

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
CAMPUS MORRINHOS PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E  
INOVAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

ENXOFRE COMO DESALOJANTE PARA *Spodoptera  
frugiperda*, INCLUINDO CONSIDERAÇÕES SOBRE SUA  
MISTURA COM O INSETICIDA ESPINOSADE, EM  
PLANTAS DE MILHO DOCE

Autor: Alírio Felipe Alves Netto  
Orientador: Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
CAMPUS MORRINHOS PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E  
INOVAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

ENXOFRE COMO DESALOJANTE PARA *Spodoptera  
frugiperda*, INCLUINDO CONSIDERAÇÕES SOBRE SUA  
MISTURA COM O INSETICIDA ESPINOSADE, EM  
PLANTAS DE MILHO DOCE

Autor: Alírio Felipe Alves Netto  
Orientador: Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, no Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano Campus Morrinhos – Área de Concentração: Olericultura.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos**

A474e Alves Netto, Alírio Felipe.

Enxofre como desalojante para *Spodoptera frugiperda*, incluindo considerações sobre sua mistura com o inseticida espinosade, em plantas de milho doce. / Alírio Felipe Alves Netto. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2020. 39 f. : il. color.

Orientador: Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira.

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Olericultura, 2020.

1. *Zea mays*. 2. Pragas agrícolas - Controle. 3. lagarta-do-cartucho. I. Pereira, Alexandre Igor de Azevedo. II. Instituto Federal Goiano. III. Título. CDU 633.15:632



**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- Tese  Artigo Científico  
 Dissertação  Capítulo de Livro  
 Monografia – Especialização  Livro  
 TCC - Graduação  Trabalho Apresentado em Evento  
 Produto Técnico e Educacional - Tipo: \_\_\_\_\_

Nome Completo do Autor: Alírio Felipe Alves Netto

Matrícula: 2018104330410084

Título do Trabalho: ENXOFRE COMO DESALOJANTE PARA *Spodoptera frugiperda*, INCLUINDO CONSIDERAÇÕES SOBRE SUA MISTURA COM O INSETICIDA ESPINOSAIDE, EM PLANTAS DE MILHO DOCE

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 20/06/2020

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Morrinhos - Goiás, 20/06/2020

Local Data

Alírio Felipe Alves Netto

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

A. P. Pereira

Assinatura do(a) orientador(a)

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
CAMPUS MORRINHOS PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E  
INOVAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

ENXOFRE COMO DESALOJANTE PARA *Spodoptera  
frugiperda*, INCLUINDO CONSIDERAÇÕES SOBRE SUA  
MISTURA COM O INSETICIDA ESPINOSADE, EM  
PLANTAS DE MILHO DOCE

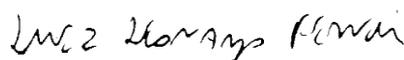
Autor: Alírio Felipe Alves Netto  
Orientador: Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira

TITULAÇÃO: Mestre em Olericultura - Área de Concentração em Manejo  
Fitossanitário em Olerícolas.

APROVADO em 17 de fevereiro de 2020.



Prof. Dr. Alexandre Igor de A. Pereira  
Presidente da Banca  
IF Goiano-Campus Urutaí



Prof. Dr. Luiz Leonardo Ferreira  
Avaliador Externo  
UNIFIMES



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Jéssica Karina S. da Pachú  
Avaliadora Externo  
ESALQ-USP



Prof. Dr. José Bruno Malaquias  
Avaliador Externo  
ESALQ-USP

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sempre me abençoar e iluminar meu caminho.

Ao meu orientador, Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira, por me orientar durante todo mestrado, sempre disponível para sanar minhas dúvidas. Agradeço pelo conhecimento que foi transmitido e sua total prontidão em sempre estar colaborando para condução e desenvolvimento do projeto.

Ao Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, professores, funcionários e colegas, que contribuíram com meu estudo de mestrado.

A empresa Conservas Oderich S/A, por disponibilizar o campo de pesquisa.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás, pela concessão do auxílio financeiro para a condução do projeto.

Aos meus pais Gilda Martins Alves e Nivaldo Pereira da Cruz, pela minha educação e por me oferecerem condições para que pudesse estudar e chegar até aqui.

Aos meus avós materno Alírio Felipe Alves e Nersolina Martins Alves, por compartilhar com grande entusiasmo os meus resultados obtidos.

A minha madrinha Maria Lucília Alves, por sempre acreditar no meu sucesso.

Muito Obrigado!

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Alírio Felipe Alves Netto, filho de Gilda Martins Alves e Nivaldo Pereira da Cruz, nascido em Morrinhos - Goiás, em 05 de fevereiro de 1992.

Em 2013, graduou-se em Tecnologia em Agropecuária pela Universidade Estadual de Goiás - Campus Edéia.

Em 2016, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual de Goiás - Campus Palmeiras de Goiás.

Em 2016, pós-graduou em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Sistemas Agrários pela Universidade Estadual de Goiás - Campus Palmeiras de Goiás.

Em março de 2018 ingressou no curso de Mestrado em Olericultura no Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, realizando pesquisas sobre enxofre como desalojante para *Spodoptera frugiperda*, incluindo considerações sobre sua mistura com o inseticida espinosade, em plantas de milho doce, sob a orientação do professor Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira, que resultou em uma dissertação, defendida em 17 de fevereiro de 2020.

## ÍNDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Cultura do milho .....	3
2.2 Milho doce .....	4
2.3 Lagarta do cartucho - <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	5
2.4 Danos de <i>Spodoptera frugiperda</i> em plantas de milho doce .....	6
2.5 Enxofre.....	7
2.6 Espinosade.....	8
2.7 Referências bibliográficas .....	9
3. CAPÍTULO I.....	14
3.1 Introdução .....	15
3.2 Material e métodos.....	17
3.2.1 Local experimental.....	17
3.2.2 Cultivar do milho utilizada e plantio.....	17
3.2.3 Delineamento experimental .....	17
3.2.4 Tratamentos e produtos utilizados .....	18
3.2.5 Amostragem das lagartas e parâmetros quantificados .....	20
3.2.6 Análises estatísticas.....	21
3.3 Resultados e discussão .....	24
3.3.1 Quantidade de lagartas desalojadas do cartucho do milho.....	24
3.3.2 Quantidade de lagartas dentro do cartucho do milho.....	25

3.3.3 Verificação de tratamentos como desalojante para <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	27
3.3.4 Flutuação populacional de <i>Spodoptera frugiperda</i> em função de todos os tratamentos .....	29
4. Conclusão .....	38
5. Referências bibliográficas .....	39

## RESUMO

ALVES NETTO, ALÍRIO FELIPE. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, fevereiro de 2020. **Enxofre como desalojante para *Spodoptera frugiperda*, incluindo considerações sobre sua mistura com o inseticida espinosade, em plantas de milho doce.** Orientador: Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira

O cultivo de *Zea mays* (var. *saccharata*) (Poaceae) no Centro-Oeste brasileiro possui reais perspectivas de expansão. Todavia, plantas de milho doce são suscetíveis ao ataque da lagarta-do-cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Estratégias recomendadas de controle envolvem inseticidas sintéticos. Todavia, esse inseto se abriga no interior das folhas do milho, dificultando seu controle. Produto à base de enxofre possui potencial em expor essas lagartas e inclusive tem sido utilizado na prática da lavoura com essa finalidade. Todavia, doses e dosagens do enxofre, bem como a sua mistura com inseticidas ainda geram dúvidas por parte dos agricultores. Portanto, o objetivo foi avaliar as respostas biológicas para *Spodoptera frugiperda* expostas via pulverização foliar, sob diferentes combinações de doses, dosagens e misturas dos produtos Enxofert e Espinosade de forma geral bem como em função de seis intervalos de tempo de amostragem: 0, 1, 3, 5, 10 e 15 DAA (dias após a aplicação) em plantas de milho doce, sob condições de campo.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays*, Enxofert, Espinosinas, Lagarta do cartucho.

## ABSTRACT

ALVES NETTO, ALÍRIO FELIPE. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, February, 2020. **Sulfur as a dislodger for *Spodoptera frugiperda*, including considerations about its mixture with the spinosad insecticide, in sweet corn plants.** Advisor: Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira

The *Zea mays* (var. *Saccharata*) (Poaceae) cultivation in the Brazilian Midwest has real prospects for expansion. However, sweet corn plants are susceptible to attack by the corn cartridge caterpillar, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Recommended control strategies involve synthetic insecticides. However, this insect takes shelter inside the corn leaves, making difficult to control it. Sulfur-based product have the potential to expose these caterpillars and have even been used in farming practice for this purpose. However, sulfur doses and dosages, as well as its mixture with insecticides, still raise doubts in farmers. Therefore, the objective was to evaluate the biological responses for *Spodoptera frugiperda* exposed by leaf spraying, under different doses, dosages and mixtures combinations of the products Enxofert and Espinosade as well as according to six sampling time intervals: 0, 1, 3, 5, 10 and 15 DAA (days after application) in sweet corn plants, under field conditions.

**KEYWORDS:** *Zea mays*, Enxofert, Spinosyns, Cartridge caterpillar.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O milho (*Zea mays* L.) é originário da América Central (PATERNIANI; CAMPOS, 2005), pertencente à família Poaceae. Dentre as subespécies de maior relevância tem se destacado o milho doce (*Zea mays* subsp. *saccharata*) que é classificado como olerícola, por causa de algumas características como alto valor agregado. O milho doce se destina como matéria-prima para indústria de processamento, sendo consumido de forma “*in natura*” (LOPES, 2012).

O ataque de insetos pragas tendem a ser muito maior no milho doce em comparação ao milho grão (TRACY, 2001). Nesse contexto, a *Spodoptera frugiperda*, os ataques podem ocorrer após a germinação, passando pelo pendoamento e desenvolvimento das espigas. No estágio vegetativo das plantas, as lagartas se alimentam do limbo foliar, podendo alojar no cartucho do milho, no decorrer do desenvolvimento do milho, as lagartas atacam a espiga, causando injurias a palha e aos grãos. (NUESSLY et al., 2007).

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) é o sistema de manejo de pragas que no contexto associa o ambiente e a dinâmica populacional da espécie, utiliza todas as técnicas apropriadas de monitoramento e biologia do inseto, utilizando métodos de forma tão compatível quanto possível que mantêm a população da praga em níveis abaixo daqueles capazes de causar dano econômico (DOMICIANO, 2010). Uma das tentativas de agregar maior qualidade no Manejo Integrado de Pragas, e através da melhoria da eficiência de produtos químicos, é a utilização de produtos com efeito desalojantes quando associados aos inseticidas (GUERREIRO et al., 1997).

Alguns produtos possuem efeito desalojante, como o enxofre, principalmente pela liberação de compostos químicos, que atuam como fumigação nos espiráculos da

lagarta, resultando em maior incomodação, fazendo com que esses entrem em contato, mais rapidamente, com o inseticida aplicado, assim potencializando controle de pragas associados com inseticidas (BELLETTINI et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2006).

Segundo Cruz et al. (1999) há diversas maneiras que colabora para minimizar a ação de pragas iniciais e evitar perdas na produtividade, uma delas é a utilização de inseticidas químicos, através de pulverizações. Os inseticidas do grupo spinosad são eficientes no controle de lagartas em qualquer fase de desenvolvimento, nos primeiros dias após a aplicação, porém reduzem sua eficiência com o decorrer do tempo, pela exposição da molécula por fatores climáticos, como a radiação solar (GALLO et al., 2002).

Objetivou-se com o presente estudo verificar respostas biológicas da *Spodoptera frugiperda*, expostas via pulverização foliar, sob diferentes combinações de doses, dosagens e misturas do produto Enxofre e Espinosade de forma geral, bem como em função de seis intervalos de tempo de amostragem em plantas de milho doce, sob condições de campo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie diploide, monocotiledônea, e alógama pertencente à família Poaceae, tribo Maydeae, gênero *Zea* e a espécie *Zea mays* L. originado aproximadamente de sete a dez mil anos atrás no México e na América Central. (GALINAT, 1995).

As raízes do milho são fasciculadas em que estão presentes raízes primárias e seminais, adventícias e de suporte. As folhas são longas e lanceoladas, com nervura central em forma de canaleta, bem vigorosa; as folhas são invaginantes e se inserem por nós do colmo, apresentando pilosidades. O colmo suporta as folhas e partes florais, além de servir como órgão de reserva. Sendo o milho planta monoica, portanto, possui os dois sexos na mesma planta, as flores masculinas se agrupam no pendão no topo da planta, enquanto as femininas são constituídas pelas espigas.

O florescimento varia aproximadamente de 50 a 100 dias após semeadura (EMBRAPA, 1996). O ciclo da cultura do milho foi dividido em estádios fenológicos distintos de desenvolvimento. 1) VE (emergência); 2) V1 (planta com a primeira folha desenvolvida); 3) V2 (segunda folha desenvolvida); 4) V3 (terceira folha desenvolvida); 5) V4 (quarta folha desenvolvida); 6) V (n) (em que “n” igual ao número da folha desenvolvida); 7) VT (emissão da inflorescência masculina); 8) R1 (emissão da inflorescência feminina); 9) R2 (grãos bolha d’água); 10) R3 (grãos leitosos); 11) R4 (grãos pastosos); 12) R5 (formação de dente) e R6 (maturidade fisiológica) (RITCHIE; HANWAY, 1989).

Caracteriza-se, portanto, por ser uma planta que segue o caminho fotossintético C4 e por apresentar características fisiológicas favoráveis no que se refere à conversão de

CO<sub>2</sub> em compostos orgânicos, porque no processo fotossintético destas plantas, o CO<sub>2</sub> é continuamente concentrado nas células da bainha vascular das folhas e em seguida, redistribuído para posterior utilização (CASTRO et al., 2008).

## 2.2 Milho doce

O milho doce (*Zea mays subsp. saccharata*) pode ser classificado como olerícola pelo alto valor agregado e o período permanência no campo, o cultivo intensivo e destino ao consumo humano. Nas indústrias são processados e comercializado em conserva ou enlatado, desidratado ou consumido *in natura*, congelado na forma de espigas ou grãos, como baby corn ou minimilho se colhido antes da polinização (Souza et al., 1990). O milho verde se refere ao milho colhido e consumido ainda fresco, enquanto os grãos estiverem macios (70 a 80% de umidade) e antes da total conversão do açúcar em amido (COURTER et al., 1988).

Produtores consideram o milho verde como fonte adicional de renda, pois apresenta valor comercial superior ao milho comercializado na forma de grãos (Caniato et al., 2004). Fatores que diferenciam entre o milho doce e o milho comum são os teores de açúcares e amido presentes no endosperma (Aragão, 2002), resultantes da ação de genes recessivos individuais ou em associações. Assim, enquanto o milho comum tem a cerca de 3% de açúcar e entre 60 e 70% de amido, o milho doce tem de 9 a 14% de açúcar e de 30 a 35% de amido e o superdoce tem a cerca de 25% de açúcar e de 15 a 25% de amido (SILVA, 1994).

A área cultivada no Brasil planta aproximadamente 36 mil hectares de milho doce, sendo 90% da área plantada concentrada no estado de Goiás pela possibilidade de cultivo o ano todo. A maioria da produção é destinada ao processamento industrial com uma produtividade a cerca de de 13 t/ha, 28% menos que o alcançado por países de clima temperado (BARBIERI et al., 2005).

Independente do destino final da produção de milho doce, o cultivo pode ser uma alternativa econômica para produtores e principalmente para os agricultores familiares, pois suas cotações são na maioria das vezes mais valorizadas do que a produção de milho convencional (ZÁRATE et al., 2009). Diante da grande importância econômica e social que a cultura do milho representa para o país, torna-se de suma importância estudos que

evidenciem as principais causas de perdas de produtividade, como as pragas (SHAO et al., 2008).

### 2.3 Lagarta do cartucho - *Spodoptera frugiperda*

Nos primeiros relatos a lagarta do cartucho era classificada como *Laphygma frugiperda*, mas os estudos de Smith, por volta de 1997, passou a ser denominada *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). Sua presença foi registrada na América do Norte, em 1928, por Luginbill, que tem origem tropical ao fato da imigração se centralizar nos trópicos (RUBIN, 2009).

Segundo Oliveira (2015), a lagarta do cartucho possui amplitude hospedeira, considerando uma praga que possui diversas aptidão em vegetais da família *Poaceae*, além de que, na fase larval se tem como o principal inseto que ataca a cultura do milho no Brasil, bem como nas Américas, pois são relatados vários surtos desde a sua descoberta há mais de 200 anos.

O Brasil teve o primeiro registro em Pernambuco, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Distrito Federal, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A lagarta do cartucho está presente em diversas regiões do país por sua característica alimentar e com disponibilização irrestrita anualmente, e se encontra em todo o território brasileiro. Possui capacidade para causar danos em várias culturas que possuem altos índices de valor econômico em vários países, bem como, alimenta-se de hospedeiros alternativos como o amendoim, abóbora, algodão, trigo, sorgo, entre outros (BARBOSA, 2016).

Entre os fatores para controlar essa praga do milho, no Brasil, pode ser a elevada oferta de ponte verde ao longo do ano, quanto a sucessão de culturas e da safra do milho, safrinha, tendo assim, aproximação estabelecida nesses cultivos comerciais, que são considerados potência hospedeira ou de hospedeiros que apresentam germinação espontânea, como a *Digitaria horizontalis*, *Brachiaria plantaginea* (OLIVEIRA, 2015).

Vários fatores podem interferir na cultura do milho e na baixa produtividade de grãos, que não possui dependência na época da safra, contudo, a maior limitação considerada entre os pesquisadores é perpetuação da lagarta do cartucho, a *Spodoptera frugiperda*, considerando o fator chave do cultivo do milho. De modo particular, no milho de segunda safra esta lagarta é mais impactante na produtividade, pois os fatores climáticos favorecem o seu desenvolvimento, bem como o fato da planta do milho

permanecer no campo praticamente o ano todo, e tem contribuído para surgir gerações consecutivas (TOSCANO et al., 2012).

Já estudo desenvolvido por Oliveira (2015) afirma que devido o hábito da lagarta do cartucho, esta possui capacidade de atacar todas as fases de desenvolvimento do vegetal, e o rendimento pode ter variações de 17,7 a 55,6%. As perdas relacionadas à cultura do milho por essa praga são responsáveis por 25% dos prejuízos decorrentes da safra e pela maioria dos U\$38,3 milhões de custos, com uso de inseticidas, resultando em prejuízo ao ano a cerca de U\$250 milhões.

#### 2.4 Danos de *Spodoptera frugiperda* em plantas de milho doce

Para Oliveira (2015), a postura agregada na planta do milho acontece de forma recoberta por escamas que apresentam uma camada densa, em geral, na face adaxial das folhas, que pode conter uma centena de ovos possibilitando a visibilidade no monitoramento. No cultivo de milho, os ataques desse inseto podem acontecer desde o período de fase jovem até a fase de colheita. A colocação de ovos nas folhas é a fase inicial de ataque, em que os ovos apresentam tonalidade acinzentada e dão origem as larvas muito pequenas, que raspam a folha de milho. Esse período de ovo apresenta a duração média de três dias (RUBIN, 2009).

De início, de acordo com Rosa (2011), as lagartas eclodem dos ovos e se alimentam da raspando as folhas mais novas do vegetal, e se alimentam de um lado somente deixando o outro intacto, esse é um dano característico da praga. Essa fase de larva dura de 10 a 30 dias. Quando atinge o quinto instar mede cerca de 50 mm e a largura da cápsula cefálica varia entre 2,70 e 2,78 mm.

Conforme as lagartas se desenvolvem também vão aumentando os danos nas folhas e no cartucho do milho. A lagarta já desenvolvida chega a medir em média 5 cm de comprimento, e se reconhece o inseto pela marca em “Y” invertido na cabeça, as 3 linhas longitudinais dorsais branco-amareladas e os pontos pretos no corpo (ROSA 2011).

Conforme foi relatado, no início da fase larval o inseto raspa o limbo foliar das folhas novas e fica somente a epiderme membranosa, e depois passa a se alimentar as folhas do cartucho e essas podem ser destruídas totalmente. O consumo de uma lagarta do primeiro ao quinto instar, respectivamente, é de 0,1%, 0,6%, 1,1%, 4,7%, 16,3% e 77,2% (OLIVEIRA, 2015).

Nos ataques tardios da planta do milho, as larvas atacam as espigas e destoem o colmo e os grãos, favorecendo a ocorrência de patógenos que causam podridões (VALICENTE et al., 2004). Conforme a *Spodoptera frugiperda* vai crescendo fica mais agressiva e faz furos cada vez maiores nas folhas do milho, e pode acontecer a destruição total dos vegetais mais novos. Desta forma, com as injúrias feitas por esse inseto na cultura, há perdas significativas na produtividade de grãos das lavouras, observado ano a ano no período de cultivo do milho e se medidas de controle, ou mesmo pesquisas de aperfeiçoamento dos manejos não se desenvolverem, há perspectiva de que os índices de produtividade sejam cada vez mais comprometidos, chegando-se até 100% (TOSCANO et al., 2012).

Encerrando o ciclo de fase larval e conforme se apresenta a textura do solo, umidade e a temperatura, os insetos se inserem no solo e se transformam em pupa, permanecendo nesse estágio de 7 a 37 dias, que pode alongar essa fase em temperaturas mais baixas, emergindo assim, a mariposa na fase adulta (RUBIN, 2009). Finalizando o período pupal acontece a emergência em forma de mariposa, que pode medir em média 15 mm de comprimento e de 35 a 40 mm de envergadura, com tonalidade pardo escura nas asas anteriores e uma cor branco acinzentada nas asas posteriores. Nesta fase, o inseto possui longevidade numa média de 14 dias, em que a etapa de oviposição fica na média de 7 dias (OLIVEIRA, 2015). Encontra-se a mariposa da lagarta do cartucho, durante o dia, na folhagem próxima ao solo ou nas folhas fechadas do cartucho da planta, que há diferenciação entre o macho e a fêmea. O corpo de ambos é de coloração cinza, as manchas das asas anteriores do macho são mais claras, sendo essas manchas em ambos de coloração marrom (RUBIN, 2009).

## 2.5 Enxofre

O enxofre é o 16º elemento mais abundante na crosta terrestre, constituindo 0,034% em peso, encontrando principalmente nas rochas, no formato de sulfatos solúveis presentes na água, nos sedimentos e nos solos (LISBOA, 2015). Isto caracteriza o enxofre um importante elemento, sendo atribuído para a utilização de fertilizantes que contêm S, como os superfosfatos simples e sais de sulfatos com micronutrientes, sendo que no solo, a maior fonte é a matéria orgânica do solo, que garantiria o fornecimento gradual dessas plantas por causa da mineralização (FILHO et al, 2007).

O enxofre é um elemento químico essencial para todos os organismos vivos, sendo fonte de aminoácidos para as plantas. É utilizado em fertilizantes, e também parte da composição da pólvora, de medicamentos laxantes, de palitos de fósforos e de inseticidas. As plantas absorvem o enxofre do solo como íon sulfato, e algumas bactérias utilizam o sulfeto de hidrogênio da água como doadores de elétrons num processo similar a uma fotossíntese primitiva (GIRACCA; NUNES, 2016). O enxofre exerce atividades importantes no desenvolvimento e na qualidade das plantas, desde a formação de aminoácidos e proteínas até no controle hormonal, fotossíntese e mecanismos de defesa da planta contra patógenos. (VITTI; SAVIETO, 2015).

De acordo com Hobuss et. al. (2007) o enxofre se apresenta de diversas formas, tais como íon sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), íons sulfito ( $\text{SO}_3^{2-}$ ), íon sulfeto ( $\text{S}^{2-}$ ), gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), enxofre molecular ( $\text{S}_0$ ), associado a metais (como  $\text{FeS}$ ).

Pelo menos 85% do enxofre produzido mundialmente (nativo ou recuperado como coproduto), cujo emprego em fertilizantes é da ordem de 65%, ou seja, pelo menos 55% se destinam para a indústria de fertilizantes, que elabora os diversos produtos que os agricultores utilizam para reposição de adubação no solos esgotados ou para melhoria da qualidade de solos originalmente pobres, visando ao aumento da produtividade agrícola (ALBUQUERQUE; AZAMBUJA; LINS, 2008).

## 2.6 Espinosade

Na década de 1980, amostras de solo analisada em uma ilha do caribe apresentaram efeito inseticida em larvas de mosquitos, sendo esse efeito posteriormente confirmado em larvas de *Spodoptera eridania* em condições de laboratório (THOMSPSON, 2001).

A atividade inseticida havia sido provocada por substâncias produzidas por uma nova espécie de actinomiceto de solo, *Saccharopolyspora spinosa*, que a partir de uma fermentação produz uma série de moléculas com atividade inseticida, chamadas posteriormente de espinosinas (SPARKS et al., 1995).

As espinosinas atuam de forma igual aos neonicotinoides, ou seja, ligam-se ao receptor nicotinérgico de acetilcolina, porém em sítio distinto da ligação por neonicotinoides provocando mudança na conformação do receptor e, conseqüentemente, causando a abertura de canais iônicos e a condução do estímulo nervoso. O resultado é a

ativação prolongada dos receptores de acetilcolina, causando hiperexcitabilidade do sistema nervoso central, pela transmissão contínua e descontrolada de impulsos nervosos (PAPA, 2008; SILVA; CARVALHO, 2004).

Apresenta também efeito no complexo de receptores do ácido  $\gamma$ -aminobutírico (GABA). Esse ácido uma vez liberado em função de estímulos nervosos proporciona no neurônio a abertura de canais para entrada de íons de cloro, acarretando na liberação do GABA que estimula a próxima célula e assim sucessivamente, enquanto o estímulo ocorrer. A ação do inseticida sobre o sistema GABA, ocorre por meio do bloqueio dos canais de entrada dos íons de cloro promovendo distúrbio nervoso e levando o inseto à morte (SILVA; CARVALHO, 2004).

A Espinosinas tem 6 produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, sendo eles: Alea, Entrust, Splat GF-120, Splat ME, Success\*0,02 CB e Tracer®. Este último indicado para o controle de insetos praga nas culturas de algodão, batata, café, cebola, citrus, crisântemo, feijão, melancia, repolho, sorgo, tomate, soja e para a cultura do milho é indicada para o controle da lagarta-do-cartucho *S. frugiperda*, na dose de 37,5 a 100 mL ha<sup>-1</sup> (18 a 48 g i.a ha<sup>-1</sup>), e deverá ser aplicado quando a praga atingir o nível de dano econômico, usando jato dirigido, com bico do tipo leque, pulverizando na linha da cultura, usando a menor dose recomendada para baixas infestações e a maior dose quando a infestação estiver alta, sendo no máximo 3 aplicações por ciclo da cultura, sempre respeitando o período de carência estabelecido (MAPA, 2017).

## 2.7 Referências bibliográficas

ALBUQUERQUE, Gildo de Araújo Sá C. de. AZAMBUJA, Ronaldo Simões L.; LINS, Fernando A. Freitas. *Agrominerais- enxofre*. 2008. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/agrominerais/livros/06-agromineraisenxofre.pdf>> Acesso em: 15 de Set de 2019.

ARAGÃO CA. 2002. Avaliação de híbridos simples braquíticos de milho super doce (*Zea mays*) portadores do gene *shrunken (sh2sh2)* utilizando esquema dialélico parcial. *Botucatu: UNESP*. 101p. (Tese doutorado). Disponível em <http://www.acervodigital.unesp.br/handle/123456789/26301>. Acessado em Dez. de 2019.

- BARBIERI VHB; LUZ JMQ; BRITO CH; DUARTE JM; GOMES LS; SANTANA DG. 2005. Produtividade e rendimento industrial de híbridos de milho doce em função de espaçamento e populações de plantas. *Horticultura Brasileira* 23: 826-830. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/hb/v23n3/a27v23n3.pdf>. Acessado em Dez. de 2019.
- BARBOSA, T. M. S. Incidência de espécies insetos fitófagos e seus inimigos naturais sobre genótipos de milho-doce e alteração no ataque da lagarta-do-cartucho do milho. *Monografia (Graduação) – UNB*, Brasília, 2016. Disponível em: <[http://bdm.unb.br/bitstream/10483/16491/1/2016\\_TalitaMariaBarbosa\\_tcc.pdf](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/16491/1/2016_TalitaMariaBarbosa_tcc.pdf)>. Acesso em: 22 Set. 2019.
- BELLETTINE, S.; MIEKO, N.; BELLETTINI, T.; HARADA, M.M.; BIANCHINI, C.C. MONTANHANI, S.; MONTANHANI, A. Doses de enxofre associadas a inseticida em pulverização no controle do bicudo *Anthonomus grandis* BOHEMAN, 1843 no algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5. 2005, Salvador. Anais. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2005.
- CANIATO FF; GALVÃO JCC; FINGER FL; RIBEIRO RA; MIRANDA GV; PUIATTI M. 2004. Composição de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amido nos grãos verdes de cultivares de milho na colheita. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo* 3: 38-44.
- CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A.; SESTARI, I. Manual de fisiologia vegetal: fisiologia de cultivos. 1ª Ed. Editora Agronômica Ceres, 2008. 864.
- COURTER JW; RHODES AM; GARWOOD DL; MOSELY PR. 1988. Classification of vegetables corns. *HortScience* 23: 449- 450.
- DOMICIANO, N.L. ABC do controle integrado de praga (CIP). 1 ed. Londrina. P 22-25, 2010. *DOWN AGROSCIENCE*. Disponível em: <<http://www.dowagro.com/ptbr/brasil/producindere/inseticidas/tracer?id=b5697e5e-db25-4ab8-979f-fedecdf2df56>>. Acessado em: 16 Dez. 2019.
- EMBRAPA. Recomendações técnicas para o cultivo do milho, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *EMBRAPA-SPI*, Brasília 2 a ed, 204p. 1996.
- FILHO, Benjamin Dias Osório et al. *Deposição do enxofre atmosférico no solo pelas precipitações pluviárias e respostas de culturas à adubação sulfatada em sistema plantio direto*. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v37n3/a17v37n3.pdf>>. Acesso em: 28.Set. 2019.
- GALINAT, W.C. The origin of maize: grain of humanity. New York: *New York Botanical Garden Journal*, v. 44, p.3-12, 1995.
- GALLO, D., NAKANO, O., SILVEIRA NETO, S., CARVALHO, R.P.L., BAPTISTA, G.C., BERTI FILHO, E., PARRA, J.R.P., ZUCHHI, R.A., ALVES, S.B., VENDRAMIM, J.D., MARCHINI, L.C., LOPES, J.R.S., OMOTO, C. *Entomologia Agrícola*. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

- GIRACCA, Ecila Maria Nunes. NUNES, José Luis da Silva. *Enxofre* – Agrolink. 2016. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/enxofre\\_361449.html](https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/enxofre_361449.html)> Acesso em: 09. Dez. 2019.
- GUERREIRO, J.C.; PASSOS, M.A.A.; FERNANDES, M.G.; FABIANO, L.A.; BUSOLIL, A.C. Eficiência de controle de *Spodoptera frugiperda* em milho, através de inseticidas com ou sem a adição de enxofre como produto bioirritante das lagartas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16. 1997, Salvador. Resumos: *Sociedade Entomológica do Brasil / EMBRAPA-CNPMPF*, 1997, p.181-182.
- HOBUSS, Cristiane; et al. Ciclo do enxofre. Pelotas – RS, 2007.
- LISBOA, Willian; Ciclo do Enxofre- *Bacterias Sulfitogenica*. 2015. Disponível em: <<https://prezi.com/whnr68fmklir/ciclo-do-enxofre-bacterias-sulfitogenica/>> Acesso em: 27. Nov. 2019.
- LOPES, A. D. Avaliação da diversidade genética e da estrutura de populações de milho doce estimada por microssatélites. 111 f. Tese (Doutorado) - *Curso de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá - Uem, Maringá*, 2012.
- MAPA (*Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*). Disponível em:<[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 19 Dez. 2019.
- NUESSLY, G.S.; SCULLY, B.T.; HENTZ, M.G.; BEIRIGER, R.; SNOOK, M.E.; WIDSTROM, N.W. Resistance to *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) and *Euxesta stigmatias* Loew (Diptera: Otitidae) in sweet corn derived from exogenous and endogenous genetic systems. *Journal of Economic Entomology*, 100: 1887-1895, 2007.
- OLIVEIRA, Andréa Aparecida Santos. Biologia de *Spodoptera frugiperda* (Smith) Lepidoptera: Noctuidae em milho doce tratado com fosfito de potássio. Monografia (Graduação) – *UNB, Brasília*, 2015. Disponível em <[http://bdm.unb.br/bitstream/10483/11442/1/2015\\_AndreaAparecidaSantosOliveira.pdf](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/11442/1/2015_AndreaAparecidaSantosOliveira.pdf)>. Acesso em: 22 Set. 2019.
- OLIVEIRA, M.G.; NEVES, M.B.; TRECHA, C. de O.; CUNHA, U.S.; GRÜTZMACHER, A.D.; MARTINS, J.F.S.; PORTO, M.P. Efeito de espinosade sob diferentes dosagens e da associação de enxofre com inseticidas no controle da lagarta-do-cartucho em milho de várzea. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO, 53. 2006. Pelotas. Atas e resumos... Pelotas: *Embrapa Clima Temperado*, 2006.
- PAPA, G. Manejo integrado de pragas. In: ZAMBOLIM, L.; ZUPPI, M.; SANTIAGO, T. O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar uso de produtos fitossanitários. 3. ed. Viçosa: *Departamento de Fitopatologia - UFV*, 2008. p. 225-258.

- PATERNIANI, E.; CAMPOS, M.S. Melhoramento do Milho. In: BORÉM, A. *Melhoramento de espécies cultivadas*. Viçosa: UFV, 2005. p. 491 – 552.
- RITCHIE, S.; HANWAY, J.J. How a corn plant develops. Ames: *Iowa State University of Science and Technology/ Cooperative Extension Service*, 1989. (Special Report, 48).
- ROSA, Ana Paula Schneid Afonso da. Monitoramento da lagarta-do-cartucho do milho. In: *EMBRAPA*. 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/37326/1/Monitoramento-dalagarta.pdf>>. Acesso em: 22 Set. 2019.
- RUBIN, Leomar Antonello. Manejo da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae), na cultura do milho. Monografia (Especialização) – *UFRGS, Porto Alegre*, 2009. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/19202/000736144.pdf>>. Acesso em: 22 Set. 2019.
- SHAO, H.; CHU, L.; JALEEL, C.A. & ZHAO, C. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *C. R. Biol.*, 331:215-225, 2008.
- SILVA N. 1994. Melhoramento de milho doce. In: ENCONTRO SOBRE TEMAS DE GENÉTICA E MELHORAMENTO, 11, *Piracicaba. Anais...* 11: 45-49.
- SILVA, A. C.; CARVALHO, G. A. Manejo Integrado de Pragas. In: ALVARENGA, M. A. R. Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: *UFLA*, 2004. p. 309-366.
- SOUZA IRP; MAIA AHN; ANDRADE CLT. 1990. Introdução e avaliação de milho doce na região do baixo Parnaíba. Teresina: *EMBRAPA-CNPA*. 7p.
- SPARKS, T. C.; THOMPSON, G. D.; LARSON, L. L.; KIRST, H. A.; JANTZ, O. K.; WORDEM, T. V.; HERTLEIN, M. B.; BUSACCA, J. D. Biological characteristics of the spinosyns: a new and naturally derived insect control agent. In: *NATIONAL COTTON COUNCIL: BELTWIDE COTTON CONFERENCE*, 1995, San Antonio. Proceedings... San Antonio, 1995. p. 903-907.
- THOMPSON, G. D.; Discovery, isolation and structure elucidation of a family of structurally unique fermentation-derived tetracyclic macrolides, in “Synthesis and Chemistry of *B. germanica* (L). *Pest Management Science, Sussex*, v. 57, p. 1055-1059, 2001.
- TOSCANO, L. C. et al. Impacto de inseticidas sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) e seus inimigos naturais em milho safrinha cultivado em Cassilândia e Chapadão do Sul, MS. *Arquivos do Instituto Biológico de São Paulo. São Paulo*, v. 79, p.223-231, 2012.
- TRACY, W.F. Sweet corn. In: HALLAUER, A.R. (Ed.). *Specialty corns*. 2. Ed. Florida: CRC Press, 2001. p. 155-198.

- VALICENTE, F. H.; TUELHER, E. S. Controle biológico da lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com Baculovírus. Sete Lagoas: *Embrapa Milho e Sorgo*, 2009. 14 p., Circular Técnica, 114.
- VITTI, G. C.; OTTO, R.; SAVIETTO, J. Manejo do Enxofre na agricultura. *Informações Agronômicas, Piracicaba*, n. 152, p. 1-14, 2015.
- ZÁRATE, N.A.H., VIEIRA, M.C., SOUSA, T.M., RAMOS, D.D. Produção e renda líquida de milho verde em função da época de amontoa. *Semina: Ciências Agrárias*. 2009.

### 3. CAPÍTULO I

#### **Enxofre como desalojante para *Spodoptera frugiperda*, incluindo considerações sobre sua mistura com o inseticida espinosade, em plantas de milho doce**

(Normas de acordo com a revista Horticultura Brasileira)

#### RESUMO

O cultivo de *Zea mays* (var. *saccharata*) (Poaceae) no Centro-Oeste brasileiro possui reais perspectivas de expansão. Todavia, plantas de milho doce são suscetíveis ao ataque da lagarta-do-cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Estratégias recomendadas de controle envolvem inseticidas sintéticos. Todavia, esse inseto se abriga no interior das folhas do milho, dificultando seu controle. Produto à base de enxofre possui potencial em expor essas lagartas e inclusive tem sido utilizado na prática da lavoura com essa finalidade. Todavia, doses e dosagens do enxofre, bem como a sua mistura com inseticidas ainda geram dúvidas por parte dos agricultores. Portanto, o objetivo foi avaliar as respostas biológicas para *Spodoptera frugiperda* expostas via pulverização foliar, sob diferentes combinações de doses, dosagens e misturas dos produtos Enxofert e Espinosade de forma geral bem como em função de seis intervalos de tempo de amostragem: 0, 1, 3, 5, 10 e 15 DAA (dias após a aplicação) em plantas de milho doce, sob condições de campo.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays*, Enxofert, Espinosinas, Lagarta do cartucho.

## **Sulfur as a dislodger for *Spodoptera frugiperda*, including considerations about its mixture with the spinosad insecticide, in sweet corn plants**

(Standard according to the Horticultura Brasileira magazine)

### ABSTRACT

The *Zea mays* (var. *Saccharata*) (Poaceae) cultivation in the Brazilian Midwest has real prospects for expansion. However, sweet corn plants are susceptible to attack by corn cartridge caterpillar, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Recommended control strategies involve synthetic insecticides. However, this insect takes shelter inside the corn leaves, making difficult to control it. Sulfur-based product have the potential to expose these caterpillars and have even been used in farming practice for this purpose. However, sulfur doses and dosages, as well as its mixture with insecticides, still raise doubts in farmers. Therefore, the objective was to evaluate the biological responses for *Spodoptera frugiperda* exposed by leaf spraying, under different doses, dosages and mixtures combinations of the products Enxofert and Espinosade as well as according to six sampling time intervals: 0, 1, 3, 5, 10 and 15 DAA (days after application) in sweet corn plants, under field conditions.

**KEYWORDS:** *Zea mays*, Enxofert, Spinosyns, Cartridge caterpillar.

### 3.1 Introdução

O cultivo do milho-doce (*Zea mays* var. *saccharata*) (Poaceae) tem despertado grande interesse comercial no Brasil (Santos et al. 2014). Essa planta é bastante associada com agroindústrias que processam a matéria-prima para comercialização (Kwiatkowski & Clemente 2007). Isso tem gerado incremento na renda de agricultores no campo e aumentado a geração de empregos nas agroindústrias em escala regional. O sistema de cultivo do milho doce no Centro-Oeste brasileiro tem apresentado reais perspectivas de expansão, pela praticidade de cultivo, pois essa região já é uma das lideranças no cultivo do milho comum no cenário nacional e mundial (Okumura et al. 2013).

O ataque de insetos é um dos principais fatores que afeta o desenvolvimento das lavouras de milho, por impedir o melhor aproveitamento do potencial produtivo dos materiais atualmente disponíveis. Neste contexto, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith,

1797) (Lepidoptera: Noctuidae) é considerada uma das principais pragas, consumindo grande parte da área foliar (Cruz 1995).

As lagartas pequenas raspam, inicialmente, o limbo foliar das folhas mais novas, passando a danificar as folhas centrais da região do cartucho que pode ser totalmente destruído. Em ocorrências tardias, podem atacar a espiga, destruindo a palha e os grãos, além de propiciarem a entrada de patógenos e umidade, determinando o apodrecimento. O ataque pode ocorrer desde a fase de plântula, logo após a germinação, até as fases de pendoamento e espigamento (Cruz et al. 2010).

O comportamento de se abrigar no interior das plantas de milho, mais especificamente no cartucho, nas fases iniciais de desenvolvimento da planta, confere proteção a esse inseto, justificando casos de fracasso no controle químico através de pulverizações foliares. Nesse contexto, produtos capazes de modificar o comportamento das lagartas no sentido de retirá-las do abrigo oferecido pelas plantas de milho podem vir a ser uma forma eficiente em melhorar a exposição desses insetos frente às aplicações de inseticidas e, até mesmo, aumentar os riscos de predação e parasitismo por inimigos naturais. Produtos à base de Enxofre (S) tem sido apontados com esse potencial. O produto Enxofert libera sulfeto de hidrogênio que se transforma em ácido sulfídrico ( $H_2S$ ) e que, por sua vez, é o grande causador de irritabilidade, após passagem pelos espiráculos dos insetos, inclusive com ação corrosiva aos tecidos internos (Liu et al. 2019).

Por possuir alta pressão de vapor (1,82 MPa a 20°C) (Heidemann et al. 2001) esse tipo de produto é mais comumente utilizado em ambientes fechados para proteção de frutas armazenadas. Recentemente tem sido investigado como desalojante em insetos que atacam plantas na lavoura, como *Spodoptera frugiperda*. Todavia, seu registro no MAPA do Brasil indica seu uso como fertilizante foliar (90% de S), sugerindo que seu uso como agente protetor de plantas na agricultura aparenta ainda ser subexplorado. A eficiência do inseticida Espinosade contra noctúdeos é reportada na literatura (Méndez et al. 2002, Kuss et al. 2016).

Além disso, outros trabalhos relataram certo incremento na eficiência de controle quando o Espinosade foi associado, sob mistura em tanque, com diversos componentes de controle, sejam eles químicos (Manal et al. 2013) ou biológicos (Méndez et al. 2002, Khan et al. 2018).

## 3.2 Material e métodos

### 3.2.1 Local experimental

O experimento foi conduzido em campo comercial de milho doce localizada na empresa Oderich S/A no município de Orizona (latitude: 17° 01' 53" S, longitude: 48° 17' 45" W e altitude: 806m), sudeste do estado de Goiás, Brasil. As médias climáticas de temperatura e umidade relativa, durante o período experimental, foram de 25°C e 66%, respectivamente.

### 3.2.2 Cultivar do milho utilizada e plantio

O milho doce híbrido Tropical Plus (Syngenta Seeds LTDA) foi utilizado. Seu uso é ideal para consumo *in natura* e processamento industrial, com altura média de 2,35 m e duração de ciclo entre 90 a 110 dias. Possui potencial produtivo de 17.500 kg ha<sup>-1</sup>.

O espaçamento adotado para plantio do milho doce foi de 80 cm entre fileiras e densidade de, aproximadamente, 45 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Dez quilos de sementes ha<sup>-1</sup> foram gastos no plantio. Adubações nitrogenadas de cobertura foram realizadas com 120 kg de N ha<sup>-1</sup>, aplicadas de uma só vez, quando as plantas apresentaram de 4 folhas definitivas.

Além disso, o uso de 200 kg de sulfato de magnésio ha<sup>-1</sup>, junto com o nitrogênio aplicado em cobertura, também foi realizado para fins de evitar sintomas de deficiência de magnésio nas plantas de milho doce, que ocorre, geralmente, nas folhas inferiores da planta. As demais exigências nutricionais de macro e micronutrientes foram atendidas seguindo recomendações técnicas no plantio.

A irrigação do milho doce na área experimental ocorreu através de pivô central com turno de rega de 3 dias e manutenção do potencial matricial contido entre os valores -50 a -100 kPa.

### 3.2.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso (DBC) com cinco repetições e esquema fatorial 2x3, compreendendo a duas doses do Enxofert e quatro dosagens como no demonstrado na Tabela 1. A parcela experimental foi constituída por

10 metros de comprimento e 1,20 m de largura. Cada parcela experimental compreendeu duas fileiras paralelas de plantas de milho contendo, cada uma, aproximadamente 12 plantas de milho doce. Portanto, cada parcela experimental conteve o total aproximado de 24 plantas de milho doce. A bordadura entre tratamentos dentro dos blocos foi de 5 m e se constituiu de plantas que não foram avaliadas, nem pulverizadas. A bordadura entre blocos foi de 5 m.

O delineamento experimental através da marcação do tamanho das parcelas, bem como casualização dos tratamentos e sua identificação no campo ocorreu aos 25 dias após a germinação das sementes.

### 3.2.4 Tratamentos e produtos utilizados

As aplicações tiveram início após 30 dias do plantio, quando as plantas apresentaram entre 8 a 10 folhas expandidas, e corresponde ao início de infestação de *Spodoptera frugiperda* em plantas de milho (Melo et al. 2014).

As pulverizações dos tratamentos, apenas via foliar, foram realizadas através de pulverizador costal manual, com composição da calda de 20 litros com água, sobre as folhas de milho nas parcelas até o ponto de escorrimento.

Na Tabela 1, são apresentados os tratamentos utilizados no presente trabalho, incluindo as combinações entre as doses (D) e dosagens (d) do produto Enxofert, se em mistura ou não, com o inseticida Espinosade. A fonte de enxofre avaliada no presente trabalho foi oriunda do produto Enxofert que possui 90% de enxofre em sua constituição e 8,55% do aditivo Bentonita Sódica. Possui grânulos dispersivos em água contendo enxofre elementar. Seu tamanho de partícula é de 2 - 4  $\mu\text{m}$ .

O Enxofert foi utilizado sob duas diferentes doses, segundo informa o fabricante, sendo a dose cheia ( $12,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ou a dose baixa ( $6,0 \text{ ha}^{-1}$ ) diluídos em água com volume de calda de  $100 \text{ L ha}^{-1}$ . Possui registro no MAPA de número EI SP 80431-2. Por se tratar de registro como fertilizante formulado como grânulo dispersivo, não possui informações validadas quanto à sua classificação toxicológica nem sobre sua classificação do potencial de periculosidade ambiental.

As dosagens (d) utilizadas compreenderam a variações entre a metade da dose do Enxofert ( $-\frac{1}{2}$ ), dose recomendada na íntegra, mais da metade da dose recomendada na íntegra ( $+\frac{1}{2}$ ) e, por fim, ao dobro da dose recomendada na íntegra ( $\times 2$ ). O inseticida

Espinosade, caracterizado como um inseticida não sistêmico de origem biológica do grupo químico das Espinosinas, possui registro no MAPA do Brasil sob nº 07798.

Classificação toxicológica III (medianamente tóxico) e classificação do potencial de periculosidade ambiental III (produto perigoso ao meio ambiente) e do tipo de formulação como Suspensão Concentrada (SC). Seguindo recomendações do fabricante (Dow AgroSciences Industrial Ltda, São Paulo, estado de São Paulo, Brasil) foi utilizado na dose de 100 ml ha<sup>-1</sup>, sem necessidade de adição de adjuvantes, com volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. No tratamento controle absoluto, não ocorreram pulverizações, que para os demais tratamentos foram realizadas ao final do dia, com horário próximo às 17 horas.

Tabela 1. Tratamentos (T) utilizados no presente trabalho intitulado “Enxofre como desalojante para *Spodoptera frugiperda*, incluindo considerações sobre sua mistura com o inseticida Espinosade, em plantas de milho doce”. Orizona, estado de Goiás, Brasil.

T	Dosagem (d) Enxofert	Dose (D) Enxofert	Mistura com Espinosade	Denominação
1	-----	-----	-----	Espinosade
2	6,25 kg ha <sup>-1</sup>	Dose Cheia (DC)	não	-1/2 da DC
3	12,50 kg ha <sup>-1</sup>	Dose Cheia (DC)	não	DC
4	18,75 kg ha <sup>-1</sup>	Dose Cheia (DC)	não	+1/2 da DC
5	25 kg ha <sup>-1</sup>	Dose Cheia (DC)	não	2x da DC
6	6,25 kg ha <sup>-1</sup>	Dose Cheia (DC)	sim	-1/2 da DC (+ Espinosade)
7	12,50 kg ha <sup>-1</sup>	Dose Cheia (DC)	sim	DC (+ Espinosade)
8	18,75 kg ha <sup>-1</sup>	Dose Cheia (DC)	sim	+1/2 da DC (+ Espinosade)
9	25 kg ha <sup>-1</sup>	Dose Cheia (DC)	sim	2x da DC (+ Espinosade)
10	3,12 kg ha <sup>-1</sup>	Dose Baixa (DB)	não	-1/2 da DB
11	6,00 kg ha <sup>-1</sup>	Dose Baixa (DB)	não	DB
12	9,12 kg ha <sup>-1</sup>	Dose Baixa (DB)	não	+1/2 da DB
13	12,00 kg ha <sup>-1</sup>	Dose Baixa (DB)	não	2x da DB
14	3,12 kg ha <sup>-1</sup>	Dose Baixa (DB)	sim	-1/2 da DB (+ Espinosade)
15	6,00 kg ha <sup>-1</sup>	Dose Baixa (DB)	sim	DB (+ Espinosade)
16	9,12 kg ha <sup>-1</sup>	Dose Baixa (DB)	sim	+1/2 da DB (+ Espinosade)
17	12,00 kg ha <sup>-1</sup>	Dose Baixa (DB)	sim	2x da DB (+ Espinosade)
18	-----	-----	-----	Testemunha

### 3.2.5 Amostragem das lagartas e parâmetros quantificados

Apenas lagartas *Spodoptera frugiperda* foram amostradas nas plantas de milho com avaliações visuais para as lagartas fora do cartucho. Adicionalmente, análises destrutivas de quatro plantas foram realizadas no próprio campo, por parcela

experimental, a fim de se confirmar a presença de lagartas desalojadas, além de contabilizar lagartas mortas, bem como aquelas permanecidas no interior do cartucho das plantas de milho. As amostragens foram realizadas em diferentes dias após a aplicação dos tratamentos, compreendendo 1, 3, 5, 10 e 15 DAA (Dias Após a Aplicação). Características de fácil identificação das lagartas de *S. frugiperda* foram apresentadas à equipe que auxiliou na amostragem das lagartas em campo, com coloração que varia de cinza-escuro, esverdeada a marrom e com faixa dorsal com pontos pretos chamados de pináculos na base das cerdas. Além disso, a presença de um Y invertido na parte frontal da cabeça e a presença de quatro manchas escuras no dorso do penúltimo segmento abdominal, formando os vértices de um quadrado (PASSOA 1991).

Portanto, o número de lagartas desalojadas, número de lagartas mortas e, por fim, o número de lagartas vivas dentro do cartucho foram os parâmetros quantificados.

### 3.2.6 Análises estatísticas

Inicialmente, os dados quantificados foram plotados em gráficos do tipo BloxPlot para auxiliar na identificação de *outliers* e posterior eliminação dos mesmos. Adicionalmente, a normalidade foi verificada pelo teste de aderência de Lilliefors e, de forma complementar, pelo histograma obtido pelo software SAEG<sup>®</sup> (Ribeiro Junior & Melo 2009). De acordo com esse procedimento, o número de lagartas amostradas não seguiu distribuição normal e, portanto, foi transformada em  $\log(x+1)$ . Nesse caso, os desvios padrões das amostras foram proporcionais às suas médias (Feng et al. 2014). Adicionalmente, utilizou-se o Coeficiente de Variação (CV) como indicativo para diagnosticar o acerto na transformação dos dados reais para  $\log(x+1)$ . Dessa forma, a transformação foi considerada válida quando o CV dos dados transformados foi apresentado menor que o valor do CV dos dados reais (Reed et al. 2002). As análises de variância e a comparação entre médias dos tratamentos foram realizadas na escala transformada, porém, os resultados descritos nas figuras permaneceram em escala original. Por fim, a análise dos dados só foi realizada após eliminação de *outliers* e transformação dos dados originais com posterior execução da análise de variância (ANOVA) e teste de médias de Tukey a 5% de significância.

Em função do arranjo de combinações disposto nos tratamentos, diferentes análises foram realizadas em função do objetivo de cada comparação explorada.

Primeiramente, para analisar o efeito isolado entre as combinações de doses e dosagens do produto Enxofert como desalojante das lagartas de *Spodoptera frugiperda*, procedeu-se com uma ANOVA bidirecional considerando, apenas, as comparações entre os tratamentos (T2 a T5) com (T10 a T13). Dessa forma, excluindo os tratamentos em que houve aplicações com o Espinosade isolado (T1), misturas entre dosagens cheias com o Espinosade (T6 a T9), misturas entre as dosagens baixas com Espinosade (T14 a T17) e, por fim, a testemunha absoluta (T18).

A ideia, portanto, era saber se as doses e dosagens apresentavam ou não interação entre elas no sentido de desalojar as lagartas de *Spodoptera frugiperda*. Para tanto, procedeu-se como uma ANOVA bidirecional considerando esses dois fatores (Tabela 2) e apresentaram os resultados da interação significativa para o número de lagartas desalojadas (Figura 1), bem como o número de lagartas dentro do cartucho das plantas de milho (Figura 2).

Posteriormente, procede-se com uma ANOVA unidirecional, dessa vez, considerando todos os tratamentos avaliados sem exceção para investigar o efeito não apenas do inseticida Espinosade quanto ao seu potencial em desalojar as lagartas do cartucho, mas também o efeito das doses, dosagens, misturas dessas com o próprio inseticida e, por fim, as respostas biológicas ocasionadas pela ausência de controle. O resultado da ANOVA (unidirecional) foi apresentado na (Tabela 3) e a figura comparando o número de lagartas dentro do cartucho e desalojadas foi apresentada na (Figura 3).

Para avaliação da flutuação populacional de lagartas de *Spodoptera frugiperda* amostradas ao longo dos seis intervalos de tempo (0, 1, 3, 5, 10 e 15 DAA), em função de cada um dos 18 tratamentos integralmente avaliados, procedeu-se com uma ANOVA (unidirecional) comparando, para cada intervalo de tempo, bem como por tratamento, o número de lagartas fora ou dentro do cartucho em função das doses cheias ou baixas (Tabela 4).

Para apresentação da flutuação populacional das lagartas ao longo do tempo e em função dos tratamentos e doses para as variáveis independentes lagartas fora ou dentro do cartucho, utilizaram curvas denominadas Spline (curvas de Bézier) que são curvas polinomiais expressas como a interpolação linear entre pontos representativos (Beach 1991) (Figura 4).

Para ambos os casos (Tabela 4 e Figura 4) foi organizada a disposição das análises para, apenas, 10 tratamentos sem considerar doses cheias ou baixas por essts

terem sido objeto de comparação para cada dia de avaliação, conforme anteriormente descrito.

Para fins de análise comparativa de todos os tratamentos avaliados na resposta biológica mortalidade de lagartas de *Spodoptera frugiperda*, ao longo do tempo, realizou-se uma ANOVA do tipo unidirecional verificando a existência de diferenças entre tratamentos para cada um dos seis dias de avaliação explorados. Nesse caso, foi representado o resultado da ANOVA de forma gráfica, de acordo com o apresentado na (Figura 5).

Para apresentação da mortalidade das lagartas ao longo do tempo, em função dos tratamentos avaliados, diversos modelos de regressão polinomial foram comparados entre si de forma visual, através da plotagem dos dados biológicos reais e modelados para excluir possíveis casos de *overfitting*. Esse termo é usado para descrever quando um modelo estatístico se ajusta muito bem ao conjunto de dados anteriormente observado, mas se mostra ineficaz para prever novos resultados (Hawkins 2004).

É comum que a amostra apresente desvios causados por erros de medição ou fatores aleatórios. Ocorre o *overfitting* quando o modelo se ajusta a estes (Hawkins 2004). Para isso, através da técnica de validação cruzada (método *holdout*), foram testados os modelos com melhores valores de  $R^2$  em relação aos outros para constatação, ou não, de *overfitting*, através do software SigmaPlot<sup>®</sup>, versão 11 (Systat Software Inc). Portanto, o modelo matemático e regressão que melhor se ajustou à natureza biológica dos dados, referente à mortalidade das lagartas em função do tempo e tratamentos dispostos, foi o tipo Pseudo-Voigt.

A função Pseudo-Voigt é uma aproximação para a função Voigt, que é uma derivação linear das funções Gaussiana e Lorentziana. Bastante utilizada para análise de dados espectrais por conter informações a respeito da largura máxima e, principalmente, picos bem definidos (Balzar et al. 2004).

Esse tipo de modelo é frequentemente usado para representar picos para aqueles casos em que nenhuma das funções acima descritas descreve adequadamente a natureza biológica dos dados em questão (Ida et al. 2000).

Todavia, encontram-se salvos em arquivo apropriado e em posse do autor do trabalho. Por fim, todas as análises de ANOVA (se uni ou bidirecionais) e testes de médias foram realizadas pelo software estatístico SAEG<sup>®</sup>, enquanto todas as figuras foram elaboradas pelo software SigmaPlot<sup>®</sup>, versão 11 (Systat Software Inc).

### 3.3 Resultados e discussão

#### 3.3.1 Quantidade de lagartas desalojadas do cartucho do milho

A interação entre as doses (D) e dosagens (d) do produto Enxofert avaliado foi significativa tanto para as lagartas de *Spodoptera frugiperda* amostradas fora do cartucho das plantas de milho, bem como para aquelas amostradas dentro do cartucho (Tabela 2). Isso significa que a amplitude de dosagens possui a habilidade em modificar o efeito do produto desalojante avaliado em função das doses cheias ou baixas.

Tabela 2. Resumo da ANOVA (bidirecional) para o efeito dos fatores isolados Dose (D), Dosagens do produto Enxofert e a interação entre os dois fatores (D\*d) para o número de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) amostradas fora ou dentro do cartucho de plantas de milho (*Zea mays*) (Poaceae). Orizona, estado de Goiás, Brasil.

Lagartas fora do cartucho			Lagartas dentro do cartucho		
Fontes variação	F valor	P valor	Fontes variação	F valor	P valor
Bloco	2,770	0,06	Bloco	3,655	0,06
Dose (D)	452,542	0,00*	Dose (D)	87,196	0,00*
Dosagens (d)	48,835	0,00*	Dosagens (d)	35,384	0,00*
D*d	67,579	0,00*	D*d	11,977	0,03*
CV = 9,55			CV = 5,53		

\* Significativo a 5% de probabilidade.

Nesse cenário, a combinação entre os dois fatores que apresentou melhor efeito desalojante contra a lagarta-do-cartucho do milho foi quando se acrescentou +½ da dose cheia, considerando cada dose (D) entre as dosagens (d) (Figura 1A). As combinações de 2x, bem como -½ da dose cheia do desalojante Enxofert também surtiram maior

população de lagartas fora do cartucho, superando o número de 1 lagarta amostrada fora do cartucho em média (Figura 1A). Por outro lado, quando a dose baixa foi considerada o efeito desalojante foi bem inferior aos tratamentos acima considerados, principalmente com 2x, +1/2 e a própria dose baixa integral (d). Considerando apenas as doses baixas, o melhor tratamento foi aquele em que se aplicou -1/2 da dose baixa, mas mesmo assim, com valores de lagartas fora do cartucho amostradas inferior a 1 lagarta (Figura 1A), ao contrário do que ocorreu em certas combinações de dosagens com a dose alta.

Considerando-se, por outro lado, o fator dosagens (d) para cada uma das duas doses (D) utilizadas, observou-se que a quantidade de lagartas amostradas que foram desalojadas, ou seja, presente fora do cartucho das plantas de milho, foi com o tratamento em que ocorreu aplicação da dose baixa integral em comparação aos demais (Figura 1B).

Isso significa em menor quantidade de lagartas em que geralmente as aplicações costumam não atingir seu alvo biológico, ou seja localizado dentro do cartucho das plantas de milho. Contrariamente, em três tratamentos que foi observada a maior quantidade de lagartas desalojadas, em ordem decrescente, foram com a dose cheia integral, 2x a dose cheia e, por fim, a metade da dose cheia (-1/2) (Figura 1B).

As demais combinações entre doses e dosagens avaliadas obtiveram respostas intermediárias frente à manutenção das lagartas de *Spodoptera frugiperda* fora do cartucho das plantas de milho (Figura 1B).

### 3.3.2 Quantidade de lagartas dentro do cartucho do milho

Os dois melhores tratamentos que resultaram em menor quantidade de lagartas dentro do cartucho, ou seja abaixo de 4 lagartas amostradas, foram na dose cheia com o dobro da dosagem (2x) e a dosagem cheia na íntegra (d) (Figura 2A). Isso considerando o efeito da interação entre a Dose (D) para cada dosagem (d) avaliada. Por outro lado, o tratamento que manteve mais lagartas no interior do cartucho foi quando se utilizou a dose baixa com dosagem -1/2d (Figura 2A).

Quando o fator dosagens foi levado em consideração para cada uma das duas Doses (D) avaliadas, percebeu-se que o tratamento com o dobro da quantidade da dose baixa foi aquele que resultou em maior quantidade de lagartas dentro do cartucho (Figura 2B).

Ao passo que a menor quantidade de lagartas amostradas foi observada nos tratamentos em que se utilizou  $-\frac{1}{2}d$  e  $+\frac{1}{2}d$  da dose cheia, com menos de 4 lagartas dentro do cartucho (Figura 2B). Os demais tratamentos tiveram efeitos intermediários.

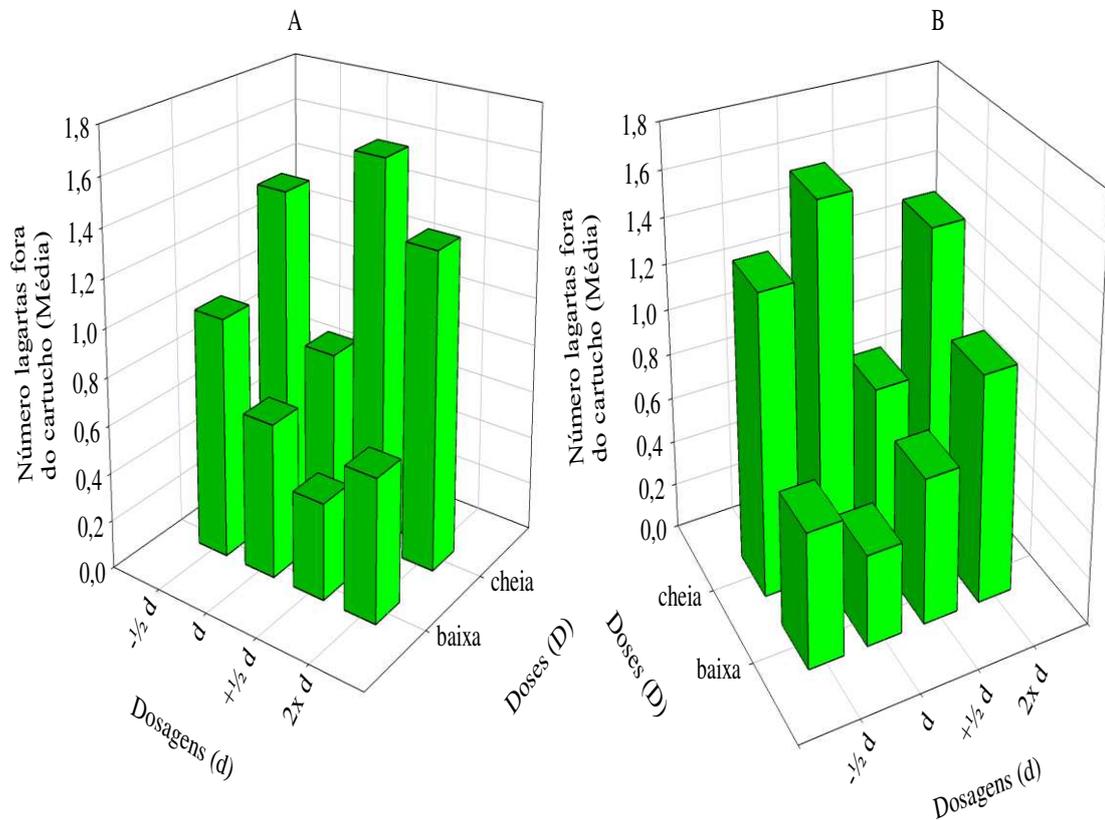


Figura 1. Resultado do desdobramento relativo à interação significativa entre os fatores Dose (D) e Dosagens (d) do produto Enxofert para o número de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) amostradas fora do cartucho de plantas de milho (*Zea mays*) (Poaceae) Figura 1A: Representação do desdobramento do fator Doses (D) dentro do fator Dosagens (d) e Figura 1B: Representação do desdobramento do fator Dosagens (d) dentro dos níveis do fator Dose (D). Orizona, estado de Goiás, Brasil.

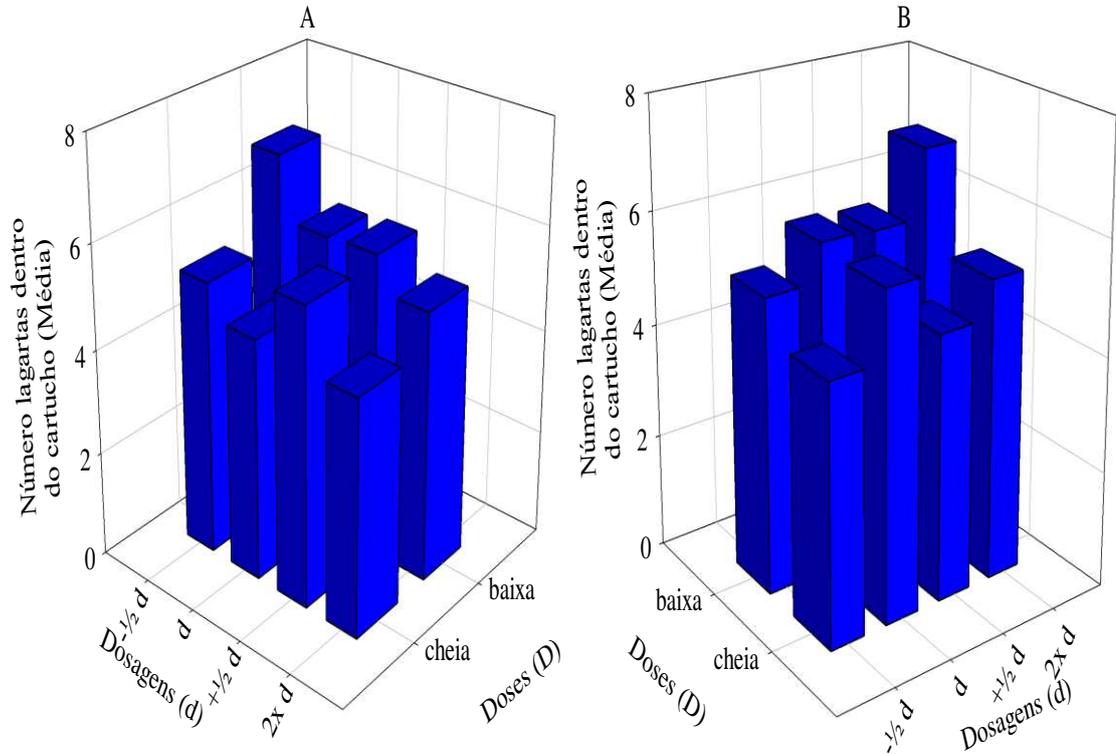


Figura 2. Resultado do desdobramento relativo à interação significativa entre os fatores Dose (D) e Dosagens (d) do produto Enxofert para o número de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) amostradas dentro do cartucho de plantas de milho (*Zea mays*) (Poaceae). Figura 2A: Representação do desdobramento do fator Doses (D) dentro do fator Dosagens (d) e Figura 2B: Representação do desdobramento do fator Dosagens (d) dentro dos níveis do fator Dose (D). Orizona, estado de Goiás, Brasil.

### 3.3.3 Verificação de tratamentos como desalojante para *Spodoptera frugiperda*

Os tratamentos avaliados no presente trabalho interferiram de maneira significativa na quantidade de lagartas presentes tanto fora como dentro do cartucho das plantas de milho (Tabela 3). A quantidade de lagartas dentro do cartucho amostradas no presente trabalho foi superior àquelas encontradas fora do cartucho com médias totais de 5,06 e 1,26 lagartas, respectivamente.

O tratamento que influenciou na menor quantidade de lagartas dentro do cartucho das plantas de milho foi o T1 (Espinosade) com menos de 4 lagartas por amostragem em média (Figura 3).

Os tratamentos compreendidos por  $-\frac{1}{2}$  da dose baixa (T10) e o tratamento controle (T18) resultaram em quantidade de lagartas dentro do cartucho do milho superior aos demais tratamentos avaliados, com médias entre 7 e 7,5 lagartas por amostra, respectivamente (Figura 3).

Os demais tratamentos obtiveram valores intermediários. Por outro lado, o número de lagartas presentes fora do cartucho do milho tiveram menores valores quando o tratamento T11 foi pulverizado (Figura 3).

Os produtos menos eficientes em desalojar as lagartas-do-cartucho do milho foram, principalmente, aqueles compreendidos pela dose cheia do produto Enxofert em mistura com o inseticida Espinosade, ou seja, os T6, T7, T8 e T9 (Figura 3). Os tratamentos T3 (dose cheia integral) e T17 foram aqueles que tiveram menor potencial desalojante (Figura 3).

Tabela 3. Resumo da ANOVA (unidirecional) para o efeito dos tratamentos sob o número de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) amostradas fora ou dentro do cartucho de plantas de milho (*Zea mays*) (Poaceae). Orizona, estado de Goiás, Brasil.

Lagartas fora do cartucho			Lagartas dentro do cartucho		
Fontes variação	F valor	P valor	Fontes variação	F valor	P valor
Blocos	11,387	0,01*	Blocos	7,149	0,04*
Tratamentos	72,858	0,00*	Tratamentos	43,669	0,00*
CV = 7,76			CV = 6,22		

\* Significativo a 5% de probabilidade.

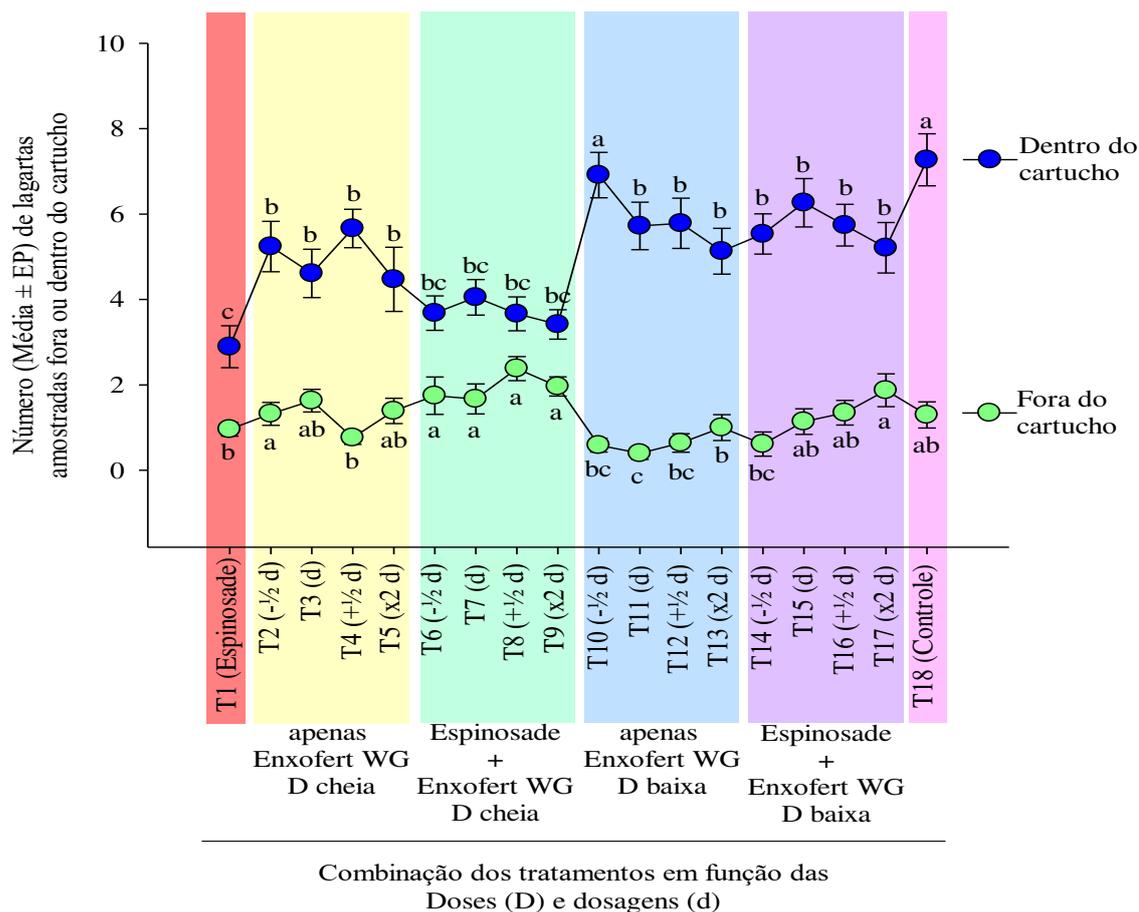


Figura 3. Número (Média ± EP<sup>1</sup>) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) amostradas fora ou dentro do cartucho do milho (*Zea mays*) (Poaceae). Orizona, estado de Goiás, Brasil. <sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra (para cada posição da lagarta na planta dentro ou fora) não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey de comparação de médias.

### 3.3.4 Flutuação populacional de *Spodoptera frugiperda* em função de todos os tratamentos

Na Tabela 3 se encontra, de forma resumida, o resultado da ANOVA, do tipo unidirecional, demonstrando a significância dentro de cada um dos 10 tratamentos, combinações ou não com as Doses (D), além da avaliação dos tratamentos isolados Espinosade e Controle absoluto, em função das lagartas se amostradas dentro ou fora do cartucho das plantas de milho para cada um dos seis intervalos de avaliação utilizados (0, 1, 3, 5, 10 e 15 dias após a aplicação, DAA). Salienta-se, inclusive, que para cada dia de avaliação, independente dos tratamentos, o número de lagartas dentro ou fora do cartucho variou, significativamente (Tabela 3). Todavia, apenas para o tratamento T1 (Espinosade)

o número de lagartas dentro ou fora não variou nos intervalos de 3 e 5 dias após a aplicação (Tabela 4). Na (Figura 4) estão apresentados os comportamentos do quantitativo de lagartas amostradas em função do tempo, ao que se chama de flutuação populacional, dentro de cada tratamento, considerando as lagartas dentro ou fora do cartucho das plantas de milho.

Para o tratamento em que se pulverizou apenas o inseticida Espinosade, observou-se que o número de lagartas fora do cartucho foi superior, apenas após 24 horas de aplicação do tratamento (1° DAA) (Figura 4A). Nos intervalos de 3 e 5 DAA não houve diferenças significativas (Figura 4A). Todavia, para os intervalos de tempo compreendidos pelos dias 0, 10 e 15 DAA, o número de lagartas fora do cartucho foi superior ao presente no interior do cartucho (Figura 4A). A maior quantidade de lagartas amostradas no interior do cartucho nas plantas de milho, aplicadas apenas com Espinosade, foi observada aos 10 DAA com pico populacional de aproximadamente 8 lagartas por amostra (Figura 4A), ao passo que o pico populacional de lagartas desalojadas ocorreu bem mais cedo (ao 1 DAA) e com quantidade bem menor, ou seja, sob média de aproximadamente 3,5 lagartas amostradas (Figura 4A).

No tratamento T2, observou-se flutuação populacional distinta entre as combinações das doses durante o período avaliativo (Figura 4B). Destaca-se que até o 5° DAA, o maior pico populacional da praga ocorreu para aqueles indivíduos dentro do cartucho com valores próximos a 10 lagartas amostradas (Figura 4B). Este alto valor se assemelhou no mesmo intervalo de tempo, apenas, com o controle absoluto (Figura 4J), comparando todos os 10 tratamentos em questão. Para esse tratamento, independente do período de avaliação, a menor quantidade de lagartas foi observada fora do cartucho em comparação com aquelas dentro (Figura 4B).

Para o tratamento com a dose integral (cheia ou baixa) do produto desalojante avaliado, observou-se que apenas ao 3° DAA a quantidade de lagartas fora do cartucho do milho foi superior à quantidade de lagartas dentro na dose cheia (Figura 4C). Nos demais intervalos, o número de lagartas fora do cartucho foi superior (Figura 4C). Na dose integral baixas, percebeu-se que o número de lagartas amostradas fora do cartucho foi o menor encontrado ao longo de todo intervalo de avaliação em comparação com as demais combinações (Figura 4C).

No tratamento em que se aplicou  $+1/2$  da Dose (D) do produto Enxofert recomendada (seja ela cheia ou baixa) foi observada a maior discrepância entre o número de lagartas desalojadas ou não (Figura 4D). A população de lagartas fora do cartucho não

foi superior ao valor médio de 2 lagartas por amostra, em comparação com os valores máximos superados de lagartas amostradas de 8,5 e 9 lagartas para as doses cheia e baixa, respectivamente (Figura 4D).

Quando se utilizou o dobro da dose do produto desalojante avaliado, em todos os seis intervalos de avaliação, percebeu-se que na dose baixa foram encontrados os maiores valores para as lagartas fora do cartucho do milho, com sutil queda no 10º DAA (Figura 4E). Para esse mesmo tratamento (2xd) também se percebeu que o número de lagartas fora do cartucho foi bem inferior ao número daquelas amostradas em seu interior (Figura 4E).

Quando o Enxofert foi aplicado junto ao inseticida Espinosade, as respostas quanto à flutuação populacional das lagartas tanto dentro como fora do cartucho das plantas de milho foram relativamente diferentes às encontradas para o uso isolado do produto Enxofert (Figuras 4 F, G, H e I). Nestes casos, os picos populacionais de lagartas fora do cartucho ocorreram aos 3 DAA de forma mais clara na mistura do que nos tratamentos apenas com desalojante, com variações populacionais máximas entre 3 (Espinosade em mistura com x2 d do desalojante) (Figura 4I), 4 (Espinosade em mistura com a dose integral do desalojante) (Figura 4G), 4,5 (Espinosade com -1/2 da dose do desalojante) (Figura 4F) e, por fim, 5 (Espinosade com +1/2 da dose do desalojante) lagartas por média amostral. Mesmo na mistura, as maiores quantidade de lagartas foram observadas, independentemente do tempo de avaliação, dentro do cartucho (Figuras 4 F, G, H e I) e, além disso, para todos os tratamentos com mistura desalojante e inseticida, percebeu-se que a partir no 10º DAA houve grande quantidade de lagartas fora do cartucho com pico populacional bem distinto em comparação aos demais outros picos observados. Por fim, no tratamento controle absoluto, percebeu-se que o número de lagartas dentro do cartucho a partir do 1º DAA teve tendência de crescente aumento (Figura 4J) com queda perceptível a partir do 10º DAA até o 15º DAA (Figura 4J). No controle absoluto também foi observada a grande quantidade de lagartas dentro em comparação com aquelas fora do cartucho, como nos demais tratamentos.

O número de lagartas na testemunha amostradas fora do cartucho não ultrapassou o valor médio amostral de 2 lagartas, enquanto aquelas amostradas dentro do cartucho das plantas de milho foram contabilizadas em sua quantidade máxima (aos 10 DAA) com valores próximos a 11 lagartas em média (Figura 4J).

Tabela 4. Resumo da ANOVA (unidirecional) para o efeito dos tratamentos (T), para cada intervalo de dia após a aplicação (DAA) correspondendo aos 0, 1°, 3°, 5°, 10° e 15° DAA, sob o número de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) amostradas fora e dentro do cartucho de plantas de milho (*Zea mays*) (Poaceae) em função das Doses (Ds) altas ou baixas. Orizona, estado de Goiás, Brasil.

Tratamentos	0 DAA		1 DAA		3 DAA		5 DAA		10 DAA		15 DAA	
	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
	valor	valor	valor	valor	valor	valor	valor	valor	valor	valor	valor	valor
(T1) Espinosade	252,010	0,00*	117,175	0,00*	14,151	0,07 <sup>ns</sup>	12,580	0,08 <sup>ns</sup>	664,182	0,00*	70,543	0,00*
(T2) ½ das Ds	797,655	0,00*	487,569	0,00*	232,934	0,00*	357,138	0,00*	232,832	0,00*	68,301	0,00*
(T3) Ds	156,160	0,00*	65,369	0,00*	232,655	0,00*	502,724	0,00*	448,2017	0,00*	324,124	0,00*
(T4) +½ das Ds	354,522	0,00*	185,697	0,00*	1230,594	0,00*	504,231	0,00*	462,269	0,00*	120,496	0,00*
(T5) x2 da Ds	85,410	0,00*	44,372	0,00*	249,864	0,00*	453,309	0,00*	122,790	0,00*	194,313	0,00*
(T6) Espinosade + (½ das Ds)	198,319	0,00*	336,887	0,00*	374,604	0,00*	282,615	0,00*	533,554	0,00*	259,370	0,00*
(T7) Espinosade + (Ds)	227,917	0,00*	163,011	0,00*	355,691	0,00*	1078,531	0,00*	456,686	0,00*	223,182	0,00*
(T8) Espinosade + (+½ das Ds)	146,235	0,00*	772,641	0,00*	529,776	0,00*	1010,988	0,00*	623,021	0,00*	13,972	0,03*

(T9) Espinosade + (x2 das Ds)	159,871	0,00*	651,400	0,00*	136,614	0,00*	372,688	0,00*	196,671	0,00*	61,715	0,00*
(T10) Controle	530,973	0,00*	476,947	0,00*	785,506	0,00*	976,413	0,00*	213,032	0,00*	32,948	0,00*

---

(<sup>ns</sup>) Não-Significativo ou (\*) Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

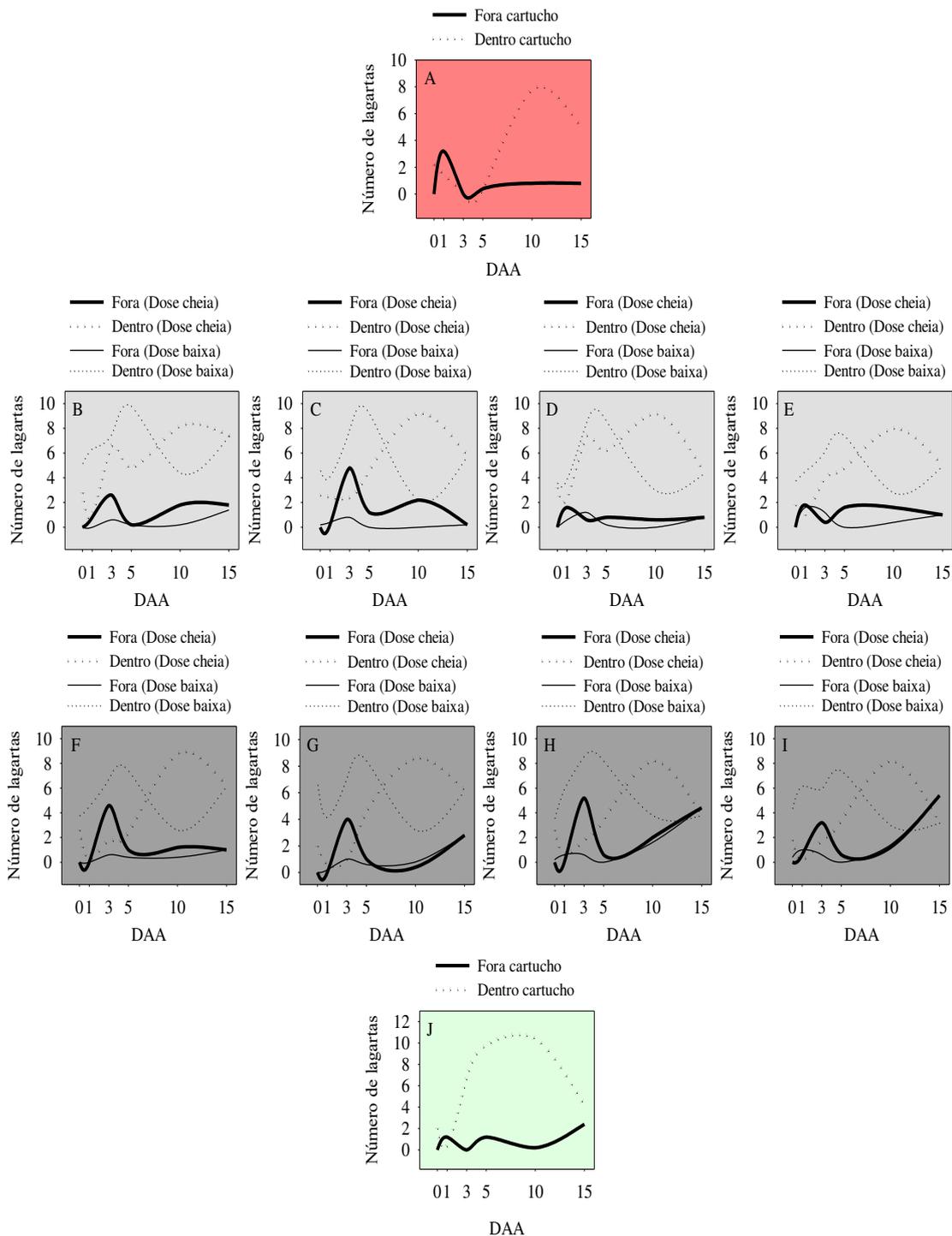


Figura 4. Flutuação populacional de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) fora (sob folhas) ou dentro (do cartucho) de plantas de milho (*Zea mays*) (Poaceae) em função de diferentes Dias Após a Aplicação (DAA) Orizona, estado de Goiás, Brasil.

A mortalidade das lagartas de *Spodoptera frugiperda* diferiu significativamente entre os tratamentos avaliados para cada um dos seis dias de amostragem contabilizados (Figura 5), com valores de significância (F) e probabilidade (P) correspondentes a  $F=3,244$

e  $P= 0,01$  (0 DAA),  $F= 5,974$  e  $P= 0,04$  (1 DAA),  $F= 4,140$  e  $P= 0,03$  (3 DAA),  $F= 4,061$  e  $P= 0,01$  (5 DAA),  $F= 2,963$  e  $P= 0,01$  (10 DAA) e, por fim,  $F= 3,966$  e  $P= 0,03$  aos 15 DAA.

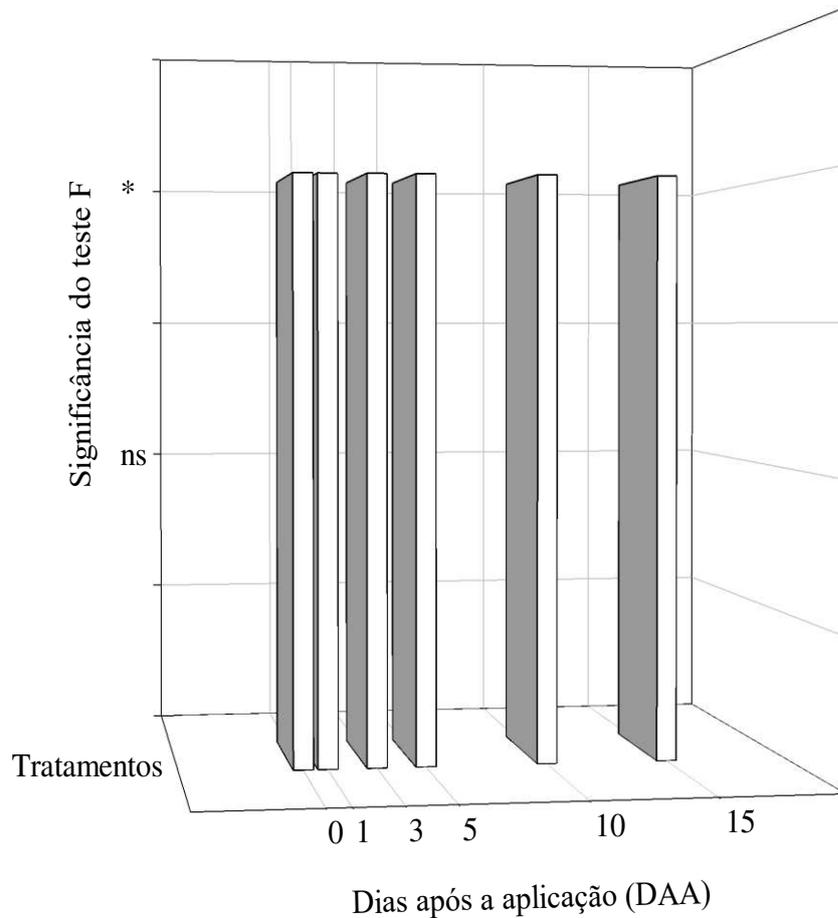


Figura 5. Representação gráfica da análise de variância (ANOVA, unidirecional) para a mortalidade das lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em plantas de milho (*Zea mays*) (Poaceae) milho (*Zea mays*) (Poaceae) Orizona, estado de Goiás, Brasil.

O tratamento Espinosade resultou em mortalidade máxima de aproximadamente 40% para as lagartas de *Spodoptera frugiperda* após a aplicação foliar e, apenas, aos 3 DAA (Figura 6). Após esse intervalo de tempo, o efeito inseticida do produto caiu vertiginosamente aos 5, 10 e 15 DAA, respectivamente (Figura 6).

Ao passo, quando nenhuma pulverização foi considerada, ou seja, controle absoluto, a quantidade de lagartas mortas amostradas, independente dos dias de avaliação, foi idêntica, ou seja, com 0% de mortalidade (Figura 6).

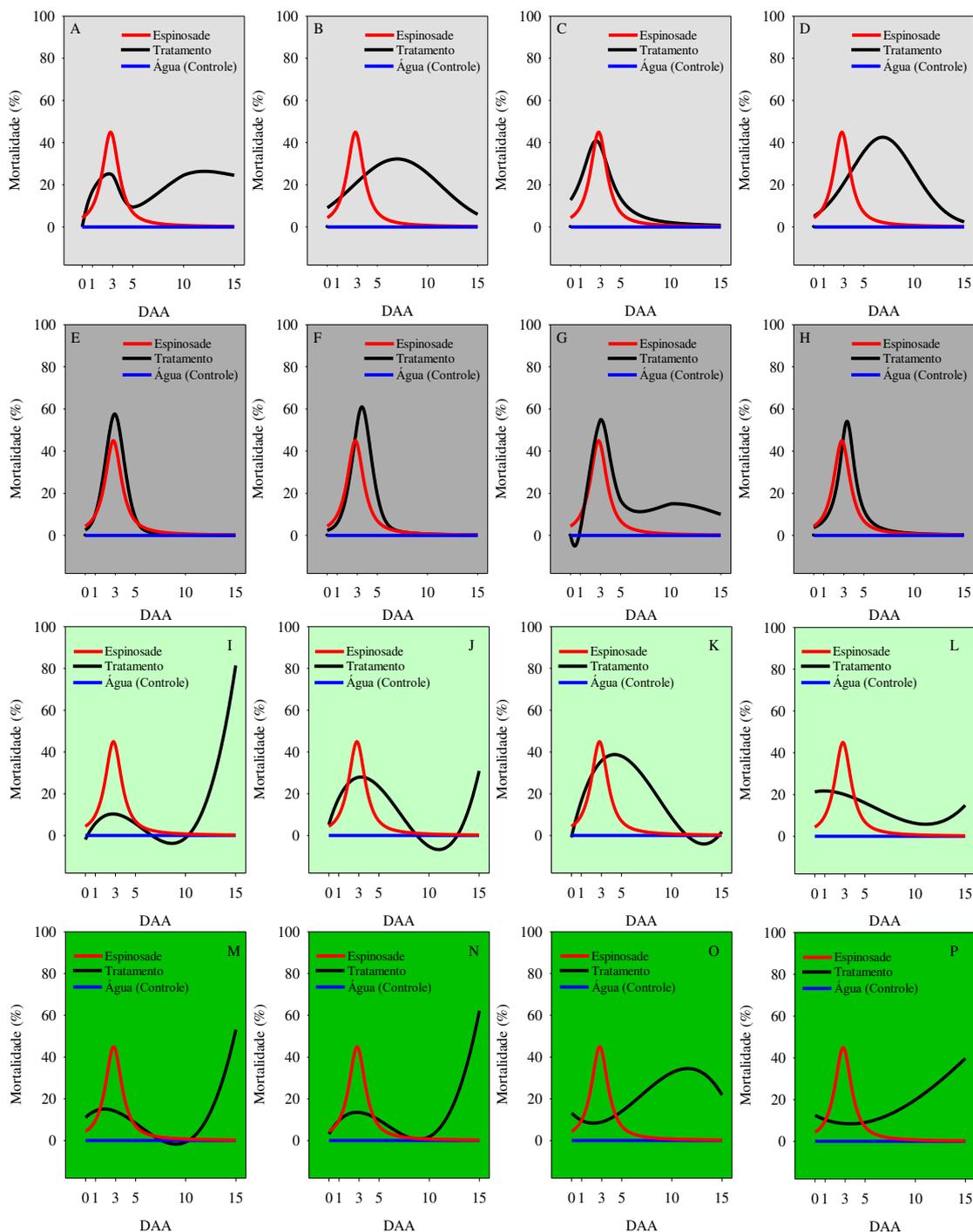


Figura 6. Mortalidade (%) (Média) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), ao longo de seis intervalos de tempo (0, 1, 3, 5, 10 e 15 DAA), após pulverização foliar em plantas de milho (*Zea mays*) (Poaceae) Orizona, estado de Goiás, Brasil.

Considerando os grupos de tratamentos dispostos na (Figura 6), ou seja, doses cheias do Enxofert, sem o inseticida Espinosade em mistura, observou-se que os tratamentos T2, T3 e T5 influenciaram em maior número de lagartas mortas no intervalo

em que o Espinosade foi inferior, ou seja, entre os 5, 10 e 15 DAA (Figuras 6 A, B, C e D). A única exceção foi quando se aplicou mais da metade da dosagem recomendada para o produto Enxofert, sob dose cheia, e os valores de mortalidade foram semelhantes em comportamento ao tratamento Espinosade isolado (T1) e sem ultrapassar valores de 40% de mortalidade (Figura 6C). De toda forma, nenhum tratamento com dose cheia do desalojante aplicado isolado e independente da dosagem considerada não obteve picos de mortalidade superiores àqueles encontrados pelo inseticida Espinosade.

Quando o Enxofert foi pulverizado, nas diferentes dosagens, e com mistura do inseticida Espinosade (Figuras 6 E, F, G e H) percebeu-se que a mortalidade de lagartas entre esses tratamentos misturados com aquele apresentado pelo uso do inseticida isolado (T1) foi bem idêntico. Ou seja, com padrões de resposta bem semelhantes entre cada um dos tratamentos T6, T7, T8 e T9 em comparação com o T1. A semelhança, nesse caso, ocorreu pelo pico de mortalidade ocorrendo aos 3 DAA com posterior queda acentuada ao longo dos 5, 10 e 15 DAA, respectivamente (Figuras 6 E, F, G e H). A mortalidade em todos os tratamentos com dose cheia do Enxofert em adição ao inseticida Espinosade foi superior àquela apresentada pelo inseticida aplicado de forma isolada, comprovando um provável efeito sinérgico entre o desalojante e o inseticida. Nesse caso, a mortalidade das lagartas originou valores médios de 60%, bem superiores aos 40% do tratamento T1 (apenas inseticida) (Figuras 6 E, F, G e H).

Por outro lado, quando as doses baixas do produto Enxofert foram consideradas, independente se isoladas ou misturadas com o inseticida Espinosade, o padrão de resposta na mortalidade das lagartas não foi semelhante (Figura 6 I, J, K, L, M, N, O e P) em comparação àquele observado ao do inseticida.

Considerando as doses baixas do produto Enxofert ao longo das dosagens exploradas, observou-se que apenas o tratamento utilizando o desalojante sob  $-\frac{1}{2}$  da dose baixa (Figura 6I) foi aquele que originou maior valor de mortalidade em comparação com os demais tratamentos avaliados e, inclusive, no intervalo de tempo mais prolongado, ou seja, aos 15 DAA (Figura 6I).

Todavia, nesse mesmo tratamento, os valores de mortalidade das lagartas do 0 a até o 10º DAA foram muito inferiores, em comparação ao inseticida Espinosade aplicado isolado (Figura 6I). Para as demais dosagens (dose baixa,  $+\frac{1}{2}$  da dose baixa e x2 dose baixa) avaliadas do Enxofert considerado isolado, os picos de mortalidade das lagartas foram inferiores àqueles apresentados pelo inseticida (Figuras 6 J, K e L, respectivamente).

Quando se considerou a dose baixa do produto desalojante em mistura ao inseticida ocorreram nitidamente picos tardios de mortalidade em comparação aos tratamentos sem mistura, na mesma dose baixa e em comparação ao efeito do inseticida isolado (Figuras 6 M, N, O e P).

Todavia, apenas nos tratamentos  $-\frac{1}{2}$  da dose baixa do Enxofert + Espinosade (Figura 6M) e dose baixa integral do Enxofert + Espinosade (Figura 6N) os picos de mortalidade foram superiores aos apresentados pelo inseticida Espinosade considerado isolado. Nos demais tratamentos, com maior quantidade de Enxofert utilizada ( $+\frac{1}{2}$  da dose baixa Enxofert + Espinosade e  $\times 2$  dose baixa Enxofert + Espinosade), Figuras 6O e 6P, respectivamente, a mortalidade foi menor que aquela apresentada pelo Espinosade isolado, independente do intervalo de avaliação considerado.

#### 4. Conclusão

As doses recomendadas em bula técnica do Enxofert, se cheias ( $12,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ou baixas ( $6 \text{ kg ha}^{-1}$ ), podem interferir na sua eficiência como desalojante sob condições de campo. As interações entre os dois níveis de doses (D) e as quatro combinações de dosagens (d) para o número de lagartas amostradas fora (desalojadas) e dentro do cartucho, indicaram que a dose cheia ( $12,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ) significou em maior efeito biológico do desalojante em comparação às doses baixas ( $6 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

O inseticida Espinosade ainda se posiciona como importante componente de proteção às plantas de milho contra *Spodoptera frugiperda*, proporcionando menor quantidade de lagartas dentro do cartucho do milho em comparação aos demais tratamentos. Perdas de eficiência do Enxofert, seja em desalojar as lagartas, bem como na mortalidade, ocorreram nitidamente, após 72 horas da aplicação.

## 5. Referências bibliográficas

- AGBOYI LK, SA MENSAH, VA CLOTTEY, P BESEH, R GLIKPO, I RWOMUSHANA, R DAY & M KENIS. 2019. *Evidence of leaf consumption rate decrease in fall armyworm, Spodoptera frugiperda, larvae parasitized by Coccygidium luteum*. *Insects*. 10: 410.
- AJILA HEV, EE OLIVEIRA, F LEMOS, K HADDI, F COLARES, PHM GONÇALVES, M VENZON & A PALLINI. 2020. *Pest Management Science*. 76: 996-1003.
- ARTUZO FD, CR FOGUESATTO, ARL SOUZA & LX DA SILVA. 2018. *Gestão de custos na produção de milho e soja*. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*. 20: 273-294.
- BALZAR D, N AUDEBRAND, MR DAYMOND, A FITCH, A HEWAT, JI LANGFORD, AL BAIL, D LOUEËR, O MASSON, CN MCCOWAN, NC POPA, PW STEPHENSJ & BH TOBY. 2004. Size-strain line-broadening analysis of the ceria round-robin sample. *Journal of Applied Crystallography*. 37: 911-924.
- BEACH RC. 1991. *An Introduction to Curves and Surfaces of Computer-Aided Design*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Bullangpoti V, E Wajnberg, P Audantb & R Feyereisenb. 2012. Antifeedant activity of *Jatropha gossypifolia* and *Melia azedarach* senescent leaf extracts on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and their potential use as synergists. *Pest Management Science*. 68: 1255-1264.
- CRUZ I, MLC FIGUEIREDO, RB SILVA & JE FOSTER. 2010. Efficiency of chemical pesticides to control *Spodoptera frugiperda* and validation of pheromone trap as a pest management tool in maize crop. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*. 9: 107-122.
- CRUZ I. 1995. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. Sete Lagoas: *Embrapa-CNPMS*, 1995. 45p. (Embrapa-CNPMS. Circular Técnica, 21).
- DAMALAS CA & IG ELEFTHEROHORINOS. 2011. Pesticide Exposure, Safety Issues, and Risk Assessment Indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 8: 1402-1419.
- DUGRAVOT S, N MONDY, N MANDON & E THIBOUT. 2005. Increased sulfur precursors and volatiles production by the leek *Allium porrum* in response to specialist insect attack. *Journal of Chemical Ecology*. 31: 1299-1314.
- FARIAS PRS, JC BARBOSA & AC BUSOLI. 2001. Amostragem Sequencial (Presença-Ausência) para *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na Cultura do Milho. *Neotropical Entomology*. 30: 691-695.

- FENG C, W HONGYUE, N LU, T CHEN, H HE, Y LU & MX TU. 2014. Log-transformation and its implications for data Analysis. *Shanghai Archives of Psychiatry*. 26: 105-109.
- FERREIRA JB DE S, LRA ALVES, LCB GOTTARDO & M GEORGINO. 2010. Dimensionamento do custo econômico representado por *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho no Brasil. Piracicaba: *Sociedade brasileira de economia administração e sociologia rural*, 2010. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/15/1168.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2020.
- GESRAHA MA & AR EBEID. 2019. Impact of sulfur dust application on the abundance of two important coccinellid predators in marrow fields. *National Research Centre*. 2019. 43:34.
- GIBSON DM, JJ KENNELLY, FX AHERNE & GW MATHISON. 1988. Efficacy of sulfur dioxide as a grain preservative. *Animal Feed Science and Technology*. 19: 203-218.
- GREEN LF. 1976. Sulphur dioxide and food preservation – A review. *Food Chemistry*. 1: 103-124.
- GUERREIRO JC, PH CAMOLESE & AC BUSOLI. 2013. Eficiência de inseticidas associados a enxofre no controle de *Spodoptera frugiperda* em milho convencional. *Scientia Agraria Paranaensis*. 12: 275-285. Hawkins DM. 2004. The problem of over fitting. *Journal of Chemical Information and Computer Science*. 44: 1-12.
- HEIDEMANN RA, AV PHOENIX, K KARAN & LA BEHIE. 2001. A chemical equilibrium equation of state model for elemental sulfur and sulfur-containing fluids. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 40: 2160-2167.
- IDA T, M ANDO & H TORAYA. 2000. Extended pseudo-Voigt function for approximating the Voigt profile. *Journal of Applied Crystallography*. 33: 1311-1316.
- JOHNSON CS, PM PHIPPS & MK BEUTE. 1985. *Cercospora* Leafspot Management Decisions: An Economic Analysis of a Weather-Based Strategy for Timing Fungicide Applications. *Peanut Science*. 12: 82-85.
- JUAREZ ML, MG MURUA, MG GARCIA, M ONTIVERO, MT VERA, JC VILARDI, AT GROOT, AP CASTAGNARO, G GASTAMINZA & E WILLINK. 2012. Host association of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) corn and rice strains in Argentina, Brazil, and Paraguay. *Journal of Economic Entomology*. 105: 573-582.
- KHAN RR, RA ALI, A ALI, M ARSHAD, S MAJEED & S AHMED. 2018. Compatibility of entomopathogenic nematodes (Nematoda: Rhabditida) and the biocide, spinosad for mitigation of the armyworm, *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 28:58.

- KIMA MJ, K KIMA, T-BO DINGB, JH KIMC, IH JEONGD, DH KWONC & SH LEE. 2019. Residual contact vial method for the rapid on-site detection of insecticide resistance in *Thrips palmi*. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 22: 584-588.
- KWIATKOWSKI A & E CLEMENTE. 2007. Características do milho doce (*Zea mays*) para industrialização. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*. 1: 93-103.
- LANDRY J, S L-DELAPORTE & F FERRON. 1991. Foliar application of elemental sulphur on metabolism of sulphur and nitrogen compounds in leaves of sulphur-deficient wheat. *Phytochemistry*. 30: 729-732.
- LIMA LG & EJ ASSMANN. 2015. Desfolha causada pela *Spodoptera frugiperda* em milho com diferentes biotecnologias. *Revista Cultivando O Saber*. Edição Especial: 56-66.
- LIU YB. 2019. Sulfur Dioxide fumigation for postharvest control of mealybugs on harvested table grapes. *Journal of Economic Entomology*. 112: 597-602.
- LLORENS E, C AGUSTÍ-BRISACH, AI GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, P TRONCHO, B VICEDO, T YUSTE, M ORERO, C LEDÓ, P GARCÍA-AGUSTÍN & L LAPEÑA. 2017. Bioassimilable sulphur provides effective control of *Oidium neolycopersici* in tomato, enhancing the plant immune system. *Pest Management Science*. 73: 1017-1023.
- LUCHETA AR & MR LAMBAIS. 2012. Sulfur in agriculture. *Revista Brasileira Ciênicas do Solo*. 36: 1369-1379.
- MANAL AA, ABD EL-RAZIK & MSM ZAKARIA. 2013. Joint action of two novel insecticides mixtures with Insect growth regulators, synergistic compounds and conventional insecticides against *Spodoptera littoralis* (Boisd.) larvae. *American Journal of Biochemistry and Molecular Biology*. 3: 369-378.
- MELO EP, PE DEGRANDE, ISL JUNIOR, R SUEKANE, C KODAMA & MG FERNANDES. 2014. Disposição espacial e injúrias da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho. *Revista Ceres*. 61: 343-349.
- MENDEZ WA, J VALLE, JE IBARRA, J CISNEROS, DI PENAGOS & T WILLIAMS. 2002. Spinosad and nucleopolyhedrovirus mixtures for control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. *Biological Control*. 25: 195-206.
- MIDEGA CAO, JO PITTCHARA, JA PICKETT B, GW HAILUA & ZR KHAN. 2018. A climate-adapted push-pull system effectively controls fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J E Smith), in maize in East Africa. *Crop Protection*. 105: 10-15.
- OKUMURA RS, DC MARIANO, AAN FRANCO, PVC ZACCHEO & TO ZORZENONI. 2013. Sweet corn: Genetic aspects, agronomic and nutritional traits. *Applied Research and Agrotechnology*. 6: 105-114.

- OLSON S. 2015. An analysis of the biopesticides market now and where it is going. *Outlooks on Pest Management*. 26: 203-206.
- ORDÓÑEZ-GARCÍA M, C RIOS-VELASCO, DI BERLANGA-REYES, CH ACOSTA-MUÑIZ, MÁ SALAS-MARINA & OJ CAMBERO-CAMPOS. 2015. Occurrence of natural enemies of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Chihuahua, Mexico. *Florida Entomologist*. 98: 843-847.
- PASSOA S. 1991. Color identification of economically important *Spodoptera* larvae in Honduras (Lepidoptera: Noctuidae). *Insecta Mundi*. 5: 185-196.
- PLANO D, E LIZARRAGA, M FONT, JA PALOP & C SANMARTIN. 2009. Thermal stability and decomposition of sulphur and selenium compounds. *Journal Therm Anal Calorim*. 98: 559-566.
- QUARESMA AG. 2017. Políticas públicas para a pós-graduação: expansão e desafios para o mestrado profissional no Brasil. *Revista Internacional de Educação Superior*. 3: 706-718.
- REED GF, F LYNN & BD MEADE. 2002. Use of coefficient of variation in assessing variability of quantitative assays. 2002. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology*. 9: 1235-1239.
- RIBEIRO JUNIOR JL & ALP MELO. 2009. *Guia prático para utilização do SAEG*. Viçosa, MG. Editora UFV, 288p.
- SANTOS PHAD, MG PEREIRA, RS TRINDADE, KS CUNHA, GC ENTRINGER & JCF VETTORAZZI. 2014. Agronomic performance of super-sweet corn genotypes in the north of Rio de Janeiro. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 14: 8-14.
- SARMENTO RA, RWS AGUIAR, RASS AGUIAR, SMJ VIEIRA, HG OLIVEIRA & AM HOLTZ. 2002. Revisão da biologia, ocorrência e controle de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) em milho no Brasil. *Bioscience Journal*. 18: 41-48.
- SHARANABASAPPA, CM KALLESHWARASWAMY, J POORANI, MS MARUTHI, HB PAVITHRA & J DIRAVIAM. 2019. Natural enemies of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), a recent invasive pest on maize in South India. *Florida Entomological Society*. 102: 619-623.
- SILVA PRA, TPS CORREIA, SFG SOUSA & TM MILLANI. 2015. Análise econômica de milho convencional e transgênico em dois sistemas de preparos de solo. *Engenharia Agrícola*. 35: 1032-1041.
- TABATABAI MA. 1984. Importance of sulphur in crop production. *Biogeochemistry*. 1: 45-62.

- VALICENTE FH & MR BARRETO. 1999. Levantamento dos inimigos naturais da lagarta do cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), na região de Cascavel, PR. *Anais Sociedade Entomologica Brasil*. 28: 333-337.
- WRIGHT PJ, R GARDNER-GEE, GP WALKER & DI HEDDERLEY. 2015. Effect of sulphur foliar applications on the tomato-potato psyllid (*Bactericera cockerelli*) in a potato crop. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 43: 59-67.
- XU P, B YU, FL LI, XF CAI & CQ MA. 2006. Microbial degradation of sulfur, nitrogen and oxygen heterocycles. *Trends Microbiol*. 14: 398-405.
- ZAPPALA L, G SISCARO, A BIONDI, O MOLLA, J GONZALEZ-CABRERA & A URBANEJA. 2012. Efficacy of sulphur on *Tuta absoluta* and its side effects on the predator *Nesidiocoris tenuis*. *Journal of Applied Entomology*. 1: 401-409.