VOLUME DE CALDA NO MILHO**

**RESUMO** - O objetivo deste estudo foi avaliar o controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) com a aplicação localizada de inseticida em operação conjugada a fertilização em função do volume de calda no milho (*Zea mays* L.). Foram conduzidos dois experimentos com plantas de milho geneticamente modificadas em cultivo de verão. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 3 + 1 em quatro repetições. Os níveis dos fatores foram constituídos pelo resultado da combinação do modo de aplicação do inseticida (aplicação localizada e aplicação em área total), volumes de calda (50, 100 e 150 L ha<sup>-1</sup>) e um tratamento adicional (sem a aplicação de inseticida). Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância (ANOVA) e as médias das parcelas foram comparadas entre si, utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi utilizado o inseticida imidacloprido + beta-ciflutrina na dose de recomendação do produto. Os tratamentos pulverizados, no geral, não diferiram estatisticamente da testemunha. Os modos de aplicação do inseticida têm o mesmo efeito no controle de *S. frugiperda*. A aplicação localizada pode diminuir a deposição de inseticida aplicado fora do alvo em relação à aplicação em área total. O volume de 50 L ha<sup>-1</sup> foi adequado. A produção de matéria seca foi incrementada com a aplicação localizada no segundo experimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Técnicas de aplicação; controle; volumes de aplicação; pontas de pulverização.



**CONTROL OF *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) WITH LOCALIZED INSECTICIDE APPLICATION IN ASSOCIATED OPERATION OF FERTILIZATION DUE THE SPRAY VOLUMES ON CORN**

**ABSTRACT** – The aim of this study was to evaluate the control of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) with localized insecticide application in associated operation of fertilization due the spray volumes on corn (*Zea mays* L.). Two experiments were conducted with *Bt* corn plants in summer crop. The experimental design was a randomized block in factorial 2 x 3 + 1 in four replications. Factor levels were set by the result of the combination of the mode of application of the insecticide (localized application and application area in total), spray volumes (50, 100 and 150 L ha<sup>-1</sup>) and an additional treatment (without insecticide application) The data were submitted to the F test of the analysis of variance (ANOVA) and mean plots were compared, using the Tukey test at 5% probability. We used the insecticide imidacloprid + beta-cyfluthrin at a dose of product recommendation. The sprayed treatments, in general, not statistically different from the control. Modes of insecticide application have the same effect against *S. frugiperda*. Localized application can decrease the deposition of insecticide applied off target in relation to the total area application. The spray volume of 50 L ha<sup>-1</sup> was adequate. The dry matter production was increased with the application located in the second experiment.

**Keywords:** Spray techniques; control; spray volumes; spray nozzles.

## 1. INTRODUÇÃO

A lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) é um dos principais insetos-pragas em cultivos de milho, *Zea mays* L., no Brasil (SANTOS, 2001). Alimenta-se em todos os estádios fenológicos da planta (OSUNA; MORO, 1995), provocando reduções significativas de produtividade (GALLO et al, 2002).

A adoção de híbridos de milho transgênicos, com genes de *Bacillus thuringiensis* (Bt), aumentou a tolerância ao ataque de *S. frugiperda* (WAQUIL; VILLELA; FOSTER, 2002; FERNANDES et al., 2003). Porém, em situações de alta infestação do inseto as pulverizações de inseticidas são indispensáveis para reduzir danos à cultura (LORENÇÃO; BARROS; MELO, 2009)

Quando necessário, os inseticidas têm sido aplicados em área total por pulverizadores de barra (AL-SARAR; HALL; DOWNER, 2006; DAL POGETTO et al, 2012). No entanto, grande parte da calda inseticida não atinge o inseto com a pulverização em área total devido à incompatibilidade entre o posicionamento das pontas de pulverização com a linha de plantio.

A pulverização localizada de agrotóxicos tem-se destacado na agricultura devido à pulverização de exatidão e o menor desperdício de energia e produtos (NIEUWENHUIZEN et al, 2010a; MILLER et al, 2012). Seguindo esta linha, Ferreira et al. (2012) conseguiram boa eficácia no controle de *S. frugiperda* em milho com a pulverização localizada de inseticidas.

A eficiência no tratamento fitossanitário também está associada à adequação do volume de calda nas pulverizações, pois este define a quantidade de calda que proporciona a máxima cobertura de gotas com o mínimo de perdas por escorrimento (PALLADINI, 2000). O uso de menores volumes pode aumentar a capacidade operacional dos pulverizadores por reduzir o número de paradas para reabastecimento (FARINHA et al., 2009).

Observado que as aplicações de inseticida no controle de *S. frugiperda* no milho ocorrem em período semelhante à fertilização em cobertura, devido à exigência em grandes quantidades pela cultura e perdas por lixiviação (PÖTTKER; WIETHÖLTER, 2004), há a hipótese que inseticida e fertilizante aplicados simultaneamente seja viável.

Espera-se pela adequação do comprimento da barra de pulverização à faixa de fertilização, alinhando as pontas de pulverização às linhas de semeadura do milho, o melhor direcionamento do jato de calda para o local de ocorrência da lagarta. O que não acontece com a pulverização isolada, em que a barra é, em geral, mais larga que a faixa de fertilização e os bicos incompatíveis com as linhas de semeadura.

O objetivo deste estudo foi avaliar o controle de *S. frugiperda* com a aplicação localizada de inseticida em operação conjugada à fertilização em função do volume de calda na cultura do milho.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Dados gerais**

Foram conduzidos dois experimentos em área experimental (latitude 21°15'22" S, longitude 48°19'20" W e altitude de 575 metros) com a semeadura do híbrido de milho transgênico 2B688 (Herculex I<sup>®</sup>, Cry 1F) em plantio convencional. O primeiro experimento foi instalado em 19/12/2011 e sua repetição em 27/12/2011. Ambos os experimentos foram conduzidos em cultivo de verão. A fertilização de plantio foi de 350 kg ha<sup>-1</sup> (8-20-20 NPK) e a fertilização em cobertura de 200 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, de acordo com análises do solo na área experimental. Foi utilizado o espaçamento entre linhas de 0,9 m, comumente adotado pelos agricultores da região onde o estudo foi conduzido, e seis sementes por metro de sulco.

Cada unidade experimental foi constituída por quatro linhas de 15 metros de comprimento totalizando 54 m<sup>2</sup> de área, onde duas linhas centrais foram consideradas área útil, totalizando 27 m<sup>2</sup> de área.

Após a emergência das plântulas foi monitorada a infestação de *S. frugiperda* na área experimental pela retirada de quatro plantas, escolhidas aleatoriamente fora da área útil de cada parcela, para verificação do dano provocado pelas lagartas às folhas. Foi adotada a escala visual de dano de 0 (nenhum dano as plantas) a 9 (plantas com quase todas as folhas destruídas), com base na escala visual (Página 14, Capítulo 2) adaptada de Davis et al.

(1992). O inseticida foi aplicado com plantas apresentando dano 4 (de 3 a 4 lesões de 1,3 a 2,5 cm por planta).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial  $2 \times 3 + 1$  em quatro repetições. Os níveis dos fatores foram constituídos pelo resultado da combinação do modo de aplicação do inseticida (aplicação localizada e aplicação em área total), volumes de calda (50, 100 e 150 L ha<sup>-1</sup>) e um tratamento adicional (sem a aplicação de inseticida).

Foi utilizado o inseticida do grupo químico neonicotinóide, na formulação suspensão concentrada, composto pela mistura de imidacloprido + beta-ciflutrina (100 g L<sup>-1</sup> + 12,5 g L<sup>-1</sup>) na dose de 0,8 L ha<sup>-1</sup> de produto comercial Connect<sup>®</sup> (Bayer CropScience) conforme recomendação no rótulo e especificações técnicas do produto.

Foi utilizada a ponta de pulverização de energia hidráulica com pré-orifício DG 015, 02 e 03 galões americanos por minuto, respectivamente para os volumes de aplicação de 50, 100 e 150 L ha<sup>-1</sup>. Modelos EVS, com 95 graus de ângulo de jato plano aspergido (jato contínuo, de polímero com inserto de aço inoxidável), foram escolhidos para a aplicação localizada, e modelos VS, com 110 graus de ângulo de jato plano aspergido (jato convencional, de polímero com inserto de aço inoxidável), para a aplicação em área total (TEEJET TECHNOLOGIES, 2008).

Para a calibração dos volumes foram realizados ajustes com as vazões dos modelos de pontas mencionados, pressão de trabalho e velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador, visando adequá-los aos modos de aplicação do inseticida (Tabela 1).

Nas aplicações do inseticida foi utilizado um trator modelo Ford 4610 para deslocamento do pulverizador. A calda inseticida foi pressurizada por cilindro com CO<sub>2</sub>.

**Tabela 1.** Modelos de pontas de pulverização, pressões e velocidades de trabalho utilizados nos experimentos dos anos agrícolas de 2010 e 2011, para avaliação do controle de *S. frugiperda* em comparação entre aplicação localizada e área total. Jaboticabal, SP.

EXPERIMENTOS 1 e 2					
APLICAÇÃO LOCALIZADA			APLICAÇÃO ÁREA TOTAL		
Tratamentos*	Pressão (KPa)	V.T (km h <sup>-1</sup> )	Tratamentos*	Pressão (KPa)	V.T (km h <sup>-1</sup> )
DG 95015 - 50 L ha <sup>-1</sup>	229,9	6,8	DG 110015 - 50 L ha <sup>-1</sup>	130,0	7,8
DG 9502 - 100 L ha <sup>-1</sup>	300,0	5,4	DG 11002 - 100 L ha <sup>-1</sup>	140,0	6,8
DG 9503 - 150 L ha <sup>-1</sup>	350,0	5,4	DG 11003 - 150 L ha <sup>-1</sup>	170,0	6,8

\*Dosagem fixa de 0,8 L ha<sup>-1</sup> do inseticida com nome comercial Connect® para os modos de aplicação localizada e em área total. V.T - Velocidade do Trator.

A aplicação localizada do inseticida foi realizada com quatro pontas na barra de pulverização, no espaçamento entre bicos de 0,9 m, o mesmo adotado na linha de plantio. A barra de pulverização foi acoplada à dianteira do trator e o jato pulverizado direcionado com pingente para o cartucho das plantas de milho. A distância das pontas de pulverização em relação às plantas foi ajustada entre 0,2 a 0,25 m. Em operação conjugada o fertilizante foi distribuído entre as linhas de plantio do milho com equipamento acoplado à traseira do trator e sem interferência na aplicação do inseticida.

A aplicação do inseticida em área total foi realizada por seis pontas na barra de pulverização acoplada a dianteira do trator, no espaçamento entre bicos de 0,5 m e com a altura da barra em relação às plantas de milho ajustada em 0,5 a 0,55 m.

A aplicação do inseticida no experimento 1 ocorreu aos 17 dias após a emergência das plântulas (DAE). No experimento 2 ocorreu aos 15 DAE. Em ambos os experimentos as plantas de milho estavam em estágio de crescimento V 4. A data de ocorrência dos estádios fenológicos das plantas de milho são descritos na Tabela 2.

As condições meteorológicas durante a aplicação dos tratamentos nos experimentos 1 e 2 estão apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 1.** Data de ocorrência dos estádios fenológicos das plantas de milho. Jaboticabal/SP.

Estádios fenológicos	DATAS DE OCORRÊNCIA	
	Experimento 1	Experimento 2
Emergência	24 – Dezembro	02 – Janeiro
V 4 – quarto folhas expandidas	05 – Janeiro	14 – Janeiro
V 8 – oito folhas expandidas	20 – Janeiro	29 – January
Reprodutivo 1	15 – Fevereiro	23 – Fevereiro
Reprodutivo 2	23 – Fevereiro	04 – Março
Reprodutivo 3	03 – Março	13 – Março
Reprodutivo 4	17 – Março	27 – Março
Reprodutivo 5	30 – Março	10 – Abril
Reprodutivo 6	25 – Abril	05 – Maio
Colheita de grãos	09 – Maio	23 – Maio

**Tabela 3.** Condições meteorológicas durante as aplicações de inseticida no controle de *S. frugiperda* em milho. Jaboticabal/SP.

Tratamentos	APLICAÇÃO LOCALIZADA							
	Experimento 1 (10/01/2011)				Experimento 2 (17/01/2011)			
	Temp. (C°)	U.R (%)	Hora	V.V (km h <sup>-1</sup> )	Temp. (C°)	U.R (%)	Hora	V.V (km h <sup>-1</sup> )
DG - 50 L ha <sup>-1</sup>	32,6	55	9h30	2	30,5	53	9h10	2
DG - 100 L ha <sup>-1</sup>	33,0	50	9h55	3	31,2	49	9h45	2
DG - 150 L ha <sup>-1</sup>	35,8	48	10h25	3	33,4	46	10h16	1

Tratamentos	APLICAÇÃO EM ÁREA TOTAL							
	Experimento 1				Experimento 2			
	Temp. (C°)	U.R (%)	Hora	V.V (km h <sup>-1</sup> )	Temp. (C°)	U.R (%)	Hora	V.V (km h <sup>-1</sup> )
DG - 50 L ha <sup>-1</sup>	36,3	40	15h05	3	35,1	43	15h00	2
DG - 100 L ha <sup>-1</sup>	35,9	45	15h40	4	35,5	41	15h25	4
DG - 150 L ha <sup>-1</sup>	33,0	49	16h15	4	34,4	44	15h55	2

Temp. - Temperatura do ar. U.R - Umidade relativa do ar. V.V - Velocidade do Vento.

## 2.2. Avaliações de controle

Aos 3, 6 e 10 dias após a aplicação do inseticida (DAA) foi avaliado o controle da lagarta-do-cartucho. Retiraram-se quatro plantas, escolhidas aleatoriamente nas linhas de bordadura de cada parcela, para o registro do número de lagartas vivas. Durante as avaliações foram encontradas lagartas entre 1° (3 mm) e 4° (11 a 15 mm) instares.

Em complemento, foi avaliada a produção de matéria seca aos 10 dias após a aplicação de inseticida. Em cada parcela retiraram-se quatro plantas inteiras escolhidas aleatoriamente e acondicionadas em sacos de papel identificados para a pré-secagem em estufa de circulação de ar forçado. Após

72 horas em temperatura constante de 52 °C as amostras foram pesadas e os valores de matéria seca obtidos em gramas por parcela.

Também foi avaliada a produção de grãos ao final do ciclo da cultura. Apresentando grãos com umidade entre 18 e 20% e checado o estande de seis plantas por metro, foram colhidas manualmente as espigas em 5 metros de área útil de cada parcela. As espigas foram acondicionadas em sacos identificados e em seguida debulhadas mecanicamente. As amostras foram pesadas e os valores de massa de grãos obtidos em quilos por parcela.

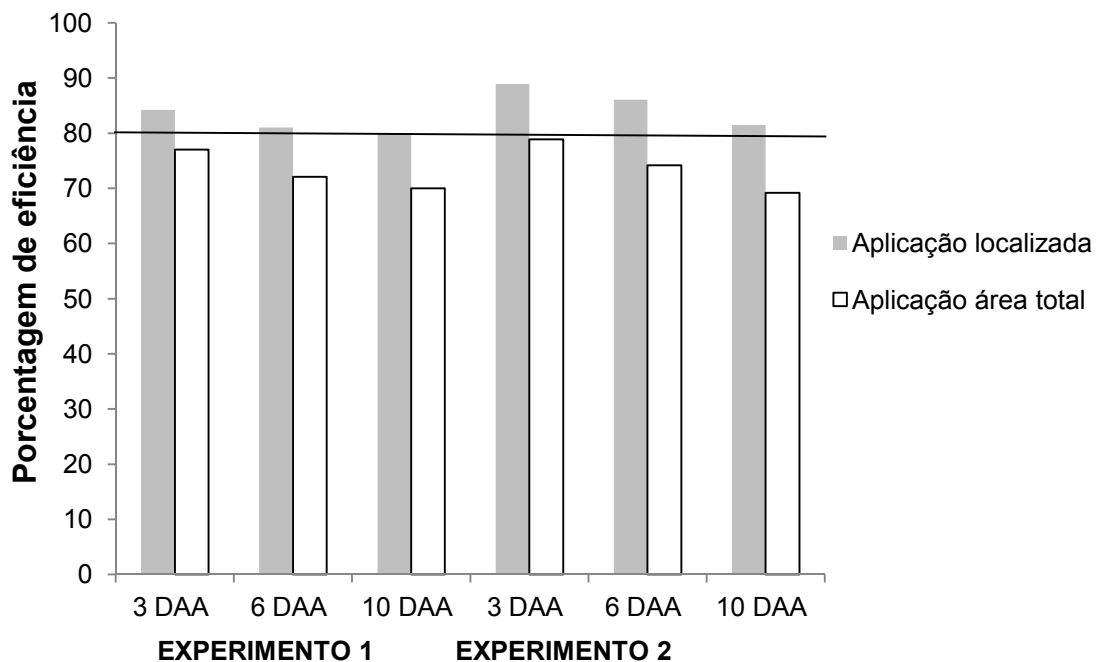
Por fim, a partir do número de lagartas vivas antes da aplicação de inseticida e aos 3, 6 e 10 DAA, foi realizado o cálculo da porcentagem de eficiência pela fórmula de Henderson e Tilton (1955). Os valores encontrados classificaram os tratamentos em baixa eficácia (menor que 80%), boa eficácia (de 80 a 90%) e alta eficácia (maior que 90%).

### **2.3. Análise estatística**

Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância (ANOVA) e as médias das parcelas foram comparadas entre si, utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas em programa computacional AgroEstat – sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos - versão 1.1.0.0694, 2011 (BARBOSA; MALDONADO JR, 2011). Os dados dos dois experimentos foram transformados em Log x para atender aos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância da ANOVA.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O cálculo da porcentagem de eficiência no controle de *S. frugiperda* verificou eficácia maior que 80% nos tratamentos com a aplicação do inseticida na linha da cultura e menor que 80% quando aplicado em área total. Seguindo este critério, os tratamentos com aplicação localizada foram classificados em boa eficácia e os tratamentos com aplicação em área total em baixa eficácia (Figura 3).



**Figura 3.** Porcentagem de eficiência no controle de *S. frugiperda* no milho aos 3, 6 e 10 dias após a aplicação do inseticida (DAA) com a aplicação localizada e a aplicação em área total.

A aplicação localizada atingiu com maior precisão o produto no alvo e o resultado foi a maior porcentagem de eficiência de controle da lagarta-do-cartucho. Campos, Lemos e Ferreira (2012) avaliaram o controle de *S. frugiperda* com a pulverização de inseticida diretamente na linha de plantio e explicam que o casamento entre o espaçamento dos bicos na barra de pulverização e as linhas de plantio do milho aumenta a proporção de gotas depositadas no cartucho das plantas.

Por outro lado, pelos resultados obtidos na análise estatística nos experimentos 1 e 2, foi verificado aos 3, 6 e 10 dias após a aplicação do inseticida (DAA) o mesmo efeito entre aplicação localizada e aplicação em área total no controle de lagartas de *S. frugiperda* (Tabela 4).



**Tabela 4.** Média do número de lagartas de *S. frugiperda* nas parcelas experimentais aos 3, 6 e 10 dias após a aplicação (DAA) do inseticida imidacloprido + beta-ciflutrina, em aplicação localizada e em área total, nos volumes de calda de 50, 100 e 150 L ha<sup>-1</sup> em tratamentos pulverizados e não pulverizados. Jaboticabal, SP.

Modo de aplicação (M.A.)	3 DAA		6 DAA		10 DAA	
	Exp.1	Exp.2	Exp.1	Exp.2	Exp.1	Exp.2
Aplicação localizada	0,08 a	0,70 a	0,12 a	0,37 a	0,00 a	0,04 a
Aplicação em área total	0,12 a	0,87 a	0,12 a	0,25 a	0,08 a	0,12 a
Volumes (V.)	Exp.1	Exp.2	Exp.1	Exp.2	Exp.1	Exp.2
50 L ha <sup>-1</sup>	0,06 a	0,81 a	0,06 a	0,31 a	0,06 a	0,12 a
100 L ha <sup>-1</sup>	0,12 a	0,68 a	0,06 a	0,43 a	0,00 a	0,12 a
150 L ha <sup>-1</sup>	0,12 a	0,87 a	0,25 a	0,18 a	0,06 a	0,00 a
Teste F						
	Exp.1	Exp.2	Exp.1	Exp.2	Exp.1	Exp.2
M.A.	0,19 <sup>NS</sup>	0,68 <sup>NS</sup>	0,00 <sup>NS</sup>	0,76 <sup>NS</sup>	2,20 <sup>NS</sup>	0,97 <sup>NS</sup>
V.	0,19 <sup>NS</sup>	0,30 <sup>NS</sup>	1,90 <sup>NS</sup>	1,01 <sup>NS</sup>	0,55 <sup>NS</sup>	0,97 <sup>NS</sup>
M.A. X V.	0,19 <sup>NS</sup>	4,10*	0,63 <sup>NS</sup>	1,01 <sup>NS</sup>	0,55 <sup>NS</sup>	0,97 <sup>NS</sup>
Fatorial X Testemunha	0,19 <sup>NS</sup>	4,23*	0,85 <sup>NS</sup>	6,8*	2,20 <sup>NS</sup>	0,00 <sup>NS</sup>
C.V. (%)	5,81	3,76	2,31	3,57	4,10	2,75

Médias dos dados originais e letras dos transformados. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Pelo teste F, NS = Não Significativo; \*significativo a 5% de probabilidade. C.V.(%) - Coeficiente de variação.

Apesar da mesma eficácia entre os modos de aplicação do inseticida na mortalidade de *S. frugiperda*, opta-se pela aplicação localizada devido a menor quantidade de agrotóxico aplicado diretamente no solo em relação à aplicação em área total. Por meio de pingentes que direcionam os bicos para o cartucho das plantas (sem sobreposição dos jatos aspergidos pelas pontas de pulverização) a quantidade de produto aplicado fora do alvo diminui.

Nieuwenhuizen et al. (2010b) avaliando o controle de plantas daninhas com a pulverização localizada de herbicida verificaram que esta técnica de aplicação pode reduzir o excedente de produto aplicado no solo, mantendo os benefícios destes produtos. Ainda é necessário enfatizar a possibilidade de diminuição de custos com produtos fitossanitários com a pulverização localizada.

Os volumes de calda de 50, 100 e 150 L ha<sup>-1</sup> não diferiram significativamente aos 3, 6 e 10 DAA no controle da lagarta-do-cartucho em ambos os experimentos. Portanto, o volume de 50 L ha<sup>-1</sup>, embora três vezes

menor que o volume  $150 \text{ L ha}^{-1}$ , foi adequado para o controle da lagarta-do-cartucho, independente do modo de aplicação do inseticida.

Pelo contrário, Gimenes et al. (2012a) avaliaram o controle de *S. frugiperda* com os volumes de  $100 \text{ L ha}^{-1}$  e  $200 \text{ L ha}^{-1}$  em aplicação em área total e verificaram melhor controle com o volume de calda maior em virtude da maior cobertura de gotas. Porém, Cunha e Silva Júnior (2010) não encontraram diferenças nas médias de cobertura nos terços superior e inferior de plantas de sorgo em aplicações de inseticida nos volumes de  $130$  e  $200 \text{ L ha}^{-1}$ .

Nas condições deste estudo,  $50 \text{ L ha}^{-1}$  foi adequado ao controle da lagarta-do-cartucho. Os resultados obtidos são semelhantes aos encontrados por Campos et al., (2012) em avaliação do controle químico de *S. frugiperda* em milho com os volumes de calda de  $50$ ,  $100$  e  $150 \text{ L ha}^{-1}$ . Os autores também verificaram eficácia no controle da praga com o menor volume de calda.

Houve interação entre os volumes de calda e os modos de aplicação do inseticida no controle da lagarta-do-cartucho aos 3 DAA no experimento 2 (Tabela 4). No volume de  $150 \text{ L ha}^{-1}$  a aplicação localizada diferiu estatisticamente da aplicação em área total (Tabela 5).

**Tabela 5.** Média do número de lagartas de *S. frugiperda* nas parcelas experimentais aos 3 dias após a aplicação (DAA) de imidacloprido + beta-ciflutrina, em aplicação localizada e em área total, nos volumes de calda de  $50$ ,  $100$  e  $150 \text{ L ha}^{-1}$ . Jaboticabal, SP.

<b>3 DAA EXPERIMENTO 2</b>			
	<b><math>50 \text{ L ha}^{-1}</math></b>	<b><math>100 \text{ L ha}^{-1}</math></b>	<b><math>150 \text{ L ha}^{-1}</math></b>
<b>Aplicação localizada</b>	1,12 a A	0,50 a A	0,50 a A
<b>Aplicação em área total</b>	0,50 a A	0,87 a A	1,25 b A
<b>C.V. (%)</b>	3,76		

Médias dos dados originais e letras dos transformados. Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. C.V.(%) - Coeficiente de variação.

No volume de  $150 \text{ L ha}^{-1}$  a aplicação localizada promoveu maior mortalidade de *S. frugiperda* em relação à aplicação em área total. O aumento na quantidade aplicada de calda inseticida associado à técnica de alinhamento dos bicos de pulverização às linhas de semeadura do milho permitiu o melhor controle da lagarta-do-cartucho.

No entanto, busca-se a adequação de menores volumes de calda devido o aumento na capacidade operacional de pulverizadores, refletindo em redução nos custos de produção. Dessa forma, sugerem-se outras pesquisas para avaliação do desempenho operacional com a pulverização localizada de inseticida em função de menores volumes de calda.

De acordo com a análise estatística, os tratamentos pulverizados com imidacloprido + beta-ciflutrina não diferiram estatisticamente do tratamento testemunha no controle da lagarta-do-cartucho aos 3, 6 e 10 DAA no experimento 1 e aos 10 DAA no experimento 2 (Tabela 4). Isto é, tem-se efeito semelhante no controle da praga em tratamentos pulverizados e não pulverizados.

Estes resultados comprovam o efeito inseticida em plantas de milho geneticamente modificadas, causando o controle lagartas de *S. frugiperda* pela ingestão de toxinas presentes em seus tecidos. Resultados semelhantes foram observados por Castro et al. (2009) e Araújo et al. (2012).

Entretanto, aos 3 e 6 DAA no experimento 2 observa-se a redução significativa da lagarta-do-cartucho nos tratamentos aplicados com inseticida em comparação a testemunha (Tabela 4). Nota-se que, apesar do efeito tóxico a lagartas de *S. frugiperda* em híbridos de milho *Bt*, a aplicação complementar de inseticida contribui no manejo da praga.

Michelotto et al. (2011) avaliaram a interação entre transgênicos e inseticidas no controle de pragas-chaves do milho e obtiveram resultados semelhantes. Os autores explicam que, em situações de alta infestação de *S. frugiperda*, a pulverização de inseticidas faz-se necessária mesmo em genótipos de milho *Bt*.

A produção de matéria seca e de grãos não diferiu significativamente em função dos modos de aplicação do inseticida e volumes de calda no experimento 1. Porém no experimento 2, houve incremento na produção de matéria seca nos tratamentos que receberam a aplicação localizada em relação à aplicação em área total, com 133.6 e 126.1 gramas por parcela, respectivamente.

Os resultados procedentes deste estudo evidenciam maior porcentagem de eficiência no controle da lagarta-do-cartucho quando o inseticida foi aplicado na linha da cultura. Segundo Gimenes et al.(2012b), a

produtividade do milho esta diretamente relacionada com a eficácia no controle de *S. frugiperda*. Logo, o incremento na produção de matéria seca foi seguimento da eficácia de controle com a aplicação localizada.

Figueiredo, Martins-Dias e Cruz (2006) avaliando o controle químico da lagarta-do-cartucho na cultura do milho também encontraram maior produtividade nos tratamentos que resultaram em maior eficiência de controle. Contudo, outras condições podem existir no campo e interferir na produtividade da cultura.

Deste modo, nas condições deste estudo, a técnica de aplicação localizada de inseticida em operação conjugada à fertilização demonstrou-se eficiente. No entanto, o controle de *S. frugiperda* não tem se mostrado uma tarefa fácil. Vale destacar que, seguir os princípios básicos do manejo integrado de pragas (MIP) é fundamental no manejo fitossanitário deste importante inseto na cultura do milho.

#### **4. CONCLUSÕES**

A aplicação localizada de inseticida em operação conjugada à fertilização é eficaz no controle de *S. frugiperda* no milho, aumentou a produção de matéria seca no segundo experimento e diminui a quantidade de inseticida aplicado diretamente no solo em relação à aplicação em área total.

Dos volumes de calda avaliados, 50 L ha<sup>-1</sup> é indicado no controle da lagarta-do-cartucho.

Quando se faz necessário o controle químico, a aplicação de imidacloprido + beta-ciflutrina é indicada no controle da lagarta-do-cartucho no milho.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos pesquisadores do Núcleo de Estudo e Desenvolvimento em Tecnologia de Aplicação (NEDTA) pela colaboração neste estudo.

## REFERÊNCIAS

AL-SARAR, A.; HALL, F. R.; DOWNER, R. A. Impact of spray application methodology on the development of resistance to cypermethrin and spinosad by fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE SMITH). **Pest Management Science**, Sussex, v. 62, n. 11, p. 1023-1031, 2006.

ARAÚJO, L. F.; SILVA, A. G.; CRUZ, I.; CARMO, E. L.; NETO, A. H.; GOULART, M. M. P.; RATTES, J. F. Flutuação populacional de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH), *Diatraea saccharalis* (FABRICIUS) e *Doru luteipes* (SCUDDER) em milho convencional e transgênico *Bt*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 3, p. 205-214, 2011.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO, JR. W. **AgroEstat** – sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Versão 1.0. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2011.

CAMPOS, H. B. N.; LEMOS, R. E.; FERREIRA, M. C. Control of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* with two types of application of insecticides and three spray volumes in maize. In: 4<sup>th</sup> International Symposium on Pesticides and Environmental Safety, 2012, Beijing. **Resumos...** Beijing: ISPES, 2012. p. 240.

CAMPOS, H. B. N.; FERREIRA, M. C.; RAMOS, V. L.; COSTA, L. L. Efeito de inseticidas, pontas de pulverização e volumes de calda no controle de *Spodoptera frugiperda* em aplicação localizada. **O Biológico**, v. 74, p. 119, 2012.

CASTRO, A. L. G.; CRUZ, I.; SILVA, I. F.; PAULA, C. de S.; LEAO, M. L.; FERREIRA, T. E.; MENEZES, A. P. de J. Flutuação populacional do parasitoide *Eiphosoma vitticole* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae) em milho convencional e transgênico (*Bt*). **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 4, n. 2, p. 4341 - 4344, 2009.

CUNHA, J. P. A. R.; SILVA JÚNIOR, A. D. 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.

DAL POGETTO, M. H. F. A.; PRADO, E. P.; GIMENES, M. J.; CHRISTOVAM, R. S.; REZENDE, D. T.; AGUIAR-JUNIOR, H. O.; COSTA, S. I. A.; RAETANO, C. G. Corn yield reduction of insecticidal sprayings against fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepdoptera: Noctuidae). **Journal of Agronomy**, Madison, v. 11, n. 1, p. 17-21, 2012.

DAVIS, F. M.; NG, S. S.; WILLIAMS, W. P. **Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm**. Mississippi: Agricultural and Forest Experiment Station, 1992, p. 9. (Technical Bulletin, 186).

FARINHA, J. V.; MARTINS, D.; COSTA, N. V.; DOMINGOS, V. D. Deposição da calda de pulverização em cultivares de soja no estágio R1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p.1738-1744, 2009.

FERNANDES, O. D.; PARRA, J. R. P.; FERREIRA NETO, A.; PICOLI, R.; BORGATTO, A. F.; DEMÉTRIO, C. G. B. Efeito do milho geneticamente modificado MON810 sobre a lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 2, p. 25 - 35, 2003.

FERREIRA, M. C.; ROMAN, R. A. A.; PAZINI, W. C.; LEITE, G. J.; FURUASHI, S. Control of *Spodoptera frugiperda* by directed row spraying of insecticide at conjugated operation in a maize crop. In: INTERNATIONAL ADVANCES IN PESTICIDE APPLICATION, 2012, Wageningen. **Resumos...** Wageningen: IAPA, 2012. p. 341 -346.

FIGUEIREDO, M. D. L. C.; MARTINS-DIAS, A. M. P.; CRUZ, I. Associação de inimigos naturais e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 340-350, 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.

GIMENES, M. J.; RAETANO, C. G.; DAL POGETTO, M. H. F.; PRADO, E. P.; CHRISTOVAM, R. S.; REZENDE, D. T.; COSTA, S. I. A. Air-assistance in spray booms which have different spray volumes and nozzle types for chemically controlling *Spodoptera frugiperda* on corn. **Journal of Plant Protection Research**, Poznan, v. 52, n. 2, p. 247-253, 2012a.

GIMENES, M. J.; RAETANO, C. G.; DAL POGETTO, M. H. F.; PRADO, E. P.; REZENDE, D. T.; CHRISTOVAM, R. S. Effects of spray nozzles and spray volume on *Spodoptera frugiperda* management and narrow row corn performance. **International Journal of Agriculture Research**, New York, v. 7, n. 3, p. 134-143, 2012b.

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.

LORENÇÃO, A. L. F.; BARROS, R.; MELO, E. P. Milho Bt: uso correto da tecnologia. In: TECNOLOGIA E PRODUÇÃO: MILHOS SAFRINHA E CULTURAS DE INVERNO, 2009, Maracajú. **Resumos...** Maracajú: Fundação MS, 2009. p.19 - 89.

MICHELOTTO, M. D.; FINOTO, E. L.; MARTINS, A. L. M.; DUARTE, A. P. Interação entre transgênicos (*Bt*) e inseticidas no controle de pragas-chave em híbridos de milho-safrinha. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 78, n. 1, p. 71 - 79, 2011.

MILLER, P.; TILLET, N.; SWAN, T.; TUCK, C.; LANE, A. The development and evaluation of nozzle systems for use in targeted spot spraying applications. In: INTERNATIONAL ADVANCES IN PESTICIDE APPLICATION, 2012, Wageningen. **Resumos...** Wageningen: IAPA, 2012. p. 159 -166.

NIEUWENHUIZEN, A. T.; HOFSTEE, J. W.; ZANDE, J. C. van; MEULEMAN, J.; HENTEN, E. J. van. Classification of sugar beet and volunteer potato reflection spectra with a neural network and statistical discriminant analysis to select discriminative wavelengths. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 73, n. 2, p. 146-153, 2010a.

NIEUWENHUIZEN, A. T., HOFSTEE, J. W.; HENTEN, E. J. van. Performance evaluation of an automated detection and control system for volunteer potatoes in sugar beet fields. **Biosystems Engineering**, London, v. 107, n. 1, p. 46-53, 2010b.

OSUNA, J. A.; MORO, J. R. **Produção e melhoramento do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. p. 176.

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

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1015-1020, 2004.

SANTOS, W. J. Identificação, biologia, amostragem e controle das pragas do algodoeiro. In: EMBRAPA. CPAO. **Algodão: tecnologia e produção**. Dourados, 2001. p. 181-226.

TEEJET TECHNOLOGIES. **Teejet: catálogo 50 A-P**. Wheaton: Spraying Systems, 2008.

WAQUIL, J. M.; VILELLA, 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**, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 1-11, 2002.



#### **CAPÍTULO 4 - CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) COM APLICAÇÃO LOCALIZADA DE INSETICIDA EM OPERAÇÃO CONJUGADA À FERTILIZAÇÃO EM FUNÇÃO DE HÍBRIDOS DE MILHO E INSETICIDAS**

**RESUMO** - O objetivo deste estudo foi avaliar o controle da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) com a aplicação localizada de inseticida em operação conjugada à fertilização em função de híbridos *Bt* e não *Bt* e inseticidas na cultura do milho (*Zea mays* L.). Foram conduzidos dois experimentos com plantas de milho geneticamente modificadas em cultivo de verão. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 3 x 3 em quatro repetições. Os níveis dos fatores foram constituídos pelo resultado da combinação do modo de aplicação (aplicação localizada e aplicação em área total), híbridos de milho (não *Bt* Impacto, *Bt* 2B668 e *Bt* DKB390YG) e inseticidas (imidacloprido + beta-ciflutrina, clorfluazuron e sem aplicação). Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância (ANOVA) e as médias das parcelas foram comparadas entre si, utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foram utilizados os inseticidas imidacloprido + beta-ciflutrina e clorfluazuron na dose de recomendação dos produtos. Foi utilizada a ponta de pulverização com pré-orifício DG e o volume de aplicação de 150 L ha<sup>-1</sup>. A aplicação localizada do inseticida em operação conjugada à fertilização é eficaz no controle de *S. frugiperda* e pode diminuir a quantidade de inseticida aplicado fora do alvo em relação à aplicação em área total. Os híbridos *Bt*, no geral, reduziram a infestação da lagarta-do-cartucho em relação ao híbrido isogênico. Os inseticidas reduziram a população de *S. frugiperda* em relação à testemunha e não diferiram significativamente entre si. A aplicação localizada de inseticida, os híbridos transgênicos e os inseticidas, no geral, aumentaram a produtividade do milho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Técnicas de aplicação; controle; transgênicos; inseticidas.

## **CONTROL OF *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) WITH LOCALIZED INSECTICIDE APPLICATION IN ASSOCIATED OPERATION OF FERTILIZATION DUE THE MAIZE HYBRIDS AND INSECTICIDES**

**ABSTRACT** –The aim of this study was to evaluate the control of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) with localized insecticide application in associated operation of fertilization due the maize hybrids (*Zea mays* L.) and insecticides Two experiments were conducted with *Bt* and non-*Bt* corn plants in summer crop. The experimental design was a randomized block in factorial 2 x 3 x 3 in four replications. Factor levels were set by the result of the combination of application mode (localized application and application in total area), maize hybrids (non-*Bt* impact, and *Bt* DKB390YG and 2B668) and insecticides (imidacloprid + beta-cyfluthrin, clorfluazuron and without spraying) The data were submitted to the F test of the analysis of variance (ANOVA) and mean plots were compared, using the Tukey test at 5% probability. We used the insecticide imidacloprid + beta-cyfluthrin and clorfluazuron dose recommendation of products. Was used with spray nozzle DG and the spray volume of 150 L ha<sup>-1</sup>. Localized insecticide application in associated operation of fertilization is effective in controlling *S. frugiperda* and can decrease the amount of insecticide applied off target in relation to the total area application. *Bt* hybrids, in general, reduced the infestation of fall armyworm relative to isogenic hybrid. The insecticides reduced the population of *S. frugiperda* compared to the control and not differ significantly each other. Localized insecticide application, transgenic hybrids and insecticides, in general, increased the yield of maize.

**Keywords:** Spray techniques; control; transgenics; insecticides.

## 1. INTRODUÇÃO

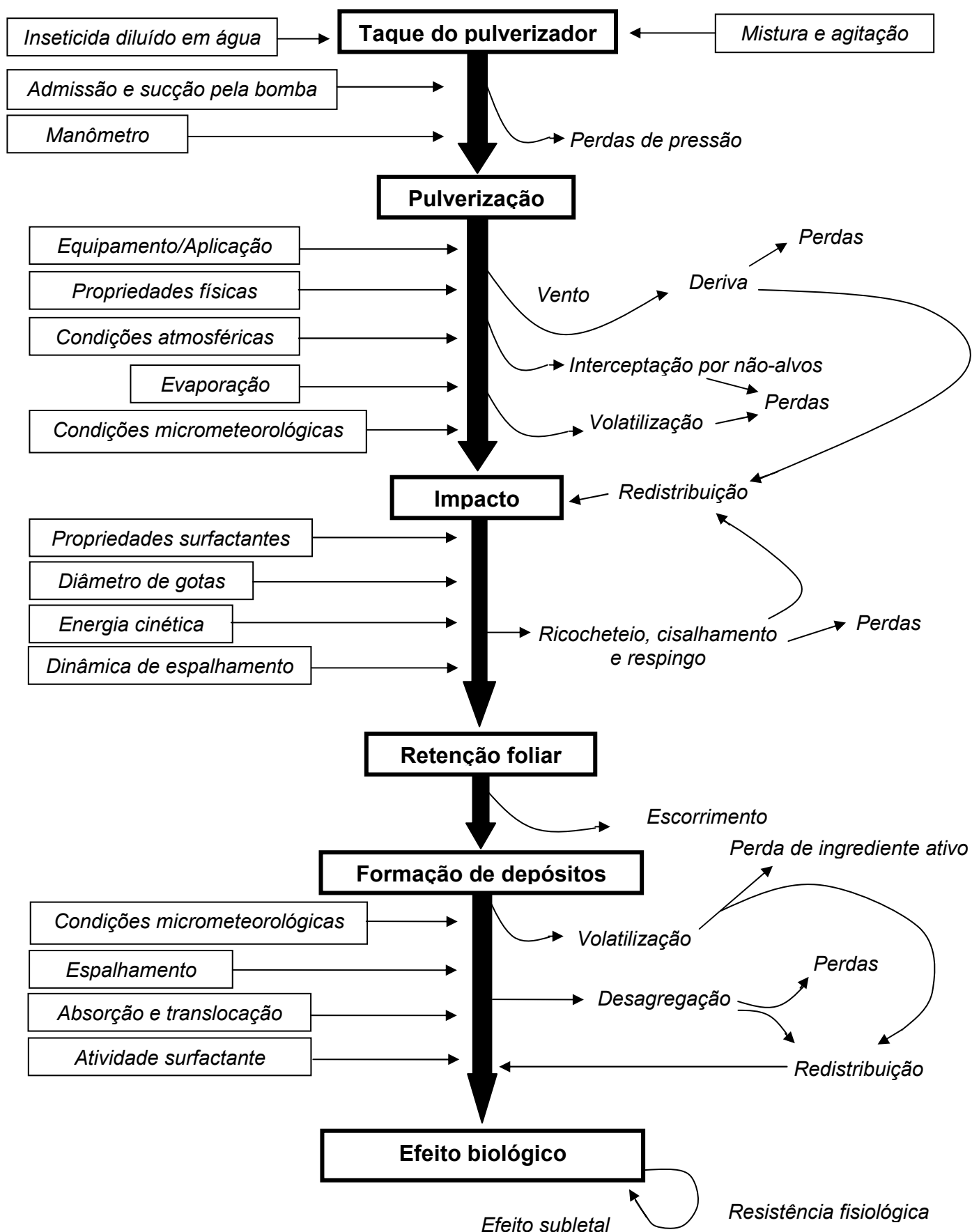
A lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), é um dos principais insetos-pragas em cultivos de milho (*Zea mays* L.) (SANTOS, 2001). Alimenta-se de todas as estruturas da planta acima do solo (MORRILL; GREENE, 1973; BUNTIN, 1986) provocando perdas de produtividade de 15 a 34%, de acordo com a região, época de plantio, cultivar e manejo fitossanitário (GALLO et al., 2002).

A adoção de híbridos de milho transgênicos, com genes de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), aumentou a tolerância ao ataque de *S. frugiperda* (WAQUIL; VILLELA; FOSTER, 2002). Porém, em situações de alta infestação do inseto as pulverizações de inseticidas continuam importantes para a redução de danos à cultura (LORENÇÃO; BARROS; MELO, 2009)

O processo de aplicação de produtos fitossanitários é caracterizado por ser dinâmico e multifacetado (Figura 1) devido às numerosas oportunidades de perdas de ingrediente ativo (AL-SARAR; HALL; DOWNER, 2006). De modo que, quando a técnica de aplicação não é adequada podem ocorrer falhas no controle fitossanitário.

A pulverização localizada de agrotóxicos tem recebido atenção na agricultura pela exatidão nas pulverizações e menor desperdício de energia e produtos (NIEUWENHUIZEN et al, 2010a; MILLER et al, 2012). Ferreira et al. (2012) atribuíram à aplicação localizada a eficácia do controle da lagarta-do-cartucho devido a exatidão no depósito do inseticida no alvo, atendendo adequadamente ao conceito de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários (MATUO, 1990).

O manejo da resistência de *S. frugiperda* a inseticidas e proteínas *Bt* tem sido um desafio. Tem-se adotado um conjunto de práticas nas áreas agrícolas com vistas a evitar ou retardar a evolução da resistência de insetos aos métodos de controle empregados (MACHADO; FIUZA, 2011). De acordo com Martinelli e Omoto (2005), o plantio de áreas de refúgio com plantas isogênicas (não *Bt*) para a preservação da suscetibilidade de insetos às proteínas *Bt*, cultivos com mais de uma proteína inseticida e a rotação de inseticidas com diferentes mecanismos de ação são fundamentais no controle



**Figura 1.** Roteiro do processo de aplicação de produtos fitossanitários do equipamento até o alvo biológico, adaptado de Ebert et al. (1999).

da lagarta-do-cartucho no milho.

Considerando a demanda do setor produtivo por maior rendimento operacional e observado que aplicações de inseticida no controle de *S. frugiperda* no milho ocorrem em período semelhante à fertilização em cobertura, devido à exigência em grandes quantidades pela cultura e perdas por lixiviação (PÖTTKER; WIETHÖLTER, 2004), há a hipótese que inseticida e fertilizante aplicados simultaneamente seja viável.

Espera-se pela adequação do comprimento da barra de pulverização à faixa de fertilização, alinhando as pontas de pulverização às linhas de semeadura do milho, o melhor direcionamento do jato de calda para o local de ocorrência da lagarta. O que não acontece com a pulverização isolada, em que a barra é, em geral, mais larga que a faixa de fertilização e os bicos incompatíveis com as linhas de semeadura.

O objetivo deste estudo foi avaliar o controle de *S. frugiperda* com a aplicação localizada de inseticida em operação conjugada à fertilização em função de híbridos *Bt* e não *Bt* e inseticidas na cultura do milho.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Dados gerais – Anos agrícolas de 2012 e 2013**

Foram conduzidos dois experimentos em área experimental (latitude 21°15'22" S, longitude 48°19'20" W e altitude de 575 metros) com a semeadura direta do híbrido de milho não transgênico Impacto (Syngenta®) e dos híbridos transgênicos 2B688 (Herculex I®, Cry 1F) e DKB390YG (YieldGard®, Cry 1AB), escolhidos por apresentarem resistência ao ataque da lagarta-do-cartucho.

O experimento do ano agrícola 2012 foi instalado em 15/12/2011 e o experimento do ano agrícola 2013 em 17/12/2012 ambos em cultivo de verão. A fertilização de plantio foi de 350 kg ha<sup>-1</sup> (4-20-20 NPK) e a fertilização em cobertura de 200 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, de acordo com análises do solo na área experimental. Foi utilizado o espaçamento entre linhas de 0,9 m, comumente adotado pelos agricultores da região onde o estudo foi conduzido, e o número de sementes por metro de sulco recomendado para cada cultivar.

Cada unidade experimental foi constituída por quatro linhas de 15 metros de comprimento totalizando 54 m<sup>2</sup> de área, onde duas linhas centrais foram consideradas área útil, totalizando 27 m<sup>2</sup> de área.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 3 x 3 em quatro repetições. Os níveis dos fatores foram constituídos pelo resultado da combinação do modo de aplicação (aplicação localizada e aplicação em área total), híbridos de milho (não *Bt* Impacto, *Bt* 2B668 e *Bt* DKB390YG) e inseticidas (imidacloprido + beta-ciflutrina, clorfluazuron e sem aplicação).

Após a emergência das plântulas foi monitorada a infestação de *S. frugiperda* na área experimental pela retirada de quatro plantas, escolhidas aleatoriamente fora da área útil de cada parcela, para verificação do dano provocado pelas lagartas às folhas. Foi adotada a escala visual de dano de 0 (nenhum dano as plantas) a 9 (plantas com quase todas as folhas destruídas), com base na escala visual (Capítulo 2, Página 14) adaptada de Davis et al. (1992). O inseticida foi aplicado com plantas apresentando dano 4 (de 3 a 4 lesões de 1,3 a 2,5 cm por planta).

Foram utilizados os inseticidas Connect<sup>®</sup> (BAYER CROPSCIENCE) e Atabron 50 EC<sup>®</sup> (ISHIHARA BRASIL). O primeiro atua no sistema nervoso de insetos, pertence ao grupo químico neonicotinóide, na formulação suspensão concentrada, composto pela mistura de imidacloprido + beta-ciflutrina (100 g L<sup>-1</sup> + 12,5 g L<sup>-1</sup>) na dosagem de 0,8 L ha<sup>-1</sup> conforme recomendação no rótulo e especificações técnicas do produto. O segundo atua na síntese de cutícula, do grupo químico da benzoiluréia, na formulação concentrado emulsionável, composto por clorfluazuron (50 g L<sup>-1</sup>) na dosagem de 0,5 L ha<sup>-1</sup> conforme recomendação no rótulo e especificações técnicas do produto.

Foi utilizada a ponta de pulverização de energia hidráulica com pré-orifício DG, na vazão de 0,3 galões americanos por minuto. Modelos EVS, com 95 graus de ângulo de jato plano aspergido (jato contínuo, de polímero com inserto de aço inoxidável), foram escolhidos para a aplicação localizada, e modelos VS, com 110 graus de ângulo de jato plano aspergido (jato convencional, de polímero com inserto de aço inoxidável), para a aplicação em área total (TEEJET TECHNOLOGIES, 2008).

Foi adotado o volume de calda de 150 L ha<sup>-1</sup> em todos tratamentos. Nas aplicações do inseticida foi utilizado um trator modelo Ford 4610 para deslocamento do conjunto trator-pulverizador e cilindro com CO<sub>2</sub> para a pressurização da calda inseticida. As velocidades foram de 5,4 e 6,8 km h<sup>-1</sup> e as pressões de 350,0 e 170,0 kPa nas aplicações localizadas e em área total, respectivamente, visando adequar os volume de calda aos modos de aplicação do inseticida.

A aplicação localizada do inseticida foi realizada com quatro pontas na barra de pulverização, no espaçamento entre bicos de 0,9 m, o mesmo adotado na linha de plantio. A barra de pulverização foi acoplada à dianteira do trator e o jato pulverizado direcionado com pingente para o cartucho das plantas de milho. A distância dos bicos em relação às plantas foi ajustada entre 0,2 a 0,25 m. Em operação conjugada o fertilizante foi distribuído entre as linhas de plantio do milho com equipamento acoplado à traseira do trator e sem interferência na aplicação do inseticida.

A aplicação do inseticida em área total foi realizada por seis pontas na barra de pulverização acoplada a dianteira do trator, no espaçamento entre bicos de 0,5 m e com a altura da barra em relação às plantas de milho ajustada em 0,50 a 0,55 m.

No ano agrícola de 2012, a aplicação do inseticida ocorreu aos 16 dias após a emergência das plântulas (DAE). No ano agrícola de 2013 aos 13 DAE. Em ambos os anos agrícolas com plantas em estágio fenológico V 4, ou seja, apresentando quarto folhas totalmente expandidas.

As condições meteorológicas durante a aplicação dos tratamentos nos anos agrícolas de 2012 e 2013 estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Condições meteorológicas observadas durante as aplicações dos inseticidas imidacloprido + beta-ciflutrina (Imid+bet) e clorfluazuron (clorfl.) nos híbridos de milho Impacto, 2B688 e DKB390YG para o controle de *S. frugiperda*. Jaboticabal, SP.

APLICAÇÃO LOCALIZADA								
Tratamentos*	Temp. (C°)		U.R (%)		Hora		V.V (km h <sup>-1</sup> )	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Impacto - Imid+bet.	25,3	25,5	66	68	9h15	8h30	3	2
Impacto - clorfl.	25,3	25,8	66	68	9h25	8h40	3	3
2B688 - Imid.+bet.	25,9	26,1	64	66	9h40	8h55	4	3
2B688 - clorfl.	26,0	26,0	64	66	9h54	9h10	2	2
DKB390YG - Imid.+bet.	26,6	26,3	56	60	10h10	9h22	6	4
DKB390YG - clorfl.	27,6	27,0	55	61	10h25	9h40	6	2

APLICAÇÃO EM ÁREA TOTAL								
Tratamentos*	Temp. (C°)		U.R (%)		Hora		V.V (km h <sup>-1</sup> )	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Impacto - Imid+bet.	27,6	27,2	50	60	10h40	9h55	1	4
Impacto - clorfl.	27,8	28,1	50	59	10h55	10h10	4	2
2B688 - Imid.+bet.	28,0	29,2	48	55	11h10	10h23	4	2
2B688 - clorfl.	28,0	31,1	43	55	11h23	10h35	7	0
DKB390YG - Imid.+bet.	28,3	31,0	43	54	11h35	10h40	2	2
DKB390YG - clorfl.	29,0	33,2	43	54	11h50	10h55	3	1

\*Dosagem fixa de 0,8 L ha<sup>-1</sup> e de 0,5 L ha<sup>-1</sup> dos inseticidas com nome comercial Connect® e Atabron 50 EC®, respectivamente, para os modos de aplicação localizada e em área total. Temp. - Temperatura. U.R - Umidade relativa do ar. V.V - Velocidade do Vento.

## 2.2. Avaliações de controle

Aos 3, 6 e 10 dias após a aplicação do inseticida foi avaliado o controle da lagarta-do-cartucho. Retiraram-se quatro plantas, escolhidas aleatoriamente nas linhas de bordadura de cada parcela, para o registro do número de lagartas vivas. Durante as avaliações foram encontradas, em maioria, lagartas entre 1° (3 mm) e 4° (11 a 15 mm) ínstaes.

Em complemento, foi avaliada a produção de matéria seca aos 10 dias após a aplicação de inseticida. Em cada parcela retiraram-se quatro plantas inteiras escolhidas aleatoriamente e acondicionadas em sacos de papel identificados para a secagem em estufa de circulação de ar forçado. Após 72 horas em temperatura de 52 °C as amostras foram pesadas e os valores de matéria seca obtidos em gramas por parcela.

Também foi avaliada a produção de grãos ao final do ciclo da cultura. Apresentando grãos com umidade entre 18 e 20% e checado o estande de plantas por metro, foram colhidas manualmente as espigas em 5 metros de área útil de cada parcela. As espigas foram acondicionadas em



sacos identificados e em seguida debulhadas mecanicamente. As amostras foram pesadas e os valores de massa de grãos obtidos em quilos por parcela.

Por fim, foi realizado o cálculo da porcentagem de eficiência pela fórmula de Henderson e Tilton (1955). Os valores encontrados classificaram os tratamentos em baixa eficácia (menor que 80%), boa eficácia (de 80 a 90%) e alta eficácia (maior que 90%).

### **2.3. Análise estatística**

Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância (ANOVA) e as médias das parcelas foram comparadas entre si, utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas em programa computacional AgroEstat – sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos - versão 1.1.0.0694, 2011 (BARBOSA; MALDONADO JR, 2011). Os dados dos experimentos conduzidos nos anos agrícolas 2012 e 2013 foram transformados em Log x para atender aos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância da ANOVA.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No ano agrícola de 2012, verifica-se aos 3 dias após a aplicação (DAA) o mesmo efeito entre os modos de aplicação do inseticida no controle da lagarta-do-cartucho. Entretanto, aos 6 e 10 DAA quando aplicado na linha da cultura houve maior eficácia de controle em relação a aplicação em área total (Tabela 2).

No ano agrícola de 2013, aos 6 DAA os modos de aplicação não diferiram significativamente no controle do inseto. Porém, aos 3 e 10 DAA com a aplicação localizada foi superior a mortalidade de lagartas em relação à aplicação em área total (Tabela 2).

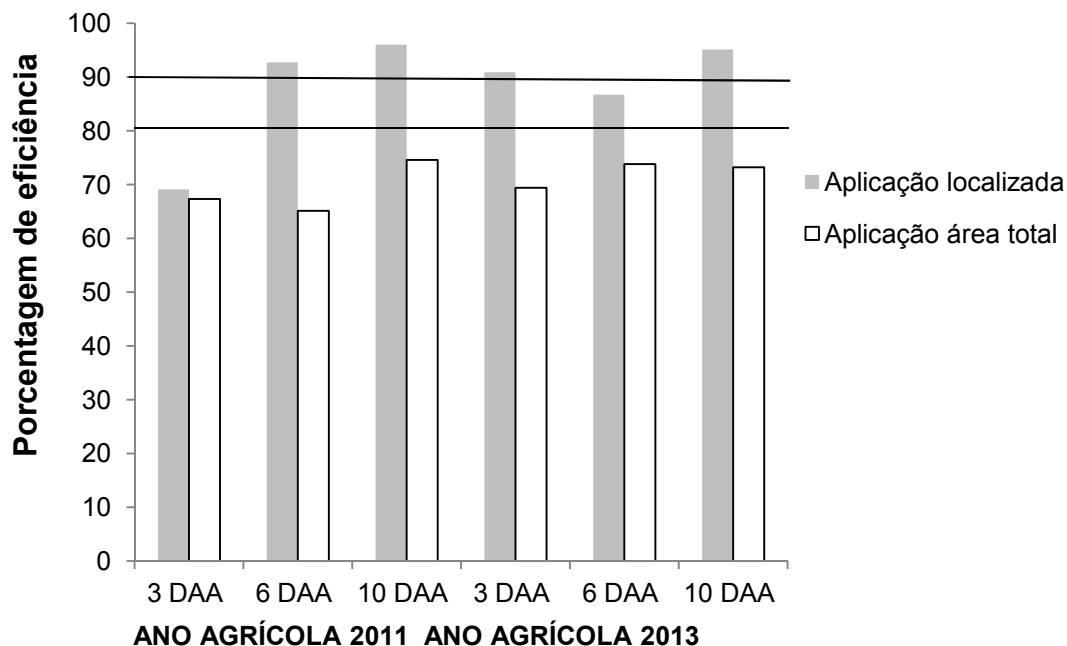
**Tabela 2.** Média do número de lagartas de *S. frugiperda* nas parcelas experimentais aos 3, 6 e 10 dias após a aplicação (DAA) com a aplicação localizada e em área total dos inseticidas imidacloprido + beta-ciflutrina (Imid + bet.) e clorfuazuron (Clorfl.) em híbridos *Bt* e não *Bt*. Jaboticabal, SP.

Modo de aplicação (M.A.)	3 DAA		6 DAA		10 DAA	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Aplicação localizada	0,38 a	0,66 a	1,83 a	0,58 a	0,13 a	0,22 a
Aplicação em área total	0,38 a	1,02 b	3,16 b	0,58 a	1,25 b	0,44 b
<b>Híbridos de milho (H.)</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Impacto (não <i>Bt</i> )	0,58 a	1,66 a	3,25 a	0,93 a	0,41 a	0,66 a
2B688 ( <i>Bt</i> )	0,16 b	0,37 b	2,41b	0,37 b	0,37 a	0,16 b
DKB390YG ( <i>Bt</i> )	0,21 b	0,50 b	1,83 b	0,54 b	0,16 a	0,16 b
<b>Inseticidas (I.)</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Imid.+bet.	0,25 a	0,33 a	2,45 a	0,37 a	0,16 a	0,25 a
Clorfl.	0,04 a	0,29 a	2,00 a	0,33 a	0,13 a	0,20 a
Sem inseticida	0,87 b	1,92 b	3,42 b	10,4 b	1,03 b	0,54 b
<b>Teste F</b>						
M.A.	0,0 <sup>NS</sup>	5,88*	10,69**	0,00 <sup>NS</sup>	0,34 <sup>NS</sup>	4,69*
H.	3,94*	30,49**	4,06*	2,03 <sup>NS</sup>	1,03 <sup>NS</sup>	10,55**
I.	16,84**	51,56**	2,18 <sup>NS</sup>	5,97**	0,59 <sup>NS</sup>	4,18*
M.A. X H.	0,62 <sup>NS</sup>	0,03 <sup>NS</sup>	1,50 <sup>NS</sup>	1,38 <sup>NS</sup>	0,40 <sup>NS</sup>	0,29 <sup>NS</sup>
M.A. X I.	0,16 <sup>NS</sup>	0,45 <sup>NS</sup>	1,10 <sup>NS</sup>	0,46 <sup>NS</sup>	2,10 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>
H. X I.	0,14 <sup>NS</sup>	21,99**	1,70 <sup>NS</sup>	1,61 <sup>NS</sup>	0,34 <sup>NS</sup>	1,54 <sup>NS</sup>
M.A. X H. X I.	0,31 <sup>NS</sup>	0,09 <sup>NS</sup>	0,26 <sup>NS</sup>	0,36 <sup>NS</sup>	0,84 <sup>NS</sup>	0,29 <sup>NS</sup>
<b>C.V. (%)</b>	<b>5,19</b>	<b>7,54</b>	<b>11,18</b>	<b>7,31</b>	<b>7,40</b>	<b>11,63</b>

Médias dos dados originais e letras dos transformados. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Pelo teste F, NS = Não Significativo; \*significativo a 5% de probabilidade; \*\* significativo a 1% de probabilidade. C.V.(%) - Coeficiente de variação.

Na Figura 2 observa-se a porcentagem de eficiência entre os tratamentos com a aplicação localizada e aplicação em área total. Verifica-se alta eficácia (maior que 90%) e boa eficácia (maior que 80%) nos tratamentos que receberam a aplicação na linha de plantio nos anos agrícolas de 2012 e 2013. Já com a aplicação em área total o mesmo nível de controle não foi obtido, os tratamentos foram classificados em baixa eficácia em ambos os anos agrícolas.

Campos, Lemos e Ferreira (2012) avaliaram o controle químico de *S. frugiperda* no milho com a análise de agrupamento por método hierárquico e verificaram a formação de um grupo para os tratamentos com a aplicação localizada e outro para a aplicação em área total, concluindo que há particularidades que distinguem as técnicas de aplicação.



**Figura 2.** Porcentagem de eficiência aos 3, 6 e 10 DAA com a aplicação localizada e aplicação em área total no controle de *S. frugiperda* no milho.

A maior eficiência no controle de *S. frugiperda* nos tratamentos com a aplicação localizada (Figura 2) é consequência da maior exatidão no depósito de produto no alvo em relação à aplicação em área total. Por suposto, esta técnica de aplicação aumenta a exposição da lagarta-do-cartucho aos efeitos dos inseticidas, consequentemente há maior mortalidade.

Considerando que foi adotado o mesmo espaçamento entre as linhas de plantio e os bicos na barra de pulverização, a aplicação localizada diminuiu a quantidade de inseticida aplicado diretamente no solo em relação a aplicação em área total, sem prejudicar o controle da lagarta-do-cartucho. Nieuwenhizen et al. (2008, 2009, 2010b) verificaram que a aplicação localizada pode reduzir a contaminação do solo e o desperdício de agrotóxicos.

No ano agrícola de 2012, os híbridos de milho *Bt* 2B668 e DKB390YG não diferiram significativamente do híbrido isogênico Impacto no controle da lagarta-do-cartucho aos 10 DAA, mas aos 3 e 6 DAA observa-se menor número de lagartas nos híbridos *Bt*. No ano agrícola de 2013 os híbridos *Bt* diferiram do não *Bt* durante todas as avaliações (Tabela 2).

Analisando os híbridos isoladamente, ou seja, sem considerar a pulverização com os inseticidas, observa-se aos 3, 6 e 10 DAA que, no geral,

houve maior infestação de *S. frugiperda* no híbrido isogênico em relação ao *Bt* nos anos de 2012 e 2013 (Tabela 3). À vista disso, verifica-se que a transgenia é uma tecnologia benéfica ao tratamento fitossanitário (KOS et al., 2009).

**Tabela 3.** Média do número de lagartas de *S. frugiperda* nas parcelas experimentais não pulverizadas e pulverizadas com os inseticidas imidacloprido + beta-ciflutrina (imid. + bet.) e clorfluazuron (clorfl.) aos 3, 6 e 10 dias após a aplicação (DAA) em híbridos *Bt* e não *Bt*. Jaboticabal, SP.

Tratamentos não pulverizados						
Híbridos	3 DAA		6 DAA		10 DAA	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Impacto (não <i>Bt</i> )	1,25 a	4,12 a	4,50 a	1,75 a	1,75 a	1,25 a
2B688 ( <i>Bt</i> )	0,50 b	0,50 b	2,37 b	0,37 b	0,67 b	0,50 b
DKB390YG ( <i>Bt</i> )	0,50 b	0,37 b	2,87 b	0,37 b	0,50 b	0,50 b
Tratamentos pulverizados com imidacloprido + beta-ciflutrina						
Híbridos	3 DAA		6 DAA		10 DAA	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Impacto (não <i>Bt</i> )	0,67 a	0,85 a	3,12 a	0,67 a	0,37 a	0,37 a
2B688 ( <i>Bt</i> )	0,00 b	0,00 b	1,87 b	0,00 b	0,12 a	0,00 b
DKB390YG ( <i>Bt</i> )	0,00 b	0,00 b	1,87 b	0,00 b	0,00 a	0,00 b
Tratamentos pulverizados com clorfluazuron						
Híbrido	3 DAA		6 DAA		10 DAA	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Impacto (não <i>Bt</i> )	0,87 a	0,67 a	2,87 a	0,50 a	0,50 a	0,62 a
2B688 ( <i>Bt</i> )	0,00 b	0,00 b	0,50 b	0,00 b	0,37 a	0,00 b
DKB390YG ( <i>Bt</i> )	0,00 b	0,00 b	0,50 b	0,00 b	0,37 a	0,00 b
<b>C.V. (%)</b>	5,19	7,54	11,18	7,31	7,40	11,63

Médias dos dados originais e letras dos transformados. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. C.V.(%) - Coeficiente de variação.

Após a pulverização, nos anos 2012 e 2013 o híbrido isogênico resultou em menor eficácia no controle da lagarta-do-cartucho, enquanto que nos materiais transgênicos houve maior eficácia no controle da praga (Tabela 2). Esperava-se que transgênicos e convencional não apresentassem diferenças no controle de *S. frugiperda* após a aplicação dos inseticidas, no entanto, com a exceção aos 10 DAA do ano de 2012, houve maior controle nos híbridos *Bt* (Tabela 3).

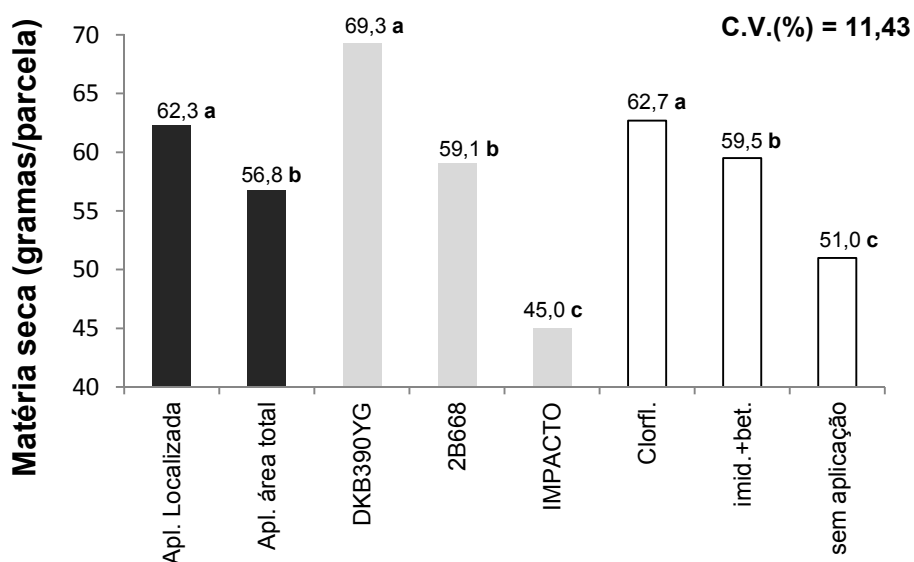
Michelotto et al. (2011) avaliaram a interação entre transgênicos e inseticidas no controle de *S. frugiperda* e verificaram que os maiores danos provocados pela praga ocorreram nos materiais isogênicos em detrimento dos

materiais transgênicos. Estes resultados também foram observados por Willians et al. (1997), e Fernandes et al. (2003).

Os inseticidas imidacloprido + beta-ciflutrina (imid.+bet.) e clorfluazuron (clorfl.) foram eficazes no controle da lagarta-do-cartucho. No ano agrícola de 2012 e 2013, os tratamentos que receberam a aplicação dos inseticidas apresentaram menor infestação de *S. frugiperda* aos 3, 6 e 10 DAA em relação aos tratamentos não pulverizados (Tabela 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Campos et al. (2012b) avaliando o controle de *S. frugiperda* em milho safrinha com os inseticidas clorfluazuron e metomil.

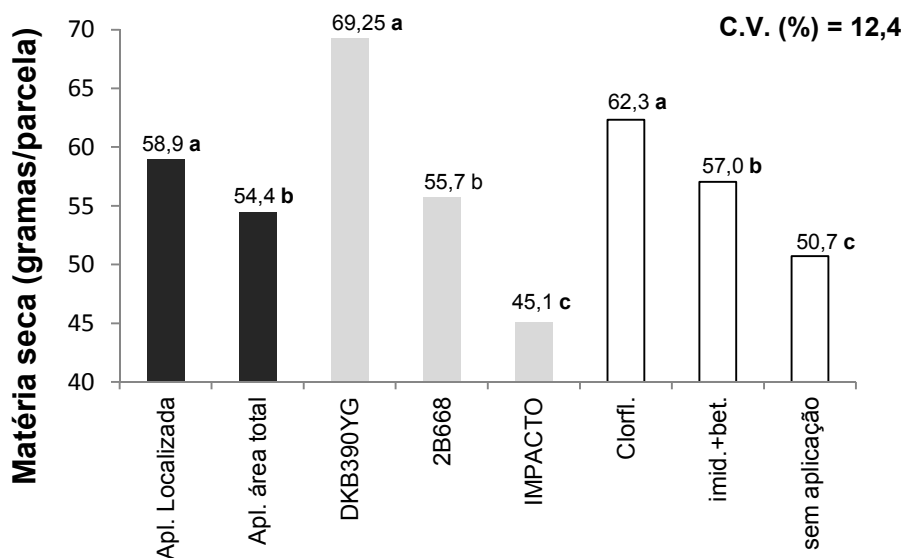
Analisando separadamente os inseticidas, não houve diferença significativa na eficácia de controle entre os produtos. Há a hipótese que o controle de *S. frugiperda* foi favorecido devido à pulverização de inseticidas com diferentes mecanismos de ação na área experimental. Omoto et al. (2012) consideram o uso de rotação de inseticidas a estratégia mais eficiente para o manejo da resistência de *S. frugiperda* a inseticidas, pois podem preservar a suscetibilidade da praga aos inseticidas.

Com relação à produção de matéria seca, nos anos agrícolas de 2012 e 2013 os modos de aplicação, híbridos de milho e inseticidas diferiram significativamente (Figuras 3 e 4).



Letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%. C.V.(%) - Coeficiente de variação.

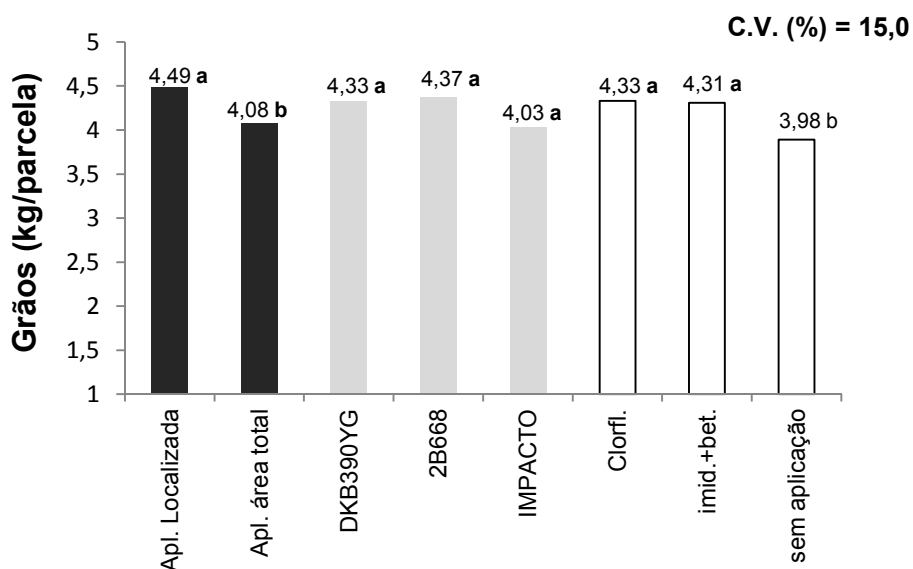
**Figura 3** - Produção de matéria seca com as tecnologias avaliadas (2012).



Letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%. C.V.(%) - Coeficiente de variação.

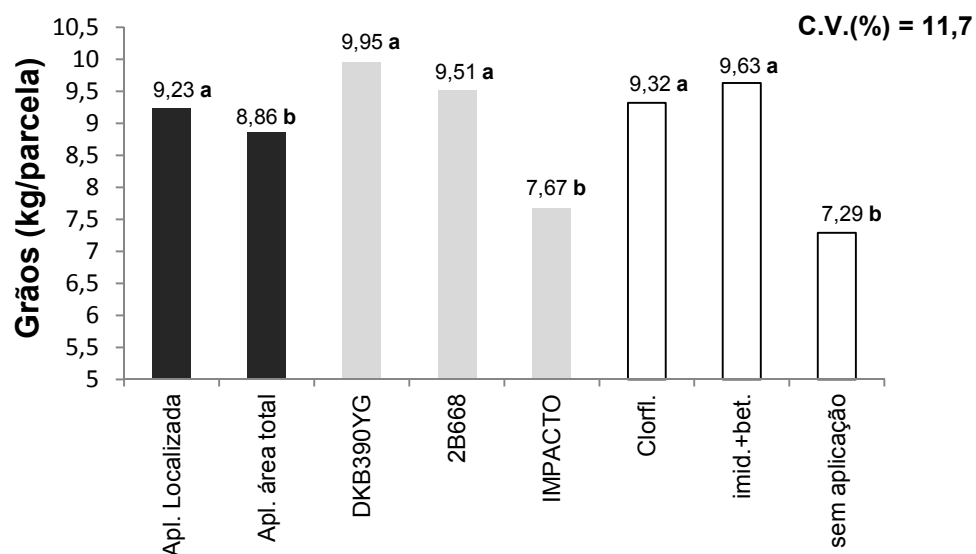
**Figura 4** - Produção de matéria seca com as tecnologias avaliadas (2013).

Com relação à produção de grãos, no ano agrícola de 2012 os modos de aplicação se diferiram estatisticamente. Os híbridos de milho não apresentaram diferença significativa. Já os tratamentos pulverizados com os inseticidas diferiram significativamente em relação à testemunha, mas não diferiram entre si (Figura 5). Por outro lado no ano agrícola de 2013, os modos de aplicação, híbridos de milho e inseticidas diferiram significativamente (Figura 6).



Letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%. C.V.(%) - Coeficiente de variação.

**Figura 5** - Produção de grãos com as tecnologias avaliadas (2012).



Letras diferentes diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%. C.V.(%) - Coeficiente de variação.

**Figura 6** - Produção de grãos com as tecnologias avaliadas (2013).

Nos anos agrícolas de 2012 e 2013, a produção de matéria seca e de grãos foi superior nos tratamentos com aplicação do inseticida na linha da cultura comparada à aplicação em área total. O incremento na produção pode ser proveniente da maior eficácia no controle de *S. frugiperda* com a aplicação localizada, que reduziu os danos às plantas de milho provocado pela praga.

Taiz e Zeiger (2009) explicam que há intensa atividade fotossintética nas folhas jovens de plantas de milho. E Gallo et al. (2002) relatam que a lagarta-do-cartucho tem preferência por folhas novas, as quais formam o cartucho. Portanto, o controle de *S. frugiperda* é importante para manter ativa a atividade fotossintética na planta, repercutindo na produção de fotoassimilados responsáveis pela produtividade da cultura.

No ano agrícola de 2012, os materiais transgênicos apresentaram maior produção de matéria seca em relação ao material isogênico, mas não diferiram na produção de grãos. No entanto, no ano agrícola de 2013 foram maiores as produções de matéria seca e grãos com os transgênicos. O efeito inseticida nos materiais *Bt* diminuiu a infestação de *S. frugiperda* e reduziu os danos provocados pela praga, indesejáveis para o desenvolvimento da cultura. Estes resultados foram semelhantes ao observados por Araujo et al, (2012).

Entre os materiais *Bt*, nos anos agrícolas de 2012 e 2013 o híbrido DKB390YG foi superior ao híbrido 2B668 na produção de matéria seca. Entretanto, estes não diferiram na produção de grãos em ambos os anos agrícolas. Embora o efeito na produção de matéria seca não tenha se mantido na de grãos, há a hipótese de que o híbrido DKB390YG tenha maior efeito inseticida à lagarta-do-cartucho em relação híbrido 2B668. Buntin et al. (2001) avaliaram a resistência de híbridos com tecnologia YieldGard a lagartas de *S. frugiperda* e verificaram bom desempenho deste material em relação aos outros avaliados devido aos menores danos visuais ocasionados pelo inseto.

Com relação aos inseticidas, os tratamentos pulverizados apresentaram maiores produções de matéria seca e grãos em relação ao tratamento sem aplicação em virtude da redução na população de *S. frugiperda* e, conseqüentemente, seus danos nas estruturas das plantas de milho.

Nos anos agrícolas de 2012 e 2013, verificou-se que o clorfl. incrementou a produção de matéria comparado ao imid.+bet. Mas não diferiu nas produções de grãos em ambos os anos agrícolas. O clorfl. é um inseticida fisiológico que atua inibindo a formação de quitina (OMOTO et al., 2012), seu efeito sistêmico em lagartas de *S. frugiperda* é conhecido pela eficiência de controle e seletividade a artrópodes predadores e parasitóides (NUNES et al., 1999; SILVA; CAMPOS; GALLO, 2004). Portanto, o inseticida clorfl., além de inseticida eficiente, pode ter favorecido a supressão natural da lagarta-do-cartucho por inimigos naturais, por consequência favorecendo para a maior produção de matéria seca.

Enfim, visando atender aos anseios do setor agrícola, a proposta de uma técnica de aplicação mais adequada para o controle da lagarta-do-cartucho e para a manutenção da produtividade da cultura do milho foi atendida com a aplicação localizada de inseticida em operação conjugada à fertilização. Diante da evolução da resistência de *S. frugiperda* a inseticidas e proteínas *Bt*, a qual compromete qualquer programa de manejo integrado de pragas, fica evidenciada a importância de novas estratégias no controle deste inseto para a durabilidade dessas tecnologias e para a sustentabilidade social e ambiental desta importante cultura.



#### 4. CONCLUSÕES

A aplicação localizada com os inseticidas imidacloprido + beta-ciflutrina e clorfluazuron em operação conjugada à fertilização proporciona o controle de *S. frugiperda*, aumento na produtividade e pode diminuir a quantidade de produto aplicado no solo em relação à aplicação em área total.

Dos híbridos de milho avaliados, as tecnologias YieldGard e Herculex (*Bt*) reduziram a infestação de *S. frugiperda*, aumentaram a produção de matéria seca e de grãos (ano agrícola de 2013) em relação ao híbrido não *Bt* Impacto.

Os inseticidas imidacloprido + beta-ciflutrina e clorfluazuron foram eficazes no controle de *S. frugiperda* e proporcionam aumento na produtividade dos híbridos de milho transgênicos e isogênico.

#### REFERÊNCIAS

AL-SARAR, A.; HALL, F. R.; DOWNER, R. A. Impact of spray application methodology on the development of resistance to cypermethrin and spinosad by fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE SMITH). **Pest Management Science**, Sussex, v. 62, n. 11, p. 1023-1031, 2006.

ARAÚJO, L. F.; SILVA, A. G.; CRUZ, I.; CARMO, E. L.; NETO, A. H.; GOULART, M. M. P.; RATTES, J. F. Flutuação populacional de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH), *Diatraea saccharalis* (FABRICIUS) e *Doru luteipes* (SCUDDER) em milho convencional e transgênico *Bt*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 3, p. 205-214, 2011.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO, JR. W. **AgroEstat** – sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Versão 1.0. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2011.

BUNTIN, G. D. A review of plant response to fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE SMITH), injury to selected field and forage crops. **The Florida Entomologist**, Washington, v. 69, n. 3, p. 549-559, 1986.

BUNTIN, G. D.; LEE, D.; WILSON, D. M.; McPHERSON, R. M. Evaluation of YieldGuard transgenic resistance for control of fall armyworm and corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) on corn. **Florida Entomologist**, Washington, v. 84, n. 1, p. 37 - 42, 2001.

CAMPOS, H. B. N.; LEMOS, R. E.; FERREIRA, M. C. Control of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* with two types of application of insecticides and three spray volumes in maize. In: 4<sup>th</sup> International Symposium on Pesticides and Environmental Safety, 2012, Beijing. **Resumos...** Beijing: ISPES, 2012a. p. 240.

DAVIS, F. M.; NG, S. S.; WILLIAMS, W. P. **Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm**. Mississippi: Agricultural and Forest Experiment Station, 1992, p. 9. (Technical Bulletin, 186).

EBERT, T. A.; TAYLOR, R. A. J.; DOWNER, R. A.; HALL, F. R. Deposition structure and efficacy 1: Interaction between deposit size, toxicant concentration and deposition number. **Pesticide Science**, Oxford, v. 55, p. 782 - 792, 1999.

FERNANDES, O. D.; PARRA, J. R. P.; FERREIRA NETO, A.; PICOLI, R.; BORGATTO, A. F.; DEMÉTRIO, C. G. B. Efeito do milho geneticamente modificado MON810 sobre a lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 2, p. 25 - 35, 2003.

FERREIRA, M. C.; ROMAN, R. A. A.; PAZINI, W. C.; LEITE, G. J.; FURUASHI, S. Control of *Spodoptera frugiperda* by directed row spraying of insecticide at conjugated operation in a maize crop. In: INTERNATIONAL ADVANCES IN

PESTICIDE APPLICATION, 2012, Wageningen. **Resumos...** Wageningen: IAPA, 2012. p. 341 -346.

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.

KOS, M.; JOOP, J. A. van LOON; DICKE, M.; VET, L. E. M. Transgenic plants as vital components of integrated pest management. **Trends in Biotechnology**, Amsterdam, v. 27, n. 11, p. 621 - 627, 2009.

LORENÇÃO, A. L. F.; BARROS, R.; MELO, E. P. Milho Bt: uso correto da tecnologia. In: TECNOLOGIA E PRODUÇÃO: MILHOS SAFRINHA E CULTURAS DE INVERNO, 2009, Maracajú. **Resumos...** Maracajú: Fundação MS, 2009. p.19 - 89.

MACHADO, V.; FIUZA, L. M. Manejo da resistência na era das plantas transgências. **Oecologia Australis**, v. 15, p. 291 - 302, 2011.

MARTINELLI, S.; OMOTO, C. Resistência de insetos a plantas geneticamente modificadas. **Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, n.34, p. 67-77, 2005.

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

MICHELOTTO, M. D.; FINOTO, E. L.; MARTINS, A. L. M.; DUARTE, A. P. Interação entre transgênicos (*Bt*) e inseticidas no controle de pragas-chave em híbridos de milho-safrinha. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 78, n. 1, p. 71 - 79, 2011.

MILLER, P.; TILLET, N.; SWAN, T.; TUCK, C.; LANE, A. The development and evaluation of nozzle systems for use in targeted spot spraying applications. In: INTERNATIONAL ADVANCES IN PESTICIDE APPLICATION, 2012, Wageningen. **Resumos...** Wageningen: IAPA, 2012. p. 159 -166.

MORRILL, W.; GREENE, G. L. Distribution of fall armyworm larvae. 1. Regions of field corn plants infested by larvae. **Environmental Entomology**, College Park, v. 2, n. 2, p. 195-198, 1973.

NIEUWENHUIZEN, A. T.; TANG, L.; HOFSTEE, J. W.; MUELLER, J.; HENTEN, E. J. van. Colour based detection of volunteer potatoes as weeds in sugar beet fields using machine vision. **Precision Agriculture**, Chifton Park, v. 8, n. 6, p. 267-278, 2008.

NIEUWENHUIZEN, A. T.; HOFSTEE, J. W.; HENTEN, E. J. van. Adaptive detection of volunteer potato plants in sugar beet fields. **Precision Agriculture**, Chifton Park, v. 11, n. 5, p. 433- 447, 2009.

NIEUWENHUIZEN, A. T.; HOFSTEE, J. W.; ZANDE, J. C. van; MEULEMAN, J.; HENTEN, E. J. van. Classification of sugar beet and volunteer potato reflection spectra with a neural network and statistical discriminant analysis to select discriminative wavelengths. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 73, n. 2, p. 146-153, 2010a.

NIEUWENHUIZEN, A. T., HOFSTEE, J. W.; HENTEN, E. J. van. Performance evaluation of an automated detection and control system for volunteer potatoes in sugar beet fields. **Biosystems Engineering**, London, v. 107, n. 1, p. 46-53, 2010b.

NUNES, J. C. S.; SILVA, A. L.; VELOSO, V. R. S.; SANTOS, S. V.; SANTOS, S. P. Seletividade de inseticidas aos predadores das pragas do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v. 29, n. 1, p. 71 - 75, 1999.

OMOTO, C.; BERNARDI, O.; SALMERON, E.; FARIAS, J. R. **Manejo da resistência de *Spodoptera frugiperda* a inseticidas e plantas *Bt***. Piracicaba: ESALQ/USP: IRAC-BR, 2012. 4 p.

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1015-1020, 2004.

SANTOS, W. J. Identificação, biologia, amostragem e controle das pragas do algodoeiro. In: EMBRAPA. CPAO. **Algodão: tecnologia e produção**. Dourados, 2001. p. 181-226.

SILVA, O. C.; CAMPOS, A. C. L.; GALLO, P. Efeito de inseticidas fisiológicos no controle da lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho, com duas aplicações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 20., 2004, Gramado. **Resumos...** Gramado: CBE, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4<sup>th</sup> ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2009. p. 848.

TEEJET TECHNOLOGIES. **Teejet: catálogo 50 A-P**. Wheaton: Spraying Systems, 2008.

WAQUIL, J. M.; VILELLA, 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**, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 1-11, 2002.

WILLIAMS, W. P.; SAGERS, J. B.; HANTEN, L. A.; DAVIS, F. M.; BUCKLEY, P. M. Transgenic corn evaluated for resistance to fall armyworm southwestern corn borer. **Crop Science**, Madison, v. 37, p. 957 - 962, 1997.