

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

DINÂMICA DOS FATORES DE MORTALIDADE DE
Spodoptera frugiperda (J. E. SMITH) (LEPIDOPTERA:
NOCTUIDAE) EM MILHO COM E SEM LIBERAÇÃO DE
Telenomus remus NIXON (HYMENOPTERA:
PLATYGASTRIDAE).

Andrea Corrêa Varella

Bióloga

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**DINÂMICA DOS FATORES DE MORTALIDADE DE
Spodoptera frugiperda (J. E. SMITH) (LEPIDOPTERA:
NOCTUIDAE) EM MILHO COM E SEM LIBERAÇÃO DE
Telenomus remus NIXON (HYMENOPTERA:
PLATYGASTRIDAE)**

Andrea Corrêa Varella

Orientador: Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Entomologia Agrícola).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Fevereiro de 2012

V293d Varella, Andrea Corrêa
Dinâmica dos fatores de mortalidade de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho com e sem liberação de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygasteridae) / Andrea Corrêa Varella. – – Jaboticabal, 2012 xi, 51 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012

Orientador: Odair Aparecido Fernandes

Banca examinadora: Alexandre de Sene Pinto, Tatiana Rodrigues Carneiro

Bibliografia

1. Tabela de vida multidecremental. 2. Mortalidade insubstituível. 3. Manejo de pragas. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 595.78:633.15

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

unesp



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: DINÂMICA DOS FATORES DE MORTALIDADE DE *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM MILHO COM E SEM LIBERAÇÃO DE *Telenomus remus* NIXON (HYMENOPTERA: PLATYGASTRIDAE)

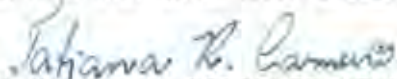
AUTORA: ANDREA CORRÊA VARELLA

ORIENTADOR: Prof. Dr. ODAIR APARECIDO FERNANDES

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


Prof. Dr. ODAIR APARECIDO FERNANDES

Departamento de Fitossanidade / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dra. TATIANA RODRIGUES CARNEIRO

Centro Universitário de Sete Lagoas


Prof. Dr. ALEXANDRE DE SENE PINTO

Departamento de Ciências Agrárias / Centro Universitário Moura Lacerda / Ribeirão Preto/SP

Data da realização: 29 de fevereiro de 2012.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

ANDREA CORRÊA VARELLA – Nasceu em 11 de março de 1985 na cidade de São Paulo, SP. Formou-se em Ciências Biológicas (Licenciatura e Bacharelado) pelo Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, Campus de São José do Rio Preto, SP, em dezembro de 2009. Durante a graduação desenvolveu pesquisa na área de citogenética de insetos e foi bolsista do PIBIC/CNPq, sob a orientação da Profa. Dra. Maria Tercília Vilela de Azeredo Oliveira. Em 2009, já sob a orientação do Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes, defendeu o trabalho “Integração de *Bacillus thuringiensis* (Dipel®) e *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) no manejo da broca-do-colmo, *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae), em cana-de-açúcar” para concluir o curso de bacharelado. Em março de 2010 iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Entomologia Agrícola, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, SP, sendo bolsista do CNPq e integrante da equipe do Laboratório de Ecologia Aplicada, sob a orientação do Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes. Em 2011, passou dois meses em *Montana State University*, EUA, sob a orientação do Prof. Dr. Robert K. D. Peterson finalizando as análises do presente trabalho.

*Ao meu pai, **Euclides Varella Filho** e à minha mãe, **Maria Helena Corrêa Varella**, pelo amor incondicional,
e aos meus irmãos **Marco Antônio Corrêa Varella** e **Ana Lúcia Corrêa Varella**, pelo carinho e apoio*

DEDICO

*Ao **João Luiz Rossi**, pelo amor, amizade e apoio*

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa, a qual viabilizou a realização deste estudo.

Ao Prof. Dr. Odair A. Fernandes, pela orientação, ensinamentos, oportunidades oferecidas, confiança e amizade.

Ao Prof. Dr. Robert K. D. Peterson, pela contribuição, auxílio e incentivo.

Aos professores do Departamento de Fitossanidade da FCAV/UNESP, pelos conhecimentos transmitidos e pela contribuição que deram a minha formação profissional.

Aos funcionários do Departamento de Fitossanidade, em especial à Márcia Regina Macri Ferreira, pelo auxílio precioso nas questões burocráticas, disponibilidade e grande amizade, e à Iara Maria Messiano, pela disponibilidade e amizade.

Aos funcionários da Fazenda Experimental da FCAV/UNESP, em especial a Marcelo Scatolin e Edvaldo Ramos Nascimento, pela atenção e colaboração na condução dos experimentos.

Aos estagiários do Laboratório de Ecologia Aplicada (APECOLAB) pela amizade, companheirismo e auxílio nos trabalhos: Ana Mafra, Alana Marques, Bruno Gonçalves, Carlos Henrique F. Nogueira, Daniela Ferretto Barros, Dayane Reis, Elton Câmara, Guilherme Rezende Garnieri, Juliana Maquino, Lidiane Pavani, Maibi Alves, Marcelo Lontro, Matheus de Moraes, Shelly Mcpherron, Victor Fábio e Wellington Secatto.

Aos amigos apicolabianos da pós-graduação: Juliana D. S. Alonso, Alexandre C. Menezes Netto, Daniel F. Caixeta, José Antônio Rossato Jr., Tiago Lohmann, Edson Corbo, Natália Naranjo, Luan Odorizzi, pela valiosa amizade, convívio e auxílio nos trabalhos.

À Dow AgroSciences pela doação das sementes de milho utilizadas nos experimentos.

Ao Laboratório de Criação de Insetos (LACRI), da Embrapa Milho e Sorgo, pelo envio dos espécimes de *Telenomus remus* necessários para o início da criação utilizada nos experimentos.

A todos aqueles que colaboraram de maneira direta ou indireta para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
SUMMARY	ix
I. INTRODUÇÃO	1
II. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Aspectos biológicos de <i>S. frugiperda</i>	3
2.2 Importância fitossanitária e manejo de <i>S. frugiperda</i>	4
2.3 Inimigos naturais de <i>S. frugiperda</i>	5
2.3.1 Parasitóides.....	5
2.3.2 Parasitoide de ovos <i>Telenomus remus</i> Nixon.....	6
2.3.3 Predadores.....	8
2.4 Influência de fatores abióticos sobre <i>S. frugiperda</i>	9
2.5 Tabela de vida ecológica.....	10
III. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Local, cultura e época de plantio.....	13
3.2 Criação de <i>T. remus</i> e <i>S. frugiperda</i>	13
3.3 Avaliação dos fatores naturais e <i>T. remus</i> na mortalidade de ovos de <i>S. frugiperda</i>	14
3.3.1 Estabelecimento das coortes.....	14
3.3.2 Determinação dos fatores de mortalidade.....	14
3.3.3 Avaliação dos fatores de mortalidade de ovos.....	15
3.3.4 Liberação de <i>T. remus</i>	16
3.4 Análise dos dados de mortalidade de ovos.....	17
3.4.1. Construção de tabelas de vida de fase de ovo de <i>S. frugiperda</i>	17
3.4.2 Estimação das taxas de mortalidade marginais.....	17

3.4.3 Cálculo do valor k.....	19
3.4.4 Tabelas de vida multidecremental e análise de mortalidade insubstituível.....	19
3.5 Comparação das porcentagens de parasitismo e predação.....	20
3.6 Avaliação dos fatores naturais de mortalidade de larvas (1 ^o e 2 ^o ínstares) de <i>S. frugiperda</i>	20
3.6.1 Estabelecimento das coortes.....	20
3.6.2 Determinação dos fatores de mortalidade.....	21
3.6.3 Avaliação dos fatores de mortalidade de larvas.....	21
3.7 Análise dos dados de mortalidade de larvas.....	22
3.7.1 Construção de tabelas de vida de fase de larva (1 ^o e 2 ^o ínstares) de <i>S. frugiperda</i>	22
3.7.2 Estimção das taxas de mortalidade marginais.....	22
3.7.3 Tabela de vida multidecremental e análise de mortalidade insubstituível.....	22
IV. RESULTADOS	23
4.1 Mortalidade de ovos de <i>S. frugiperda</i>	23
4.2 Mortalidade de larvas (1 ^o e 2 ^o ínstaes) de <i>S. frugiperda</i>	32
V. DISCUSSÃO	37
VI. CONCLUSÕES	41
VII. REFERÊNCIAS	42

**DINÂMICA DOS FATORES DE MORTALIDADE DE *Spodoptera frugiperda*
(J. E. SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM MILHO COM E SEM
LIBERAÇÃO DE *Telenomus remus* NIXON (HYMENOPTERA:
PLATYGASTRIDAE).**

RESUMO – O objetivo desse trabalho foi caracterizar a dinâmica dos fatores de mortalidade de ovos e larvas (1^o e 2^o ínstars) de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), e avaliar o impacto de liberações de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygastriidae) na supressão da população dessa praga. Tabelas de vida ecológicas para ovos e larvas (1^o e 2^o ínstars) de *S. frugiperda* foram construídas em agroecossistema de milho, com e sem liberações inundativas do parasitoide, nas safras úmidas e secas de 2010 e 2011. A mortalidade total de ovos variou entre 73 e 81%. Os maiores valores de mortalidades marginal e insubstituível, nas áreas com e sem liberações, foram causadas por inviabilidade e deslocamento nas safras úmidas e por inviabilidade e predação nas safras secas. Parasitoides não causaram mortalidade significativa nas populações de ovos e larvas e as liberações de *T. remus* não aumentaram a mortalidade de ovos. Mais de 95% das larvas morreram devido à predação, deslocamento pela chuva ou *ballooning* e a mortalidade total causada por esses fatores foi amplamente insubstituível. Quando as mortalidades de ovos e larvas foram analisadas conjuntamente, a mortalidade de larvas substituiu quase que completamente a mortalidade de ovos. Os resultados indicaram que maiores reduções nas populações de *S. frugiperda* podem ser conseguidas aumentando-se a mortalidade dos ínstars iniciais do estágio larval.

Palavras-chave: tabela de vida multidecremental; mortalidade insubstituível; manejo de pragas; controle biológico; inimigos naturais.

**MORTALITY FACTORS DYNAMICS OF *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) IN MAIZE WITH AND WITHOUT
AUGMENTATIVE *Telenomus remus* (HYMENOPTERA: PLATYGASTRIDAE)
RELEASES**

SUMMARY - The aim of this study was to characterize the dynamics of mortality factors affecting initial immature developmental stages (eggs and 1st. and 2nd. instar larvae) of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), and assess the impact of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygastriidae) releases on pest population suppression. Life tables for egg and early larval stages of *S. frugiperda* were developed in maize fields with and without augmentative parasitoid releases, in the wet and dry seasons of 2010 and 2011. Total egg mortality did not vary considerably among years and ranged from 73 to 81%. The highest egg marginal mortality and irreplaceable mortality in both release and non-release fields was due to inviability and dislodgement in wet seasons and inviability and predation in dry seasons. Parasitoids did not cause significant mortality in egg or early larval stages and the releases of *T. remus* did not increase egg mortality. A large percentage of early larvae (> 95%) died from predation, dislodgment by rainfall or ballooning and total mortality due to these factors was largely irreplaceable. When considering egg and larval mortality together, early larval mortality would almost completely replace egg mortality if the egg mortality factors were removed. Results indicate that a greater effect in reducing generational survival may be achieved by adding mortality to the early larval stage of *S. frugiperda*.

Key words: multiple decrement life table, irreplaceable mortality, pest management, biological control, natural enemies.

I. INTRODUÇÃO

Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), também conhecida como lagarta-do-cartucho, é um inseto polífago e uma das principais pragas agrícolas da América (CRUZ, 1995; CAPINERA, 1999; MOCHIDA & OKADA, 1974). Surtos ocorrem regularmente em áreas produtoras de milho e as populações comumente atingem ou superam os níveis de dano econômico (CRUZ, 2008).

No Brasil, embora a principal safra de milho ocorra no verão (estação úmida), há alguns anos, produtores do centro-sul do país passaram a se aproveitar das últimas chuvas de verão e a cultivar uma segunda safra de milho, que se desenvolve até início do inverno (estação seca). Atualmente, a segunda safra é cultivada em vastas áreas e a produção anual ultrapassa os 20 milhões de toneladas (CONAB, 2011). Esse novo regime de plantio, aliado a características biológicas de *S. frugiperda* como alta taxa reprodutiva, ampla gama hospedeira (CAPINERA, 1999) e alta habilidade de migração (SPARKS, 1979), aumentaram significativamente os prejuízos causados por essa praga (FIGUEIREDO et al., 2005).

O método químico de controle é o mais utilizado contra *S. frugiperda*, mas frequentemente os resultados esperados não são obtidos (FIGUEIREDO et al., 2005). Além disso, já foi registrada a ocorrência de populações resistentes a alguns agrotóxicos (DIEZ-RODRIGUEZ & OMOTO, 2001). Por isso, esforços tem sido empregados na tentativa de desenvolver programas de controle biológico contra essa praga. Os parasitoides de ovos *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) e *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) são os principais agentes de controle estudados (FIGUEIREDO et al., 2002; BESERRA & PARRA, 2004; CARNEIRO et al., 2009) e o sucesso na utilização de *T. remus* já foi registrado na Venezuela (FERRER, 2001) e Colombia (GARCÍA-ROA et al., 2002). Embora muito já se saiba sobre esses parasitoides, as informações ainda são insuficientes para o estabelecimento de programas de controle biológico aplicado contra *S. frugiperda*. Também é insuficiente a compreensão da dinâmica desses e de outros fatores de mortalidade dessa praga.

A construção de tabelas de vidas permite a compreensão da distribuição espacial, momento de ocorrência e magnitude dos fatores de mortalidades, além de revelar o papel de cada um desses fatores na supressão da uma população (BELLOWS Jr. et al., 1992). Essas informações podem permitir o aprimoramento de programas de manejo de *S. frugiperda* que sejam menos dependentes de agrotóxicos.

Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar e compreender a dinâmica dos fatores de mortalidade de ovos e larvas (1°. e 2°. ínstars) de *S. frugiperda* por meio da construção de tabelas de vida parciais em agroecossistema de milho, com e sem liberação inundativa de *T. remus*, durante duas épocas de plantio (seca e úmida).

II. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos biológicos de *S. frugiperda*

A espécie *S. frugiperda*, conhecida como lagarta-do-cartucho, é um inseto originário das zonas tropicais e subtropicais das Américas. Em 1797, foi pela primeira vez relatada como praga de gramíneas, nos Estados Unidos, por SMITH e ABBOT. Esses mesmos autores nomearam-na como *Phalaena frugiperda* naquele ano (LUGINBILL, 1928; FERRAZ, 1991). Apenas em 1964, depois de ter recebido outras denominações, é que esse lepidóptero recebeu o nome atual (TODD, 1964).

A lagarta-do-cartucho é uma espécie polífaga que pode atacar mais de 80 espécies hospedeiras, preferencialmente, gramíneas (CAPINERA, 1999). Atualmente, esse inseto é encontrado em praticamente todos os estados brasileiros, favorecido pelas condições climáticas, pela disponibilidade e diversificação de plantas hospedeiras o ano todo (WAQUIL, 2007).

Em condições de campo, as massas de ovos de *S. frugiperda* são, geralmente, depositadas na superfície abaxial das folhas de plantas de milho com até 6 folhas e na superfície adaxial nas plantas que possuem mais de 7 folhas (BESERRA et al., 2002). Os ovos possuem 0,4 mm de diâmetro e 0,3 mm de altura e são de coloração verde-clara. Cada fêmea coloca, em média, 1500 ovos, distribuídos em posturas contendo cerca de 150 ovos cada (SPARKS, 1979). No momento da oviposição a fêmea deposita escamas provenientes da região posterior do abdome sobre a postura, o que dificulta o parasitismo por fêmeas de alguns insetos, como *Trichogramma* spp. (CAVE, 2000).

Depois de, aproximadamente, três dias, eclodem as larvas, que começam a se alimentar do córion de seus ovos e das folhas mais novas da planta. As larvas recém-eclodidas são capazes de tecer teia, o que auxilia na dispersão ou escape de inimigos naturais. Durante a fase larval, os insetos permanecem dentro do cartucho da planta alimentando-se das folhas, e é comum encontrar apenas uma larva desenvolvida por cartucho devido ao hábito canibal da espécie (LUGINBILL, 1928). No sexto ínstar, a larva pode ter coloração preta, pardo-escuro ou verde, possui um Y invertido na parte frontal da cabeça e chega a atingir até 50 mm de comprimento. Ao final desse estágio,

a larva deixa a planta e penetra no solo para empupação, fase que se estende por nove ou até 27 dias (SPARKS, 1979; FERRAZ, 1991).

Os adultos possuem asas anteriores de coloração pardo-escuras e posteriores branco-acinzentadas; medem cerca de 35 mm de envergadura e têm hábito noturno. A longevidade do adulto é de, em média, 12 dias e a oviposição ocorre a partir do terceiro dia após a emergência da fêmea. A alta capacidade de dispersão da forma adulta contribui para a rápida distribuição desse inseto em vastas áreas (SPARKS, 1979).

2.2. Importância fitossanitária e manejo de *S. frugiperda*

O milho é um dos cereais mais cultivados no Brasil, com produção nacional de 56 milhões de toneladas, nas 1ª. e 2ª. safras de 2010 (CONAB, 2010). Para o ano de 2011, a produção esperada é de 57 milhões de toneladas, originada pela soma de 35,4 milhões de toneladas da 1ª. safra e 21,7 milhões de toneladas da 2ª. safra (CONAB, 2011). Os principais estados brasileiros produtores são Paraná, Mato Grosso e Minas Gerais (CIMilho, 2010).

Dentre as principais pragas dessa cultura, destaca-se a espécie *S. frugiperda*. O ataque dessa praga ocorre em todas as fases de desenvolvimento da planta de milho e em todas as suas estruturas aéreas (BUNTIN, 1986). A larva alimenta-se preferencialmente das folhas mais novas do cartucho, consumindo grande parte das folhas antes destas abrirem. Quando o ataque ocorre nos primeiros estádios fenológicos da cultura, esta praga pode provocar a morte das plantas. Em estádios mais adiantados, pode-se encontrar a larva se alimentando do pendão e até mesmo das espigas em formação (WAQUIL et al., 1982).

O controle da lagarta-do-cartucho geralmente é realizado com produtos químicos e em algumas regiões do Brasil, em média, são feitas cinco aplicações de inseticidas durante a safra (FIGUEIREDO et al., 2005). As aplicações frequentemente são tardias e por isso nem sempre são eficientes. Esse uso excessivo de inseticidas químicos pode acarretar diversos problemas, tais como: resíduos em alimentos, eliminação de inimigos naturais, intoxicação dos aplicadores e seleção de populações de praga resistentes aos inseticidas (DIEZ-RODRIGUEZ & OMOTO, 2001).

A redução na produção de grãos devido ao ataque dessa praga é variável e segundo a EMBRAPA (2008) pode chegar até 34%; embora, em situações de ataque intenso, HRUSKA & GOULD (1997) observaram 73% de redução da produção, na Nicarágua. Segundo FIGUEIREDO et al. (2005), no Brasil, os prejuízos anuais com *S. frugiperda* são estimados em 400 milhões de dólares. Daí a relevância desse inseto nos programas de controle fitossanitário.

2.3. Inimigos naturais de *S. frugiperda*

A espécie *S. frugiperda* sofre a ação de diversos inimigos naturais, tais como insetos entomófagos (FERRAZ, 1991; MOLINA-OCHOA et al., 2003 e 2004; MURÚA, et al., 2006) e patógenos (PATEL, 1981).

2.3.1. Parasitoides

Dentre os parasitoides de *S. frugiperda*, destacam-se os himenópteros das famílias Ichneumonidae, Braconidae, Thricogrammatidae e Platygastriidae e os dípteros pertencentes à família Tachinidae (MOLINA-OCHOA et al., 2003).

O endoparasita larval do gênero *Campoletis* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae) é bastante comum em milharais (ASHLEY, 1986; VALICENTE & BARRETO, 1999; MURÚA et al, 2006), inclusive na região de Jaboticabal (CARNEIRO, 2008). A fêmea de *Campoletis flavicincta* (Ashmead) parasita ínstares iniciais de *S. frugiperda*. Suas larvas desenvolvem-se no interior do corpo do hospedeiro durante, aproximadamente, 22 dias, quando deixam o interior da larva para a empupação. Sabe-se que larvas de *S. frugiperda* parasitadas por esse endoparasita consomem apenas 7% da área folhar consumida por um inseto não parasitado (CRUZ et al., 1997). PATEL (1981), em um levantamento de *S. frugiperda* feito em vários municípios do Estado de São Paulo, encontrou índices de parasitismo por Hymenoptera de até 58%, sendo *C. flavicincta* a espécie mais abundante. Além do gênero *Campoletis* outros Ichneumonidae já foram relatados parasitando *S. frugiperda*, tais como: *Ophion* sp. (LUGINBILL, 1928) e *Eiphosoma* sp. (MOLINA-OCHOA et al., 2003).

Em Braconidae, destaca-se o parasitoide *Chelonus insularis* Cresson. A fêmea parasita ovos de *S. frugiperda*, mas as larvas do parasitoide emergem das larvas imaturas do hospedeiro (LUGINBILL, 1928). Existem diversos relatos de parasitismo natural por indivíduos dessa espécie (MOLINA-OCHOA et al., 2004; MURÚA, et al., 2006). Na Flórida, ASHLEY (1986) observou 63% de parasitismo de *C. insularis* em *S. frugiperda*. Outros braconídeos que também já foram relatados parasitando *S. frugiperda* são: *Apanteles* sp., *Cotesia* sp., *Exaticolus* sp. e *Meteorus* sp. (LUGINBILL, 1928).

No Brasil já foram relatadas 28 espécies de *Trichogramma* e algumas delas podem parasitar ovos de *S. frugiperda*. Porém, esses parasitoides tem dificuldade para parasitar os ovos dessa espécie, pois as posturas são dispostas em camadas e recobertas com escamas (BESERRA & PARRA, 2005). Com isso, apenas os ovos das camadas externas ou isolados são parasitados.

Várias espécies de dípteros também são comumente encontradas parasitando *S. frugiperda*. Em levantamento de lagartas-do-cartucho realizado no estado de São Paulo, FERRAZ (1991) encontrou 17,5% de larvas parasitadas e o taquinídeo *Archytas* sp. foi o que apresentou maior frequência, com 40,8% do total de larvas parasitadas. MOLINA-OCHOA et al. (2003), em trabalho de revisão sobre parasitoides de *S. frugiperda* nas Américas e Caribe, relataram a presença de diversos dípteros parasitoides no Brasil, como *Acroglossa vetula* (Reinhard), *Archytas* spp., *Eucelatoria* sp., *Euphorocera* sp., *Gonia crassicornis* (Fabricius) e *Lespesia* sp.

2.3.2. Parasitoide de ovos *T. remus* Nixon

A espécie *T. remus* é originária de Sarawak e Nova Guiné e foi introduzida no Brasil em 1986 pelo Dr. F. D. Bennett (*Commonwealth Institute of Biological Control*), por meio do Departamento de Entomologia (atual Departamento de Entomologia e Acarologia), da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP (PEDRASI & PARRA, 1986).

Esse parasitoide atua, principalmente, sobre ovos de insetos pertencentes ao gênero *Spodoptera* (WOJCIK et al., 1976), exceto por uma espécie da família Pyralidae e uma da família Arctiidae (CAVE, 2000).

O período de desenvolvimento de ovo a adulto varia de 7 (34°C) a 13,7 dias (23°C) (GAUTAM, 1986; BUENO et al., 2008). Os ovos parasitados se apresentam enegrecidos depois de, aproximadamente, quatro dias, permanecendo essa coloração mesmo após a saída do parasitoide. Cada fêmea realiza a oviposição de apenas um ovo por hospedeiro (CAVE, 2000; CARNEIRO, 2005) e pode produzir até 270 descendentes (MORALLES et al., 2000). A uma temperatura de 15°C, a porcentagem de emergência de *T. remus* é baixa e a 35°C, não há desenvolvimento biológico (BUENO et al., 2008). A temperatura também é determinante na iniciação de voo de *T. remus*, embora a velocidade e a direção eólica tenham maior influência na movimentação e no padrão de dispersão desse parasitoide. Vale ressaltar que o conhecimento das exigências térmicas e das respostas de voo de um agente de controle biológico a gradientes de temperatura possibilita a identificação da melhor hora do dia para que sejam efetuadas as liberações em campo (SILVA, 2007).

A localização hospedeira desempenhada por parasitoides de ovos depende, em parte, dos sinais químicos liberados por plantas e/ou hospedeiros (FATOUROS et al., 2008). As fêmeas de *T. remus* respondem a compostos presentes no feromônio sexual de *S. frugiperda* e a presença desses químicos aumenta a taxa de parasitismo. Cairomônios presentes na secreção da glândula acessória da fêmea de *S. frugiperda* também estimulam a oviposição do parasitoide (CAVE, 2000).

Em vários países existem casos de utilização de *T. remus* em programas de controle biológico contra pragas (van LENTEREN & BUENO, 2003). Segundo ORR (1988), *T. remus* foi introduzido em Antígua, Austrália, Barbados, Guiana, Nova Zelândia, Suriname, Trinidad e EUA para controlar noctuídios. Na Índia, Sankaran (1974) obteve altos níveis de parasitismo sobre ovos de *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) depois de algumas liberações de *T. remus*, na cultura do fumo. Na Venezuela, a utilização desse parasitoide para controle de *S. frugiperda*, em

milho, reduziram as aplicações de inseticidas em, aproximadamente, 80% (FERRER, 2001).

No Brasil, FIGUEIREDO et al. (1999) concluíram que *T. remus* é viável para uso em programas de manejo integrado de *S. frugiperda* na cultura do milho. Mas, apesar dos resultados promissores obtidos, outras tentativas de se controlar *S. frugiperda* em milho, utilizando-se esse parasitoide já foram realizadas, porém sem sucesso (MENEZES NETTO, 2010). Os motivos desse insucesso ainda são desconhecidos.

2.3.3. Predadores

Predadores são importantes agentes de controle biológico (ANDREWS, 1988) e muitos dos predadores de *S. frugiperda* são generalistas. Diversos estudos relatam a predação de ovos, larvas e pupas de *S. frugiperda* (GROSS JR. & PAIR, 1986; CRUZ & OLIVEIRA, 1997; ZANUNCIO et al., 2008). Dentre as principais ordens de predadores tem-se: Dermaptera, Coleoptera, Hymenoptera e Hemiptera.

Tesourinhas são importantes predadores de ovos e larvas. CRUZ (1995) estima que ninfas e adultos de *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae) consomem 12 e 21 ovos de *S. frugiperda* por dia, respectivamente. Percevejos do gênero *Orius* (Hemiptera: Anthocoridae) também são importantes predadores de ovos de lepidópteros. Eles ocorrem em diversas culturas e tem ampla distribuição mundial. Apesar de generalistas, esses percevejos tem alta eficiência de busca, habilidade para aumentar a população e agregar-se rapidamente quando há presas em abundância, além de sobreviver em baixa densidade de presas (GUEDES, 2006). Diversos autores relatam a ação de *Orius* spp. contra ovos e pequenas larvas de *S. frugiperda* (ISENHOOR et al., 1990, CIVIDANES & BARBOSA, 2001). GUEDES (2006) demonstrou que uma fêmea de *O. insidiosus* tem a capacidade de predação de 9,75 ovos de *S. frugiperda* por dia, em condições de laboratório.

Outros predadores já foram relatados atuando sobre *S. frugiperda*, tais como: *Podisus* sp. (Heteroptera: Pentatomidae) (ZANUNCIO et al., 2008), *Calosoma* spp. (Coleoptera: Carabidae), *Nabis* sp. (Hemiptera: Nabidae), *Geocoris* sp. (Hemiptera:

Lygaeidae), *Chrysopa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae), *Lebia* sp. (Coleoptera: Carabidae) e *Polybia* sp. (Hymenoptera: Vespidae) (LUGINBILL, 1928; PATEL, 1981).

2.4. Influência de fatores abióticos sobre *S. frugiperda*

Os insetos são animais ectotérmicos e, por isso, o clima influencia o seu desenvolvimento e sobrevivência. Por serem leves e terem uma superfície corporal grande em relação ao volume do corpo, os insetos podem ser especialmente afetados pela temperatura, vento e chuva (GILLOTT, 2005).

As exigências térmicas de *S. frugiperda* foram estudadas por BUSATO et al. (2005). Esses autores observaram que a viabilidade de ovos a 18°C e 32°C foi de, aproximadamente, 72% e 78%, respectivamente. A temperatura base dessa mesma fase foi de 9,3°C. Esses mesmos autores ainda observaram que a fase de ovo teve duração de 4,8 dias a 18°C e 2,0 dias a 32°C. O período larval teve duração máxima de 41,9 dias a 18°C e mínima de 11,1 dias a 32°C, e a 25°C variou de 13,2 a 16,5 dias. Embora nem sempre a temperatura cause a morte de *S. frugiperda*, quanto maior o tempo de desenvolvimento, maior será a exposição deste inseto a ação dos outros fatores de mortalidade contemporâneos.

GARCÍA-ROA et al. (2002), em estudo realizado na Colômbia, observaram grande número de larvas de *S. frugiperda* mortas devido ao afogamento dentro do cartucho da planta de milho, após chuva. Esses mesmos autores ainda verificaram que durante o período chuvoso, a população da lagarta-do-cartucho não atingiu níveis de dano econômico. Já no Brasil, observou-se que durante a ocorrência de chuvas, as larvas grandes de *S. frugiperda* saem do cartucho das plantas e se escondem nos torrões de terra no solo até que a chuva cesse (PINTO, et al., 2004).

A ampla distribuição geográfica de *S. frugiperda* indica que essa espécie está sujeita a grande diversidade de fatores abióticos (LUGINBILL, 1928). Mas assim como a lagarta-do-cartucho está sujeita a ação dos fatores abióticos, os seus inimigos naturais também estão. Como consequência disso, por exemplo, um agente de controle biológico que tenha se mostrado bastante eficiente em condições de laboratório, pode não desempenhar bem sua função em campo, devido, justamente, a diferenças nos

efeitos da temperatura e umidade sobre o desenvolvimento, eclosão e atividade da praga e do inimigo natural (GILLOTT, 2005). Por isso, as liberações de inimigos naturais a campo devem ser planejadas adequadamente (PINTO & PARRA, 2002).

2.5. Tabela de vida ecológica

Em agroecossistemas, múltiplos fatores de mortalidade atuam sobre as populações de insetos. Esses fatores podem ser de ocorrência natural ou antrópica e a compreensão da distribuição espacial, momento de ocorrência e magnitude dos mesmos é essencial para estudos de dinâmica populacional (BELLOWS Jr. et al., 1992). Além disso, esse conhecimento pode permitir a elaboração de programas de manejo de pragas (NARANJO & ELLSWORTH, 2005).

A construção de tabelas de vida é um método robusto para descrever e quantificar a mortalidade em uma população (NARANJO & ELLSWORTH, 2005). Nelas, são concentradas as informações sobre mortalidade de uma coorte (indivíduos de mesma idade) conhecida. Originalmente, as tabelas de vida foram usadas como ferramenta nos estudos de demografia humana (HARCOURT, 1969). Posteriormente, elas começaram a ser construídas a partir de coortes de insetos. Os primeiros a desenvolverem tal estudo foram PEARL & PARKER (1921), que construíram tabelas de vida para analisar a sobrevivência de *Drosophila melanogaster* Meigen (Diptera: Drosophilidae). Mas foi somente em 1947 que DEEVEY construiu a primeira tabela de vida de uma população em ambiente natural.

Existem duas formas de tabela de vida ecológicas, a tabela de vida de coorte (*cohort life table*) e a tabela de vida corrente/atual (*current life table*) (CAREY, 1993). A primeira inclui a mortalidade de uma coorte particular do momento do nascimento dos indivíduos até a morte do último deles. Essa tabela é indicada para análise de populações de plantas e animais sésseis, nas quais os indivíduos marcados podem ser continuamente reamostrados ao longo do curso de suas vidas (RICKLEFS, 2001). A segunda assume uma coorte hipotética e inclui a mortalidade desse grupo de indivíduos durante um período específico (= estágio do desenvolvimento) (CAREY, 1993). Como a idade dos insetos em campo é de difícil determinação, a construção de tabelas de vida

nesse caso é, normalmente, organizada em estágios de desenvolvimento, em vez de idades (BELLOWS Jr. et al., 1992).

A tabela de vida mostra a probabilidade de sobrevivência de um indivíduo sujeito a fatores de mortalidade (CAREY, 1989). Quando várias tabelas de vidas são construídas durante uma sequência de gerações, elas podem ser analisadas para se determinar qual estágio do ciclo de vida contribui mais fortemente para as alterações na densidade populacional (HARCOURT, 1969). Essa informação pode direcionar a elaboração de programas de manejo de pragas.

Muitas décadas antes da utilização de tabelas de vida para estudos de dinâmica populacionais de insetos, FARR (1875) fez-se o seguinte questionamento: “qual seria o efeito na expectativa de vida de uma população se uma determinada doença não causasse mais mortalidade?” Em 1989, CAREY transporta esse mesmo raciocínio para o âmbito do manejo de pragas, mencionando que se é possível analisar a expectativa de vida na ausência de um fator de mortalidade, então também deve ser possível analisar o efeito da adição de um fator de mortalidade sobre a expectativa de vida de uma população.

Em 1989, CAREY trouxe outra ferramenta amplamente utilizada nos estudos de demografia humana para os estudos de dinâmica populacional de insetos: a tabela de vida multidecremental. Nela, os fatores de mortalidade e a quantidade de indivíduos mortos devido a cada fator são discriminados. A construção dessa tabela baseia-se em três premissas: a morte só pode ser causada por um único fator; todos os indivíduos de uma população têm exatamente a mesma probabilidade de morrer devido a qualquer um dos fatores de mortalidade atuantes e a probabilidade de morrer por uma determinada causa é independente da probabilidade de morrer por qualquer outra (CAREY, 1989).

Porém, nem sempre é fácil acessar as informações sobre mortalidade, pois quando fatores de mortalidade ocorrem contemporaneamente, a mortalidade causada por um fator individual é influenciada pela causada por outros fatores (ROYAMA, 1981). Isso é especialmente importante quando alguns fatores de mortalidade apresentam um intervalo de tempo entre atacar e causar a morte do indivíduo (ex: parasitoides e

doenças). Durante esse intervalo, um segundo agente causador de mortalidade (ex: predador) pode matar o indivíduo, antes que o primeiro fator tenha tido tempo hábil de causar a morte. Assim, a fração de indivíduos mortos por um fator pode não se igualar a fração de indivíduos atacados pelo mesmo (BUONACCORSI & ELKINTON, 1990).

Nesse contexto, a avaliação da dinâmica dos fatores de mortalidade deve considerar as interferências e sobreposições dos fatores de mortalidades contemporâneos. Por exemplo, PETERSON et al. (2009) usaram os dados do estudo de KUHAR et al. (2002) sobre o parasitismo de *Trichogramma ostrinae* Pang & Chen em ovos de *Ostrinia nubilalis* (Hubner) (Lepidoptera: Crambidae) para demonstrar que, embora a liberação de *T. ostrinae* tenha aumentado o parasitismo de ovos de 4 para 34% em agroecossistema de milho, a mortalidade insubstituível do parasitoide foi apenas de 5%. Ou seja, apenas 5% da mortalidade causada pelo parasitoide não poderia ser substituída pela causada por outros fatores. Logo, a contribuição real da liberação massal de *T. ostrinae* para a supressão da população da praga foi pequena.

Com base no exposto acima, entende-se que a mortalidade causada por um agente de controle biológico sobre uma população da praga pode ser avaliada por meio da construção de tabelas de vida ecológicas da praga em áreas onde há presença e ausência desse inimigo natural. Esse tipo de estudo pode aprimorar o manejo de pragas agrícolas, porque permite a quantificação do impacto da liberação massal de um inimigo natural, além de revelar se a mortalidade causada por esse inimigo natural é, de fato, relevante ou se poderia ser substituída por outro fator de mortalidade contemporâneo.

III. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local, cultura e épocas de plantio

Os estudos foram conduzidos na área experimental da Fazenda de Ensino e Pesquisa na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal/SP (21°14'S e 48°17'O). Duas áreas, cada uma com 3600 m², foram cultivadas com milho, híbrido Dow 2B688 (Dow AgroSciences, São Paulo), utilizando-se práticas culturais adotadas na região (adubação de plantio e cobertura, aplicação de herbicidas) (FORNASIERI FILHO, 2007) e sem a aplicação de inseticidas. As áreas vizinhas às experimentais estavam plantadas com milho, cana-de-açúcar, soja e citros.

Os fatores naturais de mortalidade de ovos e larvas (1°. e 2°. ínstaes) foram avaliados em duas épocas de plantio de milho (1^a. e 2^a. safras) nos anos de 2010 e 2011. O plantio de milho das safras de 2009/10 ocorreu nos dias 17 de dezembro de 2009 e 1 de março de 2010. O plantio das safras de 2010/11 ocorreu em 25 de novembro de 2010 e 24 de fevereiro de 2011. Todos os ensaios foram realizados durante o período vegetativo da planta.

Os dados meteorológicos foram obtidos na Estação Agroclimatológica da FCAV/UNESP, localizada a cerca de 350 m das áreas experimentais (21°14'05"S, 48°17'09"O, Altitude: 615,01 m).

3.2. Criação de *T. remus* e *S. frugiperda*

A criação do parasitoide *T. remus* e do hospedeiro *S. frugiperda* foi realizada no Laboratório de Ecologia Aplicada na FCAV/UNESP e seguiu a metodologia proposta por OLIVEIRA et al. (2006). Ambas as colônias foram originadas a partir de colônias mantidas no Laboratório de Criação de Insetos da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

3.3. Avaliação dos fatores naturais e *T. remus* na mortalidade de ovos de *S. frugiperda*

3.3.1. Estabelecimento das coortes

A natureza multivoltina de *S. frugiperda* causa sobreposição de gerações na população de campo, o que dificulta o acompanhamento de uma coorte ao longo de todos os estágios de desenvolvimento do inseto. Além disso, a idade dos insetos em campo é de difícil determinação (BELLOWS Jr. et al., 1992). Por isso, a construção das tabelas de vida foi organizada em estágios de desenvolvimento, em vez de idades (dias) e as coortes de ovos foram formadas por massas de ovos sentinelas (com até 24 horas de idade). O papel sulfite utilizado como substrato de oviposição das fêmeas criadas em laboratório foi recortado, para individualização das massas de ovos. Em seguida, removeu-se o excesso de escamas que recobrem as posturas, com o auxílio de um pincel de cerdas macias, e fotografou-as (com máquinas fotográficas dos modelos Sony DSC-H2, Canon PowerShot A470 e Nikon D40), para permitir a contagem dos ovos em computador. Cada postura tinha de uma a cinco camadas e número variável de ovos. Posteriormente, as massas foram levadas para o campo e grampeadas na folha oposta à folha bandeira de plantas de milho (uma massa/planta) (FIGUEIREDO et al., 1999; BESERRA et al., 2002). Todas as plantas infestadas foram escolhidas aleatoriamente e marcadas com fita de tecido colorida, para permitir o acompanhamento das massas de ovos durante o período experimental.

3.3.2. Determinação dos fatores de mortalidade

Os fatores de mortalidade observados foram: predação, parasitismo, deslocamento, inviabilidade, dessecação e desconhecido (causa não identificada). A predação por mastigadores e sugadores foi agrupada, pois a predação por sugadores foi muito pequena. Foi considerado deslocamento, a remoção dos ovos devido a fatores abióticos (chuva e vento). Os ovos inviáveis tinham aparência normal, mas não ocorreram eclosões de larvas. Apesar da inviabilidade não ser, de fato, um fator de mortalidade, neste trabalho ela foi considerada como tal, pois não seria possível avaliar

separadamente cada um dos fatores intrínsecos (genéticos) e extrínsecos que podem causar a inviabilidade de ovos. Apenas um avaliador determinou as causas de mortalidade de ovos em todos os experimentos, para uniformidade das avaliações.

3.3.3. Avaliação dos fatores de mortalidade de ovos

Realizaram-se dois experimentos por safra. Na 1^a. safra de 2010 os experimentos foram realizados nos períodos de 04 a 06 de janeiro (estádio fenológico V3/V4) e 16 a 18 de janeiro (V6/V7). Na 2^a. safra de 2010 realizou-se experimentos de 04 a 06 e de 08 a 10 de abril (V7/V8). Em 2011, os experimentos de 1^a. safra foram realizados nos períodos de 10 a 12 e 14 a 16 de janeiro (V7/V8). Na 2^a. safra de 2011, os períodos experimentais foram de 20 a 22 de março (V2/V3) e de 03 a 05 de abril (V4).

Adotou-se o delineamento de blocos casualizados com dois tratamentos (com e sem liberação de *T. remus*) e duas repetições. Cada área experimental continha duas parcelas de 750 m² (50 m de comprimento por 15 m de largura) e em cada parcela foram infestadas artificialmente 20 plantas (sub-parcelas). A distância entre as parcelas foi de no mínimo 100 m para que se evitasse a dispersão dos insetos para as parcelas sem liberação, conforme SILVA (2007).

Foram realizadas de cinco a sete avaliações diurnas e noturnas em cada um dos experimentos. Cada avaliação teve duração média de 2 horas e consistiu na observação das massas de ovos. Com auxílio de máquinas fotográficas registraram-se a ação de inimigos naturais, o número de ovos remanescentes e atacados pelos fatores de mortalidades descritos anteriormente. Quando possível, fez-se a coleta de predadores e parasitoides, para posterior identificação.

Após três dias (correspondente ao período de desenvolvimento embrionário), as posturas foram coletadas, colocadas em recipientes plásticos e mantidas em laboratório para quantificação de larvas eclodidas e verificação de parasitismo. Uma amostra de larvas eclodidas de cada postura foi transferida para um recipiente com dieta artificial (KASTEN Jr. et al., 1978) para avaliação de parasitismo por parasitoide ovo-larval.

3.3.4. Liberação de *T. remus*

Em cada parcela foram liberados 15000 adultos (machos e fêmeas) do parasitoide, correspondente a 200000 parasitoides ha⁻¹ (FIGUEIREDO et al., 1999). Para tanto, cartelas com massas de ovos de *S. frugiperda* foram oferecidas a colônias de *T. remus*. Após 24 horas, essas cartelas foram transferidas para recipientes de vidro ou plástico (13 cm de altura X 7,5 cm de diâmetro) fechados com plástico filme na extremidade superior, e acondicionados em câmara climatizada (25±1 °C, 70% UR e fotoperíodo de 12:12h). Um dia antes da emergência dos adultos, os recipientes contendo as cartelas foram retirados da câmara climatizada e mantidos em temperatura ambiente para aclimação.

As liberações foram feitas sempre no primeiro dia de avaliação, no início da manhã. Os recipientes contendo os parasitoides foram levados para as parcelas experimentais, onde foram abertos. Fez-se um caminhamento por entre as plantas de milho de forma a aproximar esses recipientes dos cartuchos das plantas. Nas safras de 2010, após o caminhamento, os recipientes contendo parasitoides remanescentes foram pendurados a duas hastes presas a varas de bambu enterradas no solo entre as linhas de plantas, localizadas na parte central da parcela, distantes 17 m uma da outra (1 transecto com 2 pontos de liberações). Devido aos baixos índices de parasitismo obtidos nas safras de 2010, no ano seguinte optou-se por aumentar o número de pontos de liberação na tentativa de facilitar a dispersão dos parasitoides por toda parcela. Assim, em 2011, os recipientes com parasitoides remanescentes foram pendurados a oito varas de bambu enterradas no solo entre as linhas de plantas, distantes 5 metros da borda da parcela (2 transectos de 4 pontos de liberações). A altura das hastes foi variável e acompanhou a altura das plantas de milho. Em ambos os anos, cobriu-se cada um dos recipientes com uma proteção em formato de telhado de duas águas, para evitar a morte de parasitoides devido à chuva ou sereno. Os insetos liberados tinham até 24 horas de idade, estavam acasalados (SCHWARTZ & GERLING, 1974) e alimentados com mel (MEIRELLES et al., 2009).

3.4. Análise dos dados de mortalidade de ovos

3.4.1. Construção de tabelas de vida de fase de ovo de *S. frugiperda*

As tabelas de vida foram compostas pelas colunas x , L_x , d_x , k (SOUTHWOOD, 1978), aq_x (CAREY, 1993), MM (ELKINTON et al., 1992) e MI (BELLOW Jr. et al., 1992) em que:

x - estágio de desenvolvimento,

L_x - número de sobreviventes no início do estágio x ,

d_x - número de mortos no estágio x ,

aq_x - fração de mortos no estágio x , na presença de todas as causas,

MM - mortalidade marginal (%),

MI - mortalidade insubstituível (%).

k - mortalidade parcial.

A fração de indivíduos mortos no estágio x , na presença de todas as causas (aq_x) foi calculada segundo a equação:

$$aq_x = d_x/L_x \quad (1)$$

O número de sobreviventes no início do estágio x (L_x) foi diferente em cada um dos experimentos, por isso, nas tabelas utilizou-se $L_x = 1000$, para padronização.

Tabelas de vida foram construídas para os 32 coortes de ovos de *S. frugiperda* (8 tabelas/safra e 4 tabelas/tratamento). Posteriormente, construiu-se uma tabela/safra para o tratamento sem liberação e outra para o tratamento com liberação.

3.4.2. Estimativa das taxas de mortalidade marginais

Pelo menos cinco fatores de mortalidade atuaram sobre as coortes de ovos contemporaneamente, sem apresentarem uma sequência óbvia de atuação. Por isso, a

mortalidade causada por um fator pode ter sido obscurecida pela causada por outro (ROYAMA, 1981). O conceito proposto por ROYAMA (1981) e depois aprimorado por BUONACCORSI & ELKINTON (1990) e ELKINTON et al. (1992) foi usado para estimar a taxa de mortalidade marginal dos ovos, baseada nas taxas de mortalidade observadas. A taxa de mortalidade marginal estima os níveis de mortalidade que seriam causados por um único fator se ele estivesse atuando sozinho no sistema.

No presente estudo, o deslocamento de ovos só pode ter sido obscurecido pela predação e vice-versa, pois ambos removeram os ovos do sistema. Por isso, para esses dois fatores de mortalidade, a taxa de ataque marginal foi calculada pela equação proposta por ELKINTON et al. (1992):

$$M_A = 1 - (1 - d_A - d_B)^{(d_A / (d_A + d_B))} \quad (2)$$

$$M_B = 1 - (1 - d_A - d_B)^{(d_B / (d_A + d_B))} \quad (3)$$

onde M_A e M_B são as taxas de mortalidade marginais dos fatores A (predação) e B (deslocamento), respectivamente, d_A é a taxa de mortalidade aparente do fator A (razão entre o número de ovos que morreram devido ao fator A e o número de ovos no início desse estágio) e d_B é a taxa de mortalidade aparente do fator B.

Para todos os outros fatores de mortalidade, a taxa de mortalidade marginal, M_D , foi estimada por meio das equações que seguem:

$$M_D = d_D / (1 - cM_E), \quad (4)$$

$$M_E = (b - (b^2 - 4cd_E)^{0.5}) / 2c \quad (5)$$

$$b = c(d_E + d_D) + 1 - d_D \quad (6)$$

onde d_D é a taxa de mortalidade aparente do fator D, d_E é a soma das mortalidades aparentes de todos os outros fatores de mortalidade contemporâneos, c é o coeficiente de competição entre E e D, e a equação 4 é a solução quadrática para M_E . A probabilidade de o fator E obscurecer o fator D é c , enquanto a probabilidade do fator D obscurecer o fator E é $1-c$. Nesse estudo, adotou-se $c = 1$, porque o fator E, como

definido, sempre obscurece o fator D, quando ambos atacam o mesmo inseto. Assim, por manipulação algébrica, a equação 4 pode ser simplificada para:

$$M_D = d_D / (1 - d_E) \quad (7)$$

Assumiu-se que a probabilidade de predação de ovos parasitados e não parasitados foi a mesma.

3.4.3. Cálculo do valor k

O valor k foi calculado seguindo a equação:

$$k = -\ln (1 - M) \quad (8)$$

onde, M é a taxa de mortalidade marginal de um dado fator de mortalidade. O uso do valor k é conveniente porque ele é aditivo através dos estádios e dos fatores de mortalidade. A mortalidade total (K) do estágio de desenvolvimento em questão pode ser obtida pelo somatório dos valores k ($K = \sum k$) (ROYAMA, 1981).

3.4.4. Tabela de vida multidecremental e análise de mortalidade insubstituível

Mortalidade insubstituível é a proporção de mortalidade de uma coorte que não ocorreria se um determinado fator de mortalidade fosse eliminado (BELLOWS Jr. et al., 1992). A análise de mortalidade insubstituível foi feita utilizando-se os dados gerados pelas tabelas de vida multidecrementais. Nela as variáveis são definidas como:

x - estágio de desenvolvimento;

l_x - número de indivíduos que iniciam o estágio x;

d_x - número de indivíduos que morrem no estágio x;

al_x - fração da coorte original que está viva no início do estágio x;

ad_{ix} - fração da coorte original que morreu durante o estágio x, dado a causa i;

ad_x - fração das mortes no estágio x devido à todas as causas;

aq_x - probabilidade de morrer no estágio x na presença de todas as causas.

A análise de mortalidade insubstituível foi realizada utilizando-se um método de eliminação de causas de morte que examina a relação entre a combinação de causas de mortes na ausência de outras causas (PETERSON et al., 2009). A construção das tabelas de vida multidecrementais e as análises de mortalidade insubstituíveis foram feitas usando-se o programa M-DEC (DAVIS et al., 2011).

3.5. Comparação das porcentagens de parasitismo e predação

Realizou-se análise de variância (ANOVA) para comparar as porcentagens de parasitismo e predação nas áreas com e sem liberação de *T. remus* usando PROC GLM (SAS Institute, 2004). Os dados foram transformados em \sqrt{x} para normalização.

3.6. Avaliação dos fatores naturais de mortalidade de larvas (1°. e 2°. instares) de *S. frugiperda*

3.6.1. Estabelecimento das coortes

Para a formação das coortes de larvas, o papel sulfite utilizado como substrato de oviposição das fêmeas criadas em laboratório foi recortado, para individualização das massas de ovos. Removeu-se o excesso de escamas das posturas, com o auxílio de um pincel de cerdas macias. Em seguida, as posturas foram fotografadas, de forma semelhante ao descrito no item 3.3.1. para permitir, posteriormente, a contagem dos ovos em computador. Em seguida, cada massa de ovo foi colocada dentro de um copo plástico pequeno (4 cm de altura X 5 cm de diâmetro) e este foi fechado com tampa acrílica transparente. Quando as larvas eclodiram, esses copos foram levados para o campo, destampados e grampeados na folha oposta à folha bandeira de plantas de milho (um copo/planta). Uma amostra de 10% das massas de ovos selecionadas para os experimentos foi mantida em laboratório para contabilização da inviabilidade dos ovos e estimativa da quantidade de larvas liberadas em campo.

Na 2ª. safra de 2011, devido ao número insuficiente de massas de ovos disponíveis para os experimentos, cada planta foi infestada com 40 larvas recém emergidas de *S. frugiperda*, as quais foram transferidas delicadamente utilizando pincel com cerda.

3.6.2. Determinação dos fatores de mortalidade

Os fatores de mortalidade observados foram: parasitismo, predação e deslocamento causado pela chuva ou *ballooning* (ato de se pendurar na extremidade inferior de fios de seda, na tentativa de se dispersar para outras plantas). Devido à dificuldade em separar a ação de parasitoides dos demais fatores, esses últimos foram analisados conjuntamente.

3.6.3. Avaliação dos fatores de mortalidade de larvas

Para esta avaliação realizou-se um experimento por safra. Nas 1ª. e 2ª. safras de 2010 os fatores de mortalidade foram avaliados dos dias 12 a 19 de janeiro (estádio fenológico V5/V6) e de 22 a 29 de março (V6/V7), respectivamente. No ano de 2011, os experimentos foram realizados de 1 a 8 de janeiro (V6/V7) e de 30 de março a 6 de abril (V3/V4), nas 1ª. e 2ª. safras, respectivamente.

Em uma área experimental de 3960m², foram inspecionadas 70 plantas de milho, para verificação da presença de larvas ou massas de ovos de *S. frugiperda*. Quando encontradas, as mesmas foram eliminadas. Essas plantas foram infestadas artificialmente (como descrito anteriormente) e depois marcadas com fita de tecido colorida, para permitir o acompanhamento das larvas durante 7 dias. Retirou-se as plantas de milhos adjacentes à planta infestada, para impedir que as larvas mudassem de plantas.

Diariamente, 10 plantas foram ensacadas, removidas e levadas para o laboratório, onde foram dissecadas para quantificação de larvas vivas e mortas e verificação da presença de inimigos naturais. As larvas vivas coletadas foram mantidas em recipientes plásticos contendo dieta artificial, para avaliação de parasitismo.

3.7. Análise dos dados de mortalidade de larvas

3.7.1. Construção de tabelas de vida de fase de larva (1°. e 2°. ínstaes) de *S. frugiperda*

As tabelas de vida foram compostas das mesmas colunas descritas no item 3.4.1.

3.7.2. Estimativa das taxas de mortalidade marginais

A predação e o deslocamento foram avaliados conjuntamente, ou seja, foram considerados como um único fator de mortalidade. A mortalidade causada por esse fator não pôde ser obscurecida por nenhum outro fator de mortalidade, pois ocorreu a remoção imediata dos indivíduos do sistema. Por isso, para esse fator a mortalidade marginal é igual à mortalidade observada. Para o parasitismo, a taxa de mortalidade marginal foi obtida pela equação 7.

3.7.3. Tabela de vida multidecremental e análise de mortalidade insubstituível

A construção das tabelas de vida multidecrementais e o cálculo da mortalidade insubstituível foram feitos utilizando-se o programa M-DEC (DAVIS et al., 2011), como descrito para o estágio de ovo (item 3.4.4.).

IV. RESULTADOS

4.1. Mortalidade de ovos de *S. frugiperda*

Na 1ª. safra de 2010, em áreas sem liberações de *T. remus*, de cada 1000 ovos, 258 (25,8%) deram origem a larvas. A inviabilidade e o deslocamento foram responsáveis por 32,7% e 27,1% das mortes observadas, respectivamente. Se esses fatores estivessem atuando sozinhos, a mortalidade causada seria de 56% e 28,2%, respectivamente. A mortalidade insubstituível causada pela inviabilidade foi de 24,1% enquanto a causada pelo deslocamento foi de 17%. Isso significa que, sem as ações da chuva e do vento, por exemplo, 17% da mortalidade dos ovos não teria ocorrido. A ação de inimigos naturais foi pequena e juntos eles contribuíram pouco para a mortalidade total de 1,51(K) (Tabela 1).

Nesta mesma safra, nas áreas com liberações de *T. remus*, a inviabilidade e o deslocamento também foram os principais causadores de mortalidade, contribuindo com 28,9% e 27,2% da mortalidade (na presença de todas as causas), respectivamente. Embora se tenham liberados 15 mil *T. remus* nessas áreas (correspondente a 200 mil parasitoides ha⁻¹), a mortalidade insubstituível causada por parasitismo foi muito pequena (0,5%). Três espécies de parasitoides atacaram os ovos de *S. frugiperda*: *T. remus*, *T. pretiosum* e *C. insulares*. Em várias ocasiões, *T. remus* e *T. pretiosum* foram observados parasitando uma mesma massa de ovos concomitantemente.

As amostras de massas de ovos que foram mantidas no laboratório, sob condições controladas de temperatura e umidade, apresentaram inviabilidade média de 15%. De maneira geral, em todos os experimentos, a inviabilidade dos ovos que permaneceram no laboratório foi menor do que a das massas que foram levadas para o campo.

Tabela 1. Tabela de vida de ovos de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho de 1^a. safra (2010), área sem liberação de *T. remus* (Hymenoptera: Platygasteridae). Jaboticabal, SP.

Estágio/fator de mortalidade	Lx	Dx	aqx	MM	K	MI
Ovo	1000	742			1,510	
Predação		68	0,068	8,0	0,083	2,5
Parasitismo		11	0,011	4,1	0,042	< 0,1
Deslocamento		271	0,271	28,2	0,332	17,0
Inviabilidade		327	0,327	56,0	0,820	24,1
Dessecação		44	0,044	14,7	0,159	1,5
Desconhecido		20	0,020	7,2	0,074	0,7

Lx = número de insetos vivos no início do estágio, dx = número de insetos mortos, aqx = mortalidade na presença de todas as causas, MM = mortalidade marginal (%) (os valores k expressam a mortalidade marginal em escala logarítmica), MI = mortalidade insubstituível (%).

Tabela 2. Tabela de vida de ovos de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho de 1^a. safra (2010), área com liberação de *T. remus* (Hymenoptera: Platygasteridae). Jaboticabal, SP.

Estádio/fator de mortalidade	Lx	dx	aqx	MM	K	MI
Ovo	1000	750			1,615	
Predação		71	0,071	8,3	0,087	2,7
Parasitismo		15	0,015	5,6	0,057	0,5
Deslocamento		272	0,272	28,4	0,334	17,8
Inviabilidade		289	0,289	53,6	0,768	19,9
Dessecação		72	0,072	22,3	0,252	2,7
Desconhecido		31	0,031	11,0	0,116	1,1

Lx = número de insetos vivos no início do estágio, dx = número de insetos mortos, aqx = mortalidade na presença de todas as causas, MM = mortalidade marginal (%) (os valores k expressam a mortalidade marginal em escala logarítmica), MI = mortalidade insubstituível (%).

Durante a 2^a. safra de 2010, nas áreas sem liberação, de cada 1000 ovos, apenas 184 (18,4%) originaram larvas. A inviabilidade continuou sendo o principal fator causador de mortalidade. Porém, como durante o período experimental dessa safra o volume de chuva foi bem inferior ao da 1^a. safra (Figuras 1 e 2), o deslocamento não foi responsável por expressiva mortalidade. Já a ação de predadores foi mais intensa, pois

a fração de mortes devido à predação, na presença de todas as causas, foi de 25% e a mortalidade marginal foi de 26%. Aproximadamente 11% dessa mortalidade não poderia ter sido substituída por nenhum outro fator de mortalidade (Tabela 3). Nas áreas onde se liberaram parasitoides, não houve incremento da mortalidade de ovos. A mortalidade insubstituível de parasitismo foi de apenas 2,1%. Os predadores contribuíram com 25% da mortalidade observada (Tabela 4).

Os principais predadores observados em todos os experimentos foram: *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae), *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville (Coleoptera: Coccinellidae), *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) e *Cycloneda sanguinea limbifer* Casey (Coleoptera: Coccinellidae). Herbívoros comumente associados ao milho como, *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae), *Leptoglossus* sp. (Hemiptera: Coreidae), *Monocrepidius aff. posticus* e *Monocrepidius fuscofasciatus* (Eschscholtz) (Coleoptera: Elateridae) também foram vistos predando massas de ovos, porém menos frequentemente.

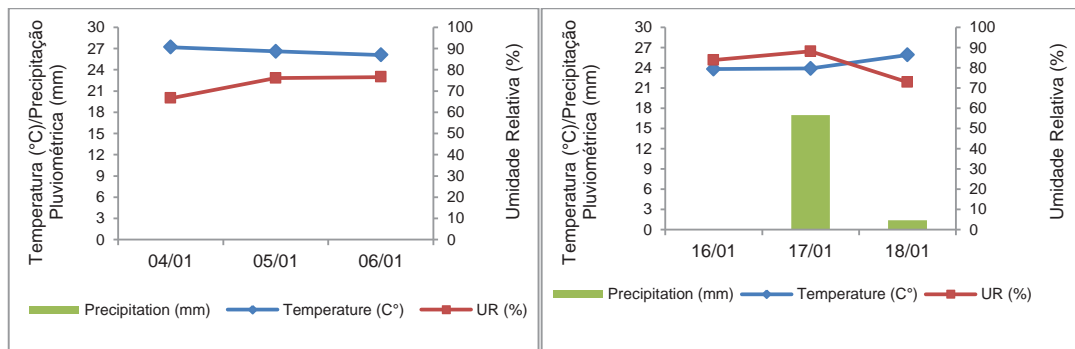


Figura 1. Valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar, e precipitação pluviométrica diária acumulada durante o período experimental da 1ª safra de 2010, Jaboticabal/SP.

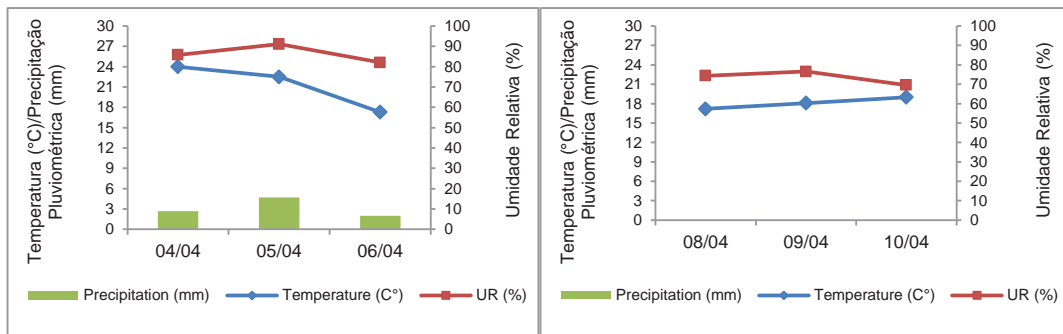


Figura 2. Valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar, e precipitação pluviométrica diária acumulada durante o período experimental da 2ª safra de 2010, Jaboticabal/SP.

Tabela 3. Tabela de vida de ovos de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho de 2ª safra (2010), área sem liberação de *T. remus* (Hymenoptera: Platygasteridae). Jaboticabal, SP.

Estádio/fator de mortalidade	Lx	dx	aqx	MM	k	MI
Ovo	1000	816			1,877	
Predação		256	0,256	26,7	0,310	11,3
Parasitismo		21	0,021	10,2	0,107	0,5
Deslocamento		68	0,068	7,9	0,083	1,8
Inviabilidade		440	0,440	70,5	1,220	36,0
Dessecação		8	0,008	4,4	0,044	0,2
Desconhecido		22	0,022	10,7	0,113	0,5

Lx = número de insetos vivos no início do estágio, dx = número de insetos mortos, aqx = mortalidade na presença de todas as causas, MM = mortalidade marginal (%) (os valores k expressam a mortalidade marginal em escala logarítmica), MI = mortalidade insubstituível (%).

Tabela 4. Tabela de vida de ovos de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho de 2^a. safra (2010), área com liberação de *T. remus* (Hymenoptera: Platygasteridae). Jaboticabal, SP.

Estádio/fator de mortalidade	Lx	dx	aqx	MM	k	MI
Ovo	1000	776			1,777	
Predação		253	0,253	25,9	0,299	13,6
Parasitismo		64	0,064	22,3	0,253	2,1
Deslocamento		40	0,040	4,6	0,048	1,2
Inviabilidade		372	0,372	62,5	0,981	29,0
Dessecação		12	0,012	5,1	0,052	0,3
Desconhecido		35	0,035	13,5	0,145	1,1

Lx = número de insetos vivos no início do estágio, dx = número de insetos mortos, aqx = mortalidade na presença de todas as causas, MM = mortalidade marginal (%) (os valores k expressam a mortalidade marginal em escala logarítmica), MI = mortalidade insubstituível (%).

Durante os experimentos realizados na 1^a. safra de 2011, a precipitação acumulada foi de 6,8 mm, enquanto na 2^a. safra, a precipitação acumulada foi de 20 mm (Figuras 3 e 4). Essa diferença se refletiu no número de ovos deslocados pela chuva nas duas safras. Na primeira, a mortalidade observada causada pelo deslocamento foi de 10,4% e 6,6% nas áreas com e sem liberação de *T. remus*, respectivamente. A mortalidade insubstituível para o deslocamento não passou de 3,9% (Tabelas 5 e 6). Na 2^a. safra o deslocamento foi o principal fator causador de mortalidade, em áreas com e sem liberação do parasitoide. Sem a chuva e o vento, mais de 40% da mortalidade de ovos não teria ocorrido.

A predação e a inviabilidade de ovos contribuíram com quase metade ($k=0,859$) da mortalidade total ($K=1,512$) causada na 1^a. safra em áreas sem liberação. Nas áreas com liberações de *T. remus*, 25,1% da mortalidade não ocorreria, não fosse a ação dos predadores (Tabelas 5 e 6).

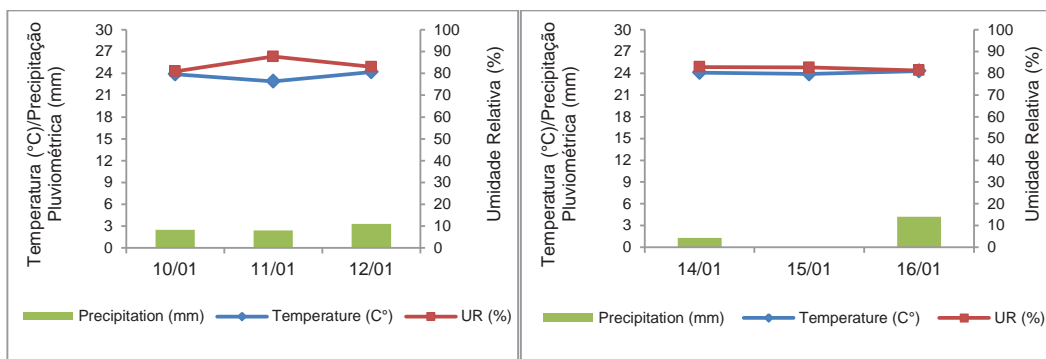


Figura 3. Valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar, e precipitação pluviométrica diária acumulada durante o período experimental da 1ª safra de 2011, Jaboticabal/SP.

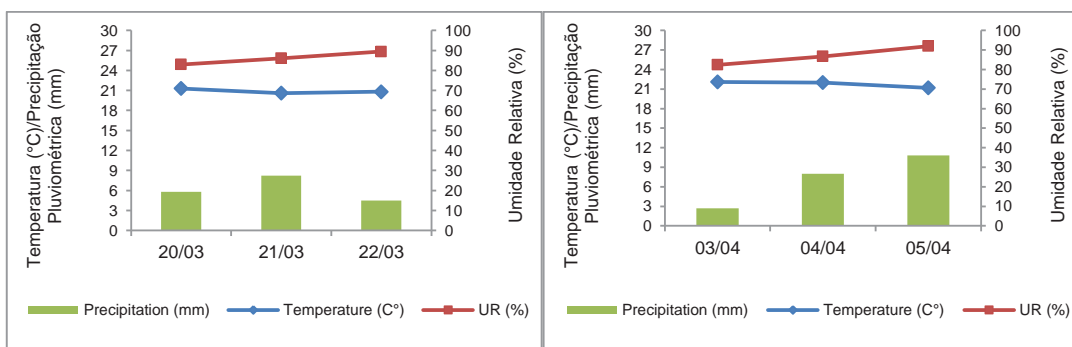


Figura 4. Valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar, e precipitação pluviométrica diária acumulada durante o período experimental da 2ª safra de 2011, Jaboticabal/SP.

Tabela 5. Tabela de vida de ovos de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho de 1ª. safra (2011), área sem liberação de *T. remus* (Hymenoptera: Platygasteridae). Jaboticabal, SP.

Estádio/fator de mortalidade	Lx	dx	aqx	MM	k	MI
Ovo	1000	761			1,512	
Predação		365	0,365	38,9	0,493	28,2
Parasitismo		33	0,033	12,2	0,130	1,0
Deslocamento		105	0,104	13,2	0,141	3,9
Inviabilidade		251	0,251	51,2	0,718	13,8
Dessecação		2	0,002	1,0	0,010	0,1
Desconhecido		5	0,005	2,0	0,020	0,1

Lx = número de insetos vivos no início do estágio, dx = número de insetos mortos, aqx = mortalidade na presença de todas as causas, MM = mortalidade marginal (%) (os valores k expressam a mortalidade marginal em escala logarítmica), MI = mortalidade insubstituível (%).

Tabela 6. Tabela de vida de ovos de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho de 1ª. safra (2011), área com liberação de *T. remus* (Hymenoptera: Platygasteridae). Jaboticabal, SP.

Estádio/fator de mortalidade	Lx	dx	aqx	MM	k	MI
Ovo	1000	733			1,429	
Predação		336	0,336	34,9	0,429	25,1
Parasitismo		29	0,030	9,9	0,104	1,0
Deslocamento		66	0,066	8,1	0,085	2,4
Inviabilidade		271	0,271	50,4	0,701	16,9
Dessecação		3	0,003	1,2	0,012	0,1
Desconhecido		27	0,027	9,3	0,098	0,9

Lx = número de insetos vivos no início do estágio, dx = número de insetos mortos, aqx = mortalidade na presença de todas as causas, MM = mortalidade marginal (%) (os valores k expressam a mortalidade marginal em escala logarítmica), MI = mortalidade insubstituível (%).

Na 2ª. safra de 2011, a mortalidade causada por predadores foi de 17,4% nas áreas sem liberações. Se esses agentes de controle biológico atuassem sozinhos, eles seriam responsáveis por 23,9% da mortalidade. Porém, a mortalidade insubstituível desse fator (predação) não ultrapassou 7,6% (Tabela 7).

Tabela 7. Tabela de vida de ovos de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho de 2ª safra (2011), área sem liberação de *T. remus* (Hymenoptera: Platygasteridae). Jaboticabal, SP.

Estádio/fator de mortalidade	Lx	dx	aqx	MM	k	MI
Ovo	1000	736			1,350	
Predação		175	0,174	23,9	0,274	7,6
Parasitismo		1	0,001	0,4	0,004	0,0
Deslocamento		449	0,450	50,5	0,704	40,5
Inviabilidade		95	0,095	26,5	0,309	3,4
Dessecação		2	0,002	0,9	0,009	0,1
Desconhecido		14	0,014	5,0	0,051	0,4

Lx = número de insetos vivos no início do estágio, dx = número de insetos mortos, aqx = mortalidade na presença de todas as causas, MM = mortalidade marginal (%) (os valores k expressam a mortalidade marginal em escala logarítmica), MI = mortalidade insubstituível (%).

Tabela 8. Tabela de vida de ovos de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho de 2ª. safra (2011), área com liberação de *T. remus* (Hymenoptera: Platygasteridae). Jaboticabal, SP.

Estádio/fator de mortalidade	Lx	dx	aqx	MM	k	MI
Ovo	1000	755			1,483	
Predação		122	0,122	16,9	0,186	4,4
Parasitismo		47	0,047	16,2	0,177	1,5
Deslocamento		477	0,477	51,7	0,727	44,8
Inviabilidade		83	0,083	25,2	0,291	2,7
Dessecação		11	0,011	4,2	0,043	0,3
Desconhecido		15	0,015	5,7	0,059	0,4

Lx = número de insetos vivos no início do estágio, dx = número de insetos mortos, aqx = mortalidade na presença de todas as causas, MM = mortalidade marginal (%) (os valores k expressam a mortalidade marginal em escala logarítmica), MI = mortalidade insubstituível (%).

O parasitismo e a dessecação foram, de modo geral, muito pequenos e, por isso, contribuíram pouco para a mortalidade de ovos de *S. frugiperda* em todos os períodos experimentais. Ainda, apenas uma pequena parcela da mortalidade foi desconhecida.

As mortalidades parciais expressas em valores k podem ser melhor visualizadas na Figura 5.

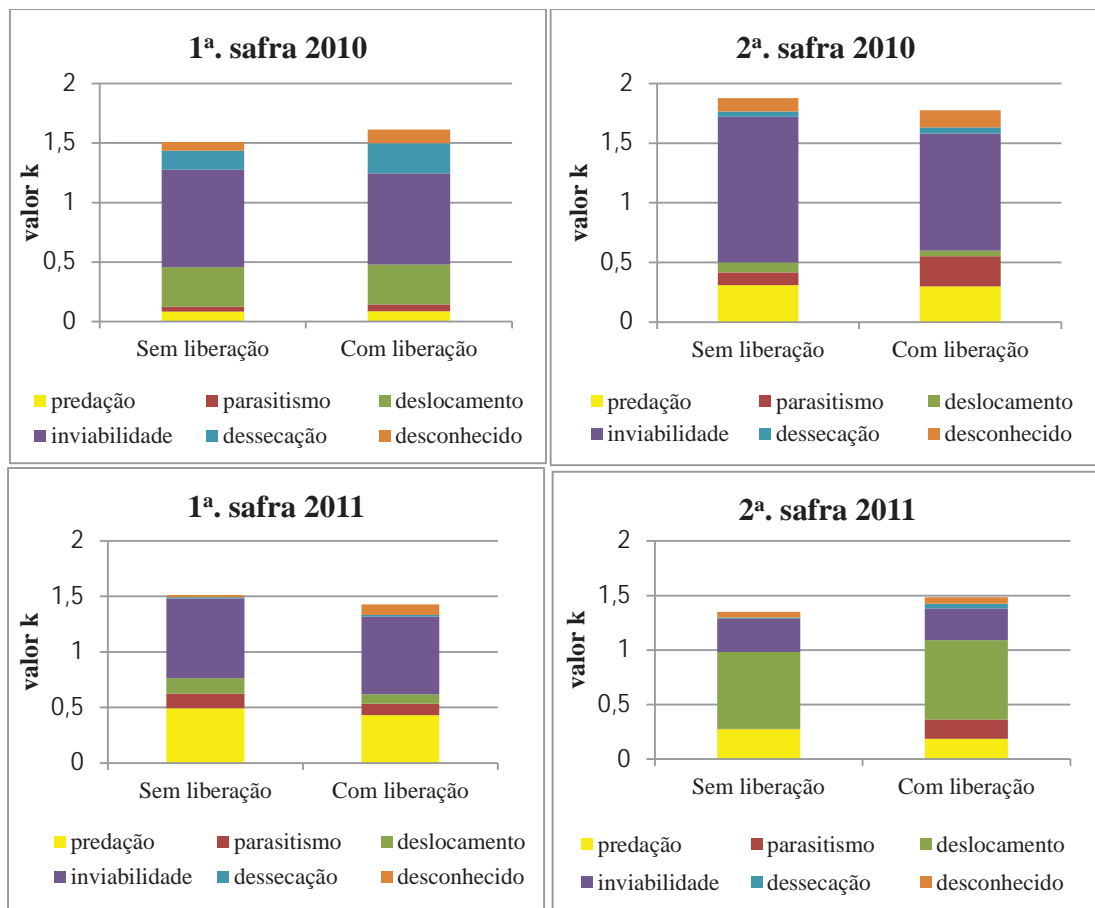


Figura 5. Contribuição da cada fator de mortalidade para a mortalidade total de ovos de *S. frugiperda*, expressa em valores k, nas 1ª. e 2ª. safras de milho de 2010 e 2011.

Em três das quatro safras, mais da metade das posturas foram predadas. Porém, na maioria das vezes, os predadores não consumiram todos os ovos presentes nas massas. Por isso, nem sempre causaram altos índices de mortalidade. Quanto aos parasitoides, *T. remus* geralmente ovipositou em todos os ovos de uma massa de ovos, enquanto *T. pretiosum*, na maioria das vezes, parasitou menos de 40 ovos/massa de

ovos. Foi registrada a ação conjunta (não necessariamente simultânea) de predadores e parasitoides sobre a mesma massa de ovos em 6 e 11% das posturas das 1^{a.} e 2^{a.} safras de 2010 e 28 e 11% das posturas das 1^{a.} e 2^{a.} safras de 2011, respectivamente.

Embora a contribuição de parasitoides na mortalidade de ovos de *S. frugiperda* tenha sido baixa (< 7%), houve diferença significativa no parasitismo de *T. remus* (df= 1,24; F= 14,21; P= 0,0009) entre as áreas com (0,021 ± 0,007) e sem (0,001 ± 0,001) liberação. A porcentagem de parasitismo de *Trichogramma* sp. e *Chelonus* sp. não diferiu significativamente (df=1,24; F= 0,34; P= 0,57 e df= 1,24; F= 0,57; P= 0,46, respectivamente) entre as áreas tratadas. Também, não houve diferença significativa (df= 1,24; F= 0,05; P= 0,83) na predação entre as áreas com (0,216 ± 0,046) e sem (0,220 ± 0,036) liberação de *T. remus*.

4.2. Mortalidade de larvas (1^{o.} e 2^{o.} ínstaes) de *S. frugiperda*

Tabelas de vida foram construídas para quatro coortes de larvas de *S. frugiperda*, sendo uma coorte/safra (Tabelas 9-12). Na 1^{a.} safra de 2010, das 10.697 larvas liberadas no campo, 500 foram recapturadas vivas. Aproximadamente 95% dos indivíduos morreram devido à predação e deslocamento. Na 2^{a.} safra a mortalidade total subiu para 99%. Parasitoides contribuíram pouco para supressão da população larval e as mortalidades marginal e insubstituível causadas por parasitismo foram muito pequenas. A mortalidade insubstituível do grupo predação/deslocamento foi de 95% na primeira safra e de 99% na segunda (Tabelas 9 e 10). Os dados climatológicos dos períodos experimentais podem ser visualizados na figura 6.

Tabela 9. Tabela de vida de larvas (1°. e 2°. instares) de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho de 1ª. safra (2010). Jaboticabal, SP.

Estágio/fator de mortalidade	Lx	dx	aqx	MM	k	MI
Larva (1º e 2º instares)	1000	953			3,0	
Predação e deslocamento			0,951	95,1	3,0	95,2
Parasitismo			< 0,001	3,4	< 0,1	< 0,1

Lx = número de insetos vivos no início do estágio, dx = número de insetos mortos, aqx = mortalidade na presença de todas as causas, MM = mortalidade marginal (%) (os valores k expressam a mortalidade marginal em escala logarítmica), MI = mortalidade insubstituível (%).

Tabela 10. Tabela de vida de larvas (1°. e 2°. instares) de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho de 2ª. safra (2010). Jaboticabal, SP.

Estágio/fator de mortalidade	Lx	dx	aqx	MM	k	MI
Larva (1º e 2º instares)	1000	995			5,3	
Predação e deslocamento			0,995	99,5	5,3	99,5
Parasitismo			< 0,001	2,4	< 0,1	< 0,1

Lx = número de insetos vivos no início do estágio, dx = número de insetos mortos, aqx = mortalidade na presença de todas as causas, MM = mortalidade marginal (%) (os valores k expressam a mortalidade marginal em escala logarítmica), MI = mortalidade insubstituível (%).

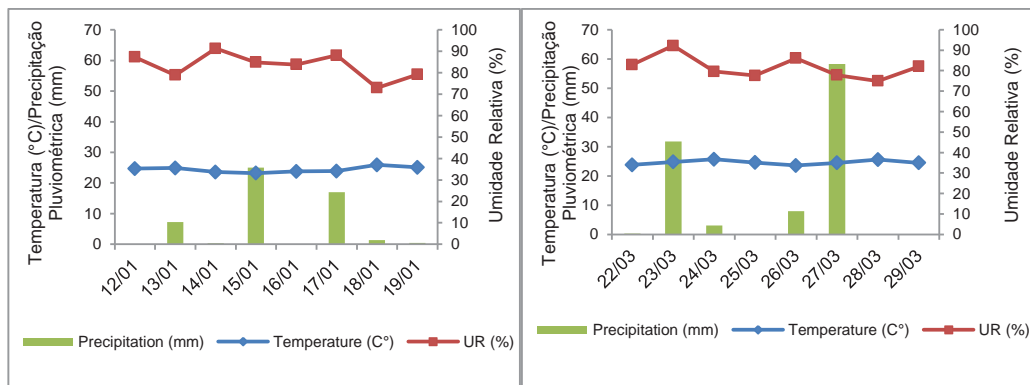


Figura 6. Valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar, e precipitação pluviométrica diária acumulada durante os períodos experimentais das 1ª. e 2ª. safras de 2010, Jaboticabal/SP.

Nas 1ª. e 2ª. safras de 2011 as mortalidades observada, marginal e insubstituível de predação/deslocamento foram maiores que 98%. Houve pouca ou nenhuma contribuição de parasitoides na mortalidade larval (Tabelas 11 e 12). Os dados climatológicos dos períodos experimentais podem ser visualizados na figura 7.

Tabela 11. Tabela de vida de larvas (1º. e 2º. ínstaes) de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho de 1ª. safra (2011). Jaboticabal, SP.

Estágio/fator de mortalidade	Lx	dx	aqx	MM	k	MI
Larva (1º e 2º ínstaes)	1000	981			3,968	
Predação e deslocamento			0,981	98,1	3,954	98,1
Parasitismo			< 0,001	1,4	0,014	< 0,1

Lx = número de insetos vivos no início do estágio, dx = número de insetos mortos, aqx = mortalidade na presença de todas as causas, MM = mortalidade marginal (%) (os valores k expressam a mortalidade marginal em escala logarítmica), MI = mortalidade insubstituível (%).

Tabela 12. Tabela de vida de larvas (1º. e 2º. ínstaes) de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho de 2ª. safra (2011). Jaboticabal, SP.

Estágio/fator de mortalidade	Lx	dx	aqx	MM	k	MI
Larva (1º e 2º ínstaes)	1000	986			4,3	
Predação e deslocamento			0,986	98,6	4,3	98,6
Parasitismo			0	0	0	0

Lx = número de insetos vivos no início do estágio, dx = número de insetos mortos, aqx = mortalidade na presença de todas as causas, MM = mortalidade marginal (%) (os valores k expressam a mortalidade marginal em escala logarítmica), MI = mortalidade insubstituível (%).

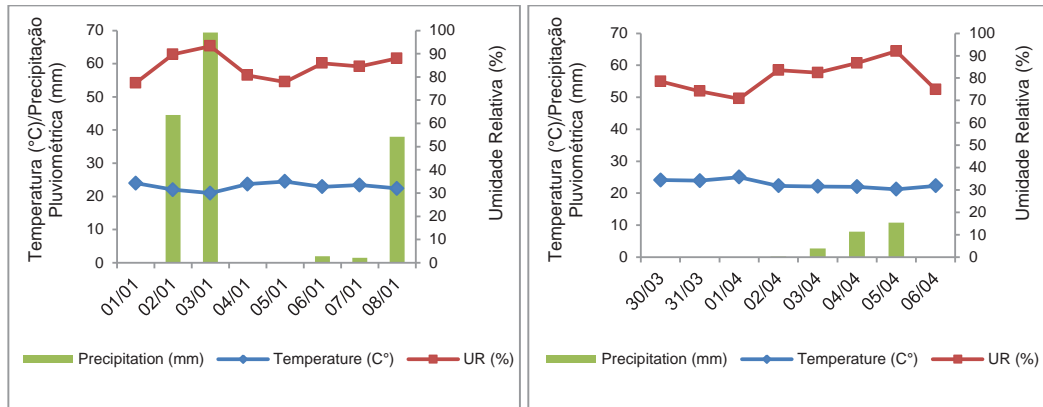


Figura 7. Valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar, e precipitação pluviométrica diária acumulada durante os períodos experimentais das 1^a. e 2^a. safras de 2011, Jaboticabal/SP.

Os principais predadores de larvas encontrados durante as avaliações destrutivas foram *D. luteipes*, *H. axyridis*, *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae), *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae) e larvas de sirfídeo (Diptera: Syrphidae). Houve emergência dos seguintes parasitoides *C. flavicincta* (Ashmead) (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Ophion* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae) e uma espécie de taquinídeo (Diptera: Tachinidae).

Considerando-se as mortalidades de ovos e larvas juntas, a mortalidade de larvas praticamente substituiu toda a mortalidade de ovos. Ou seja, mesmo se todos os ovos sobrevivessem, mais de 95% das larvas recém-eclodidas morreriam devido à predação ou deslocamento. A mortalidade insubstituível desse grupo de fatores variou de 22,9 a 31,2% (Tabela 13).

Tabela 13. Mortalidade total e insubstituível de ovos e larvas (1° e 2° ínstars) de *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em agroecossistema de milho com e sem liberação de *T. remus*. Jaboticabal, SP.

Ano/ Safra	Mortalidade total	Mortalidade insubstituível						
		Predação	Parasitismo	Deslocamento	Inviabilidade	Dessecação	Desconhecido	Predação/ Deslocamento
Sem liberação de <i>T. remus</i>								
2010/1 ^a .	98,5	0,1	< 0,1	0,7	1,1	< 0,1	< 0,1	30,2
2010/2 ^a .	99,8	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	< 0,1	22,8
2011/1 ^a .	99,4	0,5	< 0,1	< 0,1	0,2	< 0,1	< 0,1	28,9
2011/2 ^a .	99,6	0,1	< 0,1	0,5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	28,8
Com liberação de <i>T. remus</i>								
2010/1 ^a .	98,4	0,1	< 0,1	0,8	0,9	0,1	< 0,1	32,1
2010/2 ^a .	99,8	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	< 0,1	28,3
2011/1 ^a .	99,4	0,5	< 0,1	< 0,1	0,3	< 0,1	< 0,1	31,2
2011/2 ^a .	99,6	< 0,1	< 0,1	0,6	< 0,1	< 0,1	< 0,1	27,4

V. DISCUSSÃO

Os resultados revelaram que a sazonalidade das chuvas influenciou a dinâmica dos fatores de mortalidade de ovos de *S. frugiperda*. Durante as safras úmidas, a contribuição de predadores na mortalidade de ovos foi consideravelmente menor do que nas safras secas. Estudos anteriores mostraram que a chuva pode limitar a atividade de inimigos naturais (BEIRNE, 1970) e que *D. luteipes*, o principal predador de ovos de *S. frugiperda*, pode ter o forrageamento negativamente afetado por esse fator (FENOGLIO & TRUMPER, 2007). Adicionalmente, durante as safras úmidas, a disponibilidade de presas (ovos) foi menor do que nas safras secas, devido ao deslocamento de ovos. Essa observação permitiu concluir que a chuva foi a principal causadora de deslocamento de ovos de *S. frugiperda*.

A inviabilidade parece ser uma causa importante de mortalidade de ovos, tanto durante as safras secas, quanto durante as úmidas. De acordo com MURÚA et al. (2008), a porcentagem média de inviabilidade de ovos de *S. frugiperda* é ampla e pode variar de 10 a 68% em populações argentinas. Dados similares sobre populações brasileiras ainda não foram obtidos, mas um estudo laboratorial realizado por BUSATO et al. (2005) observou-se que entre 5 e 28% dos ovos de *S. frugiperda* são inviáveis, dependendo da temperatura. No presente estudo, as amostras de massas de ovos que permaneceram no laboratório durante os períodos experimentais apresentaram inviabilidade média de 15%, enquanto as massas de ovos que permaneceram no campo apresentaram índices mais altos de inviabilidade. Isso indica que os fatores genéticos e os relacionados aos procedimentos de criação massal (manuseio e dieta artificial) podem causar inviabilidade. Ainda, os fatores aos quais as massas de ovos ficaram expostas no campo, como a radiação ultra-violeta (BUCK & CALLAGHAN, 1999) e variação de temperatura (BUSATO et al., 2005), causaram aumento na inviabilidade.

Os parasitoides contribuíram pouco para a supressão das populações de ovos de *S. frugiperda*. Esse resultado corrobora os dados apresentados por BESERRA et al. (2002) e MENEZES NETTO (2010) que também obtiveram baixos índices de parasitismo quando avaliaram a ocorrência de parasitismo

natural sobre ovos de *S. frugiperda* em áreas de milho. Essa baixa contribuição de parasitoides na mortalidade de ovos e larvas de *S. frugiperda*, provavelmente, está associada a uma combinação de fatores. Sabe-se que a abundância, dispersão e sucesso de parasitoides são amplamente influenciados pela complexidade espacial do ambiente (TSCHARNTKE & BRANDL, 2004; MAILAFIYA et al., 2011). Assim, a baixa complexidade ambiental do agroecossistema de milho pode ter afetado negativamente os parasitoides. De fato, em estudo realizado por CARNEIRO (2008), verificou-se que parasitoides de *S. frugiperda* preferem áreas de vegetação diversificada às áreas pouco diversificadas.

Outros fatores podem ter contribuído para os baixos índices de parasitismo observados. Predação intraguilda entre inimigos naturais de *S. frugiperda* foi observada várias vezes durante as avaliações de campo. Estudos anteriores sobre predação intraguilda assimétrica mostraram que alguns predadores consomem ovos parasitados e não parasitados indiscriminadamente (ROGER et al., 2001; PELL et al., 2008) e que a predação de ovos parasitados pode ser maior do que a de ovos não parasitados, devido ao aumento do tempo de exposição dos ovos (JONES et al., 1977; KING et al., 1985). A utilização de massas de ovos sentinelas também pode ter afetado a localização do hospedeiro (FATOUROS et al., 2008), embora outros estudos mostraram altos índices de parasitismo em massa de ovos sentinelas de *S. frugiperda* (FIGUEIREDO et al., 1999 e 2002).

No que diz respeito ao desempenho de *T. remus*, além dos fatores discutidos acima, outro fator pode ter contribuído para a baixa mortalidade causada por esse parasitoide. Sabe-se que populações de *T. remus* estão sendo criadas em laboratórios brasileiros há vários anos e que, embora eventualmente haja troca de material entre esses laboratórios, é possível que as populações presentes no Brasil já apresentem baixa variabilidade genética, o que poderia ter causado a redução do *fitness*, devido, por exemplo, a alteração de algumas características biológicas importantes (ex.: dispersão e capacidade de forrageamento) (GANDOLFI et al., 2003). Porém, essa hipótese ainda precisa ser testada.

Devido ao desempenho pouco satisfatório de *T. remus*, a liberação desse parasitoide não interferiu na dinâmica dos outros fatores de mortalidade. A mortalidade causada por cada um dos demais fatores foi semelhante em ambas às áreas com e sem liberação de *T. remus*; inclusive no ano de 2011, quando se aumentou o número de pontos de liberação do parasitoide.

As duas outras espécies de parasitoides de ovos que apresentaram ocorrência natural nos agroecossistemas de milho estudados, *T. pretiosum* e *C. insularis* são generalistas (GROSS JR. & PAIRS, 1986; PARRA & ZUCCHI, 2004). É possível que as populações desses generalistas se mantenham no campo utilizando-se outras espécies de hospedeiros quando não há ovos de *S. frugiperda* disponível para o parasitismo. Isso deve ter ocorrido especialmente devido aos hospedeiros presentes nas plantas daninhas e na área de soja próxima à área experimental.

Quanto a mortalidade de larvas, ZALUCKI et al. (2002) relataram que mais de 90% das larvas de Lepidoptera podem morrer durante os ínstaes iniciais, como consequência da ação de inimigos naturais, de fatores climáticos, de fatores relacionados à planta hospedeira, ou ainda dado às falhas na dispersão ou estabelecimento das larvas. As larvas de *S. frugiperda* ainda podem morrer devido ao canibalismo, embora o comportamento canibal seja menos frequente entre larvas pequenas (CHAPMAN et al., 1999). Nesse trabalho, a mortalidade de larvas foi igualmente alta durante as safras úmidas e secas. Alta mortalidade de larvas de 1º. ínstar de *S. frugiperda* também já foi observada por ALI & LUTTRELL (1990) na cultura do algodão. Os autores observaram que apenas 2,9% das larvas pequenas sobreviveram naquela ocasião.

Embora o parasitismo de larvas tenha sido baixo, outro estudo aponta que o índice de parasitismo de larvas grandes pode ser superior ao de larvas pequenas (SILVA et al., 1997). Portanto, a importância desse fator para a mortalidade de larvas grandes pode ser mais expressiva.

No presente estudo, o *ballooning* foi considerado um importante fator de mortalidade de larvas, uma vez que as plantas próximas às plantas infestadas foram removidas (assumiu-se que as larvas que tentaram se dispersar morreram).

De fato, comumente, assume-se que a mortalidade causada por *ballooning* seja alta (ZALUCKI et al., 2002). Porém, a distância percorrida por larvas de *S. frugiperda* que apresentam esse comportamento não é conhecida, embora se saiba que essa distância depende de vários fatores, como a velocidade do vento, altura das plantas e tamanho da larva e do fio de seda (TAYLOR & RELING, 1986; McDONALD, 1991; ZLOTINA et al., 1999). É possível que esse comportamento seja importante para dispersão e sobrevivência de larvas, especialmente para aquelas espécies que apresentam comportamento canibal, como *S. frugiperda*.

Mesmo realizando muitas observações a campo, o destino das larvas de *S. frugiperda* pode ser de difícil determinação, devido ao hábito de se alimentar dentro do cartucho das plantas de milho. Porém, a diversidade e abundância de predadores encontrados dentro dos cartuchos durante as inspeções laboratoriais sugerem que estes podem ter amplamente contribuído para a supressão das populações de *S. frugiperda*, como previamente relatado por FIGUEIREDO et al. (2006) e WYCKHUYS & O'NEIL (2006). A importância dos predadores de larvas ficou ainda mais evidente quando se analisaram as mortalidades de ovos e larvas juntas. Nessa ocasião notou-se que a mortalidade de larvas substituiu a mortalidade de ovos. Isso sugere que maiores reduções nas populações de *S. frugiperda* podem ser conseguidas aumentando-se a mortalidade das larvas pequenas por meio da conservação e incremento das populações de predadores. Portanto, programas de manejo de pragas que priorizem o controle de larvas (1º. e 2º. ínstar) de *S. frugiperda* possivelmente obterão maior sucesso do que aqueles que visem o controle dos ovos dessa praga.

Embora a mortalidade natural de ovos e larvas pequenas de *S. frugiperda* seja muito alta, a parcela da população que sobrevive ainda é suficiente para causar perdas na produção de milho. Por isso, os programas de manejo integrado dessa praga devem privilegiar estratégias que conservem e incrementem as populações de predadores evitando-se o uso inadequado de agrotóxicos. Estudos adicionais realizados em um contexto de ecologia de paisagem, como os realizados por WYCKHUYS & O'NEIL (2007), também podem auxiliar no manejo ambiental e potencializar o controle biológico natural.

VI. CONCLUSÕES

1. A dinâmica dos fatores de mortalidade de ovos de *S. frugiperda* está relacionada à sazonalidade das chuvas;
2. Predação de ovos de *S. frugiperda* é maior em períodos de seca;
3. Parasitoides contribuem pouco para a mortalidade de ovos e larvas (1º. e 2º. ínstaes) de *S. frugiperda* e as liberações inundativas de *T. remus* não proporcionam maior controle da praga;
4. A mortalidade de larvas de *S. frugiperda* substitui quase que completamente a mortalidade dos ovos.

VII. REFERÊNCIAS

ALI, A.; LUTTRELL, R.G. Survival of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) immatures on cotton. **Florida Entomologist**, v. 73, p. 459-465, 1990.

ANDREWS, K.L. Latin American Research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Florida Entomologist**, v. 71, n. 4, p. 630-653, 1988.

ASHLEY, T.R. Geographical distribution and parasitization levels for parasitoids of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Florida Entomologist**, v. 69, p. 516–524, 1986.

BEIRNE, B.P. Effects of precipitation on crop insects. **The Canadian Entomologist**, v. 102, p. 1360-1373, 1970.

BELLOWS Jr., T.S.; VAN DRIESCHE, R.G.; ELKINTON, J.S. Life-table construction and analysis in the evaluation of natural enemies. **Annual Reviews Entomology**, v.37, p.587-614, 1992.

BESERRA, E.B.; DIAS, C.T.S.; PARRA, J.P. Distribution and natural parasitism of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs at different phenological stages of corn. **Florida Entomologist**, v. 85, n. 4, p. 588-593, 2002.

BESERRA E.B & PARRA, J.R.P. Biologia e parasitismo de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner e *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 48, p.119-126, 2004.

BESERRA, E.B.; PARRA, J.R.P. Impact of the number of *Spodoptera frugiperda* egg layers on parasitism by *Trichogramma atopovirilia*. **Scientia Agricola**, v.62, n.2, p.190-193, 2005.

BUCK, N.; CALLAGHAN, T.V. The direct and indirect effects of enhanced UV-B on the moth caterpillar *Epirrita autumnata*. **Ecological Bulletins**, v. 47, p. 68-76, 1999.

BUENO, R.C.O.F.; CARNEIRO, T.R.; PRATISSOLI, D.; BUENO, A.F.; FERNANDES, O.A. Biology and thermal requirements of *Telenomus remus* reared on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* eggs. **Ciência Rural**, v.38, n.1, p.1-6, 2008.

BUNTIN, G.D. A review of plant response to fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), injury to select field and forage crops. **Florida Entomologist**, v.69, n.3, p.549-559, 1986.

BUONACCORSI, J.P.; ELKINTON, J.S. Estimation of contemporaneous mortality factors. **Researches on Population Ecology**, v. 32, p.151-171, 1990.

BUSATO, G.R., GRÜTZMACHER, A.D., GARCIA, M.S.; GIOLO, F.P.; ZOTTI, M.J.; BANDEIRA, J.M. Exigências térmicas e estimativa do número de gerações dos biótipos “milho” e “arroz” de *Spodoptera frugiperda*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, p.329-335, 2005.

CAPINERA, J.L. **Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae)**, EENY-098, University of Florida, 1999.

CAREY, J.R. The multiple decrement life table: a unifying framework for cause-of-death analysis in ecology. **Oecologia**, v. 78, n. 1, p. 131-137, 1989.

CAREY, J.R. **Applied Demography for Biologists: with Special Emphasis on Insects**. New York: Oxford University Press. 1993. 205p.

CARNEIRO, T.R. **Aspectos bioecológicos da interação *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2005. 56f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Entomologia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2005.

CARNEIRO, T. R. **Dinâmica populacional de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho safra e safrinha e competição entre *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) e *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae)**. 2008. 131f. Tese (Doutorado em Agronomia-Entomologia Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2008.

CARNEIRO T.R.; FERNANDES A.O; CRUZ, I. Influência da competição intra-específica entre fêmeas e da ausência de hospedeiro no parasitismo de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera, Scelionidae) sobre ovos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, p. 482-486, 2009.

CAVE, R.D. Biology, ecology and use in pest management of *Telenomus remus*. **Biocontrol News and Information**, v.21, n.1, p.21-26, 2000.

CHAPMAN, J.W.; WILLIAMS, T.; ESCRIBANO, A.; CABALLERO, P.; CAVE, R.D.; GOULSON, D. Age-related cannibalism and horizontal transmission of a nuclear polyhedrosis virus in larval *Spodoptera frugiperda*. **Ecological Entomology** 24: 268-275, 1999.

CIMilho (Centro de Inteligência do Milho). Produção de Milho por Estado. Safra Total (1.000t). 2002-2009. Disponível em: <<http://cimilho.cnpms.embrapa.br/estatisticas/estatisticas.php?tabela=012>> Acesso em: 03 de Mar 2010.

CIVIDANES, F.J.; BARBOSA, J.C. Efeitos do plantio direto e da consorciação soja-milho sobre inimigos naturais e pragas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 2, p. 235-241, 2001.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, décimo segundo levantamento, Brasília, 44p. 2010.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, décimo levantamento, Brasília, 44p. 2011.

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

CRUZ I.; OLIVEIRA, A.C. Flutuação populacional do predador *Doru luteipes* Scudder em plantas de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, p. 362-368, 1997.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M.L.C.; GONÇALVES, E.P.; LIMA, D.A.N.; DINIZ, E.E. Efeito da idade de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no desempenho do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hymenoptera: Ichneumonidae) e consumo foliar por lagartas parasitadas e não parasitadas. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26, n. 2, p. 229-234, 1997.

CRUZ, I. Manejo de pragas da cultura do milho. In: GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V. (Ed.). **Tecnologias de produção no milho**: economia, cultivares, biotecnologia, 2ª safra, adubação, quimigação, doenças, plantas daninhas e pragas. Viçosa, MG: Editora UFV, 2008, p.311-366.

DAVIS, R.S.; PETERSON, R.K.D.; HIGLEY, L.G. M-DEC: a spread sheet program for producing multiple decrement life tables and estimating mortality dynamics for insects. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 75, p.363–367, 2011.

DEEVEY, E.S.Jr. Life tables for natural populations of animals. **Quarterly Review of Biology**, v. 22, p. 283-314, 1947.

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

ELKINTON, J.S.; BUONACCORSI, J.P.; BELLOWES, Jr., T.S. Marginal attack rate, k-values and density dependence in the analysis of contemporaneous mortality factors, **Researches on Population Ecology**, v. 34, n. 1, p. 29-44, 1992.

EMBRAPA (Embrapa Milho e Sorgo). Sistemas de Produção, 2. Versão Eletrônica - 4ª edição. Set, 2008.

FARR W. Effect of the extinction of any single disease on the duration of life. **Annual Report Registrar General**, Suppl. 35th p. 21-38, 1875.

FATOUROS, N.E.; DICKE, M.; MUMM, R.; MEINERS, T.; HILKER, M. Foraging behavior of egg parasitoids exploiting chemical information. **Behavioral Ecology**, v. 19, p. 677-689, 2008.

FENOGLIO, M.S.; TRUMPER, E.V. Influence of weather conditions and density of *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae) on *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) egg mortality. **Environmental Entomology**, v. 36, p. 1159-1165, 2007.

FERRAZ, J.M.G. **Estudos bioecológicos de *Spodoptera frugiperda* (Abbot e Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) como subsídio ao manejo integrado de pragas na cultura do milho**. 1991. 167p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Ecologia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

FERRER, F. Biological control of agricultural insect pests in Venezuela: advances, achievements and future perspectives. **Biocontrol News and Information**, v.22, n.3, p.67-74, 2001.

FIGUEIREDO, M.L.C.; CRUZ, I.; DELLA LUCIA, T.M.C. Controle integrado de *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbott) utilizando-se o parasitóide *Telenomus remus* Nixon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.11, p. 1975-1982, 1999.

FIGUEIREDO, M.L.C.; DELLA LUCIA, T.M.C.; CRUZ, I. Effect of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) density on control of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) egg masses upon release in a maize field. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, n. 2, p. 12-19, 2002.

FIGUEIREDO, M.L.C.; PENTEADO-DIAS, A. M.; CRUZ, I. **Danos provocados por *Spodoptera frugiperda* na produção de matéria seca e nos rendimentos de grãos, na cultura do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa, CNPMS, 2005. 6p. (Comunicado Técnico, 130).

FIGUEIREDO, M.L.C.; MARTINS-DIAS, A.M.P.; CRUZ, I. Relação entre a lagarta-do-cartucho e seus agentes de controle biológico natural na produção de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p.1693-1698, 2006.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 576p.

GANDOLFI, M.; MATTIACCI, L.; DORN, S. Mechanisms of behavioral alterations of parasitoids reared in artificial systems. **Journal of Chemical Ecology**, v. 29, n. 8, p. 1871–188, 2003.

GAUTAM, R.D. Effect of different temperatures and relative humidities on the efficiency of parasitoid, *Telenomus remus* Nixon (Scelionidae: Hymenoptera) in the laboratory. **Journal of Entomological Research**, v. 10, p. 34-39, 1986.

GARCÍA-ROA F.; MOSQUERA E. M. T.; VARGAS S. C. A; ROJAS A. L. Control biológico, microbiológico y físico de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), plaga del maíz y otros cultivos em Colombia. **Revista Colombiana de Entomologia** v. 28, p. 53-60, 2002.

GILLOTT, C. **Entomology**. Netherlands: Spring. 2005, 831p.

GROSS JR., H.R.; PAIR, S.D. The fall armyworm: status and expectations of biological control with parasitoids and predators. **The Florida Entomologist**, v. 69, n. 3, p. 502-515, 1986.

GUEDES, I.V. **Resposta funcional e numérica do predador *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera: Anthocoridae) com diferentes presas**. 2006. 67f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Entomologia Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2006.

HARCOURT, D.G. The development and use of life tables in the study of natural insect populations. **Annual Review of Entomology**, v. 14, p. 175-196, 1969.

HRUSKA, A.J.; GOULD, F. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea lineolata* (Lepidoptera: Pyralidae): Impact of larval population level and temporal occurrence on maize yield in Nicaragua. **Journal of Economic Entomology**, v. 90, n. 2, p. 611-622, 1997.

ISENHOUR, D.J.; LAYTON, R.C.; WISEMAN, B.R. Potential of adult *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) as a predator of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Entomophaga**, v. 35, n. 2, p. 269-275, 1990.

JONES, S.L.; MORRISON, R.K.; ABLES, J.R.; BULL, D.L. A new and improved technique for the field release of *Trichogramma pretiosum*. **Southwestern Entomologist**, v. 2, p. 210-215, 1977.

KASTEN JR., P.; PRECETTI, A.A.; PARRA, J.R.P. Dados biológicos comparativos de *Spodoptera frugiperda* em duas dietas artificiais e substrato natural. **Revista de Agricultura**, v. 53, n. 1, p. 68-78, 1978.

KING, E.G.; BULL, D.L.; BOUSE, L.F.; PHILLIPS, J.R. Biological control of bollworm and tobacco budworm in cotton by augmentative releases of *Trichogramma*. **Southwestern Entomologist**, v. 8, p. 1-10, 1985.

KUHAR, T.P.; WRIGHT, M.G.; HOFFMANN, M.P.; CHENUS, S.A. Life table studies of European Corn Borer (Lepidoptera: Crambidae) with and without inoculative releases of *Trichogramma ostriniae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v.31, n.3, p.482-489, 2002.

van LENTEREN, J.C.; BUENO, V.H.P. Augmentative biological control of arthropods in Latin America. **BioControl**, v. 48, p. 123–139, 2003.

LUGINBILL, P. The fall armyworm, **Technical Bulletin**, United States Department of Agriculture, Washington, n. 34, p. 1-91, 1928.

MAILAFIYA, D.M.; LE RU, B.P.; KAIRU, E.W.; DUPAS, S.; CALATAYUD, P.A. Parasitism of lepidopterous stem borers in cultivated and natural habitats. **Journal of Insect Science**, v. 11, p. 1-19, 2011.

McDONALD, G. Oviposition and larval dispersal of the common army-worm, *Mythimna convecta* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae). **Australian Journal of Ecology**, v. 16, p. 385–94, 1991.

MEIRELLES, A.P.; CARNEIRO, T.R.; FERNANDES, O.A. Efeito de diferentes fontes de carboidrato e da privação de alimento sobre aspectos biológicos de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, p. 457-460, 2009.

MENEZES NETTO A.C. **Fatores naturais e *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) na mortalidade de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho**. 2010. 59f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Entomologia Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2010.

MOCHIDA, O. & OKADA, T. A bibliography of *Spodoptera* spp. (Lepidoptera: Noctuidae). **Miscellaneous Bulletin of Kyushu National Agricultural Experiment Station**, v. 49, p.1-110, 1974.

MOLINA-OCHOA, J.; CARPENTER, J.E.; HEINRICHS, E.A.; FOSTER, J.E. Parasitoids and Parasites of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the

Americas and Caribbean Basin: an Inventory. **Florida Entomologist**, v. 86, n. 3, p. 254-289, 2003.

MOLINA-OCHOA, J.; CARPENTER, J.E.; LEZAMA-GUTIÉRREZ, R.; FOSTER, J.E.; GONZÁLEZ-RAMÍREZ, M.; ANGEL-SAHAGÚN, C. A.; FARIAS-LARIOS, J. Natural distribution of Hymenopteran parasitoids of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in Mexico. **Florida Entomologist**, v. 87, n. 4, p. 461-472, 2004.

MORALLES, J.; GALLARDO, J.S.; VÁSQUEZ, C.; RÍOS, Y. Patrón de emergencia, longevidad, parasitismo y proporción sexual de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) con relación al cogollero del maíz. **Venezuela: Bioagro**, v. 12, n. 2, p. 47-54, 2000.

MURÚA, G.; MOLINA-OCHOA, J.; COVIELLA, C. Population dynamics of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and its parasitoids in northwestern Argentina. **Florida Entomologist**, v. 89, n. 2, p.175-182, 2006.

MURÚA, M.G.; VERA, M.T.; ABRAHAM, S.; JUARÉZ, M.L.; PRIETO, G.P.; WILLINK, E. Fitness and mating compatibility of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) populations from different host plant species and regions in Argentina. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 101, p. 639-649, 2008.

NARANJO, S.E.; ELLSWORTH, P.C. Mortality dynamics and population regulation in *Bemisia tabaci*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 116, p. 93–108, 2005.

OLIVEIRA, R.C.; CARNEIRO, T.R.; FERNANDES, O.A. Criação de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) para o controle da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). In: DE BORTOLI, S.A.; BOIÇA Jr., A.L.; OLIVEIRA, J.E.M. (Ed.). **Agentes de controle biológico: metodologias de criação, multiplicação e uso**. Jaboticabal: Funep, 2006. p.151-166.

ORR, D.B. Scelionid wasps as biological control agents: a review. **Florida Entomologist**, v. 71, n. 4, p. 506-528, 1988.

PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A. *Trichogramma* in Brazil: Feasibility of use after twenty years of research. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 3, p. 271-281, 2004.

PATEL, P.N. **Estudos de fatores bióticos de controle natural em populações de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 1981. 104p. Dissertação (Mestre em Biologia – Ecologia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1981.

PEARL, R.; PARKER, S.L. Experimental studies on the duration of life: an introductory discussion of the duration of life in *Drosophila*. **Am. Naturalist**, 55, p. 481-509, 1921.

PEDRASI T.C.; PARRA J.R.P. 1986. Técnica de criação e determinação das exigências térmicas de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera, Scelionidae). In: X Congresso Brasileiro de Entomologia, Anais. Rio de Janeiro: SEB. p. 227.

PELL, J.K.; BAVERSTOCK, J.; ROY, H.E.; WARE, R.L.; MAJERUS, M.E.N. Intraguild predation involving *Harmonia axyridis*: a review of current knowledge and future perspectives. **BioControl**, v. 53, p. 147-168, 2008.

PETERSON, R.K.D.; DAVIS, R.S.; HIGLEY, L.G.; FERNANDES, O.A. Mortality Risk in Insects. **Environmental Entomology**, v. 38, n. 1, p. 2-10, 2009.

PINTO, A. S. & PARRA, J. R. P. Liberação de inimigos naturais. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Ed.). **Controle Biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. P. 325-342.

PINTO, A. S.; PARRA, J. R. P.; OLIVEIRA, H. N. de. **Guia Ilustrado de pragas e insetos benéficos do milho e sorgo**. Ribeirão Preto: A. S. Pinto, 2004. 108p.

RICKLEFS, R.E. **A economia da natureza**. Editora Guanabara Koogan. 5 ed. 2001. 503p.

ROGER, C.; CODERRE, D.; VIGNEAULT, C.; BOIVIN, G. Prey discrimination by a generalist coccinellid predator: effect of prey age or parasitism? **Ecological Entomology**, v. 26, p. 163-172, 2001.

ROYAMA, T. Evaluation of mortality factors in insect life table analysis. **Ecological Monographs**, v. 51, n. 4, p. 495-505, 1981.

SANKARAN, T. Natural enemies introduced in recent years for biological control of agricultural pests in India. **Indian Journal of Agricultural Sciences**. v. 44, n. 7, p. 425-433, 1974.

SAS Institute. SAS/STAT user's guide, release 9.1 ed. SAS Institute, Cary, NC, 2004.

SCHWARTZ, A.; GERLING, D. Adult biology of *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) under laboratory conditions. **Entomophaga**, v. 19, n. 4, p. 482-492, 1974.

SILVA, F. M. A.; FOWLER, H. G.; LEMOS, R. N. S. Parasitismo em lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith), na região do Triângulo Mineiro, MG. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26, n. 2, p. 235-241, 1997.

SILVA, C.S.B. **Dispersão do parasitóide de ovos *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) e sua interação com algumas variáveis ambientais em agroecossistemas de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.)**. 2007. 139f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Entomologia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2007.

SOUTHWOOD, T. R. E. **Ecological methods with particular reference to the study of insect populations**. London: Chapman and Hall, 524p. 1978.

SPARKS, A.N. A review of the biology of the fall armyworm. **Florida Entomologist**, v.62, n.2, p. 82-87, 1979.

TAYLOR, R. A. J, RELING, D. Density/height profile and long-range dispersal of first-instar gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae). **Environmental Entomology**, v. 15, p. 431–435, 1986.

TODD, E.L. A change in the scientific name of the fall armyworm. U.S. Dept. Agric. ARS, Coop. Econ. Insect Rpt. **Plant Pest Control Division**. v.14, n.48, 1964.

TSCHARNTKE, T.; BRANDL, R. Plant-insect interactions in fragmented landscapes. **Annual Review of Entomology**, v. 49, p. 405-430, 2004.

VALICENTE, F.H.; BARRETO, M.R. Levantamento dos Inimigos Naturais da Lagarta do Cartucho do Milho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), na Região de Cascavel, PR. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 28, n. 2, p. 333-337, 1999.

ZALUCKI, M.P.; CLARKE, A.R.; MALCOLM, S.B. Ecology and behavior of first instar larval lepidoptera. **Annual Review of Entomology** v. 47, p. 361-393, 2002.

ZANUNCIO, J.C.; SILVA, C.A.; LIMA, E.R.; PEREIRA, F.F.; RAMALHO, F.D.; SERRÃO, J.E. Predation rate of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae with and without defense by *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, p. 121-125, 2008.

ZLOTINA, M. A.; MASTRO, V. C.; ELKINTON, J. S.; LEONARD, D. E. Dispersal tendencies of first instar larvae of *Lymantria mathura* and the Asian form of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae). **Environmental Entomology**, v. 28, p. 240–45, 1999.

WAQUIL, J. M. et al. Controle da lagarta-do-cartucho em milho com inseticidas químicos e biológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, n.2, p.163-166, 1982.

WAQUIL, J.M. **Manejo Fitossanitário e Ambiental: Milho transgênico Bt e resistência das plantas ao ataque da lagarta-do-cartucho**. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/manfito/index.htm>. Acesso em: 22 de out. 2009.

WOJCIK, B.; WHITCOMB, W.H.; HABECH, O.H. Host range testing of *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae). **Florida Entomologist**, v. 59, n. 2, p. 195-198, 1976.

WYCKHUYS, K.A.G.; O'NEIL, R.J. Population dynamics of *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) and associated arthropod natural enemies in Honduran subsistence maize. **Crop Protection**, v. 25, p. 1180-1190, 2006.

WYCKHUYS, K.A.G.; O'NEIL, R.J. Influence of extra-field characteristics to abundance of key natural enemies of *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) in subsistence maize production. **International Journal of Pest Management**, v. 53, p. 89-99, 2007.