



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

DISSERTAÇÃO

ATRATIVOS PARA CAPTURA DE ADULTOS DE *Spodoptera frugiperda*

(J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

IZABELA NUNES DO NASCIMENTO

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



ATRATIVOS PARA CAPTURA DE ADULTOS DE *Spodoptera frugiperda*

(J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

IZABELA NUNES DO NASCIMENTO

Sob a Orientação do Professor
Jacinto de Luna Batista

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestra em Agronomia, área de concentração Agricultura Tropical.

Areia – PB

Abril de 2017

Catálogo na publicação
Seção de Catálogo e Classificação

N244m Nascimento, Izabela Nunes do.

MANEJO INTEGRADO DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) COM O USO DE ATRATIVOS PARA CAPTURA DE ADULTOS / Izabela Nunes do Nascimento.

- Areia, 2018.

48 f. : il.

Orientação: Jacinto de Luna Batista.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/Centro de Ciênc.

1. atratividade. 2. controle comportamental. 3. lagarta-do-cartucho. I. Batista, Jacinto de Luna. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA


UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CERTIFICAÇÃO DE APROVAÇÃO

ATRATIVOS PARA CAPTURA DE ADULTOS DE *Spodoptera frugiperda*


(J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

AUTORA: IZABELA NUNES DO NASCIMENTO

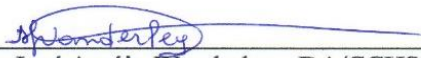
Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de MESTRA em Agronomia
(Agricultura Tropical) pela comissão examinadora:




Prof. Dr. Jacinto de Luna Batista – DFCA/CCA/UFPB
(Orientador)



Prof. Dr. Leonardo Dantas da Silva – DA/CCHSA/UFPB
(Examinador)




Prof.ª. Dr. Maria José Araújo Wanderley - DA/CCHSA/UFPB
(Examinadora)



Dr. Robério de Oliveira – PNPD/CCA/UFPB
(Examinador)

Data da realização: 20 de Abril de 2017.


Presidente da Comissão Organizadora
Dr. Jacinto de Luna Batista
(Orientador)

“As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém leais com o que pensamos e sonhamos (...)”

Paulo Beleki

Agradeço...

À Deus pela vida e por ter me fortalecido em todos os momentos;

Aos meus pais Maria Nunes e Ivaldo Marques pelo amor incondicional dedicado em todos os momentos;

Aos meus irmãos Islânia, Izaquiel, Isnádia e Israele Nunes por todo amor e companheirismo nessa longa jornada;

Agradeço pelo apoio e incentivo. Ao meu noivo Jefferson Santos, pela compreensão e amor dedicado em todos os momentos;

Ao Professor Dr. Jacinto de Luna Batista, pela assistência, confiança, ensinamentos e paciência.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do CCA da UFPB pela oportunidade de realização do curso.

Aos meus queridos amigos Mirelly Miguel, Samara Dayse, Adelaido Araújo, Cristine Agrine, Michele Carvalho, Luan Nunes, Haron Salvador, pela amizade e carinho.

À todos os colegas do Laboratório de Entomologia do CCA/UFPB, pelo companheirismo e amizade, Mileny Souza, Robério Oliveira, Wennia Figueiredo, Gilmar Nunes, Severino, Wallamys Lourenço, Thais Vitoriano, Seu Nino, em especial a Gemerson Oliveira.

NASCIMENTO, I. N. **Atrativos para captura de adultos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae).** Areia-Paraíba: Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Abr. 2017, 48 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Orientador: Jacinto de Luna Batista.

RESUMO GERAL

Considerando que a lagarta *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) é uma das pragas mais nocivas à cultura do milho no Brasil, objetivou-se com essa pesquisa verificar a atratividade de produtos e Diodos Emissores de Luz de diferentes cores, a adultos dessa espécie, bem como a preferência alimentar e interferência de inseticida sintético associado aos atrativos alimentares. A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Entomologia do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba – CCA/UFPB, Areia- PB. Em um primeiro momento foi avaliada a eficiência de seis atrativos alimentares (proteína hidrolisada de milho (Bio Anastrepha®), melaço, sacarose, suco de uva, proteína hidrolisada de milho (Milhocina®), phenylacetaldehyde (PAA), além de um tratamento com inseticida e outro com água destilada (controle)). A avaliação da eficiência de cada atrativo foi feita em 01, 24, 48 e 72 horas após a instalação, contabilizando-se o número de insetos capturados. Destes, foram selecionados os três produtos mais atrativos, associando-os ao inseticida Premio®. Com 48 horas de exposição aos tratamentos, foi avaliada a atração e mortalidade dos insetos adultos. No segundo ensaio, para avaliação de atrativos luminosos foram utilizadas como fonte de luz lâmpadas Ultra LED nas cores: amarela, verde, branca, vermelha e azul. As avaliações dos adultos capturados foram procedidas em 01, 24, 48 e 72 horas da liberação dos insetos adultos. Os dados de captura foram submetidos à análise de distribuição Beta, processadas por meio do SAS, e as

médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para avaliar o efeito dos atrativos ao longo dos períodos de exposição os dados foram submetidos a análise de regressão. O Composto aromático phenylacetaldehyde (PAA), seguido pela proteína hidrolisada de milho (Milhocina®) e suco de uva apresentam atratividade superior aos demais produtos testados. O inseticida quando associado ao suco de uva e a milhocina, não provocou efeito antagônico. A lâmpada LED verde, seguida pelas LED's amarela e branca são as mais atrativas para adultos de *S. frugiperda*.

Palavras-chave: atratividade; controle etológico; lagarta-do-cartucho

ABSTRACT

The caterpillar *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) is one of the most harmful pests to the maize crop in Brazil. Then, the objective of this research was to verify the attractiveness of products and light-emitting diodes (LEDs) of different colors to adults of this species, as well as the interference of synthetic insecticide associated to the feeding attractants. The research was performed at the Laboratory of Entomology of the Department of Phytotecny and Environmental Sciences of the Center of Agricultural Sciences of the Federal University of Paraíba (CCA/UFPB), Areia, Paraíba State. Initially, it was evaluated the efficiency of six feeding attractants, hydrolyzed maize protein (Bio Anastrepha[®]), molasses%, sucrose, grape juice, hydrolyzed maize protein (Milhocina[®]), phenylacetaldehyde (PAA), additional treatment with insecticide, and distilled water (control). The evaluation of the efficiency of each attractant was performed after 01, 24, 48, and 72 hours, counting the number of captured insects. Then, the three most attractive products were selected, associating them with the insecticide Premio[®]. After 48 hours of exposure to the treatments, the attraction and mortality of adult insects were evaluated. In the second assay, different ultra-LED lights were used as colors sources: yellow, green, white, red, and blue. The evaluations of the captured adults were performed after 01, 24, 48, and 72 hours of adult insect release. The data of capture were submitted to the Beta distribution analysis, using the SAS software, and the means of the treatments were compared by the Tukey test with 5% of error probability. To evaluate the effect of the attractants during the exposure periods, the data were submitted to regression analysis. The aromatic compound phenylacetaldehyde (PAA), followed by the hydrolyzed maize protein (Milhocina[®]), and grape juice showed higher attractiveness

than the other tested products. The insecticide, when associated with grape juice and Milhocina[®], did not promote an antagonistic effect. The green LED lamp together with the yellow and white is the most attractive for the *S. frugiperda* adults.

Keywords: attractiveness; ethological control; maize caterpillar

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I. Seleção de atrativos alimentares para o manejo de *Spodoptera frugiperda*

(J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)

- Figura 1.** Apresentação do esquema completo da arena (A), detalhe de pote para confinamento dos adultos de *Spodoptera frugiperda* (B), Tubo de apoio (C), e armazenamento dos atrativos alimentares (D).....24
- Figura 2.** Detalhe da arena de confinamento de adultos de *Spodoptera frugiperda* (A) e recipiente onde foram colocados os atrativos alimentares (B).....25
- Figura 3.** Atratividade a adultos de *Spodoptera frugiperda* em função do período de exposição do atrativo (1, 24, 48 e 72 h).....26

ARTIGO II. Diodos emissores de luz (LED) como atrativos luminosos para adultos

Spodoptera frugiperda **(J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)**

- Figura 1.** Lâmpadas utilizadas no experimento (A), esquema completo da arena (B).....47
- Figura 2.** Atratividade das lâmpadas LED sobre adultos de *Spodoptera frugiperda* em função do período de exposição (1, 12, 24, 48 e 72 h).....48

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I. Seleção de atrativos alimentares para o manejo de *Spodoptera frugiperda*

(J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)

Tabela 1. Efeito de diferentes produtos na atratividade a adultos (machos e fêmeas) de

Spodoptera frugiperda (temperatura de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas)..... 27

Tabela 2. Mortalidade (%) de adultos (machos e fêmeas) de *Spodoptera frugiperda*

submetidos a atrativos alimentares com e sem inseticida (temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas).....28

ARTIGO II. Diodos emissores de luz (LED) como atrativos luminosos para adultos

Spodoptera frugiperda (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)

Tabela 1. Classificação das cores segundo o comprimento de onda, a frequência da luz e a

iluminância.....45

Tabela 2. Percentagem de adultos de *S. frugiperda* atraídos pelas lâmpadas LED em

condições de laboratório.....46

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
REFERÊNCIAS	4
SELEÇÃO DE ATRATIVOS ALIMENTARES PARA O MANEJO DE <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)	8
RESUMO	8
ABSTRACT	9
INTRODUÇÃO	10
MATERIAL E MÉTODOS	12
<i>Criação de S. frugiperda</i>	12
<i>Avaliação da atração alimentar</i>	13
<i>Avaliação da interferência de inseticida nos atrativos alimentares</i>	14
RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
<i>Avaliação da atração alimentar</i>	15
<i>Avaliação da interferência de inseticida nos atrativos alimentares</i>	17
CONCLUSÃO	18
REFERÊNCIAS	19
Diodos emissores de luz (LED) como atrativos luminosos para adultos <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)	29
RESUMO	29
ABSTRACT	30
INTRODUÇÃO	31
MATERIAL E MÉTODOS	34
<i>Criação de S. frugiperda</i>	34
<i>Testes de atratividade</i>	35
RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS	39

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de milho, ocupando a terceira posição com 77,5 milhões de toneladas na safra de 2015/2016, sendo superado apenas pelos Estados Unidos e China, com 345,5 e 224,6 milhões de toneladas, respectivamente (USDA, 2017). O milho é cultivado em todo o território nacional e praticamente o ano todo, apesar de sua expressiva importância para o uso industrial, um dos fatores que podem comprometer o rendimento e a qualidade da produção de milho é a incidência de pragas. O inseto praga mais importante dessa cultura no Brasil é a *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (NAGOSHI *et al.*, 2007), pertencente à ordem Lepidoptera e a família Noctuidae.

A lagarta *S. frugiperda* é popularmente conhecida no Brasil como “lagarta-militar”, “lagarta-dos-milharais”, “lagarta-do-cartucho”, “lagarta-dos-capinzais”, “lagarta-dos-pastos” e “lagarta-dos-arrozais” (SILVA *et al.*, 1968; CARVALHO, 1970). A espécie é originária das zonas tropicais e regiões subtropicais das Américas (METCALF *et al.*, 1962). Assume grande importância no México, América Central e América do Sul (Cruz 1993). Recentemente foi detectada a presença da espécie pela primeira vez no continente Africano (GOERGEN *et al.*, 2016).

A espécie supracitada apresenta metamorfose completa, caracterizando-se por apresentar hábitos noturnos. O inseto adulto é uma mariposa que mede cerca de 35 mm de envergadura, com asas anteriores pardo-escuras e as posteriores apresentando-se branco-acinzentadas. A postura é feita normalmente nas folhas, depositados geralmente em número de 100 a 200 ovos em média (VALICENTE & TUELHER, 2009). Após a eclosão, as lagartas alimentam-se raspando o limbo foliar e, posteriormente, dispersam para o cartucho da planta, onde se alimentam perfurando as folhas jovens até completarem

a fase larval. Prestes a empupar, a lagarta abandona o cartucho e desce para formar a pupa no solo próximo a base da planta. Em condições de laboratório e sob temperatura média de 25°C, o período de incubação de ovos dura em torno de três dias, podendo ocorrer variações (ROSA *et al.*, 2012). Já a duração média da fase larval da *S. frugiperda*, nessa temperatura é de aproximadamente 22 dias, com um desenvolvimento de seis instares, a fase de pupa pode apresentar duração entre 6 a 17 dias, todos estes aspectos biológicos podem variar em função da alimentação e temperatura (MIRANDA *et al.*, 2010). A longevidade média das mariposas é de aproximadamente 12 dias (CRUZ, 1995). A duração do ciclo é de aproximadamente 30 a 40 dias, dependendo da temperatura e umidade (MURÚA & VIRLA, 2004). Nas regiões onde o inseto tem condições de sobreviver o ano todo pode haver de seis a nove gerações (AFONSO *et al.*, 2009).

A lagarta do cartucho alimenta-se da planta em todas suas fases de crescimento, mas tem preferência por cartuchos de plantas jovens, as lagartas de primeiro ínstar raspam o tecido da face adaxial da folha, deixando intacta a epiderme membranosa do outro lado, provocando o sintoma de folhas raspadas. Quando a lagarta atinge o segundo ínstar, ela começa a perfurar as folhas, indo em direção ao cartucho da planta, local onde permanece até próximo ao estágio de pupa. Do terceiro ínstar até o período de pré-pupa a lagarta consome grande quantidade de área foliar, destruindo a parte basal das folhas, as quais se quebram, e o potencial de crescimento da planta é reduzido (CAPINERA, 2000).

O controle da *S. frugiperda* é feito tradicionalmente através de inseticidas químicos, no Brasil, para a cultura do milho, encontram-se registrados 162 produtos comerciais para o controle de *S. frugiperda*, distribuídos nos grupos dos piretróides, carbamatos, benzoiluréias, espinosinas, oxadiazinas, meticarbamato de oximas, neonicotinóides e diacilhidrazinas (AGROFIT, 2017). Sendo que o uso indiscriminado, caracterizado pelo

aumento da dose e a frequência nas aplicações intensificou o desenvolvimento da resistência de populações aos principais grupos de inseticidas sintéticos (YU *et al.*, 2003).

Em face de situações de uso contínuo do controle convencional e consequente ineficiência na redução populacional dessa praga, o uso do controle biológico com entomopatógenos e a liberação de outros organismos vivos para controlar a *S. frugiperda* já tem sido relatado com sucesso, como exemplo pode-se destacar o parasitoide *Trichogramma* ssp. que utiliza ovos desse lepidóptero como hospedeiro interrompendo assim o ciclo biológico (CAMERA *et al.*, 2010). Também o uso de variedades de milho geneticamente modificadas (Bt), que tem gene clonado da bactéria *Bacillus thuringiensis*, que codifica uma proteína tóxica à praga, fazendo com que híbridos transgênicos Bt de milho apresentem menores danos causados pela praga quando comparados com os híbridos de milho convencionais (WAQUIL *et al.*, 2013).

Além dos métodos de controle supracitados, há uma tendência de busca de pesquisas pela captura do inseto adulto. Com os avanços tecnológicos na agricultura e a tentativa de implantar um manejo cada vez mais eficaz, integrando os vários tipos de controle, novos métodos vem sendo estudados, dentre eles, o uso de atrativos alimentares e luminosos para a captura de insetos praga. Estes métodos constituem uma alternativa promissora para a redução dos custos de produção de algumas culturas. São técnicas que possuem alta especificidade, não apresentam nenhum efeito deletério às espécies que não são objeto de controle e nenhum resíduo químico é depositado no meio ambiente ou no alimento produzido.

O uso de atraentes em armadilhas é considerado uma das táticas mais importantes no sistema de manejo integrado dessa praga, segundo Mcinnis (1989), dentre os fatores visuais utilizados na localização do recurso, estão a cor, o tamanho e a forma do

hospedeiro, e dentre os estímulos químicos, os nutrientes, as substâncias voláteis, os fagoinibidores e os fagoestimulantes. Desse modo, é muito importante desenvolver atrativos que possuam a capacidade efetiva na atração dos adultos de *S. frugiperda* para armadilhas, no intuito de monitorar e reduzir a população dessa praga e, conseqüentemente, os seus danos e prejuízos.

Dentro de uma perspectiva de busca por técnicas que possam auxiliar no manejo integrado objetivou-se com o presente estudo avaliar a preferência de adultos de *S. frugiperda* por diferentes atrativos alimentares e por Diodos Emissores de Luz de diferentes cores.

REFERÊNCIAS

- Afonso, APS, Wrege M & Martins JFS & Nava DE (2009) Simulação do zoneamento ecológico da lagarta-do-cartucho no Rio Grande do Sul com o aumento de temperatura. Arquivos do Instituto Biológico, 76:607- 612.
- Agrofit (Sistema de agrotóxicos fitossanitários (2017) Disponível em:<http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acessado em 19 Janeiro de 2017.
- Camera C, Dequech STB, Ribeiro LP & Querino RB (2010) Primeiro relato de *Trichogramma rojasi* parasitando ovos de *Spodoptera frugiperda*. Ciência Rural, 40:1828-1830.
- Capinera JL (2000) Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). Florida: University of Florida Cooperative Extension Service; Institute of Food and Agricultural Sciences. 6 p.

Carvalho RPL (1970) Danos, flutuação da população, controle e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) e suscetibilidade de diferentes genótipos de milho, em condições de campo. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 170p.

Cruz, I (1993) Recomendações técnicas para o cultivo do milho: principais pragas e seu controle. Brasília, EMBRAPA-SPI. 204p.

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

Goergen, G, Kumar PL, Sankung SB, Togola A & Tamô M (2016) First report of outbreaks of the Fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central África. Plos One, 11:1-9.

McInnis DO (1989) Artificial oviposition sphere for Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae) in field cages. Journal of Economic Entomology, 5: 1382-1385.

Metcalf C, Flint WPJ & Metcalf RL (1962) Destructive and useful insects: their habits and control. 4^a ed. New York, Mc Graw. 1087p.

Miranda JE, Moreira MD & Siqueira JR (2010) Aspectos biológicos e exigências térmicas da lagarta-militar no algodoeiro. Revista Brasileira Oleaginosas e fibrosas, 14:107-113.

Murúa G & Virla E (2004) Population parameters of *Spodoptera frugiperda* (SMITH) (Lepidoptera: Noctuidae) fed on corn and two predominant grasses in Tucuman (Argentina). Acta Zoológica Mexicana, 20:199-210.

Nagoshi RN, Silvie P, Meagher LR, Lopez J & Machado V (2007) Identification and Comparison of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) host strains in Brazil, Texas, and Florida. *Annals of the Entomological Society of America*, 100:394-402.

Rosa APA, Trecha CO, Alves AC, Garcia L & Gonçalves VP (2012) Biologia e tabela de vida de fertilidade de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH) em linhagens de milho. *Arquivos do Instituto Biológico*, 79:39-45.

Silva AGd'A, Gonçalves CR, Galvão DM, Gonçalves AJL, Gomes J, Silva MN & Simoni L (1968) Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. 422p.

USDA-ESTADOS UNIDOS Department of Agriculture (2017). Disponível em: <https://www.usda.gov/> >. Acesso em: 22 de Fevereiro de 2017.

Valicente FH & Tuelher ES (2009) Controle Biológico da Lagarta do Cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com Baculovírus. Sete Lagoas, EMBRAPA. 14p. (Circular Técnica).

Waquil JM, Dourado PM, Carvalho RA, Oliveira WS, Berger GU, Head G P & Martinelli S (2013) Manejo de lepidópteros-praga na cultura do milho com o evento Bt piramidado Cry1A.105 e Cry2Ab2. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48:1529-1537.

Yu SJ, Nguyen SN & Abo-Elghar GE (2003) Biochemical characteristics of insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 77:1-11.

Artigo I

SELEÇÃO DE ATRATIVOS ALIMENTARES PARA O MANEJO DE

Spodoptera frugiperda (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

SELEÇÃO DE ATRATIVOS ALIMENTARES PARA O MANEJO DE

Spodoptera frugiperda (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

RESUMO

A lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda*, é considerada a praga mais importante da cultura do milho. No intuito de oferecer alternativas de manejo que possam ser integradas com outras táticas, o objetivo deste trabalho foi verificar a preferência alimentar e a interferência do inseticida Premio® associado aos atrativos alimentares, na captura de adultos de *S. frugiperda*. Foram realizados testes de preferência alimentar com os atrativos: proteína hidrolisada de milho (Bio Anastrepha®) a 5%, melaço a 10%, sacarose a 5%, suco de uva a 30%, proteína hidrolisada de milho (Milhocina®) a 5%, phenylacetaldehyde (0,0075 ml), inseticida e como controle água destilada. Selecionou-se os atrativos mais eficientes para captura dos insetos sendo estes associados ao inseticida Premio®, para análise de alteração na atratividade. O (PAA), seguido pela Milhocina® e o suco de uva apresentam atratividade superior em relação aos demais produtos testados sobre adultos de *S. frugiperda*. O inseticida quando associado ao suco de uva e a Milhocina não afetam a atratividade aos adultos de *S. frugiperda*.

Palavras-chave: controle comportamental; lagarta do cartucho; phenylacetaldehyde

SELECTION OF FEEDING ATTRACTANTS FOR THE MANAGEMENT OF

Spodoptera frugiperda (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

ABSTRACT

The caterpillar *Spodoptera frugiperda* is considered the most important pest of the maize crop. In order to offer alternatives of management that can be integrated with other strategies, the objective of this work was to verify the feeding preference and interference of the Premio[®] insecticide associated to the feeding attractants in the capture of *S. frugiperda* adults. The following attractants were tested: 5% hydrolyzed maize protein (Bio Anastrepha[®]), 10% molasses, 5% sucrose, 30% grape juice, 5% hydrolyzed maize protein (Milhocina[®]), phenylacetaldehyde, insecticide, and the control (water). Based on the feeding preference test, the attractants Milhocina[®], grape juice, phenylacetaldehyde (PAA) and associated with the insecticide Premio[®] were selected for the analysis of the alteration in the attractiveness. The aromatic compound phenylacetaldehyde (PAA) together with the hydrolyzed maize protein (Milhocina[®]), and grape juice present superior attractiveness compared to the other tested products on *S. frugiperda* adults. The insecticide when associated with grape juice and maize does not affect the attractiveness to the *S. frugiperda* adults.

Keywords: behavioral control; maize caterpillar; phenylacetaldehyde

INTRODUÇÃO

A lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda*, por ser polífaga, utiliza vários hospedeiros de ocorrência comum nos diferentes agroecossistemas. Casmuz *et al.* (2010) relataram a ocorrência dessa espécie em aproximadamente 186 espécies de plantas pertencentes a 42 famílias diferentes, em sua zona de distribuição e ocorrência. Sendo portanto, a alimentação um fator importante no desenvolvimento do inseto, afetando diretamente os aspectos biológicos, comportamentais e de sobrevivência da praga. É uma das principais pragas da cultura do milho, cujos prejuízos causados podem ocasionar redução no rendimento de grãos em até 60%, de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura, o ataque pode ocorrer desde a fase de emergência das plântulas até a fase reprodutiva da cultura (CRUZ, 2008; CRUZ *et al.*, 2013).

As estratégias utilizadas para o controle da *S. frugiperda* incluem o uso de inseticidas químicos, sendo realizadas até 14 aplicações/ciclo na cultura do milho no Brasil (VALICENTE & TUELHER, 2009), o uso de variedades de milho geneticamente modificadas (milho Bt), gene clonado da bactéria *Bacillus thuringiensis*, que codifica uma proteína tóxica à praga. No entanto, com o uso intensivo dos híbridos de milho Bt, principalmente dos que expressam a proteína Cry1F, vários casos de falha no controle de *S. frugiperda* foram registrados em diversas regiões brasileiras. Uma possível explicação é o baixo uso de refúgio (RESENDE *et al.*, 2014), prática que tem sido recomendada para o manejo da resistência (MARTINELLI & OMOTO, 2005). Recomenda-se o uso de diferentes táticas integradas de controle como o controle cultural, biológico e comportamental e se necessário utilizar o controle com inseticidas sintéticos. Considerando o número elevado de aplicações de inseticidas químicos, os possíveis danos causados ao ambiente e aos inimigos naturais presentes nas lavouras (MIRANDA &

FERREIRA, 2005), o custo (RICHETTI *et al.*, 2001), a dificuldade de controle e a grande quantidade de hospedeiros disponíveis ao longo do ano, novas táticas de controle devem ser avaliadas (LIMA; LARA, 2004).

O uso de semioquímicos e atrativos alimentares, em ações de controle de insetos praga está de acordo com o modelo recomendado para a agricultura do futuro. É uma técnica que tem alta especificidade, não apresentando nenhum efeito deletério às espécies que não são objeto de controle e nenhum resíduo químico é depositado no meio ambiente ou no alimento produzido. As pesquisas com semioquímicos realizadas em todo o mundo já contemplaram estudos com 103 dos 447 insetos-praga do agronegócio brasileiro, o que representa 23% do total de espécies (ZARBIN *et al.*, 2009). Dentre os semioquímicos identificados estão os feromônios sexuais e de agregação, compostos atrativos utilizados em armadilhas, compostos florais e compostos glandulares, entre outros (ZARBIN *et al.*, 2009). Ainda segundo os autores, entre as pragas da cultura do milho, sete já possuem algum semioquímico identificado. Dentre estas, apenas a *S. frugiperda* e a *Helicoverpa armigera* possuem produto comercial registrado para seu monitoramento, sendo estes, Bio Spodoptera® e Bio Helicoverpa® os únicos existentes no mercado nacional.

As substâncias químicas que indicam a presença do alimento são, em muitos casos, compostos secundários de plantas que estimulam as células quimiorreceptoras localizadas nas sensilas gustativas dos tarsos, antenas e partes do aparelho bucal dos insetos, e que induzem, entre outras ações, a alimentação e a oviposição (NATION, 2002). Vários atrativos como açúcar mascavo, sacarose, proteína hidrolisada de milho, sucos de frutas e vinagre de vinho são utilizados em armadilhas, para o monitoramento de insetos e, quando adicionados a inseticidas, são recomendados para o controle de pragas (NASCIMENTO *et al.*, 2000; GRAVENA & BENVENGA, 2003).

Com os avanços tecnológicos na agricultura e a tentativa de implantar um manejo cada vez mais eficaz, integrando os vários tipos de controle, novos métodos vem sendo estudados, inclusive o químico, baseado em iscas tóxicas, que pode ser um método promissor para o controle de adultos de *S. frugiperda*, contribuindo para a redução do uso de inseticidas e gerando benefícios para o ambiente. Grutzmacher *et al.* (2005) relataram a atratividade e mortalidade de adultos de *S. frugiperda* expostos ao inseticida cloridrato de cartape em mistura com diferentes atrativos, constataram que a maioria dos tratamentos com inseticida causou a mortalidade de adultos em até 20 horas após o tratamento em laboratório.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência de atrativos alimentares e a interferência de inseticida associado aos atrativos alimentares, em adultos de *S. frugiperda*.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Entomologia do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba – CCA/UFPB. Os experimentos de atratividade foi realizado em ambiente climatizado sob condições de temperatura ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$), umidade relativa ($70 \pm 10\%$) e fotofase de 12 horas.

Criação de S. frugiperda

A criação dos insetos foi realizada em câmaras climatizadas tipo B.O.D., sob condições de temperatura ($25 \pm 1^{\circ}\text{C}$), umidade relativa ($70 \pm 10\%$) e fotofase de 12 horas. Os insetos utilizados nos experimentos foram provenientes da criação previamente estabelecida no laboratório de entomologia do CCA UFPB. As larvas eram individualizadas em tubos de vidro de fundo chato de 2,5 cm de diâmetro x 8,5 cm de

comprimento estes sendo tamponados com algodão e mantidos em câmara climatizada até a fase de pupa. Adotou-se a dieta padrão estabelecida por Nalim (1991) composta por feijão carioca, gérmen de trigo, levedura de cerveja, Nipagim, ágar, ácido ascórbico e ácido sórbico, sendo o conteúdo da dieta artificial preenchido até 1/4 da altura dos tubos. Após a sexagem das pupas, foram formados casais de *S. frugiperda*, colocando-se 10 casais em gaiolas de PVC (cloreto de polivinila) de 20 cm de diâmetro por 20 cm de altura revestido internamente com papel sulfite, com a extremidade superior coberta por tecido “voil” e inferior por material plástico.

Avaliação da atração alimentar

Para avaliação da frequência alimentar dos insetos adultos, foram testados os seguintes atrativos: proteína hidrolisada de milho (Bio Anastrepha®) a 5%, melaço a 10%, sacarose a 5%, suco de uva a 30%, proteína hidrolisada de milho (Milhocina®) a 5%, phenylacetaldehyde (PAA) 0,0075 ml, um inseticida Premio® (dose recomendada pelo fabricante para o controle de *S. frugiperda* em milho), tendo como controle água destilada, perfazendo um total de oito tratamentos com livre chance de escolha para os insetos.

Cada unidade experimental foi constituída de uma arena semelhante à descrita por Botelho *et al.* (1973), com modificações, consistindo em um recipiente de PVC revestido internamente com papel sulfite, com a extremidade superior e inferior vedadas com plástico transparente, com oito saídas formadas por tubos de PVC (22 cm x 4,0 cm) (Figura 1 A). Na parte inferior da arena foi aberto um orifício central, onde foi acoplado um recipiente de plástico preto (8 cm x 11 cm) utilizado para confinamento dos insetos (Figura 1 B) e um suporte de PVC de 20 cm de diâmetro, como estrutura para a arena (Figura 1 C). Na extremidade de cada tubo foi inserido um pote de 250 ml envolvido

internamente com cola entomológica, onde foram fixados com arames frascos contendo 4 ml do atrativo alimentar (Figura 1 D).

Em cada parcela, foram utilizados 18 adultos de *S. frugiperda* com idade de dois a três dias, mantidos sem alimento por 24 horas. A avaliação da eficiência de captura foi feita após 01, 24, 48 e 72 horas contabilizando-se o número de insetos capturados. Para análise da atratividade das mariposas aos produtos foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 8x2x4 (oito soluções atrativas, dois sexos, e quatro tempos de exposição às soluções atrativas) com cinco repetições. Os dados de captura foram submetidos à análise de distribuição Beta, processadas por meio do SAS (CODY, 2015) e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para avaliar o efeito dos atrativos ao longo dos períodos de exposição os dados foram submetidos à análise de regressão.

Avaliação da interferência de inseticida nos atrativos alimentares

Para análise dos produtos na captura de *S. frugiperda*, baseados no experimento anterior foram selecionados os melhores atrativos Milhocina, suco de uva e Phenylacetaldehyde com e sem o inseticida Premio® (dose recomendada pelo fabricante para o controle de *S. frugiperda* em milho). Os produtos foram expostos em uma arena (9 cm x 14 cm), em cada recipiente (Figura 2 A), foram colocados cinco adultos de *S. frugiperda* com dois a três dias de idade, mantidos sem alimento por 24 horas. Na lateral do recipiente, foi feito um orifício e inserido um cano de PVC (22 cm x 4,0 cm) ligado a outro recipiente de plástico (8 cm x 11 cm) que foi utilizado para colocar os produtos (Figura 2 B). Após 48 horas de exposição aos tratamentos, foi avaliada a atração e mortalidade dos insetos.

Para avaliar a alteração na resposta de *S. frugiperda*, foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, teste sem chance de escolha, em esquema fatorial 6x2, sendo seis soluções atrativas e dois sexos, com quatro repetições. Os dados de mortalidade foram submetidos à análise de distribuição Beta, processadas por meio do SAS (CODY, 2015) e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação da preferência alimentar

Na avaliação da atratividade a adultos de *Spodoptera frugiperda* verificaram-se diferenças estatísticas entre os tratamentos (Tabela 1). O composto floral phenylacetaldehyde apresentou uma atratividade superior a 80% sendo estatisticamente o produto mais eficiente entre os demais testados para fêmeas e machos.

A ação atrativa do PAA certamente está diretamente relacionada à sua composição química. Esse produto é um composto aromático floral (KNUDSEN *et al.*, 1993), presente em mel, trigo, maçã, damasco, mirtilo, cereja, toranja, goiaba, casca de laranja, pêssego, uva, aspargos, amora, mamão, melão, repolho, pimentão e folhas de aipo e flores. Há relatos da eficiência desse composto como atrativo para diversas espécies, sejam fitófagos ou agentes de controle biológico.

Flores de diversas espécies de plantas são fontes de atrativos químicos que podem ser usados em armadilhas para captura e monitoramento de várias espécies de insetos, com a possibilidade de integrar seu uso a outros métodos no manejo integrado de pragas. O PAA, têm sido objeto de várias pesquisas visando sua utilização como atrativo, seja sozinho ou combinado com outros compostos. Pesquisas relatam sua eficiência em atrair *Plecia nearctica* (Diptera: Bibionidae) (ARTHURS *et al.*, 2012); *Tuta absoluta*

(Lepidoptera: Noctuidae) (HEJAZI *et al.*, 2016); *Chrysodeixis erisoma* (Lepidoptera: Noctuidae) (LANDOLT *et al.*, 2011), entre outros. Existem relatos também de sua eficiência em atrair agentes de controle biológico como *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae), que é um predador importante no controle de pulgões (TÓTH *et al.*, 2006), o que poderia ser uma estratégia promissora visando a elevação da densidade populacional do predador e, conseqüentemente, o sucesso de um programa de controle biológico.

Os demais tratamentos testados, milhocina®, suco de uva e o controle (água) atraíram um número menor de adultos quando comparados ao PAA e não diferiram estatisticamente entre si. De uma maneira geral, os insetos fitófagos são atraídos em função da coloração, do odor exalado e da composição química-nutricional das plantas hospedeiras, o que seria um fator de orientação direcional para a colonização em uma determinada planta, e para suprimento de suas necessidades nutricionais imediatas ou reserva para suas fases biológicas posteriores. Chapman (1998) afirma que os recursos alimentares, principalmente para a reprodução dependem dos nutrientes acumulados durante a fase larval, apesar de muitas espécies de lepidópteros apresentarem hábitos alimentares na fase adulta. Jordão *et al.* (2010) observaram que o número de ovos não foi maior quando fêmeas de *Phthorimaea operculella* foram alimentadas com fontes de carboidratos em comparação com aquelas alimentadas apenas com água. Tal fato sugere que em algumas espécies a água pode suprir as necessidades do inseto tal como estimulantes alimentares compostos por carboidratos e fontes proteicas.

Em relação a atratividade houve diferença significativa entre as fontes nitrogenadas proteína hidrolisada de milho, a Milhocina® e a Bio Anastrepha® (Tabela 1). Essa diferença na capacidade de atração dessas proteínas comerciais disponíveis no

mercado nacional que são subprodutos originário da indústria de processamento de milho, pode ter ocorrido em função da composição, tipo de formulação e estabilidade do produto (RAGA, 2005; RAGA *et al.*, 2006). A diferença verificada sugere a relação entre o tipo de alimento a ser consumido e a necessidade ou exigência nutricional do inseto, ou até mesmo pelo simples aroma detectado.

Avaliando a atratividade dos produtos em relação a machos e fêmeas de *S. frugiperda*, verificou-se significância apenas quando o atrativo foi o suco de uva a 30%, em que as fêmeas tiveram preferência pelo referido atrativo. Fato semelhante foi verificado por Padilha (2015), ao avaliar o suco de uva entre outros atrativos alimentares para machos e fêmeas do lepidóptero *Grapholita molesta*. Os sucos de frutas, sacarose e outros carboidratos têm sido utilizados como atraentes pelo seu baixo preço e pela sua fácil aquisição no mercado. Nos sucos, a atratividade está relacionada à concentração de açúcares presentes, os quais estão diretamente relacionados à safra que deu origem e as condições do seu armazenamento (SANTOS *et al.*, 2009). Para os insetos, essa concentração de carboidratos é importante durante a maturação sexual e formação embrionária.

Constatou-se também que o percentual de atratividade do PAA aumentou com o tempo de exposição do atrativo (Figura 3) apresentando uma taxa de liberação progressiva, sendo significativamente maior às 72 horas. Esse fato torna-se importante no ajuste da frequência de avaliação ou distribuição de armadilhas visando controle ou monitoramento.

Avaliação da interferência de inseticida nos atrativos alimentares

A adição de um inseticida aos atrativos deveu-se ao fato de que esse produto registrado para a cultura poderia ser aplicado logo em seguida à utilização de um atrativo,

o que poderia comprometer a eficiência do atrativo utilizado. Verificou-se significativa mortalidade dos insetos quando os atrativos Milhocina® e suco de uva foram associados ao inseticida Premio® para machos e fêmeas de *S. frugiperda* (Tabela 2).

A associação entre produtos pode ter sido de natureza física ou química. A baixa porcentagem de mortalidade observada no tratamento contendo PAA como atrativo pode estar relacionada ao efeito repelente ou antagônico do inseticida quando associado ao PAA, uma vez que os demais atrativos utilizados de forma individual não provocaram nenhuma mortalidade ao inseto e que em experimento anterior o PAA foi o atrativo mais eficiente. O produto fitossanitário utilizado pertence ao grupo químico Diamida Antranílica, que age no processo de transmissão dos impulsos nervosos (moduladores de canais de cálcio) ativando a liberação irregular dos estoques de cálcio nas células, e fazendo com que o inseto sofra uma súbita cessação de alimentação, letargia, paralisia e por fim morte (HANNING, 2009). Tendo em vista que as Diamidas precisam ser ingeridas para iniciar sua atividade inseticida, supõe-se que a mistura (composto floral + inseticida) pode ter inibido a atratividade do PAA, provocando a não chegada do inseto até a armadilha.

CONCLUSÕES

O composto aromático phenylacetaldehyde é o produto mais eficiente em atrair machos e fêmeas de *Spodoptera frugiperda*.

O inseticida Premio® altera a atratividade, quando associado ao Phenylacetaldehyde, o mesmo não ocorre quando associado ao suco de uva e a proteína hidrolisada de milho Milhocina®.

O suco de uva atrai mais fêmeas do que machos de *Spodoptera frugiperda*.

REFERÊNCIAS

- Arthurs SP, Tofangsazi N, Meagher RL & Cherry R (2012) Attraction of *Plecia nearctica* (Diptera: Bibionidae) to floral lures containing phenylacetaldehyde. Florida Entomologist, 95:199–201.
- Botelho PSM, Silveira Neto S, Barbin D & Boreges CG (1973) Teste de atração de *Musca domestica* L. com luzes de diferentes comprimentos de onda. O Solo, 65:42-45.
- Casmuz A, Juárez ML, Socías MG, Murúa MG, Prieto S, Medina S, Willink E & Gastaminza G (2010) Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina, Mendoza, 69:209-231.
- Chapman RF (1998) The insects: structure and function. 4^a. ed. Cambridge, Cambridge University Press. 770p.
- Cruz I (2008) Manejo de pragas da cultura do milho. In: Cruz JC, Monteiro DKMAR & Magalhães PC (Eds.). A cultura do milho. Sete Lagoas, EMBRAPA MILHO E SORGO. p. 303-362.
- Cruz I, Valicente FH, Viana PA & Mendes SM (2013) Risco potencial das pragas de milho e de sorgo no Brasil. Sete Lagoas, EMBRAPA MILHO E SORGO. p.40 (Boletim técnico, 150).
- Cody R (2015) An introduction to SAS University Edition. Cary, NC. Statistical Analysis System Institute. 366p.
- Gravena S & Benvenga SR (2003) Manual prático para manejo ecológico de pragas do tomate. Jaboticabal, GRAVENA-MANECOL, p.144.

Grutzmacher AD, Martins JFS, Cunha US, Harterl WR & Franco DF (2005) Efeito do tratamento antecipado de sementes de arroz irrigado com os inseticidas fipronil e carbosulfano no controle de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae). In: Congresso Brasileiro de arroz irrigado, Santa Maria. Anais, ORIUM. p. 60-62.

Hanning GT, Zeigler M & Marcon PG (2009) Feeding cessation effects of chlorantraniliprole, a new anthranilic diamide insecticide, in a comparison with several insecticides in distinct chemical classes and mode-of-action groups. Pest Management science, 65:969-974.

Hejazi, M, Movahedi MF, Askari, O & Higbee BS (2016) Novel chemo-attractants for trapping tomato leafminer moth (Lepidoptera: Gelechiidae). Journal of Economic Entomology, 00:1-8.

Jordão AL, Nakano O & Janeiro V (2010) Adult carbohydrate feeding affects reproduction of *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). Neotropical Entomology, 39: 315-318.

Knudsen JT, Tollsten L & Bergstrom LG (1993) Floral scents – a checklist of volatile compounds isolated by headspace techniques. Phytochemistry, 33:253–280.

Landolt P, Jang E, Carvalho L & Pogue M (2011) Attraction of pest moths (Lepidoptera: Noctuidae, Crambidae) to floral lures on the Island of Hawaii. Entomological Society of America, 43:49–58.

Lima ACS & Lara FM (2004) Resistance of soybean genotypes to the silverleaf whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae). Neotropical Entomology, 33:71-75.

- Martinelli S & Omoto C (2005) Resistência de insetos a plantas geneticamente modificadas: relevância da implantação de estratégias proativas de manejo da resistência. *Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento*, 34:67-77.
- Miranda JE & Ferreira ACB (2005) Contra-ataque. Pelotas, GRANDES CULTURAS. p. 7-10. (Caderno Técnico Cultivar).
- Nalim DM (1991) Biologia, nutrição quantitativa e controle de qualidade das populações de *Spodoptera frugiperda* (J. E., 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em duas dietas artificiais. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 150p.
- Nascimento AS, Carvalho RS & Malavasi A (2000) Monitoramento populacional. In: Malavasi A & Zucchi RA. (Ed.). Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto, HOLOS. p. 109-112.
- Nation JL (2002) Nutrition. In: Nation JL. (Ed.). Insect physiology and biochemistry. Boca Raton, CRC PRESS. p.65-87.
- Padilha AC (2015) monitoramento de adultos de *Grapholita molesta* (BUSCK, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) em pomares de macieira (*Malus domestica*) submetidos à técnica da interrupção do acasalamento na região de São Joaquim, SC. Dissertação de mestrado. Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages. 93 p.
- Raga, A (2005) Incidência, monitoramento e controle de moscas-das-frutas na citricultura paulista. *Laranja*, 26:307-322.
- Raga A, Machado RA, Dinardo W & Strikis PC (2006) Eficácia de atrativos alimentares na captura de mosca-das-frutas em pomar de citrus. *Bragantia*, 65:337-345.

Resende DC, Mendes SM, Waquil JM, Duarte JO & Santos FA (2014) Adoção da área de refúgio e manejo de resistência de insetos em milho Bt. *Revista de Política Agrícola*, 23:119-128.

Richetti A & Melo Filho GA (2001) Aspectos socioeconômicos do algodoeiro. In: *Algodão: Tecnologia de produção*. Dourados, EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. p. 13-34.

Santos RSS, Klesener DF & Megier GA (2009) Dominadora. *Revista Cultivar - Hortaliças e Frutas*, 8:25-27.

Tóth M, Bozsik A, Szentkirályi F, Letardi A, Tabilio MR, Verdinelli M, Zandigiacomo P, Jekisa J & Szarukán I (2006) Phenylacetaldehyde: A chemical attractant for common green lacewings (*Chrysoperla carnea* s.l., Neuroptera: Chrysopidae). *European Journal of Entomology*, 103:267–271.

Valicente FH & Tuelher E S (2009) Controle biológico da lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com Baculovírus. Sete Lagoas, EMBRAPA. 14p. (Circular Técnica).

Zarbin PHG & Rodrigues ACM (2009) Feromônios de insetos: tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. *Química. Nova*, 32:722-731.

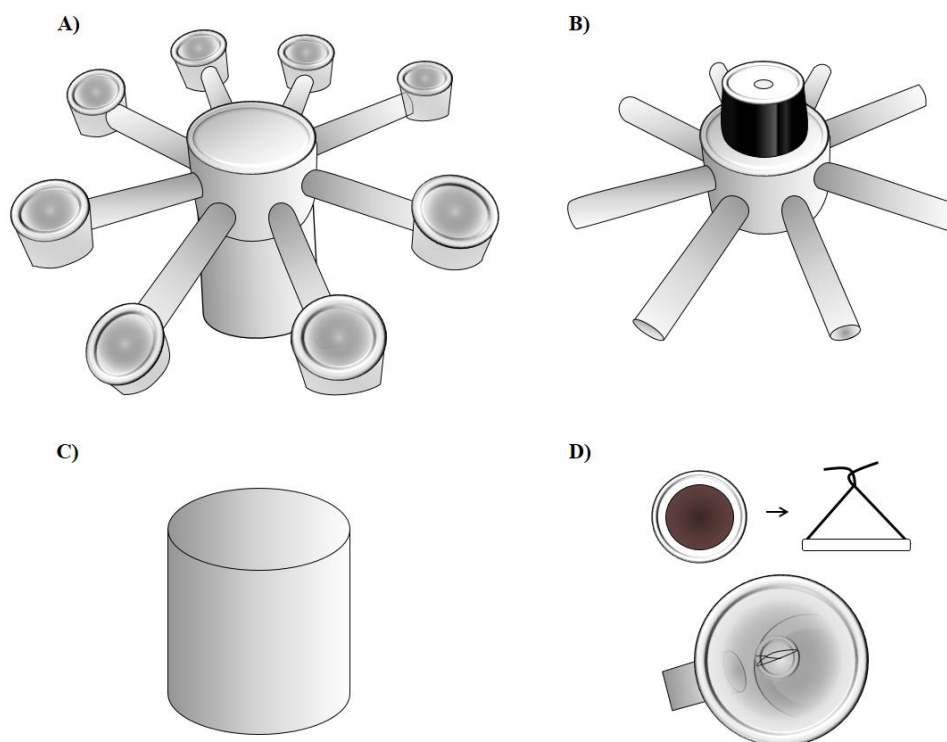


Figura 1. Apresentação do esquema completo da arena (A), detalhe do pote para confinamento dos adultos de *Spodoptera frugiperda* (B), Tubo de apoio (C), e armazenamento dos atrativos alimentares (D).

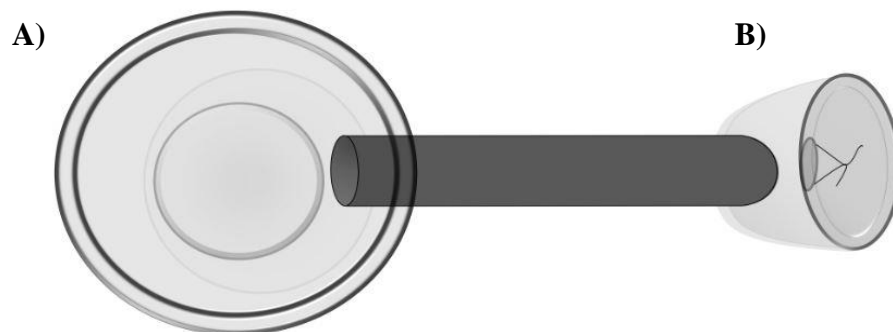


Figura 2. Arena para confinamento de adultos de *Spodoptera frugiperda* (A) e recipiente onde foram colocados os atrativos alimentares com e sem inseticida (B).

Tabela 1. Efeito de diferentes produtos na atratividade a adultos (machos e fêmeas) de *Spodoptera frugiperda* (temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas).

Atrativos Alimentares	% de atratividade após 48 h	
	Fêmeas ($\pm\text{EP}$)	Machos ($\pm\text{EP}$)
Bio Anastrepha [®]	$6,66 \pm 1,11$ Ca	$5,55 \pm 1,75$ Ca
Melaço	$7,78 \pm 2,22$ Ca	$6,66 \pm 1,11$ Ca
Inseticida Premio [®]	$0,00 \pm 0,00$ Da	$0,00 \pm 0,00$ Da
Água (controle)	$16,66 \pm 1,75$ Ba	$16,66 \pm 1,75$ Ba
PAA	$84,44 \pm 4,44$ Aa	$80,00 \pm 5,44$ Aa
Milhocina [®]	$16,66 \pm 1,75$ Ba	$15,55 \pm 1,10$ Ba
Suco de uva	$20,00 \pm 1,36$ Ba	$8,88 \pm 1,36$ Bb
Sacarose	$5,55 \pm 0,00$ Ca	$6,66 \pm 1,11$ Ca

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

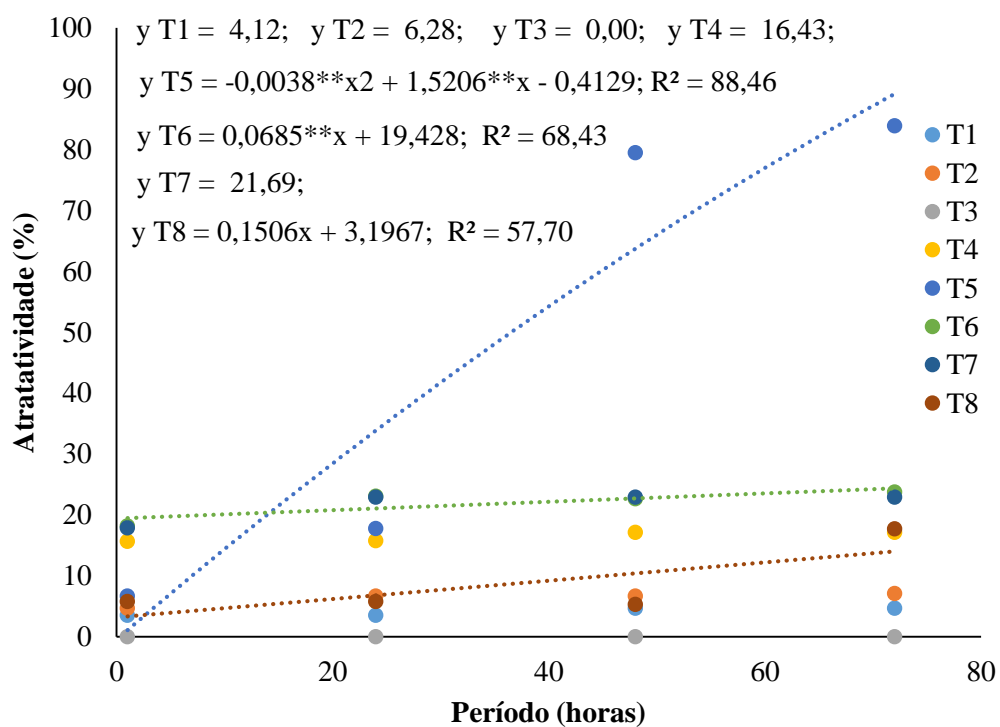


Figura 3. Atratividade a adultos de *Spodoptera frugiperda* em função do período de exposição do atrativo (1, 24, 48 e 72 h).
 *T1=Proteína hidrolisada Bio Anastrepha; T2=Melaço; T3=Inseticida;
 T4=Água; T5=PAA; T6=Proteína hidrolisada Milhocina; T7=suco de uva e T8=sacarose.

Tabela 2. Mortalidade (%) de adultos (machos e fêmeas) de *Spodoptera frugiperda* submetidos a atrativos alimentares com e sem inseticida (temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas).

Tratamentos	Mortalidade (%) após 48 hrs	
	Fêmeas (\pm EP)	Machos (\pm EP)
Suco de uva	0,00 \pm 0,00 Ba	0,00 \pm 0,00 Ba
PAA	0,00 \pm 0,00 Ba	0,00 \pm 0,00 Ba
Milhocina [®]	0,00 \pm 0,00 Ba	0,00 \pm 0,00 Ba
Suco de uva + Inseticida Premio [®]	75,00 \pm 5,52 Aa	60,00 \pm 14,14 Aa
PAA + Inseticida Premio [®]	25,00 \pm 2,88 Ba	20,00 \pm 5,77 Ba
Milhocina [®] + Inseticida Premio [®]	65,00 \pm 2,88 Ab	60,00 \pm 14,14 Aa

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

Artigo II

Diodos emissores de luz (LED) como atrativos luminosos para adultos

Spodoptera frugiperda (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)

Diodos emissores de luz (LED) como atrativos luminosos para adultos *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)

RESUMO

A captura de insetos através de fontes luminosas pode ser mais uma alternativa de controle dentro dos programas de manejo integrado de pragas. Objetivou-se com essa pesquisa verificar a atratividade de Diodos Emissores de Luz (LED) de diferentes cores a adultos de *Spodoptera frugiperda*. A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Entomologia do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba – CCA/UFPB, Areia- PB. Utilizou-se uma arena constituída por dois recipientes plásticos conectados por um cano de PVC, em um dos recipientes foram colocados os adultos de *S. frugiperda*, e o recipiente da outra extremidade utilizado para inserir a lâmpada. Foram utilizadas como fonte de luz lâmpadas Ultra LED nas cores: amarela, verde, branca, vermelha e azul, cada uma com comprimentos de onda específicos, iluminância e tempo de exposição. As cores das lâmpadas que apresentam os maiores índices de atratividade dos adultos de *S. frugiperda*, foram: a lâmpada de cor verde (31,22 e 49,91%) nos tempos (24 e 48 horas respectivamente), seguida pela lâmpada de cor branca e amarela, tendo sido a cor vermelha (28,75%) e azul (7,4%) no tempo de 48 horas as que apresentam as menores taxas. A atratividade de *S. frugiperda* aumenta progressivamente com o tempo de exposição para os tratamentos com os LED's verde, amarelo, branco e vermelho. A lâmpada LED verde, seguida pelas LED's amarela e branca são as mais atrativas para adultos dessa espécie.

Palavras-chave: armadilha luminosa; controle etológico; lagarta-do-cartucho

**Light emitting diodes (LEDS) as luminous attractants for *Spodoptera frugiperda*
adults (L. E. smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)**

ABSTRACT

The capture of insects through light-trapping may be another control alternative within the integrated management programs. In this context, the objective of this research was to evaluate the attractiveness of light-emitting diodes in different colors to the *Spodoptera frugiperda* adults. The research was performed at the Laboratory of Entomology of the Department of Phytotecny and Environmental Sciences of the Center of Agricultural Sciences of the Federal University of Paraíba (CCA/UFPB), Areia, Paraíba State. An arena consisting of two plastic containers connected by a PVC pipe was used. One of the containers was placed the *S. frugiperda* adults, and the other was used to insert the lamp. Ultra light LEDs were used as light sources: yellow, green, white, red and blue, each with specific wavelengths, illuminance and exposure time. The colors of the lamps with the highest attractiveness to the *S. frugiperda* adults were: the green lamp (31.22 and 49.91%) at the times (24 and 48 hours respectively), followed by the white and yellow lamps, with red (28.75%) and blue (7.4%) colors at 48 hour with the lowest rates. The attractiveness to *S. frugiperda* increases progressively with the exposure time to the treatments with green, yellow, white, and red LEDs. The green LED lamp together with the yellow and white LEDs is the most attractive to adults of this species.

Keywords: luminous trap; ethological control; maize caterpillar

INTRODUÇÃO

As espécies do gênero *Spodoptera* estão amplamente distribuídas no mundo, e das mais de 30 espécies descritas, por volta de 15 são consideradas pragas de variadas culturas de importância agrícola, alimentando-se de culturas de grande amplitude socioeconômica (ZENKER *et al.*, 2007). Dentre as mais importantes, a *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797), destaca-se por se alimentar em mais de 180 espécies de plantas, incluindo o algodoeiro, milho e soja (CASMUZ *et al.*, 2010), além de utilizar hospedeiros alternativos para se manter nos agroecossistemas (BARROS *et al.*, 2010).

A *Spodoptera frugiperda* pertence à ordem Lepidoptera, família Noctuidae, é considerada a praga mais importante do milho no Brasil (NAGOSHI *et al.*, 2007), somente para este país, os custos para controlar essa lagarta no milho excedem 600 milhões de dólares anualmente (FERREIRA FILHO *et al.* 2010). A espécie alimenta-se da planta em todas suas fases de desenvolvimento, mas tem preferência por cartuchos de plantas jovens, podendo causar perdas significativas à produção. O milho é cultivado em todo o território nacional e praticamente o ano todo, sendo o Brasil um dos maiores produtores mundiais, ocupando a terceira posição com 77,5 milhões de toneladas na safra de 2015/2016, sendo superado apenas pelos Estados Unidos e China, com 345,5 e 224,6 milhões de toneladas, respectivamente (FIESP, 2016).

Para o manejo dessa praga, são recomendadas várias táticas de controle, incluindo métodos culturais, químicos e biológicos (CRUZ & WAQUIL, 2001). Normalmente faz-se uso de inseticidas sintéticos que, além de ter um custo elevado, trazem riscos ambientais e de toxicidade para os animais (VIANNA *et al.*, 2009), podendo também selecionar populações de insetos resistentes (LIMA *et al.*, 2008).

No intuito de oferecer alternativas de manejo eficiente com a redução na utilização de agrotóxicos, a tecnologia das plantas geneticamente modificadas tem sido objeto de muitos estudos. Com o advento dos transgênicos criou-se a expectativa de reduzir significativamente os problemas com a lagarta-do-cartucho no milho. Entretanto, sem as prevenções adequadas os riscos de haver quebra de resistência na tecnologia Bt é alto. A resistência de *S. frugiperda* ao milho transgênico foi comprovada na literatura por Storer *et al.* (2010) verificando resistência de populações dessa praga para o milho transgênico que possui o evento TC1507, este produz a proteína Cry 1F. Relatórios de desempenho no campo em Porto Rico foram investigados, e bioensaios de laboratório mostraram que *S. frugiperda* coletadas da área afetada apresentaram menor sensibilidade à proteína Cry1F. O plantio de áreas de refúgio com plantas isogênicas tem sido proposto para se reduzir a velocidade de crescimento de populações resistentes (MARTINELLI & OMOTO, 2005).

Dentro de um modelo de agricultura sustentável, é preciso adotar medidas planejadas para o controle dos insetos- praga, tendo como objetivos principais aumentar a relação custo/benefício e alcançar uma produção livre de resíduos tóxicos (OLIVEIRA *et al.*, 2008). No caso específico de *S. frugiperda*, a busca por alternativas ao uso de inseticidas sintéticos é permanente. Além do uso de variedades resistentes, controle biológico, plantas inseticidas, indução de resistência, entre outros, há uma tendência de busca de pesquisas pela captura dos insetos adultos. Pensando nisso, a utilização de armadilha luminosa para a captura de insetos praga constitui uma alternativa promissora para a redução dos custos de produção de algumas culturas. Segundo Nakano & Leite (2000), armadilha luminosa pode ser definida como o aparelho que utiliza um ou vários

espectros de luz para atrair e capturar insetos de voo noturno, que são denominados fototrópicos positivos.

As armadilhas luminosas são equipamentos utilizados para captura de insetos, funcionando basicamente pelo princípio da atração e interceptação, atraindo insetos adultos, evitando sua oviposição e reduzindo, assim, seu aumento populacional. Visto que a grande maioria das mariposas tem hábito noturno e respondem a estímulos de luz (SPEIGHT *et al.*, 2008), um método muito conveniente e amplamente utilizado de amostragem é a utilização de armadilhas luminosas com luz ultravioleta (JAROENSUTASINEE *et al.*, 2011). Segundo Nakano e Leite (2000), cada tipo de inseto pode ser atraído por um tipo diferente de luz, ou seja, luz com diferentes comprimentos de onda, sendo que, a maior parte dos insetos-praga, principalmente os lepidópteros, são fototrópicos positivos.

O modelo de armadilha luminosa mais utilizado e estudado é o modelo "Luiz de Queiroz", desenvolvido por Silveira Neto & Silveira (1969). As lâmpadas utilizadas, geralmente, são fluorescentes, de comprimento de onda específico, de 15 W ou 20 W, ou de mercúrio de luz mista (GALLO *et al.* 2002). Esse tipo de armadilha luminosa, foi bastante estudada, modificada e comparada com outros modelos, e apresentou desempenho satisfatório na captura de insetos, de modo que tem sido bastante empregada por pesquisadores (NAKAYAMA *et al.* 1979; SILVEIRA NETO & HADDAD 1984).

A captura de noctuídeos de importância econômica como *Helicoverpa zea*, *S. frugiperda* e *Spodoptera eridania*, utilizando armadilha luminosa com luz negra foram relatadas por vários autores (CAMPBELL *et al.*, 1992; SILVAIN & TI-A-HING, 1985; ZENKER *et al.*, 2010; CARVALHO, *et al.*, 2012). Pesquisas relatam a atratividade de

outras espécies como *Spodoptera exigua* e *Plutella xylostella* por Diodos Emissores de Luz (LED) (OH *et al.*, 2011; PARK *et al.*, 2014).

Os Diodos Emissores de Luz apresentam diversas vantagens, como intensidade de iluminação ajustável, e são de pequeno porte, vida operacional prolongada, especificidade de comprimento de onda, alta eficiência, resistência ao choque e baixa produção de energia térmica (TAMULAITIS *et al.*, 2005; WU *et al.*, 2007). Além disso, os LED's foram relatados como potenciais controladores de pragas devido aos seus efeitos atrativos e repelentes contra pragas higiênicas e por exemplo, espécies do gênero *Culicoides* e contra pragas agrícolas (BISHOP *et al.*, 2004; BURKETT & BUTLER, 2005; BENTLEY *et al.*, 2009; JUNG *et al.*, 2009).

Dentro de uma perspectiva de busca por técnicas que possam auxiliar no manejo integrado objetivou-se com o presente estudo determinar a atratividade de adultos de *S. frugiperda* por Diodos Emissores de Luz.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Entomologia do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba – CCA/UFPB. Os experimentos de atratividade foram conduzidos em ambiente climatizado sob condições de temperatura de $(25 \pm 2^{\circ}\text{C})$, umidade relativa $(70 \pm 10\%)$ e fotofase de 12 horas.

Criação de S. frugiperda

Os insetos utilizados nos experimentos foram provenientes da criação previamente estabelecida no laboratório de entomologia do CCA UFPB. A criação dos insetos foi realizada em câmaras climatizadas tipo B.O.D., sob condições de temperatura

($25 \pm 1^{\circ}\text{C}$), umidade relativa ($70 \pm 10\%$) e fotofase de 12 horas. As larvas eram individualizadas em tubos de vidro de fundo chato de 2,5 cm de diâmetro x 8,5 cm de comprimento, estes sendo tamponados com algodão e mantidos em câmara climatizada, em condições mencionadas anteriormente, até a fase de pupa. O conteúdo da dieta artificial preenchido até 1/4 da altura dos tubos. Adotou-se a dieta padrão estabelecida por Nalim (1991) composta por feijão carioca, gérmen de trigo, levedura de cerveja, Nipagim, ágar, ácido ascórbico e ácido sórbico. Após a sexagem das pupas, foram formados casais de *S. frugiperda*, colocando-se 10 casais em gaiolas de PVC (cloreto de polivinila) de 20 cm de diâmetro por 20 cm de altura revestido internamente com papel sulfite, com a extremidade superior coberta por tecido “voil” e inferior por material plástico.

Teste de atratividade

Para avaliação da atratividade foram utilizadas como fonte de luz lâmpadas Ultra LED tipo Bulbo (7,9 cm de altura x 4,5 cm de diâmetro) de 3W de potência, sendo estas, nas cores: amarela, verde, branca, vermelha e azul (Figura 1 A), totalizando cinco tratamentos com seis repetições, sem chance de escolha. As informações dadas pelo fabricante para cada lâmpada constam na Tabela 1, referentes a frequência de luz e comprimento de onda. Além dessas características, foi avaliada também a iluminância, que é o fluxo luminoso incidente em uma área, ou seja, a quantidade de luz que chega a um ponto, os dados apresentados foram obtidos a partir da distância de 1,2 m, com auxílio de um Medidor de Luz Digital (SKLD-400).

Cada unidade experimental foi constituída por dois recipientes plásticos (9 cm de altura x 14 cm de diâmetro) de cor preta, conectados por um cano de PVC (120 cm de comprimento x 4,0 cm de diâmetro) (Figura 1 B). Em uma das extremidades do cano, (no

recipiente) foram colocados 18 adultos de *S. frugiperda* com dois a três dias de idade, mantidos sem alimento por 24 horas, no recipiente da outra extremidade, utilizado para inserir a lâmpada (Figura 1 B), aplicou-se um revestimento adesivo para fixação dos insetos atraídos. As avaliações dos adultos capturados foram procedidas após 1, 24, 48 e 72 horas da liberação dos insetos na arena.

Na análise da atratividade das mariposas aos Diodos Emissores de Luz (LED) foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x5 (dois tempos de exposição e cinco cores de lâmpadas LED). Os dados de captura foram submetidos à análise de distribuição Beta, processadas por meio do SAS (CODY, 2015), e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para avaliar a atratividade ao longo dos períodos de exposição os dados foram submetidos à análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificaram-se diferenças estatísticas significativas quanto à relação entre cor da lâmpada LED utilizada e a atração dos insetos após exposição a 24 e 48 horas à luz. Entre os LED's analisados, as cores das lâmpadas que apresentaram os maiores índices de captura dos adultos de *S. frugiperda* foram: a lâmpada de cor verde (taxa de atratividade (31,22 e 49,91%, respectivamente) nos tempos de 24 e 48 horas, a lâmpada de cor branca e amarela, tendo sido a cor vermelha (28,75%) e azul (7,4%) no tempo de 48 horas foram as que apresentaram as menores taxas, indicando até mesmo um possível efeito repelente sobre adultos de *S. frugiperda* (Tabela 2). Considerando apenas os valores numéricos, a ação da luz sobre a atratividade nos adultos foi de forma decrescente: verde, branca, amarela, vermelha e azul em 24 horas.

De uma maneira geral, e considerando os períodos de avaliação analisados, o tempo de 48 horas foi o que expressou a melhor relação entre cor da luz e atratividade dos insetos, com exceção do tratamento com luz LED nas cores azul e vermelha que não apresentaram diferença significativa entre os tempos de 24 e 48 horas.

A relação entre as cores e as maiores taxas de atratividade encontradas nessa pesquisa também foram observadas por Oh *et al* (2011) ao avaliarem o potencial de atratividade de Diodo Emissores de Luz para adultos de *Spodoptera exigua*, constatando que os LED's nas cores verde, branco e amarelo foram mais atraentes (88,9%, 91,1% e 63,3%, respectivamente) e o LED vermelho apresentou menor taxa de atratividade (55%) para a espécie estudada. Com exceção para a cor azul que apresentou alta atratividade para *S. exigua* e na presente pesquisa, pouca atratividade ocorreu para a *S. frugiperda*. Possíveis razões para variações nas respostas dos insetos às luzes LED podem ser devido à diferença de espécies e das condições experimentais (KISHAN & THOMA, 2008).

Os resultados dessa pesquisa corroboram também com a relação entre cores e atratividade encontrada por Chu *et al* (2003), onde constataram que a armadilha com o LED verde foi mais eficaz na captura de *Euscepes postfasciatus* e *Bemisia tabaci*, e em adultos de *Plutella xylostella*, verificado por Park *et al* (2014).

A relação entre cores e atratividade ou repelência aos insetos tem sido causa de várias investigações por pesquisadores do mundo inteiro, principalmente no que se refere ao desenvolvimento de armadilhas, sejam adesivas ou luminosas. Sabe-se que os olhos dos insetos possuem vários fotorreceptores que aceitam comprimentos de onda específicos, portanto usam a visão (cor) para sentir os perigos que se aproximam (BIRSCOE & CHITTKA, 2001). Alguns tipos de receptores presentes em algumas espécies de borboletas, libélulas e insetos pertencentes à ordem Hymenoptera cobrem

faixas visuais que se classificam entre as mais amplas descritas em animais (de 300 a 700 nm) (ARIKAWA *et al.*, 1987; BRISCOE, 2000; MEINERTZHAGEN *et al.*, 1983; PAUL, 1986; YANG & OSORIO, 1991). Portanto, os insetos são atraídos ou repelidos por diferentes faixas de comprimentos de ondas eletromagnéticas.

Quando avaliou-se a relação do tempo de incidência da luz com a atratividade, verificou-se que os tratamentos, exceto com a lâmpada LED de cor azul, a taxa de atratividade foi aumentada progressivamente com o tempo de exposição à luz de 1 até 72 horas (Figura 2). Estes resultados indicam que a taxa de atração é afetada, não só pelo comprimento de onda e iluminância, mas também pelo tempo de exposição. Dessa forma, este comportamento está de acordo com a tendência de atratividade no tempo, observada por Oh *et al.* (2011) ao avaliarem a atratividade de diferentes fontes de luz sobre adultos de *S. exigua*, onde foi verificada a relação direta e progressiva entre o maior tempo de exposição e o maior percentual de insetos capturados. Além disso, o LED verde apresentou a maior taxa de atratividade (64,8%) no maior tempo de exposição à luz, seguido pelo LED amarelo e branco (47% e 49%, respectivamente). Em contraste, os menores percentuais de atratividade foram observados no tempo máximo de exposição pelo LED vermelho e azul (28,7% e 7,4%, respectivamente).

CONCLUSÃO

As lâmpadas LED's de cor verde, amarela e branca são as mais atrativas para adultos de *Spodoptera frugiperda*.

A atratividade de *S. frugiperda* aumenta progressivamente com o tempo de exposição para as LED's cor verde, amarelo, branco e vermelho.

REFERÊNCIAS

- Arikawa K, Inokuma K & Eguchi E (1987) Pentachromatic visual system in a butterfly. *Naturwissenschaften*, 74: 297–298.
- Barros EM, Torres JB, Ruberson JR & Oliveira MD (2010) Development of *Spodoptera frugiperda* on different hosts and damage to reproductive structures in cotton. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 137: 237-245.
- Bentley MT, Kaufman PE, Kline DL & Hogsette JA (2009) Response of adult mosquitoes to light-emitting diodes placed in resting boxes and in the field. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 25:285-291.
- Bishop AL, Worrall RJ, Spohr LJ, Mckenzie HJ & Barchia IM (2004) Improving light-trap efficiency for *Culicoides* spp. with light-emitting diodes. *Vet Ital*, 40:266-269.
- Briscoe AD & Chittka L (2001) The evolution of color vision in insects. *Annual Review Entomology*, 46:471–510.
- Briscoe AD (2000) Six opsins from the butterfly *Papilio glaucus*: molecular phylogenetic evidence for paralogous origins of red-sensitive visual pigments in insects. *Journal of Molecular Evolution*, 51:110–121.
- Burkett DA & Butler JR (2005) Laboratory evaluation of colored light as an attractant for female *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, *Anopheles quadrimaculatus*, and *Culex nigripalpus*. *Fla Entomol*, 88:383-389.

Camera C, Dequech STB, Ribeiro LP & Querino RB (2010) Primeiro relato de *Trichogramma rojasi* parasitando ovos de *Spodoptera frugiperda*. *Ciência Rural*, 40:1828-1830.

Campbell SD, Walgenbach JF & Kennedy GG (1992) Comparison of black light and pheromone traps for monitoring *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) in tomato. *Journal of Agricultural Entomology*, 9: 17-24.

Carvalho JR, Quadros IPS, Fornazier DL, Pratisoli D & Zago HB (2012) Captura de *Spodoptera eridania* usando como atrativo luz fluorescente. *Nucleus*, 9:75-82.

Casmuz A, Juárez ML, Socías MG, Murúa MG, Prieto S, Medina S, Willink E & Gastaminza G (2010) Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 69:209-231.

Chu CC, Jackson CG, Alexander PJ, Karut K & Henneberry TJ (2003) Plastic cup traps equipped with light-emitting diodes for monitoring adult *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology*, 96:543-546.

Cody R (2015) An introduction to SAS University Edition. Cary, NC. Statistical Analysis System Institute. 366p.

Cruz I & Waquil JM (2001) Pragas da cultura do milho para silagem. In: Cruz JC, Pereira Filho IA, Rodrigues JAS & Ferreira JJ. Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. Sete Lagoas, EMBRAPA MILHO E SORGO, p.146. (Boletim técnico).

Ferreira Filho JBS, Alves LRA, Gottardo LCB & Georgino M (2010) Dimensionamento do custo econômico representado por *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho no

Brasil. In: 48º Congresso da sociedade brasileira de economia, administração e sociologia rural, Campo Grande, Anais, Online. Acessado em 18 fev. 2014. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/15/1168.pdf>>.

FIESP (2016) Safra Mundial de Milho 2016/17 – 2º Levantamento do USDA. Disponível em:<http://www.fiesp.com.br/http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho2/attachment/boletim_milho_junho2016/>.

Acessado em: 15 de fevereiro de 2017.

Gallo D, Silveira Net S, Carvalho RPL, Baptista GC, Berti Filho E, Parra JRP, Zucchi RA, Alves SB, Vendramim JD, Marchini LC, Lopes JRS & Omoto C (2002) Entomologia Agrícola: Ecologia. 10º ed. Piracicaba, FEALQ, 919p.

Jaroensutasinee M, Pheera W, Ninlaeard R, Jaroensutasinee K & Choldumrongkul S (2011) Weather affecting macro-moth diversity at khao nan national park, Thailand. Walailak Journal Science & Technology, 8:21-31.

Jung MP, Bang HS, Kim MH, Han MS, Na, YE, Kang KK & Lee DB (2009) Response of ussur brown katy did, *Paratlanticus ussuriensis* to light-emitting diodes (LED). Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry, 28:468-471.

Kishan RS & Thoma TW (2008) Responses of adult *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) to light and combinations of attractants and light. Journal of Insect Behavior, 21:422-439.

Lima JFM, Grützmaier DA, Cunha US, Porto PM, Martins SJF & Dalmaso OG (2008) Ação de inseticidas naturais no controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho cultivado em agroecossistema de várzea. Ciência Rural, 38:607- 613.

- Martinelli S & Omoto C (2005) Resistência de insetos a plantas geneticamente modificadas. *Biotecnologia. Ciência & Desenvolvimento*, 34:67-77.
- Meinertzhagen IA, Menzel R & Kahle G (1983) The identification of spectral receptor types in the retina and lamina of the dragonfly *Sympetrum rubicundulum*. *Journal of Comparative Physiology*, 151:295–310.
- Nagoshi RN, Silvie P, Meagher LR, Lopez J & Machado V (2007) Identification and Comparison of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) host strains in Brazil, Texas, and Florida. *Annals of the Entomological Society of America*, 100:394-402.
- Nakano O & Leite CA (2000) Armadilhas para insetos: pragas agrícolas e domésticas. Piracicaba, FEALQ. 76p.
- Nakayama K, Silveira Neto S & Nakano O (1979) Armadilha luminosa LQ-III para captura de insetos. *Ecosistema*, 4:139-140.
- Nalim DM (1991) Biologia, nutrição quantitativa e controle de qualidade de populações de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em duas dietas artificiais. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 150p.
- Oh MS, Lee CH, Lee SG & Lee HS (2011) Evaluation of high power light emitting diodes (HPLEDs) as potential attractants for adult *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 54:416-422.
- Oliveira ACR, Veloso VRS, Barros RG, Fernandes PM & Souza ERB (2008) Captura de *Tuta absoluta* (meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) com armadilha luminosa na cultura do tomateiro tutorado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 38:153-157.

Park JH, Lee SM, Lee SG & Lee HS (2014) Attractive effects efficiency of LED trap on controlling *Plutella xylostella* adults in greenhouse. Journal of Applied Biological Chemistry, 57:255–257.

Paul R, Steiner A & Gemperlein R (1986) Spectral sensitivity of *Calliphora erythrocephala* and other insect species studied with Fourier interferometric stimulation (FIS). Journal of Comparative Physiology, 158:669–680.

Silvain JF & Ti-a-hing J (1985) Prediction of larval infestation in pasture grasses by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) from estimates of adult abundance. The Florida Entomologist, 68:686-691.

Silveira Neto, S & Haddad ML (1984) Teste comparativo entre as armadilhas luminosas "Luiz de Queiroz" e "Intral". Ecosystema, 9:87-91.

Silveira Neto S & Silveira AC (1969) Armadilha luminosa modelo "Luiz de Queiroz". O Solo, 61: 19-21.

Speight MR, Hunter MD & Watt AD (2008) Ecology of insects: concepts and applications. Oxford, Wiley-Blackwell. 628p.

Storer NP, Babcock JM, Thompson GD, Bing JW & Huckaba RM (2010) Discovery and characterization of field resistance to Bt maize: *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Puerto Rico. Journal of Economic Entomology, 103:1031-1038.

Tamulaitis G, Duchovskis P, Bliznikas Z, Breivė K, Ulinskaitė R, Brazaitytė A, Noviėkovas A & Žukauskas A (2005) High-power light-emitting diode based facility for plantcultivation. J Phys D-appl Phys, 38:3182-3187.

Vianna UR, Pratissoli D, Zanuncio JC, Lima ER, Brunner J, Pereira FF & Serrão JE (2009) Insecticide toxicity to *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females and effect on descendant generation. *Ecotoxicology*, 18:180-186.

Wu, M. C, Hou, CY, Jiang CM, Wang YT, Wang CY, Chen HH & Chang HM (2007) A novel approach of LED lightradiation improves the antioxidant activity of pea seedlings. *Food Chem*, 101:1753-1758.

Yang EC & Osorio D (1991) Spectral sensitivities of photoreceptors and lamina monopolar cells in the dragonfly, *Hemicordulia tau*. *Journal of Comparative Physiology*, 169:663–69.

Zenker MM, Specht A & Corseuil E (2007) Estágios imaturos de *Spodoptera cosmioides* (walker) (Lepidoptera, Noctuidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 24:99-107.

Zenker MM, Botton M, Teston JA & Specht A (2010) Noctuidae moths occurring in grape orchards in Serra Gaúcha, Brazil and their relation to fruit-piercing. *Revista Brasileira de Entomologia*, 54:288-297.

Tabela 1. Classificação das cores segundo o comprimento de onda, a frequência da luz e a iluminância.

Cor	$\Delta \lambda$ (nm)	Δf (THz)	E (lux)
Amarela	$\approx 565-590$	$\approx 530-510$	48,8
Verde	$\approx 500-565$	$\approx 600-530$	55,5
Branca	-----	-----	223,5
Vermelha	$\approx 625-740$	$\approx 480-405$	0,8,8
Azul	$\approx 440-485$	$\approx 680-620$	31,6

$\Delta \lambda$: Intervalo de comprimentos de onda; Δf : Intervalo de frequências; E: Iluminância

Tabela 2. Percentagem de adultos de *S. frugiperda* atraídos pelas lâmpadas LED em condições de laboratório.

Cor	Insetos capturados (%) (\pm EP)	
	24 H	48 H
Amarela	27,77 \pm 3,84 Ab	45,36 \pm 5,53 Aa
Verde	31,22 \pm 5,84 Ab	49,91 \pm 6,73 Aa
Branca	29,62 \pm 4,88 Ab	38,88 \pm 7,53 Aa
Vermelha	25,83 \pm 4,34 ABb	28,75 \pm 9,12 Ba
Azul	7,40 \pm 3,73 Ba	7,40 \pm 3,74 Ba

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

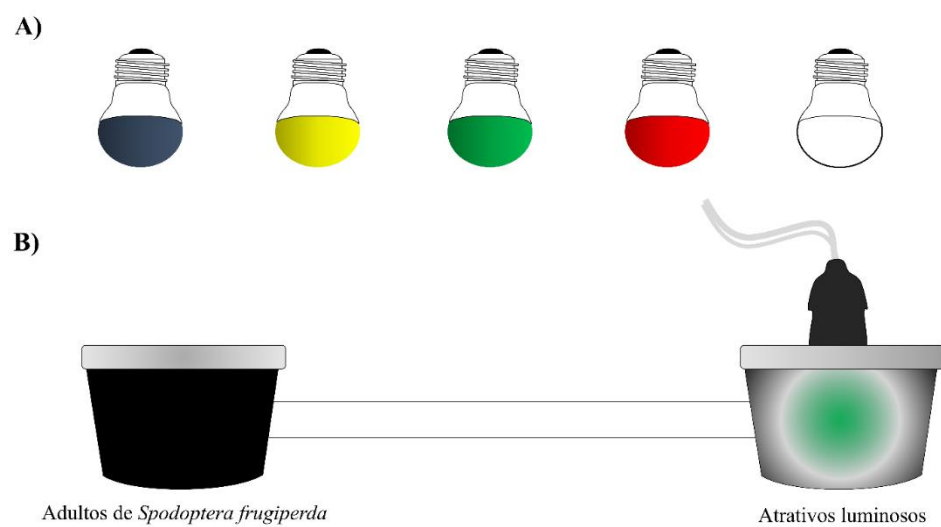


Figura 1. Lâmpadas ultra LED do tipo bulbo (A), esquema completo da arena (B).

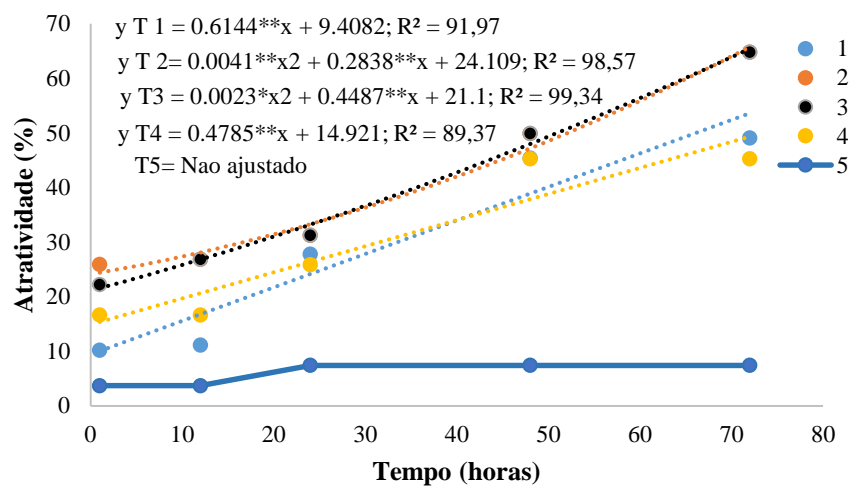


Figura 2. Atratividade das lâmpadas LED sobre adultos de *Spodoptera frugiperda* em função do período de exposição (1, 12, 24, 48 e 72 h). *1= amarela; 2= verde; 3= Branca; 4= vermelha; 5= Azul.