

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

RELATÓRIO

**DISPERSÃO DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM CAMPOS DE MILHO**

Equipe responsável:

Prof. Dr. Odair A. Fernandes
Eng^a. Agr^a. Dr. Elis C. Vilarinho

JABOTICABAL / SÃO PAULO

Março de 2008

DISPERSÃO DE ADULTOS DE *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM MILHO.

Diversos são os fatores que atuam na regulação de populações como a imigração e emigração. Assim, estudos sobre o movimento de insetos têm considerável valor para melhor compreensão sobre o comportamento e sobre suas interações ecológicas.

Spodoptera frugiperda (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), conhecida como lagarta-do-cartucho do milho, é um herbívoro que causa sérios prejuízos econômicos aos produtores de milho e apresenta estratégia generalista de alimentação. Este inseto faz parte de menos de 10% dos insetos herbívoros que utilizam mais de três famílias como hospedeiros naturais (BERNAYS & GRAHAM, 1988). Apesar de *S. frugiperda* ser de significativa importância econômica, os estudos realizados limitam-se muitas vezes aos seus aspectos biológicos.

Além de fatores biológicos de insetos-praga, existem outros fatores de relevante importância científica e econômica como o estudo da dispersão destes insetos no ambiente. Ainda recentemente, estudos de dispersão e movimento de insetos recebem pouca atenção. Essas informações de caráter ecológico são essenciais para a elaboração e implementação de programas de manejo de insetos-praga. No que se refere a *S. frugiperda*, há condições de aprimoramento ou inovação das táticas de manejo empregadas, pois não há informações sobre as características da capacidade de dispersão deste inseto.

Métodos de controle de insetos-praga como o uso de plantas geneticamente modificadas está sendo empregado há vários anos em países que adotaram esta biotecnologia (CAPRIO, 1998). Entretanto, existem problemas decorrentes da utilização de plantas geneticamente modificadas como o progresso da resistência pelos lepidópteros alvos sobre as plantas que expressam proteínas inseticidas sendo esta a principal inquietação dos estudiosos (GUSE et al., 2002).

A seleção e a sobrevivência de insetos resistentes numa população pode ocorrer diante do uso de qualquer tratamento inseticida (PEFEROEN, 1997). Para retardar a evolução da resistência de insetos às toxinas de *B. thuringiensis*, a utilização de áreas

de refúgio é uma alternativa recomendada (ALSTAD & ANDOW, 1995). O emprego de áreas de refúgio para o manejo de resistência está relacionado com a ecologia do inseto, dispersão e padrões de acasalamento. Segundo GOULD (1998), as áreas de refúgio são áreas de plantas não resistentes a insetos dispostas interna ou externamente aos campos cultivados com plantas transgênicas. Essas áreas objetivam o fornecimento de um grande número de indivíduos homozigotos suscetíveis (SS) para copularem com os suscetíveis heterozigotos (SR) ou ainda com raros resistentes homozigotos (RR) diluindo os alelos de resistência presentes na população. Desta forma, áreas de refúgio podem favorecer a ocorrência de acasalamento ao acaso entre as populações da área tratada e das áreas de refúgio (CAPRIO, 1998). Para tanto, um dos métodos mais comuns de estudo de dispersão de insetos de importância econômica é a marcação-liberação-recaptura (HUNT et al., 2001; QURESHI et al., 2006).

Embora *S. frugiperda* seja uma praga importante em diversos países e um dos alvos para desenvolvimento de plantas geneticamente modificadas, estudos sobre dispersão de *S. frugiperda* não existem. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo estudar a dispersão por meio de técnicas de marcação-liberação-recaptura de *S. frugiperda* em campos de milho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Insetos

Os insetos utilizados nos estudos de marcação-liberação-recaptura de *S. frugiperda* foram obtidos a partir da criação mantida em laboratório da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas/MG, em condições de $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ e fotofase de 12 horas. A criação massal dos insetos marcados para as liberações no campo foi mantida em sala climatizada no Laboratório de Ecologia Aplicada da FCAV/UNESP nas mesmas condições da criação do laboratório da Embrapa Milho e Sorgo.

2.2 Marcação dos insetos para estudos de dispersão (Marcação externa e interna)

Para a marcação interna dos insetos foi utilizado o corante marcador vermelho Sudan Red 7B® (Aldrich Company Inc.) na concentração de 400 ppm (VILARINHO et al., 2006) adicionado à dieta artificial a base de feijão. O corante Sudan Red 7B® foi diluído em óleo de milho na proporção de 4 g de corante / 40 ml de óleo e em seguida adicionado à dieta adotando a proporção de 0,4 ml da solução por litro de dieta (OSTLIE et al., 1984). Após o preparo, a dieta artificial das lagartas foi despejada em uma bandeja plástica (40cm x 25cm). Após o resfriamento a dieta foi recortada em cubos de aproximadamente 4 cm³ e foram distribuídos individualmente nas células de bandejas plásticas (16 células cada) utilizadas na criação de *S. frugiperda*. Dentro de cada célula foi colocada apenas uma lagarta de segundo ínstar. Em seguida, as bandejas foram devidamente vedadas com tampas plásticas e colocadas sobrepostas em estantes em sala climatizada (25 ± 3°C e fotofase 12 h) até a formação das pupas. Quando atingiram o estágio de pupa, realizou-se a coleta destas para liberação em campo.

A marcação externa dos insetos foi realizada com o corante fluorescente Fire Orange®. Os insetos foram criados em dieta artificial a base de feijão modificada a partir de proposta de PARRA (1999). A marcação com o pó fluorescente foi realizada apenas quando os insetos atingiram a fase adulta e foi realizada no campo.

2.3 Áreas experimentais para estudo de dispersão de adultos de *S. frugiperda*

O experimento foi realizado em áreas de plantio de milho localizadas em Pirajuba/MG (áreas de produção comercial) e Jaboticabal/SP (áreas de pesquisa da fazenda experimental da FCAV/UNESP). Informações sobre essas áreas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Condições das áreas experimentais onde foram realizadas as liberações de adultos de *S. frugiperda* marcados.

Safras	Local (Altitude)	Área (ha)	Cultura Anterior	Culturas Vizinhas
Safra 2005/2006	Pirajuba/MG (599 m)	45	Soja	Milho em diferentes fases, cana-de-açúcar e pastagem.
Safrinha 2006	Pirajuba/MG (570 m)	21	Soja	Cana-de-açúcar, reserva nativa e sorgo.
Safra 2006/2007	Jaboticabal/SP (595 m)	40	Soja	Milho, seringueira e cana-de-açúcar.

Os cultivos foram realizados seguindo as técnicas convencionais para a cultura de milho. A marcação realizada pelo corante Sudan Red 7B® pode ser detectada através de posturas marcadas encontradas nas plantas de milho. No caso da marcação externa dos adultos pelo corante Fire Orange®, apenas a marcação de adultos pode ser observada. As liberações dos adultos marcados de *S. frugiperda* ocorreram em diferentes fases de desenvolvimento do milho (Tabela 2).

Tabela 2. Liberações de adultos marcados de *S. frugiperda* em diferentes estádios na cultura do milho e o período de recaptura.

Safra / Ano	Data Liberação	Nº Liberações Realizadas	Estádio Fenológico do Milho	Nº Insetos Liberados	Período de Recaptura (Dias)
Safra 2005/2006	14/1/2006	Única	V 10 e pendoamento	9000	13
Safrinha 2006	12/4/2006	1 ^a	V 3	10600	14
	5/5/2006	2 ^a	V 6	11500	14
Safra 2006/2007	20/12/2006	1 ^a	V 8	10400	11
	11/1/2007	2 ^a	pendoamento	8400	11

Os insetos internamente marcados foram coletados quando atingiram a fase de pupa. As pupas coletadas foram levadas para o campo logo após o início da emergência dos adultos. Para a liberação em campo, as pupas foram misturadas com vermiculita e colocadas em uma caixa de madeira (80 cm x 50 cm x 40 cm). Esta caixa foi protegida

para evitar que as pupas fossem molhadas pela chuva ou orvalho, porém mantendo-se um espaço de 6 cm para a saída das mariposas recém-emergidas. Para evitar a presença de formigas ou outros insetos indesejáveis, a caixa foi colocada sobre uma base de madeira que foi pincelada com cola entomológica (Tanglefoot®).

Armadilhas luminosas de luz negra (BLB Sylvania®) foram utilizadas para a recaptura dos adultos, conforme HUNT et al (2001) e QURESHI et al (2006). Durante o período de recaptura, as armadilhas permaneciam ligadas do crepúsculo ao amanhecer. Para manutenção das lâmpadas acesas, baterias de automóveis de 40 amp foram conectadas em cada armadilha em campo. Para a recaptura de adultos marcados de *S. frugiperda* pelas armadilhas, um saco plástico coletor (40 L) contendo fitas de jornal amassadas foram amarrados na base de cada armadilha luminosa. As armadilhas luminosas foram vistoriadas diariamente durante período de 11 a 14 dias consecutivos a partir da emergência dos adultos marcados, considerado adequado conforme proposta de SIMMONS & MARTI Jr. (1992), sugeriram coletas até 15 dias, e SHOWERS et al. (1989), que sugeriram pelo menos 8 dias. Logo ao amanhecer todas as armadilhas eram vistoriadas e os sacos coletores recolhidos. Todas as baterias eram retiradas do campo, levadas para recarregamento e retornadas para à lavoura ao fim do dia. Após levar os sacos coletores para a triagem em laboratório, os insetos eram mortos por éter etílico e todo os insetos marcados e coletados foram contados e distância de recaptura registrada.

Também foram utilizadas armadilhas de feromônio (ISCA Tecnologia, Iscalure®) para a recaptura dos machos de *S. frugiperda* marcados nas safras de 2006 e 2005/2006. A instalação ocorreu no mesmo dia das armadilhas luminosas. Os insetos comprovadamente marcados para cada armadilha e, conseqüentemente, as distâncias foram devidamente registrados. Foram realizadas observações da presença de ovos em oriundos de indivíduos marcados por corante em plantas de milho. Essa vistoria foi realizada em plantas escolhidas aleatoriamente, procurando avaliar em torno de 100 plantas.

2.4 Liberação-recaptura em condições de campo

2.4.1 Liberação-recaptura durante a safra 2005/2006

As armadilhas luminosas foram dispostas em quatro direções, correspondentes aos pontos cardeais (N, S, L e O). O ponto de liberação foi estabelecido no ponto central da área ocupada pelas armadilhas luminosas (Figura 1). As distâncias estabelecidas foram de 100 m a partir das quatro direções do ponto de liberação (Figura 1). Foi realizada apenas uma liberação no dia 14/01/2006. O milho estava no estágio vegetativo V10 no momento da liberação e em estágio de pendramento (Tabela 1) nos últimos 4 dias de avaliação. As armadilhas foram colocadas em campo e vistoriadas diariamente por 13 dias consecutivos após o início da liberação dos adultos.

2.4.2 Liberação-recaptura durante a safrinha 2006

O segundo experimento de campo para estudo de dispersão de *S. frugiperda* foi realizado durante a safrinha de 2006 em área comercial de milho localizado em Pirajuba/MG (Tabela 1). Foram realizadas duas liberações de *S. frugiperda*. A primeira liberação foi realizada no dia 12/4/2006 e o milho encontrava-se no estágio V3 (Tabela 2). A segunda liberação foi realizada no dia 05/5/2006 e o milho encontrava-se no estágio V6 (Tabela 2).

As armadilhas foram dispostas em duas linhas paralelas e distribuídas na lavoura de forma que ocupasse a parte central desta (Figura 2). Após serem colocadas em campo, as armadilhas luminosas foram vistoriadas diariamente por 14 dias consecutivos após o início da emergência dos adultos marcados, tanto na primeira quanto na segunda liberação dos insetos.

Dentro da lavoura, entre as duas linhas de armadilhas luminosas foram instaladas duas armadilhas de feromônio a 600 e 700 m a partir do ponto de liberação. Na área externa da lavoura, foram instaladas 15 armadilhas de feromônio em distâncias variáveis sendo as três mais próximas situadas a 100 m a partir do ponto de liberação.

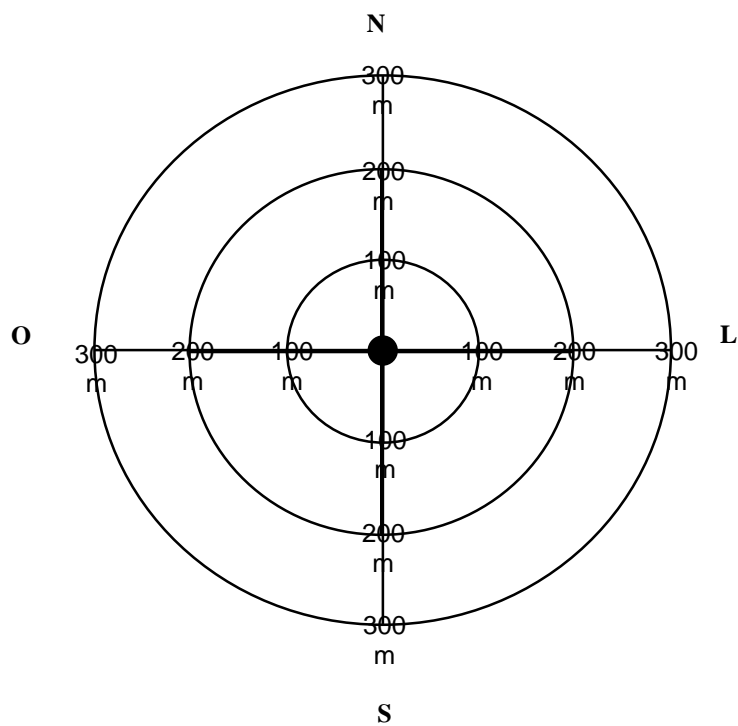


Figura 1. Esquema da distribuição das armadilhas luminosas na lavoura de milho e ponto de liberação dos insetos no centro (Pirajuba/MG, Safra 2005/2006).

2.4.3 Liberação-recaptura durante a safra 2006/2007

O terceiro experimento de campo para estudo de dispersão de *S. frugiperda* foi realizado durante a safra 2006/2007. A distribuição das armadilhas foi semelhante àquela adotada na safrinha de 2006, porém foram instaladas duas armadilhas a mais (total de 9 armadilhas luminosas) em cada linha (Figura 3). As distâncias a partir do ponto de liberação de *S. frugiperda* estão detalhadas na Tabela 3.

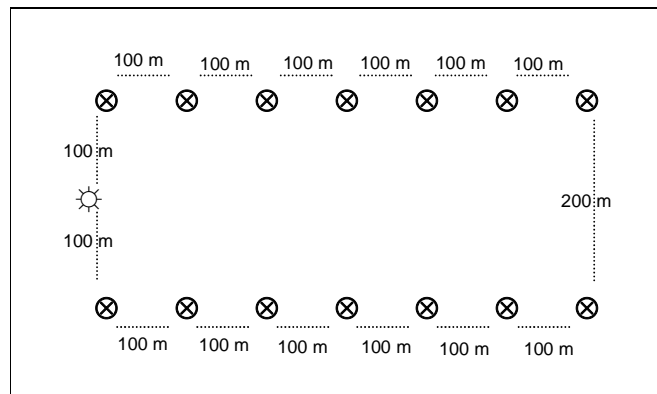
Tabela 3. Distâncias das armadilhas luminosas a partir do ponto de liberação de adultos marcados de *S. frugiperda* (safrinha 2006 e safra 2006/2007).

Armadilhas luminosas (seqüência em uma linha)	Distâncias do ponto de liberação (m)
1	100,00
2	141,42
3	223,61
4	312,23
5	412,31
6	509,90
7	608,28
8	707,11 *
9	806,22 *

* Armadilhas luminosas apenas para a safra 2006/2007.

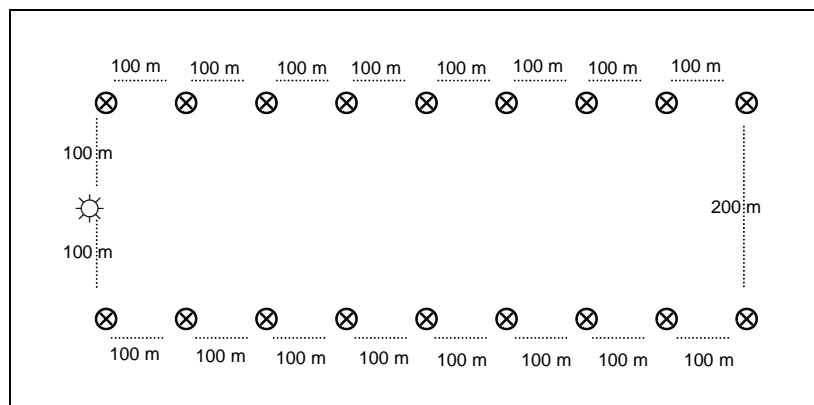
Nas bordas da lavoura foram instaladas 8 armadilhas de feromônio sendo as três mais próximas situadas a 100 metros do ponto de liberação. As demais foram distribuídas em área externa a 1000 metros distantes do ponto de liberação aos arredores.

Foram realizadas duas liberações de *S. frugiperda*. A primeira liberação foi realizada no dia 20/12/2006 e o milho encontrava-se no estágio V8 no momento da liberação (Tabela 1). A segunda liberação foi realizada no dia 11/1/2007 e o milho encontrava-se no estágio de pendramento. As armadilhas luminosas foram vistoriadas diariamente por 11 dias após o início da emergência dos adultos marcados, tanto na primeira quanto na segunda liberação dos insetos marcados.



⊗ armadilhas luminosas (14)
 ☀ Ponto de liberação

Figura 2. Esquema da distribuição das 14 armadilhas luminosas na lavoura de milho e ponto de liberação dos insetos (Pirajuba / MG, Safrinha 2006).



⊗ Armadilhas luminosas (18)
 ☀ Ponto de liberação

Figura 3. Esquema da distribuição das 18 armadilhas luminosas na lavoura de milho e ponto de liberação dos insetos (UNESP / FCAV, Safra 2006 / 2007).

2.5 Levantamento de posturas de mariposas marcadas de *S. frugiperda* em condições de campo

Durante as avaliações de liberação-recaptura (safrinha 2006 e safra 2006/2007), a partir do dia inicial da emergência de adultos, foram feitas observações sobre a presença de posturas marcadas nas plantas de milho e nos próprios pontos de recaptura (armadilhas luminosas). Foram vistoriadas aproximadamente 100 plantas de forma aleatória na área de milho. As posturas foram identificadas pela coloração vermelha, típica de fêmeas marcadas pela concentração de Sudan Red 7B utilizada (VILARINHO et al., 2006). Ao encontrar posturas marcadas, à distância do ponto de liberação foi medida e registrada. O número de ovos e a localização na planta (ou fora da planta) foram registrados. Para comprovação da viabilidade dos ovos, logo após serem localizadas, as posturas foram recortadas das folhas de milho (ou retiradas com cautela das armadilhas luminosas) e colocadas em copos plásticos (200 ml) sendo mantidas em sala com temperatura ambiente (25 ± 10 °C).

2.6 Análises estatísticas

Foram realizadas análises de variância dos dados e separação das médias através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As análises foram realizadas utilizando-se os procedimentos PROC GLM e PROC REG (SAS Institute, 2001). O método de Quasi-Newton foi utilizado na estimativa dos parâmetros dos modelos de dispersão adotando o modelo exponencial decrescente $y = a + be^{(-Kx)}$ para ajuste das análises de recapturas dos insetos empregando o programa Statistica (Statsoft 6.0). Cálculos de porcentagem foram realizados para o número de insetos marcados recapturados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Recaptura de *S. frugiperda* através de armadilhas luminosas durante a safra 2005/2006, safrinha 2006 e safra 2006/2007

Durante a safra 2005/2006 o número de insetos recapturados não diferiu significativamente em relação às direções norte, sul, leste ou oeste sugerindo dispersão em todas as direções, ou seja, os insetos se dispersaram de forma aleatória. Neste experimento, foram recapturados apenas 12 de um total de 9000 insetos liberados (Tabela 4). Essa quantidade representou 0,11% do total liberado.

Tabela 4. Adultos marcados de *S. frugiperda* recapturados durante a safra 2005/2006.

	Adultos recapturados		
	Macho	Fêmea	Total
Safra 2005/2006	11	1	12

O número médio de adultos (machos e fêmeas) de *S. frugiperda* recapturados foi significativamente maior na safrinha de 2006 (período seco) do que na safra 2006/2007 (período úmido) (Tabela 5). Isso deve ter ocorrido devido à época de plantio (safra e safrinha), condições climáticas na época de liberação e durante o período de recaptura dos insetos e estágio de desenvolvimento da cultura ou culturas vizinhas. As plantas de milho da safrinha 2006 estavam subdesenvolvidas em relação às plantas da safra 2006/2007, mesmo considerando o mesmo estágio. Devido ao subdesenvolvimento as plantas apresentavam menor área foliar e altura. Dessa forma, representavam obstáculos reduzidos para o movimento das mariposas na área, uma vez que esses insetos se deslocaram poucos metros e a baixa altura (até cerca de 1 m acima da altura máxima das plantas) de uma planta para a outra.

Durante a safrinha 2006, por todo o período da primeira e segunda liberação e recaptura de *S. frugiperda* marcadas, não houve qualquer índice de precipitação pluviométrica, o que pode ter sido um dos fatores favoráveis para o maior número de insetos recapturados em relação à safra 2006/2007. Na safra 2006/2007 houve precipitação praticamente todas as noites de recaptura, ou seja, exatamente no período

de vôo dos insetos o que pode ter sido um fator que influenciou no menor número de insetos recapturados.

Tabela 5. Número médio de adultos (\pm EP) de *S. frugiperda* (machos e fêmeas) recapturados por armadilhas luminosas durante as safrinha 2006 e safra 2006/2007 a partir de duas liberações em safras de milho em diferentes estações.

		Média (\pm EP)			P		
		Macho	Fêmea	Total	Macho	Fêmea	Total
Safrinha	2006	4,74 a	2,28 a	7,02 a	0,0003	0,0002	0,0001
	2006/2007	2,41 b	0,56 b	2,97 b			
Liberação	1 ^a	3,52 a	2,19 a	5,71 a	0,4887	< 0,0001	0,0162
	2 ^a	3,35 a	0,43 b	3,78 a			
Linhas de armadilhas luminosas	1	3,43 a	1,40 a	4,82 a	0,8387	0,5909	0,8204
	2	3,44 a	1,22 a	4,66 a			

Em relação ao número de insetos recapturados nas duas liberações das safras de 2006 e 2006/2007, observou-se que a recaptura de fêmeas foi significativamente maior na 1^a. liberação, ocorrida quando as plantas encontravam-se no estágio V3 e V8 respectivamente. Todavia, não houve diferença significativa na recaptura de machos. Ao comparar as coletas de insetos nas armadilhas luminosas das duas linhas paralelas, verificou-se que não houve diferença significativa no número insetos recapturados nas safras 2006 e 2006/2007. Assim, de modo geral, a despeito da disposição das armadilhas no campo, há indicação de que o movimento de *S. frugiperda* ocorre de forma difusa em todas as direções.

3.2 Dispersão de adultos de *S. frugiperda*.

3.2.1 Recaptura de *S. frugiperda* através de armadilhas luminosas na safra 2005/2006

Durante a safra 2005/2006, a maior porcentagem observada (58,33%) de

recaptura de adultos de *S. frugiperda* foi para 100 m a partir do ponto de liberação (Figura 4). Em todas as recapturas, apenas uma fêmea (8,33%) de *S. frugiperda* foi recapturada no total de 12 indivíduos.

3.2.2 Recaptura de adultos *S. frugiperda* através de armadilhas luminosas durante a safrinha 2006

Houve 0,09 % de adultos de *S. frugiperda* recapturados de um total de 22100 insetos considerando as duas liberações realizadas na safrinha 2006. Durante o estudo de dispersão de *S. frugiperda* foi observado que as maiores porcentagens de adultos recapturados ocorreram até aproximadamente 141 m do ponto de liberação, sendo que nesta faixa houve coleta de 48,34% do total de insetos recapturados (Figura 5). A porcentagem de insetos recapturados na faixa de aproximadamente 220 a 610 m variou entre 8,53% e 11,85%, totalizando 51,66% dos insetos recapturados. Houve recaptura de adultos até as duas maiores distâncias, de 509,9 m e 608,28 m. No período em que as armadilhas permaneceram no campo observou-se que houve correlação negativa entre o número de insetos coletados e distância do ponto de liberação.

Ao analisar separadamente a primeira e segunda liberação-recaptura observa-se que a dispersão dos adultos ao longo das distâncias é semelhante independente do estágio de desenvolvimento do milho (V3 e V6) (Figura 6). Apesar do estágio de desenvolvimento da cultura, observou-se que o número de insetos recapturados decresceu com o aumento da distância. Na primeira liberação houve recaptura de 166 insetos (1,66% do total liberado) enquanto na segunda liberação houve a coleta de 45 insetos (0,45% do total liberado). Durante todo o período de recaptura dos insetos não houve precipitação pluviométrica na área de estudo.

Na avaliação conjunta das duas liberações, a porcentagem de machos recapturados foi maior do que a porcentagem de fêmeas recapturadas (Figura 7a). Esta

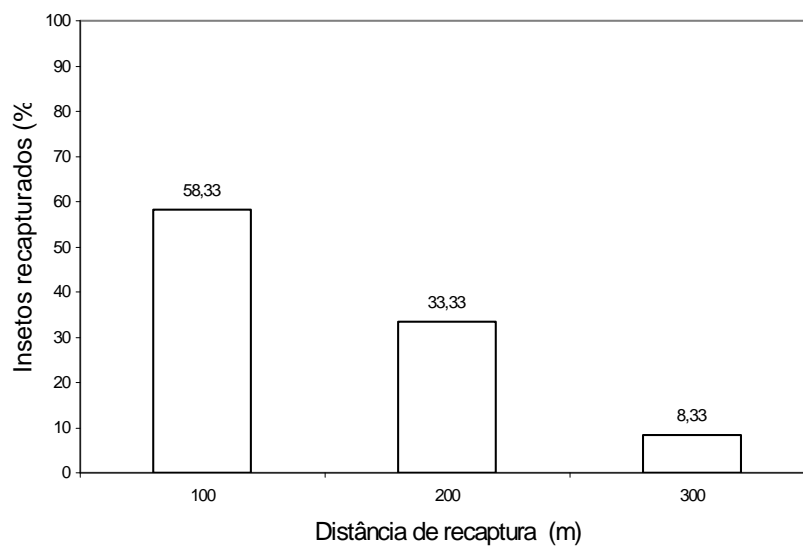


Figura 4. Porcentagem de adultos de *S. frugiperda* (machos e fêmeas) recapturados por armadilhas luminosas de campo e a distância do ponto de liberação (safra 2005/2006).

condição se manteve na segunda liberação-recaptura também aliada ao fato de que não houve qualquer recaptura de fêmeas nas distâncias de 312,23 m, 412,31 m e na maior distância 608,28 m (Figura 7b). Em estudos com *O. nubilalis*, SHOWERS et al (2001) observou que machos desta espécie podem se dispersar a distâncias superiores a 800 m a procura de fêmeas para acasalar, contudo, maior porcentagem de machos recapturados ocorreu a 200 metros do ponto de liberação.

Ao analisar todos os dados de adultos machos e fêmeas de *S. frugiperda* recapturados durante as duas liberações na safrinha 2006, observa-se que o movimento de insetos machos ocorreu a distâncias maiores do que as fêmeas (Figura 8). Todavia, destaca-se que a razão sexual dos insetos marcados foi de praticamente 1:1 ao serem liberados. Portanto, as armadilhas luminosas exerceram maior atratividade dos machos do que das fêmeas. Isso também foi observado por QURESHI et al. (2006) para *Diatraea grandiossela* Dyar (Lepidoptera: Crambidae) em que houve maior recaptura de machos do que fêmeas utilizando armadilhas de feromônio e luminosas.

Dentro da área interna de distribuição das armadilhas na lavoura foram recapturados quatro machos de *S. frugiperda* por armadilha de feromônio, sendo que um inseto foi coletado a 600 m do ponto de liberação. Não houve qualquer recaptura de indivíduos marcados em todas as outras armadilhas de feromônio localizadas fora da área de milho. Desta forma, observa-se que o feromônio exerce atração para os machos pois houve recaptura na parte interna da lavoura onde as armadilhas luminosas estavam instaladas. Contudo, os insetos não foram capturados por armadilhas dispostas em área externa à lavoura de milho, distantes 50 a 1000 m.

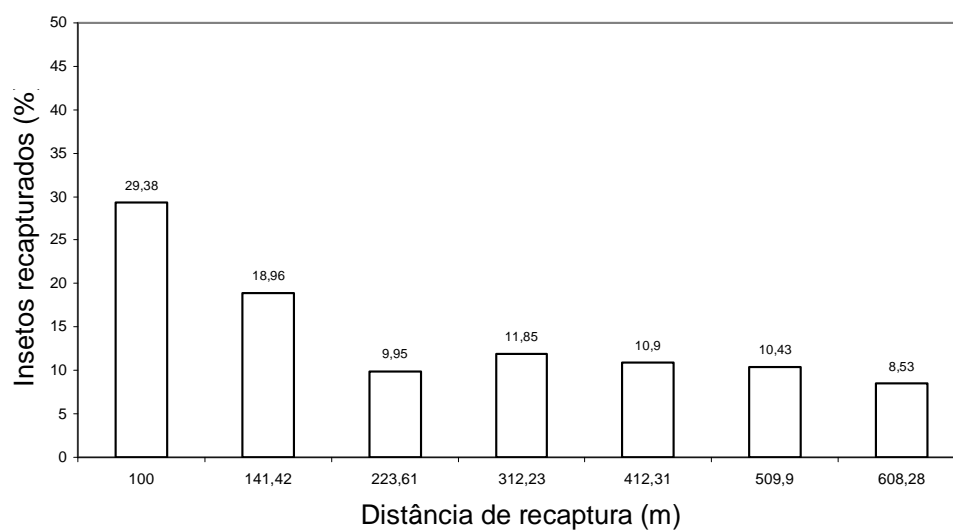


Figura 5. Porcentagem total de adultos de *S. frugiperda* (machos e fêmeas) recapturados por armadilhas luminosas de campo em duas liberações e a distância a partir do ponto de liberação (safrinha 2006).

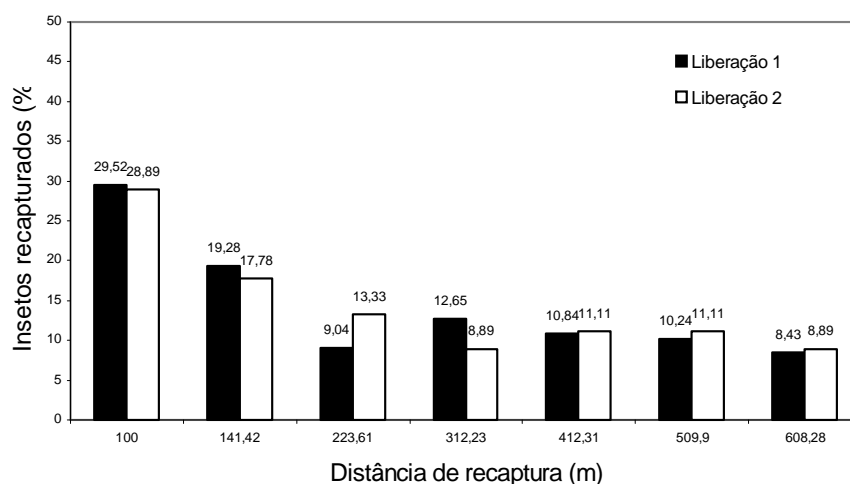


Figura 6. Porcentagem total de adultos de *S. frugiperda* (machos e fêmeas) recapturados por armadilha luminosa de campo na primeira e na segunda liberação e a distância a partir do ponto de liberação (safrinha 2006).

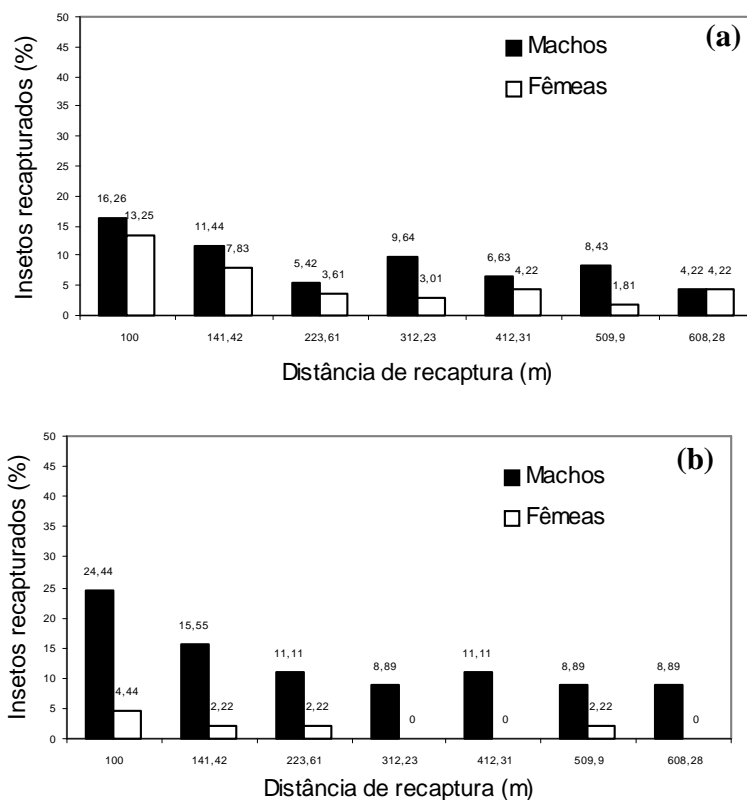


Figura 7. Porcentagem total de adultos de *S. frugiperda* (machos e fêmeas) recapturados por armadilha luminosa de campo na primeira liberação (a) e segunda liberação (b) e a distância do ponto de liberação (safrinha 2006).

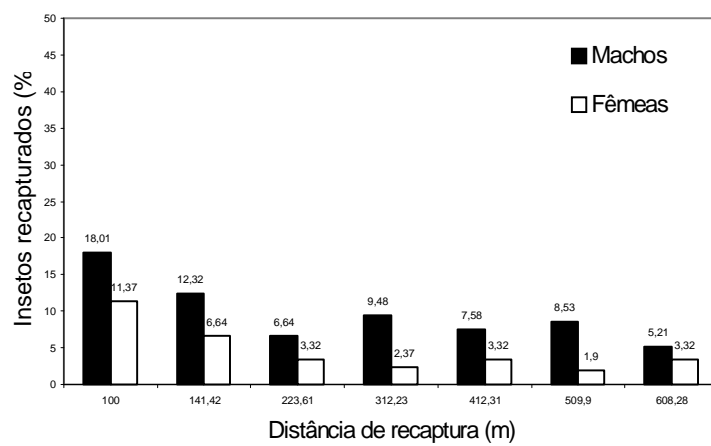


Figura 8. Porcentagem total de adultos de *S. frugiperda* machos e fêmeas da primeira liberação-recaptura e a distância do ponto de liberação (safrinha 2006).

3.2.3 Recaptura de *S. frugiperda* através de armadilhas luminosas durante a safra 2006/2007

Os estudos de liberação-recaptura de *S. frugiperda* ocorreram quando a cultura do milho estava no estágio V8 (primeira liberação-recaptura) e pendoamento (segunda liberação-recaptura). As mariposas de *S. frugiperda* marcadas foram recapturadas em maior quantidade na distância de 100m a partir do ponto de liberação (Figura 9); mas, 47,36% dos insetos foram recapturados até cerca de 223 m do ponto de liberação. Os adultos foram recapturados em todas as distâncias a partir do ponto de liberação, inclusive na maior distância (806,22 m). A capacidade de dispersão de lepidópteros é bem variável, pois para *D. grandiosella* mais de 90% dos adultos foram recapturados na faixa dos 300 m do ponto de liberação (QURESHI et al., 2006). Estudo semelhante com *O. nubilalis* foi realizado por HUNT et al. (2001) que obteve a maioria dos insetos recapturados 70% a 98% a 450 metros do local de liberação.

Observa-se que apenas para a segunda liberação houve recaptura em todas as distâncias a partir do ponto de liberação, quando o milho já estava em estágio de pendoamento. Em contrapartida, quando o milho estava no estágio vegetativo, os insetos foram recapturados em menores distâncias (primeira liberação-recaptura). A distância máxima de recaptura de *S. frugiperda* na primeira liberação-recaptura foi de 608,28 m do ponto de liberação (Figura 10). O número de adultos de *S. frugiperda* recapturados foi maior na segunda liberação (68 adultos: 0,68 % do total liberado) em relação à primeira liberação (27 adultos: 0,27 % do total liberado).

Os dados de recaptura entre machos e fêmeas foram bastante variados na primeira e segunda liberação. Apenas os machos foram recapturados em todas as armadilhas localizadas a diferentes distâncias (Figura 11a). Não houve recaptura nas armadilhas localizadas nas distâncias 707 metros e 806 metros do ponto de liberação (Figura 11a).

Observa-se que após a segunda liberação houve recaptura para machos em todas as distâncias (100 m a 806,22 m); contudo as fêmeas foram recapturadas apenas em três pontos (100; 312,23 e 707,11 m) e em porcentagem muito menor em relação aos machos (Figura 11b). A porcentagem de recaptura de adultos machos de *S.*

frugiperda apresentou maiores proporções e regularidade ao longo das distâncias em relação às fêmeas (Figura 12).

Foram recapturados dois machos de *S. frugiperda* marcados em apenas uma armadilha de feromônio localizada a 100 m do ponto de liberação. Nas armadilhas de feromônio externas à lavoura não houve recaptura.

3.3 Análises de regressão para recaptura de *S. frugiperda* a diferentes distâncias

Através das análises de regressão dos adultos de *S. frugiperda*, observa-se que o número de insetos recapturados decresce com o aumento da distância de recaptura. Apesar da direção e dos poucos insetos recapturados verificou-se que a relação entre o número de insetos coletados e distância é negativa (Figura 13).

Nos dados da safrinha 2006, observou-se que o número de insetos recapturados após a primeira liberação decresce de forma mais acentuada até 200 m do ponto de liberação (Figuras 14 e 15). A tendência decrescente ocorre também após a segunda liberação quando se analisam as curvas de recaptura (Figuras 16 e 17).

Através dos dados da primeira liberação-recaptura durante a safra 2006/2007, observa-se que houve queda acentuada no número de insetos recapturados a partir da primeira armadilha (Figuras 18 e 19). Contudo, a recaptura do total de insetos da segunda liberação (Figura 20) e de machos (Figura 21a) demonstram um decréscimo gradativo à medida que se aumenta a distância de recaptura a partir do ponto de liberação. Apenas 8 fêmeas foram recapturadas em três distâncias (Figura 21b).

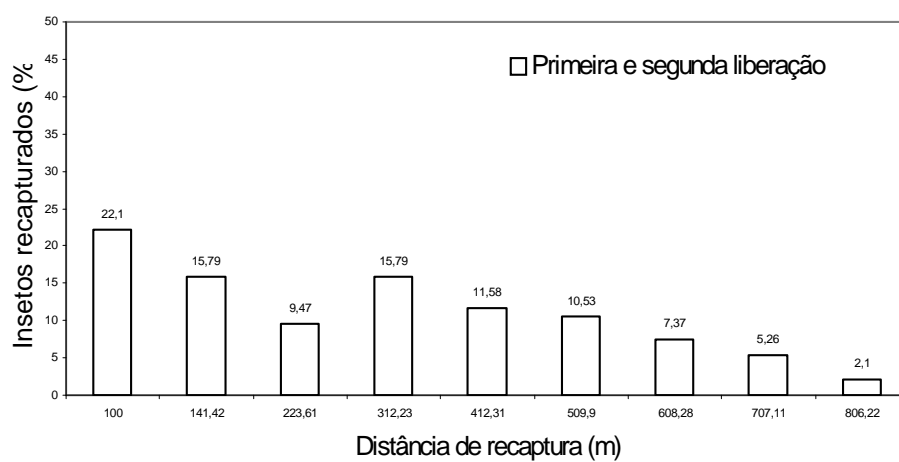


Figura 9. Porcentagem total de adultos de *S. frugiperda* (machos e fêmeas) recapturados por armadilha luminosa de campo na primeira e na segunda liberação e a distância a partir do ponto de liberação (safra 2007).

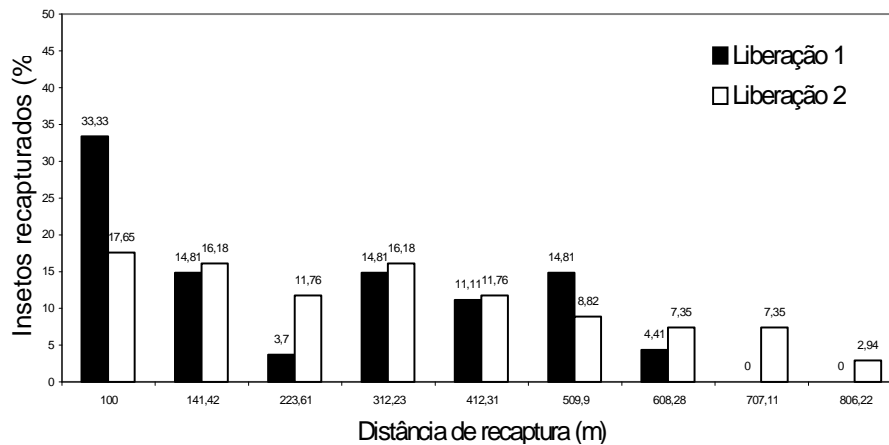


Figura 10. Porcentagem total de adultos de *S. frugiperda* (machos e fêmeas) recapturados por armadilha luminosa de campo na primeira e na segunda liberação e a distância a partir do ponto de liberação (safra 2007).

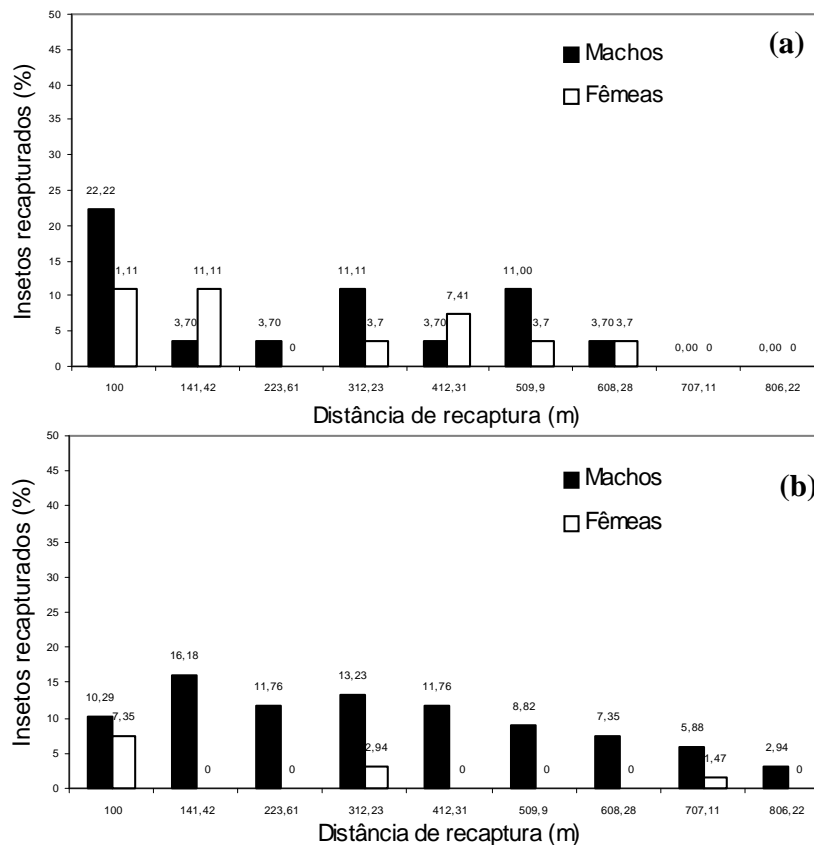


Figura 11. Porcentagem total de adultos de *S. frugiperda* (machos e fêmeas) recapturados por armadilha luminosa de campo na primeira (a) e segunda (b) liberação e a distância do ponto de liberação (safra 2007).

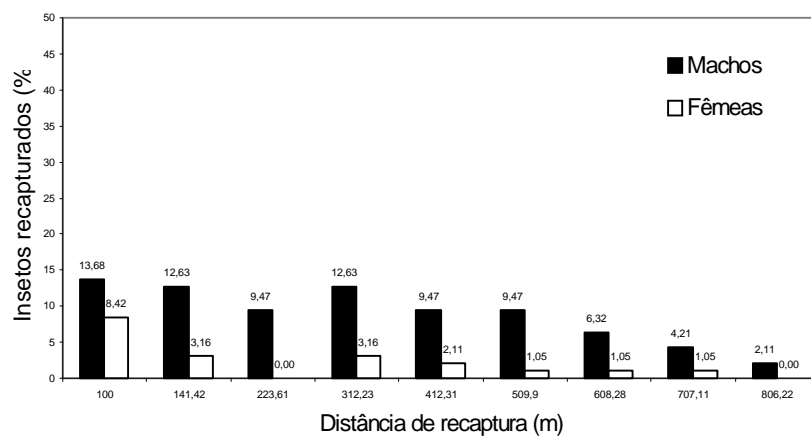


Figura 12. Porcentagem total de adultos de *S. frugiperda* machos e fêmeas da primeira liberação-recaptura e a distância do ponto de liberação (safra 2007).

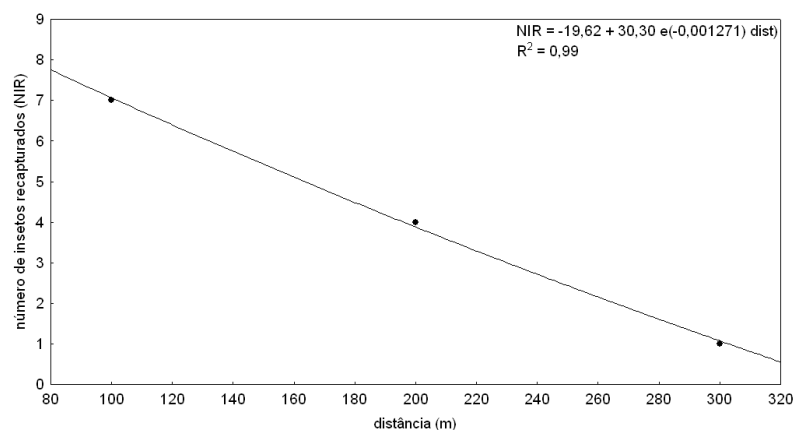


Figura 13. Relação de adultos de *S. frugiperda* (machos + fêmeas) recapturados por armadilha luminosa de campo e a distância do ponto de liberação (liberação única / safra 2005/2006).

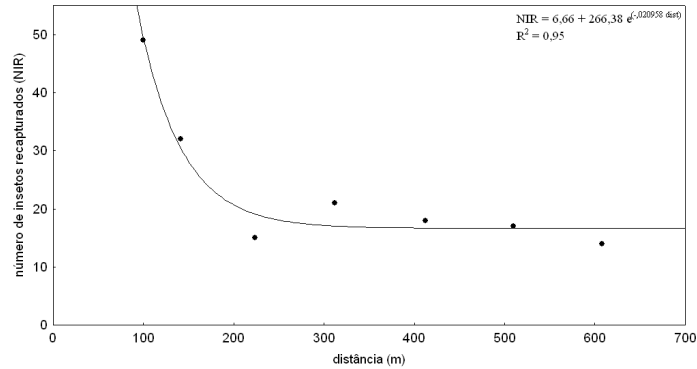


Figura 14. Relação de adultos de *S. frugiperda* (machos + fêmeas) recapturados por armadilha luminosa de campo e a distância do ponto de liberação (primeira liberação / safrinha 2006).

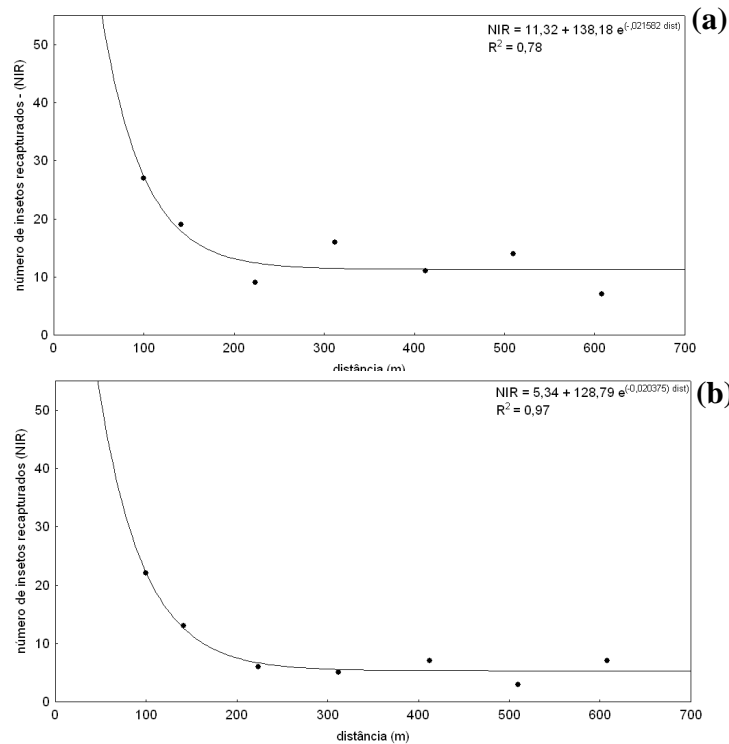


Figura 15. Relação de adultos de *S. frugiperda* machos (a) e fêmeas (b) recapturados por armadilha luminosa nos estudos de campo e a distância a partir de liberação (primeira liberação / safrinha 2006).

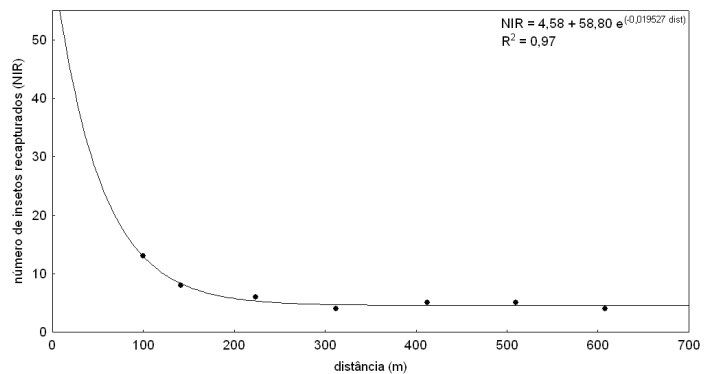


Figura 16. Relação de adultos de *S. frugiperda* (machos + fêmeas) recapturados por armadilha luminosa de campo e a distância do ponto de liberação (segunda liberação / safrinha 2006).

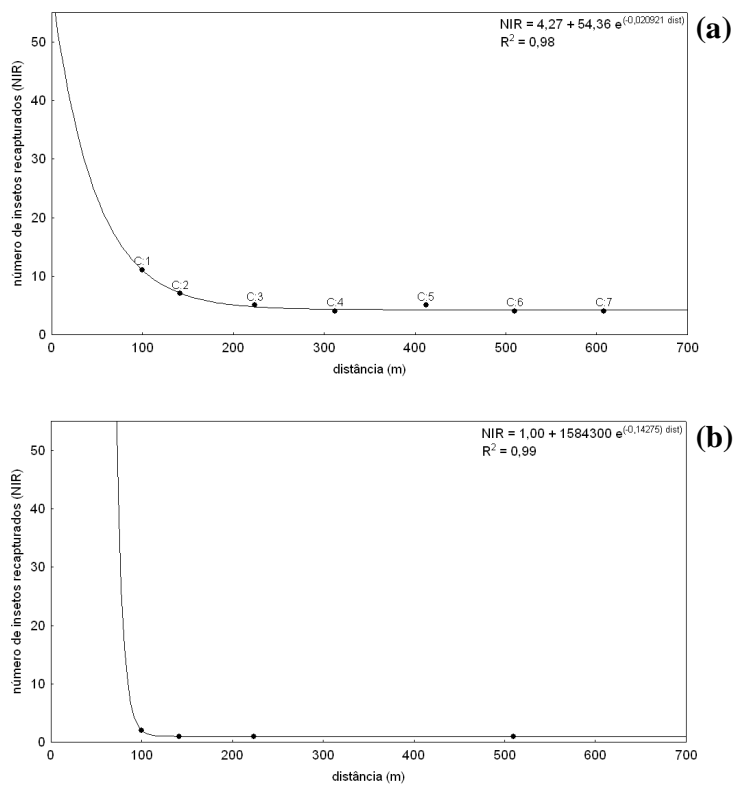


Figura 17. Relação de adultos de *S. frugiperda* machos (a) e fêmeas (b) recapturados por armadilha luminosa de campo e a distância do ponto de liberação (segunda liberação / safrinha 2006).

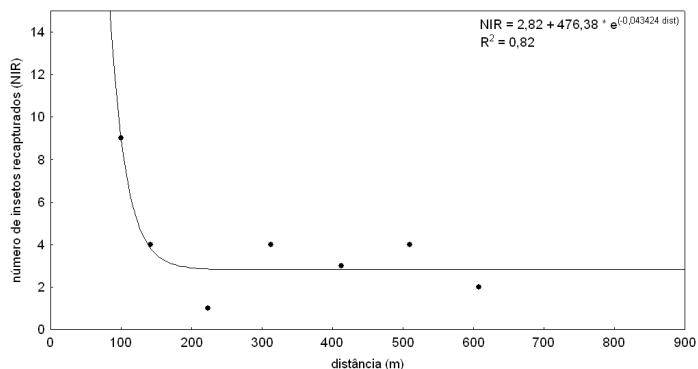


Figura 18. Relação de adultos de *S. frugiperda* (machos + fêmeas) recapturados por armadilha luminosa de campo e a distância do ponto de liberação (primeira liberação / safra 2006/2007).

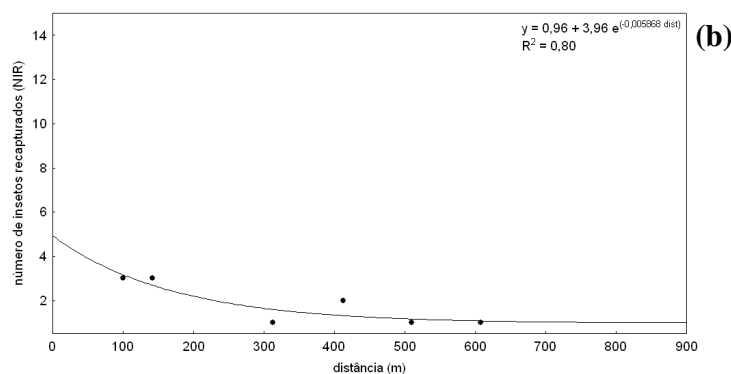
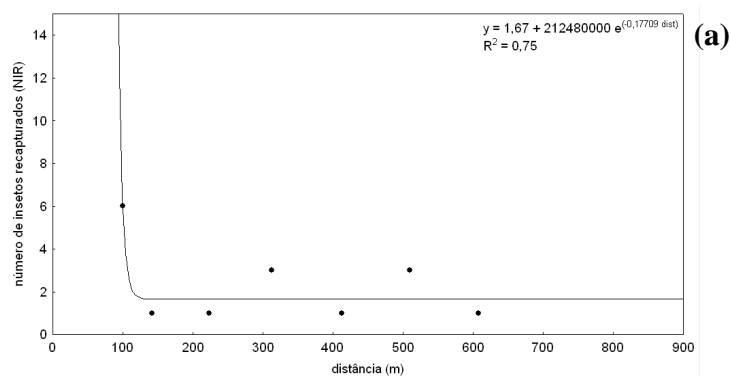


Figura 19. Relação de adultos de *S. frugiperda* machos (a) e fêmeas (b) recapturados por armadilha luminosa de campo e a distância do ponto de liberação (primeira liberação / safra 2006/2007).

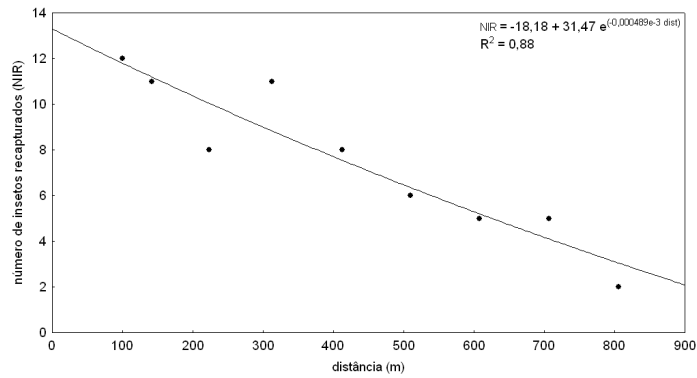


Figura 20. Relação entre de adultos de *S. frugiperda* (machos e fêmeas) recapturados por armadilha luminosa de campo e a distância do ponto de liberação (segunda liberação / safra 2007).

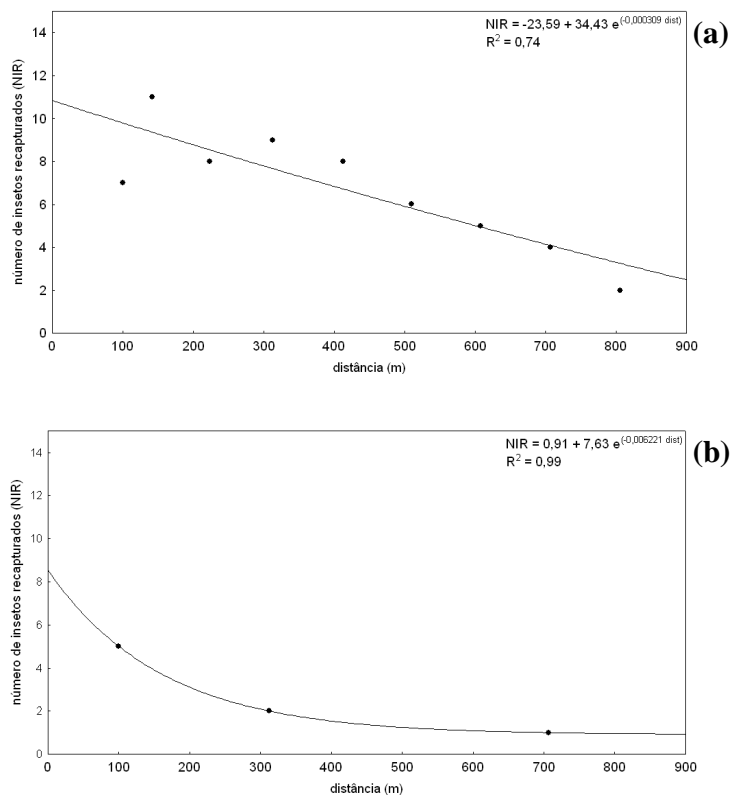


Figura 21. Relação de adultos de *S. frugiperda* machos (a) e fêmeas (b) recapturados por armadilha luminosa de campo e a distância do ponto de liberação (segunda liberação / safra 2006/2007).

3.5 Recapturas diárias de adultos de *S. frugiperda*

Durante a safrinha de 2006, após a liberação-recaptura foi observado que as primeiras recapturas de fêmeas ocorreram no terceiro dia após o início da emergência nas distâncias de 223,61 m, 412,31 e 509,9 m a partir do ponto de liberação. Ou seja, no terceiro dia mariposas fêmeas já haviam percorrido mais de 500 metros. Em contrapartida, as primeiras recapturas de machos ocorreram em menores distâncias, 100 a 141 metros (Figura 22) (safra 2006).

Após a primeira liberação-recaptura, foi observado a primeira recaptura de fêmeas no quinto dia de avaliação a 608,28 metros a partir do ponto de liberação sendo esta a distância máxima obtida durante toda a avaliação da safra. A primeira recaptura de adultos ocorreu no segundo dia a 223 metros (primeira liberação) e primeiro dia a 100 metros (segunda liberação) (Figura 23) (safra 2006/2007).

3.6 Levantamento de posturas de mariposas marcadas de *S. frugiperda* em condições de campo

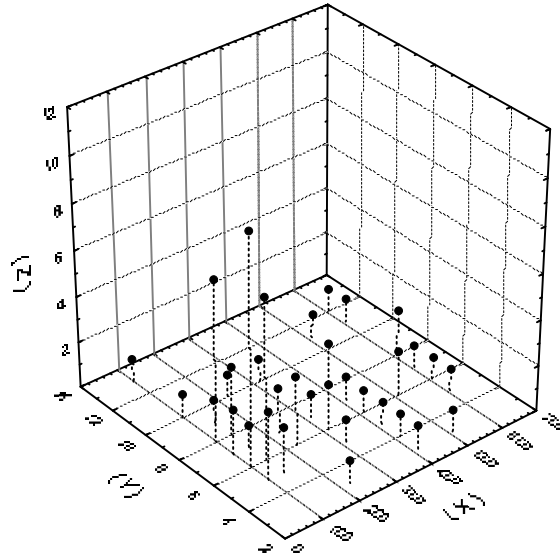
Durante os experimentos de liberação-recaptura (safrinha 2006) foram observadas posturas oriundas de fêmeas marcadas nas plantas de milho e também nas armadilhas luminosas ou nos próprios sacos plásticos (coleta) durante as coletas.

A maioria das posturas marcadas pelo corante vermelho encontradas nas plantas estava localizada entre a primeira e terceira folhas abaixo da folha bandeira e no terço superior da face adaxial. O mesmo padrão de localização de posturas na planta foi observado para posturas oriundas de indivíduos de *S. frugiperda* de ocorrência natural do campo. As posturas marcadas tinham em média 200 ovos correspondente a média de número de ovos normalmente já registrada (VILARINHO et al., 2006). Todas as posturas encontradas eram de fêmeas copuladas, pois houve registro da eclosão de lagartas para todas as posturas. No caso de *O. nubilalis*, a condição de umidade relativa mais elevada é mais favorável ao sucesso de acasalamento e também a maior capacidade de oviposição (ROYER & McNEIL, 1991) pois no caso de *O. nubilalis* a

produção e fertilidade de ovos dependem de condições adequada de umidade (KIRA et al., 1969). Em contrapartida, durante as avaliações de recaptura de *S. frugiperda* na safrinha de 2006 foi observada baixa umidade relativa e não houve precipitação pluviométrica.

De acordo com o levantamento de posturas marcadas durante a safrinha 2006 (duas liberações) nota-se que maior porcentagem de posturas marcadas e férteis foram realizadas a 12 metros a partir do ponto de liberação. Houve registro de 1 postura marcada de mariposa acasalada na maior distância de 608,28 m a partir do ponto de liberação (Figura 24 e 25), observada no quarto dia após o início da emergência dos adultos. Durante a safra 2006/2007 também foram encontradas posturas marcadas num raio de 12 metros a partir do ponto de liberação.

Recaptura de Fêmeas de *S. frugiperda* (safra 2006)



Recaptura de Machos de *S. frugiperda* (safra 2006)

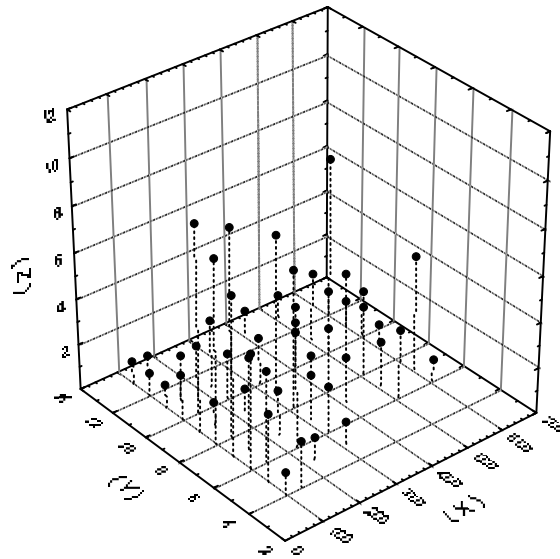
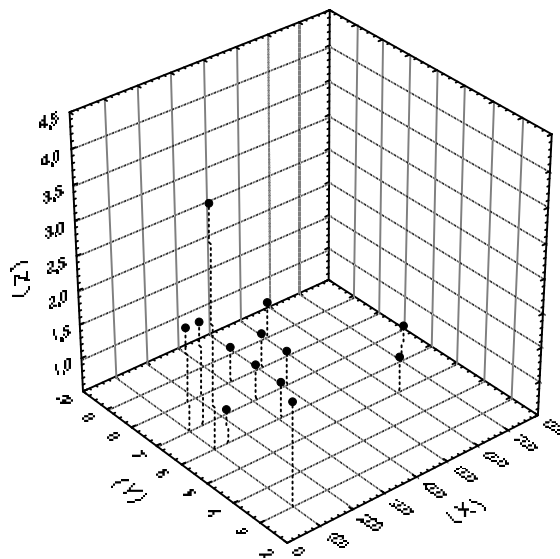


Figura 22. Recaptura diária de adultos de *S. frugiperda* (fêmeas e machos) e a distância do ponto de liberação. Eixos: **Z** = Número de adultos recapturados; **Y** = Período de recaptura (dias); **X**= Distância de recaptura (m), (Safrinha 2006).

Recaptura de Fêmeas de *S. frugiperda* (safra 2006/2007)



Recaptura de Machos de *S. frugiperda* (safra 2006/2007)

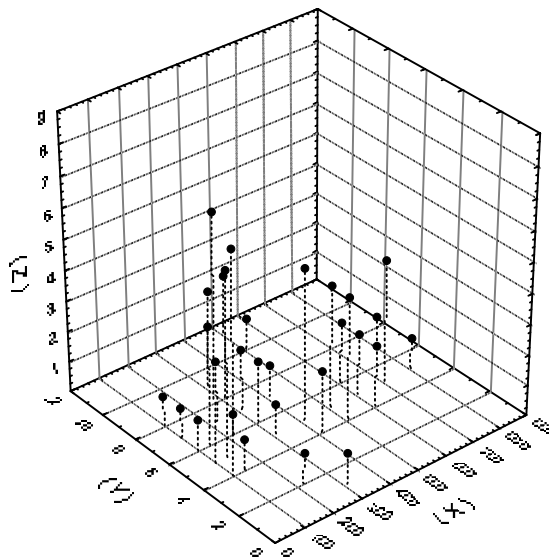


Figura 23. Recaptura diária de adultos de *S. frugiperda* (fêmeas e machos) e a distância do ponto de liberação. Eixos: **Z** = Número de adultos recapturados; **Y** = Período de recaptura (dias); **X**= Distância de recaptura (m), (Safra 2006/2007).

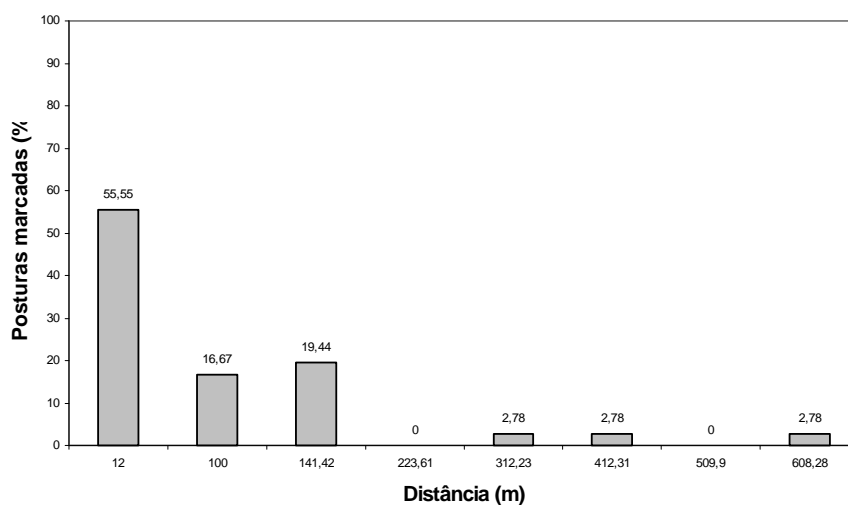


Figura 24. Porcentagem de posturas marcadas de *S. frugiperda* observadas no campo durante o período de avaliação das duas liberações-recaptura e a distância de liberação (safrinha 2006).

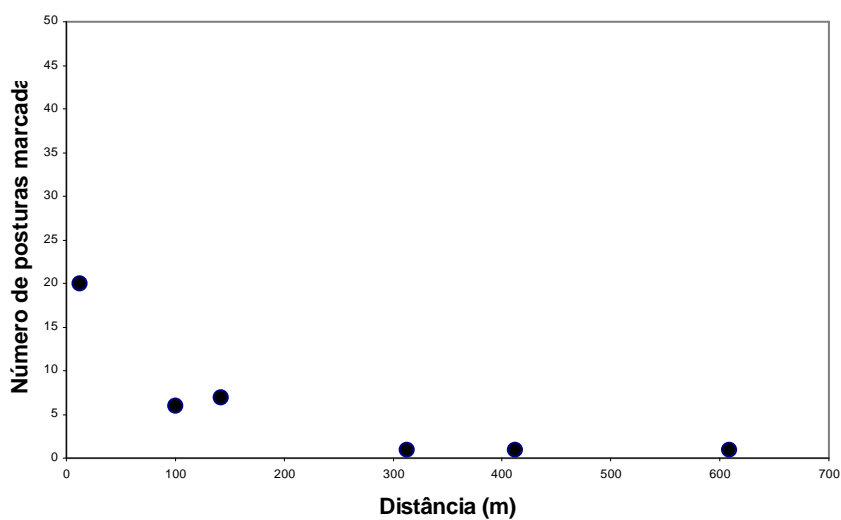


Figura 25. Número de posturas marcadas de *S. frugiperda* observadas no campo durante o período de avaliação das duas liberações-recaptura e a distância de liberação (safrinha 2006).

4. CONCLUSÕES

Armadilhas luminosas atraem mais machos do que fêmeas de *S. frugiperda*.

Machos de *S. frugiperda* se dispersam por pelo menos 806 metros.

Fêmeas de *S. frugiperda* fertilizadas se movimentam e ovipositam por pelo menos 608 metros.

Adultos de *S. frugiperda* se dispersam em todas as direções.

A maioria dos adultos de *S. frugiperda* recapturados permanece no interior da área de milho.

REFERÊNCIAS

ALSTAD, D. N., ANDOW, D. A. Managing the evolution of insect resistance to transgenic plants. *Science*, v. 268, n. 5219, p. 1894-1896, 1995.

BERNAYS, E. A & Graham M.. On the evolution of host specificity in phytophagous arthropods. **Ecology**, Ichthyology, v. 69, p.886-892, 1988.

CAPRIO, M.A. Evaluating Resistance Management strategies for multiple toxins in the presence of external refuges. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v.91, p.1021-1031, 1998.

GOULD, F. Sustainability of transgenic insecticidal cultivars: integrating pest and ecology. **Annual Review Entomology**, Stanford, v.43, p.701-726, 1998.

GUSE, C. A; ONSTAD, D. W.; BUSCHMAN, L. L.; PORTER, P.; HIGGINS, R. A. Modeling the development of resistance by Stalk-Boring (Lepidoptera: Crambidae) in areas with irrigated transgenic corn. **Environmental Entomology**, Lanhan, v.31, n.4, p.676-685, 2002.

HUNT, T. E., HIGLEY, L. G., WITKOWSKI, J. F., YOUNG L. J., HELLMICH R. L. Dispersal of adult European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) within and proximal to irrigated and non-irrigated corn. **Journal of Economic Entomology**. Lanhan, v.94, p.1369-1377, 2001.

KIRA, M.T.; GUTHRIE, W.D.; HUGGANS, J.L. Effect of drinking water on production of eggs by the European corn borer. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v.62, p.1366-1368, 1969.

OSTLIE, K. R., HIGLEY, L. G., KASTER, L. V. SHOWERS, W. B. European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) development, larval survival and adult vigor on meridic diets containing marker dyes. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v.77, p.118-120, 1984.

PARRA, J.R. **Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico**. PIRACICABA: FEALQ, 1999. 137p.

PEFEROEN, M. Insect control with transgenic plants expressing *Bacillus thuringiensis* crystal proteins. IN: CAROSI. **Advances in insect control: The role of transgenic plants**. London: Taylor & Francis, 1997. p. 31-48.

QURESHI, A. J.; BUSCHMAN, L. L.; THRONE, J. E. Dispersal of *Diatraea grandiosella* (Lepidoptera: Crambidae) and its implications for corn borer resistance management in *Bacillus thuringiensis* maize. **Annals of Entomological Society of America**, College Park, v.99, p.279-291, 2006.

SHOWERS, W.B.; HELLMICH, R.L.; DERRICK-ROBINSON, M.E.; HENDRIX III, W.H. aggregation and dispersal behaviour of marked and released european corn borer (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) adults. **Environmental Entomology**, Lanhan, v.30, p.700-710, 2001.

SHOWERS, W.B.; SMELSER, A.J.; KEASTER, A.J.; WHITFORD, F.; ROBINSON, J.F. LOPEZ, J.S.; TAYLOR, S.E. Recapture of marked black cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) males after long-range transport. **Environmental Entomology**, Lanhan, v. 18, p.447-458, 1989.

SIMMONS, A.M.; MARTI JUNIOR, O.G. Mating by fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) frequency, duration, and of temperature. **Environmental Entomology**, Lanhan, v.21, p.371-375, 1992.

STATISTICA. STATSOFT (Data Analysis Software System and User's Manual). Versión 6. StatSoft Inc., Tulsa . 2001.

VILARINHO, E. C.; FERNANDES, O A; OMOTO, C; HUNT, T. E. Oil-Soluble Dyes for Marking *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v.99, p.2110-2115, 2006.

WALDBAUER, G. P. 1968. The consumption and utilization of food by insects. **Advance Insect Physiology**, v.5, p.229-288.