

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

**DINÂMICA DOS FATORES NATURAIS DE MORTALIDADE
DE *Diatraea saccharalis* (FABRICIUS, 1794)
(LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) EM CANA-DE-AÇÚCAR
ADJACENTES A FRAGMENTOS DE FLORESTAS**

**Sabrina Juvenal de Oliveira
Engenheira Agrônoma**

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

**DINÂMICA DOS FATORES NATURAIS DE MORTALIDADE
DE *Diatraea saccharalis* (FABRICIUS, 1794)
(LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) EM CANA-DE-AÇÚCAR
ADJACENTES A FRAGMENTOS DE FLORESTAS**

**Discente: Sabrina Juvenal de Oliveira
Orientador: Dr. Odair Aparecido
Fernandes**

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

O48d

Oliveira, Sabrina Juvenal de

Dinâmica dos fatores naturais de mortalidade de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) em cana-de-açúcar adjacentes a fragmentos de florestas / Sabrina Juvenal de Oliveira. -- Jaboticabal, 2021
46 p. : tabs., fotos

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

Orientador: Odair Aparecido Fernandes

1. Controle natural de pragas. 2. Ecologia de paisagem. 3. Mortalidade insubstituível. 4. Produção agrícola sustentável. 5. Serviços ecossistêmicos. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DINÂMICA DOS FATORES NATURAIS DE MORTALIDADE DE *Diatraea saccharalis* (FABRICIUS, 1794) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) EM CANA-DE-AÇÚCAR ADJACENTES A FRAGMENTOS DE FLORESTAS

AUTORA: SABRINA JUVENAL DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: ODAIR APARECIDO FERNANDES

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



Prof. Dr. ODAIR APARECIDO FERNANDES (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Fitossanidade) / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. MARCELO COUTINHO PISCANÇO (Participação Virtual)
Universidade Federal de Viçosa-UFV / Viçosa/MG



Prof. Dr. GUILHERME DUARTE ROSSI (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Fitossanidade) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 30 de julho de 2021

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Sabrina Juvenal De Oliveira nasceu em 07 de fevereiro de 1996, na cidade de Fortaleza, CE. Formou-se em Agronomia (2019) na Universidade Federal do Ceará (UFC). Durante a graduação participou do Programa de Educação Tutorial (PET) junto ao PET Agronomia UFC tutorado pela Profa. Dra. Rosilene Oliveira Mesquita, Prof. Dr. Ervino Bleicher e Profa. Dra. Cândida Hermínia Campos de Magalhães Bertini. Também atuou no Laboratório de Entomologia Aplicada (LEA), sob a supervisão do Prof. Dr. Patrik Luiz Pastori, e estagiou na Embrapa Agroindústria Tropical junto ao Prof. Dr. Fernando Antonio Souza de Aragão e a Dra. Elaine Facco Celin. Inicialmente realizou e contribuiu na avaliação da resistência de cultivares de feijão-caupi ao pulgão preto, *Aphis craccivora* Koch, 1854 (Hemiptera: Aphididae). Em seguida, participou ativamente nas atividades de criação de insetos-praga como *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) e, *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera: Crambidae) e de parasitoides como *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), e *Tetrastichus howardi* (Olliff, 1893) (Hymenoptera: Eulophidae), além de auxiliar na instalação e avaliação de experimentos científicos com esses insetos. Na fase final do Curso, desenvolveu o Trabalho de Conclusão do Curso (TCC) envolvendo aspectos da resistência de germoplasma de meloeiro à mosca-minadora *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 (Diptera: Agromyzidae). Em agosto de 2019, ingressou no mestrado do programa de Entomologia Agrícola da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, sendo bolsista CNPq, no Laboratório de Ecologia Aplicada, sob orientação do Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes.

“Nada tem sentido, exceto o sentido que nós damos.”

Jacob Pétry (O óbvio que ignoramos)

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes, por todas as dúvidas respondidas, pelos ensinamentos, aulas e reuniões, além de todo apoio e confiança que me transmitiu.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro concedido.

Aos participantes da banca examinadora, Prof. Dr. Marcelo Coutinho Picanço e Prof. Dr. Guilherme Duarte Rossi, por todas as colaborações e sugestões.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola da FCAV/UNESP, por todo o conhecimento adquirido.

A Profa. Dra. Maria Cleide de Mendonça, pela disponibilidade e identificação dos Colêmbolos.

Aos proprietários das fazendas utilizadas, Orlando e Eduardo Garcia, pela hospitalidade, confiança e disponibilidade sempre oferecidas.

A todos do Laboratório de Ecologia Aplicada, que me acolheram tão bem ao longo do mestrado. João Marcelo, César Pavani, Thaynara Junqueira, João Rafael, Luís Augusto, Hermann Moller, Adrielle Nery, Welliny Rocha, Marina Brum, Gabriela Conttini, Gabriel Fernandes, Ricardo Pinto, Rafaela Martin, Jivago Rosa, André e José Chamessanga, pela hospitalidade, amizade e auxílio em todos os momentos que precisei.

À minha família, que compreendeu meus novos desafios e me ajudou a vencê-los, além de vibrar com cada conquista.

A todos os amigos que fiz em Jaboticabal, que além de me apoiarem tornaram meus dias aqui mais alegres e seguros. Em especial, Yanna Karoline, Jean Lucas, Renata Queiroz, Edcarla Nicolau, Antonio Cruz, Maelle Cario, Maiara Alexandre, Carolina Veluci, Juliana Queiroz, Ana Flávia, Franciele Cristina e Larissa Rossini.

Aos meus amigos de Fortaleza, que permanecem me auxiliando e ouvindo mesmo com muitos km de distância, em especial, Ivina Raquel, Clotilde Campos, Caio Aguiar, Carolina Souza, e, principalmente, Letícia Machado, que me acompanhou todos os dias e se manteve presente em todas as situações que enfrentei.

Um agradecimento especial ao meu companheiro e amigo, Vinícius Cesarin. Por todo auxílio dentro e fora da Unesp, por fazer desse trabalho algo seu também, por estar ao meu lado nos dias mais divertidos e nos mais difíceis, e por sempre acreditar mais em mim que eu mesma.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Broca da cana-de-açúcar e seu controle	3
2.2. Fatores naturais de mortalidade de <i>D. saccharalis</i>	5
2.3. Tabela de vida ecológica	6
2.4. Influência da vegetação seminatural sobre os insetos	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1 Caracterização das áreas e período de estudo	10
3.2. Insetos	11
3.3 Avaliações preliminares	11
3.3.1. Efeito da umidade sobre os ovos	11
3.3.2. Comportamento de larvas neonatas em plantas de cana-de-açúcar	12
3.4. Fatores de mortalidade	12
3.4.1. Estágio de ovo	12
3.4.2. Estágio de larva	15
3.5. Análise estatística	17
4. Resultados	18
4.1. Avaliação do efeito da umidade sobre os ovos	18
4.2 Comportamento de larvas neonatas em plantas de cana-de-açúcar	18

4.3. Fatores naturais de mortalidade de <i>Diatraea saccharalis</i>	18
4.3.1. Fase de ovo	18
4.3.2 Fase Larval	23
5. DISCUSSÃO	25
6. CONCLUSÃO	30
7. REFERÊNCIAS	31
APENDICES	44
Tabela 1A. Área, Variedade e tipos de mata de cada talhão em que o estudo foi realizado	45
Figura 1B. Talhões e áreas comerciais em que o estudo foi realizado, no município de Jaboticabal, SP.....	46

DINÂMICA DOS FATORES NATURAIS DE MORTALIDADE DE *Diatraea saccharalis* (FABRICIUS, 1794) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) EM CANA-DE-AÇÚCAR ADJACENTES A FRAGMENTOS FLORESTAIS

RESUMO - Os ambientes não agrícolas, como florestas e matas, servem de abrigo para organismos que são responsáveis por diversos serviços ecossistêmicos, podendo contribuir com cultivos próximos a esses. No estado de São Paulo, canaviais adjacentes a fragmentos de floresta da Mata Atlântica são encontrados e, dessa forma, a regulação de pragas pode ser favorecida nestas condições. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a influência de fragmentos florestais na dinâmica dos fatores de mortalidade de ovos e larvas de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) em cana-de-açúcar com o uso de tabelas de vida ecológicas. Para isso, coortes de ovos e larvas da broca da cana-de-açúcar foram acompanhadas em talhões de canaviais adjacentes a dois tipos de fragmentos de floresta (Plateau e Galeria) e em duas distâncias (5 e 100m) desses fragmentos. Os dados coletados foram utilizados para construção da tabela de vida ecológica e determinação dos principais fatores de mortalidade em cada situação analisada. Para a fase de ovo, os fatores de mortalidade foram classificados em inviabilidade por infertilização, predação, parasitismo, dessecação e desalojamento. Os fatores naturais de mortalidade que não puderam ser caracterizados foram agrupados como desconhecidos. Em ambas as safras houve diferença entre os fatores naturais de mortalidade de *D. saccharalis*, em que o fator predação se diferenciou dos demais. As formigas (Hymenoptera: Formicidae) e os crisopídeos (Chrysopidae: Neuroptera) foram os agentes predadores mais frequentes. Para a fase larval os fatores de mortalidade foram classificados em predação, parasitismo, afogamento e desconhecido, em que o agrupamento desconhecido se diferenciou dos demais. Além disso, observações de larvas neonatas demonstraram que a predação, a movimentação larval e o deslocamento causado pelo vento estão incluídos no agrupamento de fatores chamados de 'desconhecido'. Em ambas as safras e estágios de desenvolvimento acompanhados não houve diferença entre a mortalidade nos dois tipos de fragmentos florestais ou entre as duas distâncias da mata. A presença dos fragmentos florestais não contribui para aumentar o controle natural da broca da cana-de-açúcar, mas pode sustentar populações dos inimigos naturais em condições ambientais adversas, garantindo a conservação dos predadores nas paisagens agrícolas e sua posterior recolonização. Por fim, os resultados relatados contribuem para a compreensão da dinâmica populacional de *D. saccharalis* em campo, demonstram os seus principais agentes reguladores e auxiliam na escolha de táticas de manejo contra a espécie-praga.

Palavras-chave: controle natural de pragas, ecologia de paisagem, mortalidade insubstituível, produção agrícola sustentável, serviços ecossistêmicos

**DYNAMICS OF NATURAL MORTALITY FACTORS OF *Diatraea saccharalis*
(FABRICIUS, 1794) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) IN SUGARCANE ADJACENT
TO FOREST FRAGMENTS**

ABSTRACT - Non-agricultural environments, such as forests and woodlands, can offer shelter for organisms that are responsible for several ecosystem services, that might benefit crops near them. In São Paulo state, sugarcane fields are found next to fragments of Atlantic Forest, and thus, pest regulation can be favored under these conditions. Therefore, the objective of this research was to analyze the influence of forest fragments on the dynamics of mortality factors for eggs and larvae of *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane with an ecological life table. For this experiment cohorts of eggs and larvae of the sugarcane borer were observed in stands of sugarcane field adjacent to two types of forest fragments (Plateau and Gallery) on two distances (5 and 100m) from those fragments. The data collected was used to make the ecological life table and determine the main mortality factors in each circumstance analyzed. In the egg stage, mortality factors were classified as unfeasibility due to the eggs not being fertilized, predation, parasitism, desiccation and displacement. Natural mortality factors that could not be characterized were grouped as unknown. On both crops, there was a difference between the natural mortality factors of *D. saccharalis*, in which the predation factor was different from the others. Ants (Hymenoptera: Formicidae) and lacewings (Chrysopidae: Neuroptera) were the most frequent predators. In the larval stage, the mortality factors were classified as predation, parasitism, drowning and unknown in which the unknown grouping differed from the others. Besides that, observations of neonate larvae revealed that predation, larval movement and wind displacement are included in the classification unknown. In both years and stages of development observed, there was no difference in the mortality on both types of forest fragments and distances. The presence of forest fragments did not contribute to increasing the natural control of the sugarcane borer, but it can still sustain populations of natural predators in adverse environmental conditions, ensuring the conservation of predators in agricultural landscapes and their subsequent recolonization. Finally, the results observed contribute to the understanding of the population dynamics of *D. saccharalis* in the field, while also indicating their main regulatory agents and help in choosing better management tactics against the sugarcane borer.

Keywords: natural pest control, landscape ecology, irreplaceable mortality, sustainable agricultural production, ecosystem services

1. INTRODUÇÃO

Com o início do desenvolvimento da agricultura iniciou-se também uma grande alteração na paisagem que, juntamente com a intensificação do uso de técnicas agrícolas, contribuíram para reduções drásticas na biodiversidade (Robinson e Sutherland, 2002). A composição da paisagem tem grande influência na diversidade, abundância e dispersão dos insetos, pois diferentes tipos de habitat podem favorecer diferentes espécies (Bianchi et al., 2006). Portanto, a simplificação da paisagem tem consequências negativas em serviços ecossistêmicos dependentes da biodiversidade, como polinização e controle natural de pragas (Morandin et al., 2016).

Os ambientes não agrícolas, como margens de campos e matas são áreas relativamente não perturbadas que, na maioria das vezes, são favoráveis para o desenvolvimento de insetos benéficos, como polinizadores e inimigos naturais (Bianchi et al., 2006). Esses ambientes também possuem recursos tais como a disponibilidade de alimentos alternativos e fornecimento de abrigo ou microclima, que permitem que os insetos se refugiem, sobrevivam e explorem áreas vizinhas (Landis et al., 2000; Haan et al., 2020). Logo, a combinação dessas áreas não perturbadas com as destinadas à produção agrícola podem contribuir para a proteção da biodiversidade, além de fornecerem recursos ecossistêmicos como polinização e regulação de pragas (Power, 2010; Batary et al., 2011).

Visando melhores condições alimentícias e reprodutivas, os inimigos naturais são capazes de se deslocar entre habitats não cultivados e cultivados em períodos desfavoráveis, e retornar em momentos favoráveis exercendo seu papel de agentes de controle eficazes (Wissinger, 1997; Schellhorn et al., 2014). Logo, manter ou aumentar o ambiente natural e semi-natural na paisagem pode levar a um controle biológico de pragas mais eficaz (Rusch et al., 2016). Adicionalmente, a vegetação natural pode ser mantida no entorno da cultura e utilizar terras que não são adequadas para a agricultura, causando pouca alteração na terra e no rendimento da produção agrícola (Morandin et al., 2016). No entanto, é importante ressaltar que os habitats semi-naturais também podem servir como reservatórios para espécies de pragas que se movimentam para as lavouras, causando incerteza sobre o seu real benefício

(Thies et al., 2005), sendo necessário verificar a influência real da presença de vegetação semi-natural para o controle de pragas.

No estado de São Paulo, importante produtor de cana-de-açúcar, a paisagem agrícola é dominada por monocultivos da cultura adjacentes a pequenos fragmentos de floresta tropical da Mata Atlântica, ao longo de vales de rios (florestas de galeria) ou em encostas e planaltos (florestas de plateau) (Duarte et al., 2015; Santos et al., 2018). Estes fragmentos podem eventualmente auxiliar no controle natural de pragas (Mitchell et al., 2014; Santos et al., 2018). Com isso, observa-se a necessidade de verificar a influência da vegetação semi-natural no controle de pragas na cana-de-açúcar, levantando-se então, a hipótese de que os fragmentos de floresta interferem nos fatores naturais de mortalidade de uma das principais pragas da cana de açúcar, a broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae).

Embora existam estudos que demonstrem a importância da proximidade de vegetação semi-natural no aumento do controle biológico ou redução populacional de insetos-praga (Garratt et al., 2017; Dominik et al., 2018; Yang et al., 2018), esses estudos, no entanto, procuraram avaliar a abundância de insetos pragas e agentes de controle biológico. A ação destes últimos sobre os primeiros é inferida a partir desses índices de abundância. No presente estudo, tabelas de vida, que se tratam de tabulações condensadas de informações essenciais na mortalidade de um grupo conhecido de indivíduos (Namboodiri e Suchindran, 2013) foram construídas. Com isto, pretendeu-se avançar no conhecimento sobre a dinâmica das populações de insetos-praga e, desse modo, determinar e quantificar os fatores naturais de mortalidade para as fases de ovo e larval de *D. saccharalis* em cana-de-açúcar adjacente a dois tipos de fragmentos de floresta (Plateau e Galeria) e em duas distâncias (5 e 100m) desses fragmentos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Broca da cana-de-açúcar e seu controle

Diatraea saccharalis é um importante inseto-praga que se destaca devido às injúrias e aos danos causados aos canaviais. As mariposas fazem posturas em agrupamentos, usualmente, na face dorsal da folha (Macedo et al., 2012). A quantidade de ovos, em condições naturais, é de, aproximadamente, 12 com variação de 2 a 37 ovos (Lima Filho e Lima, 2001). Após 4 a 8 dias as lagartas eclodem (Macedo et al., 2012). Inicialmente, as lagartas vão para a região entre a bainha da folha e o colmo da planta se abrigar e se alimentam pela raspagem das folhas e entrenós. Mas após um período de cerca de duas semanas, elas estão aptas a penetrar no colmo em sua parte menos resistente, na base do entrenó, próximo às gemas. Assim, galerias são produzidas dentro dos colmos como resultado da alimentação das larvas (Parra et al., 2002; Macedo et al., 2012; Rossato Junior et al., 2013), o que dificulta o seu manejo, tendo em vista que o inseto fica protegido no interior da planta (Antigo et al., 2013).

O desenvolvimento larval ocorre em torno de 40 a 70 dias, variando de acordo com a temperatura (Parra et al., 2002; Macedo et al., 2012). Após se desenvolver, a larva abre um orifício no colmo e o fecha com alguns fios de seda e restos orgânicos antes de se transformar em pupa ainda no colmo. Após cerca de 10 dias ocorre a emergência do adulto. Já a fase adulta, dura cerca de 5 dias (Parra et al., 2002; Macedo et al., 2012). As galerias e perfurações realizadas pela larva podem causar falhas na germinação da planta, morte da gema apical (mais conhecido como coração morto), perda de peso do colmo, desuniformidade de plantio, tombamento dos colmos brocados e facilitar a entrada de fungos causadores da podridão vermelha do colmo como o *Fusarium moniliforme* e *Colletotrichum falcatum* (Conceição e Silva, 2011; Rossato Junior et al., 2013). A cada 1% de entrenó infestado de *D. saccharalis* suas injúrias podem reduzir a produção de açúcar em até 1,10% (Rossato Junior et al., 2013).

Tendo em vista a importância dessa espécie-praga, diversas pesquisas se iniciaram na década de 1970 pelo IAA/PLANALSUCAR, com o objetivo de conhecer o inseto e elaborar métodos adequados para sua supressão em campo (Botelho,

1992). Nesse quesito algumas moscas parasitoides foram estudadas: *Lixophaga diatraeae* (Townsend, 1916), que veio de Cuba, *Lydella minense* (Townsend, 1927) e *Billaea claripalpis* (Wulp, 1896) (Diptera: Tachinidae), que são nativas (Parra et al, 2002). No entanto, os resultados das pesquisas com as moscas não foram satisfatórios, e em 1976 se iniciaram os estudos com o parasitoide de larvas, *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae), oriundo do Paquistão e da Índia, regiões com clima semelhante ao Estado de São Paulo (Botelho, 1992). Os resultados com o parasitismo de *C. flavipes* em campo impulsionaram seu uso e produção em laboratório. Além disso, buscas por outros agentes de controle biológico foram iniciadas, com estudos sobre o ectoparasitoide *Allorhogas pyralophagus* Marsh, 1984 (Hymenoptera: Braconidae). No entanto, sua ação no combate à broca foi ineficiente e a pesquisa foi abandonada. Até que em 1986 novos testes foram feitos com o parasitoide de ovos *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), que obteve boas perspectivas sobre o seu uso em campo (Botelho, 1992).

Atualmente, o programa de controle da broca da cana-de-açúcar é considerado um grande exemplo de controle biológico no Brasil, onde são cultivados em torno de 9 milhões de hectares da cultura, dos quais cerca de 3,5 milhões são tratados com liberações massais de *C. flavipes* e 2 milhões com liberações de *T. galloi*. (Parra e Coelho Junior, 2019). Ademais, algumas pesquisas demonstram o potencial de outros agentes de controle biológico da broca da cana-de-açúcar, como os nematoides entomopatogênicos *Heterohabditis baujardi* LPP7 e *Steinernema carpocapse* NCAII, os fungos *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Ascomycota: Cordycipitaceae) e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. (Ascomycota: Clavicipitaceae), e o parasitoide de pupas *Tetrastichus howardi* (Olliff, 1893) (Hymenoptera: Eulophidae) (Oliveira et al., 2008; Bellini e Dolinski, 2012; Barbosa, 2014).

Mesmo com o sucesso do controle biológico no manejo de *D. saccharalis*, este não é o único método utilizado contra o inseto. O uso de variedades transgênicas resistente à broca da cana-de-açúcar (EBC, 2017), e o controle químico também são métodos que podem ser empregados na cultura (Santos et al., 2020). No entanto, este último não se mostra muito eficiente, devido ao hábito críptico do inseto, que se mantém dentro do colmo (Rôdas et al., 2019).

2.2. Fatores naturais de mortalidade de *D. saccharalis*

A broca da cana-de-açúcar, assim como os demais insetos, é afetada por diversos fatores bióticos e abióticos, tais como predadores, parasitoides, entomopatógenos, chuva, vento e luz (Naranjo e Ellsworth, 2005; Santos, 2013). Estes fatores possuem grande papel na regulação natural de populações. O conhecimento desses fatores pode representar uma importante ferramenta na compreensão da dinâmica populacional da espécie e desenvolvimento do seu manejo (Naranjo e Ellsworth, 2005). Pesquisas anteriores demonstraram que os fatores naturais de mortalidade de ovos de *D. saccharalis* em campo estão em torno de 65%, com grande participação do fator predação (Degaspari et al., 1987; Santos, 2013).

Vários predadores podem se alimentar dos diferentes estágios da broca da cana-de-açúcar, entre estes pode-se citar alguns insetos das famílias Formicidae (Hymenoptera), Carabidae (Coleoptera), Forficulidae (Dermaptera), Elateridae (Coleoptera), Chrysopidae (Neuroptera) e aranhas (Araneae) (Ghany Negm, 1968). As formigas e as aranhas desempenham um importante papel na predação de ovos dessa praga. Avaliações em campo, no estado de São Paulo, resultaram em mortalidade dos ovos variando entre 30 e 40% por ação dos dois grupos predadores (Santos, 2013). Ademais, outra pesquisa revelou que, em plantações onde a palha da cana é deixada no solo existem grandes chances de *D. saccharalis* ser predada por formigas antes de perfurar o colmo da planta, com ênfase para formigas dos gêneros *Solenopsis*, *Pheidole*, *Dorymyrmex* e *Crematogaster*, que foram as mais abundantes nas coletas realizadas (Rossi e Fowler, 2004; Oliveira et al., 2012).

Vários parasitoides já foram relatados ocorrendo naturalmente em *D. saccharalis* no Brasil. Entre estes, os parasitoides de ovos do gênero *Trichogramma* Westwood, 1833 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e o parasitoide *Telenomus alecto* Crawford, 1914 (Hymenoptera: Scelionidae), além de *T. howardi* em pupas (Souza et al, 2016; Dias et al., 2011; Vargas et al., 2011). Ainda, *Digonogastra* sp. Viereck, 1912 (Hymenoptera: Braconidae) já foi vista em larvas de *D. flavipennella* em cana-de-açúcar (Valente et al., 2018). Contudo, avaliações realizadas no Estado de São Paulo resultaram em baixos índices de parasitismo natural (0,03%) em ovos de *D. saccharalis* em cana-de-açúcar (Santos, 2013).

As larvas de *D. saccharalis* estão expostas a um grande número de patógenos no agroecossistema (Pauli et al., 2018), e muitos destes também atuam como fatores biológicos que causam sua mortalidade. Larvas desse inseto praga já foram encontradas em campo infectadas naturalmente por fungos entomopatogênicos, como *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *Metarhizium rileyi* (Farlow) e *Isaria* sp. (Alves et al., 1985; Romero et al., 2008). Ademais, no Brasil, um vírus patogênico já foi relatado em larvas de *D. saccharalis*. Este vírus pertence ao gênero Betabaculovirus (família Baculoviridae) e foi chamado de *Diatraea saccharalis* granulovírus (DisaGV) (Ardisson-Araújo et al., 2016).

Em relação aos fatores abióticos, pesquisas realizadas no Brasil com *D. saccharalis* verificaram que a temperatura pode causar a mortalidade de embriões nos ovos (Degaspari et al., 1987). E, ainda que, a viabilidade total da broca da cana-de-açúcar é maior no verão e menor no inverno, o que evidencia a importância do clima no desenvolvimento do inseto (Botelho, 1985). Estudos realizados em milho na Argentina denotaram que as condições climáticas podem afetar a predação de ovos de *D. saccharalis*. Assim, a chuva tem um efeito negativo na predação de ovos, enquanto temperaturas médias elevadas tem um efeito positivo na predação do inseto-praga (Fenoglio e Trumper, 2014). Além disso, estudos com *Diatraea grandiosella* Dyar, 1911 (Lepidoptera: Crambidae) em Arkansas (EUA) relataram que em períodos mais quentes e secos os ovos do inseto ficaram enrugados, de cor mais amarelada e com morte de embriões que estavam aparentemente bem desenvolvidos. Os autores relacionaram esses sintomas a um fator de mortalidade chamado dessecação (Rolston, 1955).

2.3. Tabela de vida ecológica

Tabelas de vida ecológicas são ferramentas úteis para a determinação dos fatores responsáveis pela maior mortalidade de uma população (Carey, 1989; Kakde et al., 2014). Foram utilizadas inicialmente para estudos de populações humanas, mas depois passaram a ser usadas em outros seres vivos, incluindo os insetos (Harcourt, 1969). Essas tabelas apresentam a sistemática da sobrevivência e mortalidade em uma população por meio de tabulações condensadas de informações essenciais na

mortalidade de um grupo conhecido, bem como demonstram os momentos mais oportunos para aplicação de técnicas de manejo (Harcourt, 1969).

Os estudos de tabela de vida podem ser realizados com insetos associados por idades ou estágios de vida. Porém, são normalmente organizados em torno de estágios de vida, pois a idade dos insetos em populações de campo é mais difícil de ser determinada (Bellows et al., 1992). Para a construção da tabela de vida, uma coorte (grupo de indivíduos da mesma espécie e idade) é selecionada e exposta aos riscos de mortalidade do meio. Em seguida, os fatores de mortalidades podem ser averiguados nessa unidade, bem como a mortalidade por cada fator. Assim, é possível calcular a porcentagem de mortalidade causada por cada fator por período ou estágio de desenvolvimento (Harcourt, 1969; Carey, 1989; Bellows et al., 1992; Price et al., 2011).

Em estudos de causa de mortalidade dois tipos de tabelas são conhecidos. A tabela de decremento múltiplo demonstra a probabilidade de morte por um fator na presença de outros; e a tabela de decremento único indica a probabilidade de morte por um fator na ausência de um ou mais outros fatores (Carey, 1989; Peterson et al., 2009). Na tabela de vida de decremento múltiplo há a suposição de que os vários fatores de mortalidade agem de forma independente e que um indivíduo pode morrer por um desses fatores mesmo na presença de outros (Carey, 1989).

Devido à grande variedade de fatores de mortalidade em diferentes ambientes, nem sempre é possível medir os efeitos de todos esses em uma população. Assim, surgiu o 'fator-chave', índice relacionado a um fator de grande relevância nas mudanças de densidade de uma determinada população (Morris, 1959). No entanto, o fator-chave foi considerado um índice simplista, em virtude da grande complexidade de se determinar quais são os componentes principais em uma dinâmica populacional (Royama, 1996).

Por fim, surgiu o conceito de mortalidade "insubstituível" ou "indispensável", que auxilia nesse desafio (Peterson et al., 2009; Carey e Roush, 2020). Ele indica a taxa de mortalidade de um fator que não é substituído por outro. Com um fator indispensável, há diminuição na mortalidade total do hospedeiro se este fator estiver ausente. Mas quando um fator é dispensável não há diminuição na mortalidade total

do hospedeiro mesmo na sua ausência (Huffaker e Kennett, 1966). Assim, a tabela de vida de decremento múltiplo, bem como a incorporação do conceito de mortalidade insubstituível, pode ser considerada como ideal em estudos ecológicos de insetos (Peterson et al., 2009; Carey e Roush, 2020).

2.4. Influência da vegetação seminatural sobre os insetos

Os insetos são influenciados pela paisagem em que se desenvolvem. Áreas que sofrem perturbações frequentes são, normalmente, inadequadas para alguns insetos benéficos (Haan et al., 2020). Áreas não agrícolas (naturais ou semi-naturais), como florestas e margens de campos são, na maioria das vezes, ambientes mais estáveis que as áreas cultivadas. Esses habitats possuem recursos tais como a disponibilidade de alimentos alternativos (néctar, pólen, presas e hospedeiros) e fornecimento de abrigo ou microclima, no qual os inimigos naturais podem hibernar ou buscar refúgio. Assim, esses indivíduos podem sobreviver e colonizar as áreas ali próximas (Landis et al., 2000; Bianchi et al., 2006; Haan et al., 2020). Portanto, a manutenção ou restauração de habitat natural e seminatural ao redor dos campos agrícolas pode beneficiar os inimigos naturais e levar a um controle de pragas mais eficaz. Com benefícios tanto no aspecto da conservação quanto econômico (Tscharntke et al., 2008; Rusch et al., 2016; Karp et al., 2018).

Vários estudos comprovam os benefícios de áreas não cultivadas sobre o controle natural de pragas. Uma pesquisa realizada no Senegal sobre o milho e sua principal praga, *Heliocheilus albipunctella* (de Joannis) (Lepidoptera: Noctuidae), indica que a vegetação semi-natural deve ser mantida para aumentar o biocontrole da referida praga (Soti et al., 2019). Outro exemplo é o estudo visando o besouro do pólen, *Meligethes aeneus* F. (Coleoptera: Nitidulidae) em campos de colza, no qual se obteve diminuição na densidade do besouro com o aumento da proporção de habitats não agrícolas na paisagem (Dainese et al., 2017). Entretanto, também existem pesquisas que demonstraram uma certa inconstância nessa relação, pois a conservação dessas áreas pode beneficiar a produção agrícola em alguns sistemas e prejudicar em outros (Tscharntke et al., 2016; Karp et al., 2018; Haan et al., 2020).

De fato, os habitats não agrícolas também podem oferecer um ambiente adequado para espécies de pragas agrícolas. Assim, sua presença pode não ter efeito, ou até prejudicar o controle de pragas (Bianchi et al., 2006; Tscharntke., 2016; Karp et al., 2018). Essa situação pode ser exemplificada em um estudo realizado nos EUA sobre o psilídio da batata, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae), que relatou uma correlação positiva entre os habitats naturais e a abundância da espécie-praga em questão (Gutiérrez Illán et al., 2020). Por outro lado, há evidências de que a complexidade da paisagem em agroecossistemas é mais importante para os inimigos naturais do que para as pragas (Chaplin-Kramer et al., 2011). Além disso, a magnitude dos efeitos dos habitats depende dos organismos e paisagens analisados, pois a supressão de pragas envolve um conjunto complexo de interações multitróficas (Haan et al., 2020). Logo, o controle de pragas vai sofrer uma variação de acordo com o tipo de cultivo, insetos, habitat, regime de manejo e tipo de paisagem considerado (Tscharntke et al., 2016).

Por fim, a simplificação da paisagem, geralmente reduz o controle natural de pragas. Uma paisagem complexa, afeta os inimigos naturais positivamente pois os habitats não agrícolas atuam como reservatórios para a biodiversidade em paisagens agrícolas (Bianchi et al., 2006; Chaplin-Kramer et al., 2011; Rusch et al., 2016). Porém, existem algumas variáveis que podem influenciar nesse quesito. O tamanho do fragmento, sua forma e composição, quantidade de borda compartilhada e distância entre os habitats são algumas características que interferem na supressão de pragas. Há mais abundância de inimigos naturais em paisagens de granulação fina (campos menores com muitas bordas) e estes podem ser favorecidos pela conectividade de campos de cultivo a outros tipos de habitat. Ademais, a supressão de pragas vai depender de certas especificidades, como as características do organismo em questão, suas formas de dispersão e a estrutura da paisagem (Bianchi et al., 2006; Haan et al., 2020).

3. Material e métodos

3.1 Caracterização das áreas e período de estudo

O estudo foi realizado durante dois anos (safras de 2019/2020 e 2020/2021). Todos os ensaios foram realizados durante o período chuvoso (janeiro a março de 2020; dezembro de 2020 e janeiro a abril de 2021) (Tabela 1), em duas áreas comerciais (Apêndice 1 e 2) de cana-de-açúcar no município de Jaboticabal/SP, sendo uma área convencional e outra orgânica.

Tabela 1. Valores médios de precipitação (mm), temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) nos períodos de avaliação da safra 2019/2020 e 2020/2021 no município de Jaboticabal, SP.

Mês/ano	Precipitação (mm)	Temperatura média (°C)	Umidade relativa do ar (%)
Janeiro / 2020	350,4	24,8	79,9
Fevereiro / 2020	181,1	24,0	82,9
Março / 2020	101,9	23,9	70,6
Abril / 2020	32,6	22,5	67,2
Maio / 2020	20,7	19,4	64,4
Junho / 2020	10,5	20,7	67,7
Julho / 2020	0	21,2	55,7
Agosto / 2020	3,6	21,3	49,8
Setembro / 2020	16,3	26,1	42,8
Outubro / 2020	77,0	26,3	54,5
Novembro / 2020	49,3	24,9	56,8
Dezembro / 2020	312,4	24,5	76,7
Janeiro / 2021	138,8	25,2	73,6
Fevereiro / 2021	91,7	24,6	73,4
Março / 2021	65,2	24,8	72,2
Abril / 2021	32,3	22,5	65,2
Maio / 2020	6,4	21,3	62,2

Dados da Estação convencional da Estação Agroclimatológica da Unesp-Jaboticabal, distante cerca de 7km do local do experimento.

A área convencional envolveu o uso de herbicidas e inseticidas (como Altacor®, Evidence 700 WG®, Belt® Actara, e U 46 BR) para o controle fitossanitário. Na área orgânica houve liberação dos parasitoides *T. galloi* e *C. flavipes*, além de aplicação dos fungos *M. anisopliae* para controle da cigarrinha das raízes *Mahanarva* spp. (Hemiptera: Cercopidae) e aplicação de *B. bassiana* para o controle do bicudo da

cana, *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae). Todas as áreas eram compostas por cana de soqueira.

Para a fase de ovo, no primeiro ano (safra 2019/2020) foram conduzidas observações em 5 talhões de cana-de-açúcar (3 próximos a matas de galeria e 2 a matas de Plateau) com duas repetições em cada talhão. No segundo ano (safra 2020/2021) as observações ocorreram em 6 talhões (3 próximos a matas de galeria e 3 a matas de Plateau), com duas repetições em 4 destas áreas. Para a fase larval, em ambos os anos foram utilizados 4 talhões (2 próximos a matas de galeria e 2 próximos a matas de Plateau).

3.2. Insetos

Ovos e adultos de *D. saccharalis* foram fornecidos por laboratório comercial de controle biológico, que mantém criação massal desta espécie utilizando dieta artificial proposta por Hensley & Hammond (1968) e modificada por Araújo et al. (1985). As massas de ovos foram disponibilizadas aderidas em papel sulfite branco A4 após a oviposição, enquanto os adultos foram mantidos em copos plásticos (50 ml) acondicionados em câmaras climatizadas ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR $70\pm 10\%$ e fotofase de 12h).

3.3. Avaliações preliminares

3.3.1. Efeito da umidade sobre os ovos

Visando avaliar o efeito da umidade do meio sobre as posturas, um teste foi realizado sob condições controladas. Coortes de ovos de *D. saccharalis* foram mantidas em câmara BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio) com temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ e fotofase de 12h em duas condições: seco e úmido. Em cada uma das condições (tratamentos), oito massas de ovos (entre 20 e 50 ovos) em papel sulfite foram acondicionadas individualmente em potes plásticos (50 ml) hermeticamente tampados. Na condição úmida, chumaços de algodão umedecidos foram adicionados nos copos e mantiveram o ambiente com umidade em torno de 97%. Na condição seca os chumaços de algodão não foram adicionados aos copos e a umidade dentro dos potes se manteve em torno de 71%.

Os ovos foram observados e fotografados com o auxílio de lupa estereoscópica para verificação e registro das suas características externas. Esta observação foi

realizada diariamente durante 9 dias, que compreende o período do desenvolvimento embrionário (Macedo et al., 2012).

3.3.2. Mortalidade de larvas neonatas em plantas de cana-de-açúcar

Para observar os fatores que podem causar a mortalidade das larvas neonatas outro teste foi realizado. Oito plantas de cana-de-açúcar próximas à bordadura foram escolhidas aleatoriamente e cada planta foi infestada com 20 lagartas recém-eclodidas (< 3 h). As lagartas foram observadas durante cerca de 40 minutos, ou até adentrarem a bainha da planta. Assim, os fatores de mortalidade que ocorreram nesse período foram acompanhados e quantificados.

3.4. Fatores de mortalidade

3.4.1. Estágio de ovo

Foram demarcados dois transectos de 50 m de comprimento paralelamente e distanciados 5 e 100 m do fragmento de mata nos talhões estudados. Em cada transecto foram utilizadas três plantas com a distância mínima de 10 m entre si. Para obtenção de posturas em campo e estabelecimento da coorte, uma gaiola telada foi instalada em uma folha do terço médio superior de cada planta, entre as folhas +1 e +5, conforme classificação de Van Dillewijn (1952). A gaiola telada foi construída utilizando quadros de madeira de 10 x 8 x 5 cm, tendo um dos lados recoberto por tela de 25 mesh. Com isto, a justaposição de dois quadros na folha de cana-de-açúcar permitia a manutenção segura de casais de *D. saccharalis* e o substrato para oviposição. Assim, cada gaiola foi mantida com um casal de adultos de *D. saccharalis* de, no máximo, 72 h de idade para garantia da oviposição, pois fêmeas com menos de 4 dias de vida tem uma maior atividade de atração reprodutiva (Perez e Long, 1964). A instalação das gaiolas foi realizada no final da tarde (período crepuscular) e a sua remoção no início da manhã do dia seguinte, permanecendo uma noite no campo para permitir a oviposição dos insetos. Após a retirada das gaiolas, apenas uma postura foi mantida por planta; as demais foram removidas manualmente para padronizar as observações mantendo-se uma postura (coorte) por planta. As posturas foram fotografadas logo após a remoção das gaiolas para permitir a contagem e

registro do número inicial de ovos. As coortes foram mantidas nas folhas por seis dias expostas à ação dos fatores naturais de mortalidade.

Durante esse período, as posturas foram observadas e fotografadas diariamente para quantificar e visualizar possíveis alterações nos ovos. As vistorias aconteceram no início da manhã (7 às 9 h) e final da tarde (16 às 18h). Os inimigos naturais encontrados em ação foram filmados, capturados e transferidos para tubos de Eppendorf (2 mL) contendo álcool 70%, para posterior identificação. Toda vez que se observou um agente de mortalidade sobre os ovos, as marcas ou resquícios deixados foram relacionados à sua ação. Ao fim deste período de observação (seis dias), os ovos que restaram das coortes foram recolhidos após recortar a secção da folha e acondicionados em câmaras climatizadas ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR $70\pm 10\%$ e fotofase de 12h) para observação da emergência de parasitoides ou eclosão de lagartas. Os ovos foram quantificados a partir das imagens registradas utilizando o software Microsoft Paint (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, EUA), conforme Varella et al. (2015). O número de lagartas que eclodiram e dos ovos remanescentes também foi contabilizado. No total, foram observadas 115 posturas em campo

Os fatores de mortalidade foram classificados em inviabilidade por infertilização, predação, parasitismo, dessecação e desalojamento. Os fatores naturais de mortalidade que não puderam ser caracterizados foram agrupados como desconhecidos (Figura 1). Os ovos, normalmente, apresentaram variação de coloração durante o desenvolvimento do embrião. Os ovos recém-depositados apresentam coloração esbranquiçada ou branco cremoso e a partir do início do desenvolvimento do embrião se tornam amarelo claro (do segundo ao terceiro dia) (Figura 1A). Depois, há variação de tons amarelos mais escuros para laranja (do quarto ao quinto dia) (Figura 1B). Ao final, é possível visualizar a cabeça esclerotizada (cores pretas ou marrons) e a segmentação da lagarta (do quinto ao sexto dia) (Figura 1C), que ao finalizar o seu desenvolvimento embrionário, eclode. Variações nessas características de coloração podem indicar a ação de algum fator de mortalidade.



Figura 1. Representação do desenvolvimento de coortes de ovos de *D. saccharalis* e seus fatores de mortalidade. A: ovos recém-ovipositados de coloração esbranquiçada; B: ovos já amarelados pelo desenvolvimento dos embriões; C: ovos com larvas já desenvolvidas e próximas à eclosão; D: ovos inviáveis por infertilização, permanecem com a cor esbranquiçada enquanto os ovos fertilizados se desenvolvem e alteram sua coloração; E: ovos inviáveis por infertilização 10 dias após a oviposição; F: ovos predados foram retirados da postura e é possível visualizar partes do córion nas folhas; G: ovos parasitados já próximos à emergência dos adultos; H: ovos parasitados por insetos do gênero *Trichogramma* continuam amarelados enquanto os ovos não parasitados se tornam alaranjados ao continuar o desenvolvimento embrionário; I: ovos dessecados antes da formação do embrião de cor amarela

vibrante; J: coorte de ovos com larvas já eclodidas e ovos ressecados após a formação do embrião, em que é possível visualizar as larvas desenvolvidas dentro dos ovos; K e L: coorte antes e após, respectivamente, deslocamento de uma parte dos ovos; M: ovos agrupados em mortalidade desconhecida.

Foram considerados como inviáveis por infertilização os ovos que permaneceram com a coloração semelhante àquela observada no momento em que foram ovipositados, por não apresentarem, visualmente, o desenvolvimento do embrião (Figura 1D). Ademais, com o passar dos dias esses ovos passaram a apresentar cor acinzentada (Figura 1E). Foi considerado como predação os casos em que ovos foram retirados da postura e partes do córion dos ovos permaneciam nas folhas (Figura 1F). O parasitismo foi detectado pela emergência de parasitoides e pelo escurecimento dos ovos, que ocorreu durante o desenvolvimento do parasitoide (Figura 1G). Além disso, observou-se que os ovos parasitados se mantiveram inicialmente amarelo pálido, enquanto os ovos não parasitados continuaram o seu desenvolvimento e se tornaram alaranjados (Figura 1H). Foram classificados como dessecados os ovos com aparência seca e amarelada sem a continuação do desenvolvimento do embrião (Figura 1I), e aqueles em que foi possível visualizar a formação completa da larva, mas a sua eclosão não aconteceu (Figura 1J). A ação do vento foi agrupada como forma de desalojamento, pois por meio da movimentação das folhas pelo vento houve ruptura da coorte formada (remoção parcial da massa de ovos) (Figura 1K, L).

3.4.2. Estágio de larva

Para identificar e quantificar os fatores de mortalidade na fase larval, plantas de cana-de-açúcar foram infestadas com larvas neonatas para serem acompanhadas até o fim do seu desenvolvimento. De forma semelhante ao adotado para a fase de ovo, dois transectos de 50 m de comprimento e nas mesmas distâncias dos fragmentos de mata (5 e 100m) foram demarcados. No primeiro ano (safra 2019/2020), em cada transecto 30 colmos foram infestados com 20 larvas recém-eclodidas (< 3 h) de *D. saccharalis* em cada talhão. No segundo ano (safra 2020/2021), 40 colmos foram infestados em cada transecto com a mesma quantidade de larvas. Entretanto, na primeira safra houve acamamento na maior parte dos talhões analisados. Assim, dos quatro talhões observados, apenas um talhão foi

acompanhado até o final nas duas distâncias da mata, e houve o acompanhamento completo de outro talhão apenas na distância de 5 m da mata. Dessa forma, a coleta de dados na primeira safra foi menor que na segunda safra.

Para realizar a infestação, as coortes de larvas foram individualizadas e mantidas em copos plásticos (50 mL). Em seguida, os copos foram levados ao campo e fixados individualmente na face abaxial e mediana de uma folha entre as folhas +1 e +5 (Van Dillewijn, 1952) com auxílio de fita adesiva. Inicialmente, a cada três dias, três plantas foram coletadas aleatoriamente para avaliação dos fatores de mortalidade da broca da cana-de-açúcar enquanto este inseto não havia penetrado no colmo, que segundo Macedo et al. (2012) se dá em cerca de duas semanas após a eclosão. A partir da entrada das larvas no colmo, as observações ocorreram semanalmente. Para tanto, os colmos foram retirados e abertos longitudinalmente para observação de galerias e de insetos. As pragas encontradas vivas foram transferidas para copos plásticos (50 mL) e mantidas em laboratório para completar o desenvolvimento com dieta artificial proposta por Hansley e Hammond (1968) e modificada por Araújo et al. (1985) para observação de parasitismo ou infecção por entomopatógenos.

A partir das observações em campo os fatores de mortalidade larval foram classificados em predação, parasitismo, afogamento e desconhecido (Figura 2).

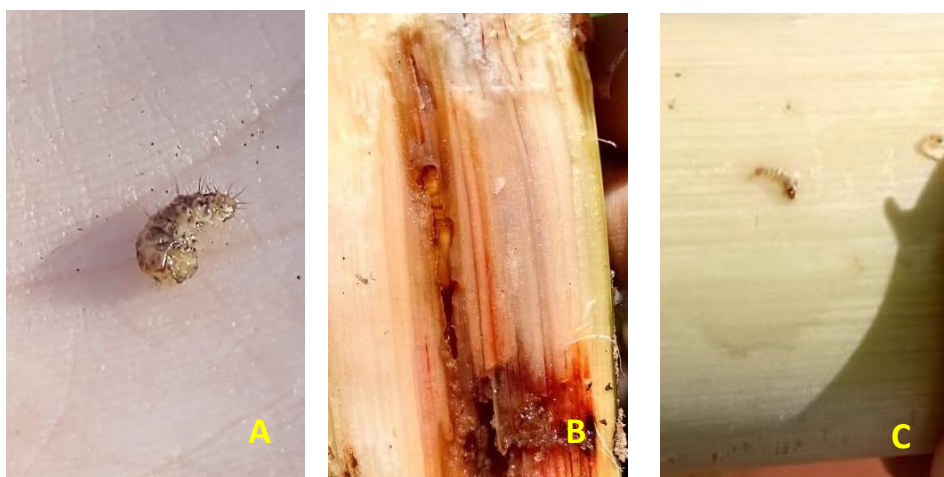


Figura 2. Representação dos fatores de mortalidade durante o desenvolvimento larval. A: pedaço do corpo de uma larva encontrada nas galerias formadas no colmo da cana-de-açúcar; B: pupas das moscas Tachinidae na galeria formada pela larva de *D. saccharalis*; C: larva morta por afogamento entre a bainha da folha e o colmo da cana-de-açúcar.

O fator de mortalidade afogamento foi observado quando as larvas foram encontradas mortas entre a bainha da folha e o colmo da planta, na ausência de danos físicos aparentes (Figura 2A). O parasitismo foi verificado ao se encontrar parasitoides nas galerias das larvas (Figura 2B). O fator predação foi identificado quando partes do corpo da lagarta foram encontradas dentro da galeria formada no colmo (Figura 2C). Considerou-se como fator de mortalidade desconhecido todas as larvas que não foram encontradas (vivas ou mortas) nos colmos infestados.

3.5. Análise estatística

Os dados de mortalidade foram utilizados para construção da tabela de vida ecológica e determinação dos principais fatores de mortalidade (Carey e Roush, 2020). Através do programa M-DEC (Davis et al., 2011) as tabelas de vida multidecrementais foram construídas e a mortalidade insubstituível foi calculada. Por meio dos resultados da tabela de vida, as probabilidades de mortalidade para cada fator foram submetidas aos testes de Bartlett para constatação de homocedasticidade e de Cramer-von Mises para normalidade (PROC UNIVARIATE). Análise de variância das probabilidades de mortalidade de cada fator por tipo de fragmento de floresta e distância foi realizada utilizando PROC MIXED (SAS Institute, Cary, NC, USA). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

4. RESULTADOS

4.1. Avaliação do efeito da umidade sobre os ovos

Houve nítida diferença na eclosão de larvas a partir de posturas mantidas em condições de umidade contrastantes (seco e úmido). Das oitos posturas mantidas em condição seca (sem chumaços de algodão umedecidos), que continham 215 ovos no total, verificou-se eclosão de apenas 21 larvas (9,76%). Por outro lado, na condição úmida (com chumaços de algodão umedecidos) haviam 243 ovos de oito posturas e houve eclosão de 237 larvas (97,53%).

Os ovos na condição seca apresentaram duas formas distintas. Numa, os ovos permaneceram com cor amarela ou laranja intenso ao invés de manterem a variação padrão de cores. Em outra, foi possível visualizar os ovos com os embriões em formação; entretanto, as larvas não concluíram o processo de saída, isto é, não houve eclosão. Assim, esse fator de mortalidade foi caracterizado como sendo de dessecação, em que na primeira forma identificada o embrião ainda estava no início do seu desenvolvimento, enquanto na segunda forma a morte do embrião ocorreu em um momento mais tardio do seu desenvolvimento.

4.2 Comportamento de larvas neonatas em plantas de cana-de-açúcar

Após a infestação das larvas nas folhas, algumas seguiram para o colmo, outras se moveram em direção ao ápice da folha, ou ainda se movimentaram sem direção pela área mediana da folha. Durante a movimentação pelo limbo foliar, uma parte das larvas caiu da folha ou foi deslocada pelo vento (19,38%). Algumas larvas foram predadas por formigas predadoras (18,75%) enquanto se moviam pela folha ou quando chegaram no colmo da planta. Além disso, uma parte das larvas se moveu para outra planta por meio de folhas em contato (3,75%).

4.3. Fatores naturais de mortalidade de *Diatraea saccharalis*

4.3.1. Fase de ovo

Em ambas as safras (2019/2020 e 2020/2021) houve diferença significativa entre os fatores naturais de mortalidade de *D. saccharalis* (Primeira safra $F_{4,89}=15,65$; $P<0,0001$; segunda safra $F_{5,107}=7,84$; $P<0,0001$). Na primeira safra a probabilidade de mortalidade dos ovos foi de 61,4%, em que 72% desse valor foi causado por fatores

bióticos (predação, parasitismo e infertilidade) e 13,68% por fatores abióticos (dessecação e desalojamento). Na segunda safra a probabilidade de mortalidade dos ovos foi de 51%, em que os fatores bióticos contribuíram para 60,19% desse valor e os fatores abióticos contribuíram em 23,13%.

O fator predação se diferenciou dos demais e contribuiu com 64,65% e 55,49% da probabilidade de mortalidade na primeira e na segunda safra, respectivamente. Além disso, apresentou 38,7% e 20,7% de mortalidade insubstituível, que indica a proporção de mortalidade que não ocorreria na ausência do fator analisado (Tabela 2).

Tabela 2. Probabilidade média de mortalidade e mortalidade insubstituível (%) de ovos de *Diatraea saccharalis* causada por fatores abióticos e bióticos em cultivos de cana-de-açúcar.

Fator de mortalidade	Safr 2019/2020		Safr 2020/2021	
	Probabilidade média de mortalidade ¹	Mortalidade insubstituível	Probabilidade média de mortalidade ¹	Mortalidade insubstituível
Dessecação	0,080 b	0,045	0,118 ab	0,092
Desalojamento	0,004 b	0,002	-	-
Infertilidade	0,051 b	0,013	0,018 b	0,008
Parasitismo	-	-	0,006 b	0,003
Predação	0,397 a	0,387	0,283 a	0,207
Desconhecido	0,082 b	0,031	0,085 b	0,066
Total	0,614		0,510	

¹ Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

A dessecação foi o segundo fator a causar maior número de mortalidade, seguido do agrupamento desconhecido, infertilidade, parasitismo e desalojamento. No entanto, ressalta-se que, o desalojamento ocorreu apenas uma vez na primeira safra

e o parasitismo apenas uma vez na segunda safra acompanhada, resultando na emergência de parasitoides do gênero *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae).

Em ambas as safras não houve diferença significativa da mortalidade dos ovos de *D. saccharalis* entre os dois tipos de fragmentos florestais (Galeria e Plateau) (Primeira safra $F_{1,89}=0,29$; $P=0,5911$; segunda safra $F_{1,107}=0,57$; $P=0,4527$). Também não houve diferença na mortalidade entre as duas distâncias da mata (5 e 100 m) (Primeira safra $F_{1,89}=0,02$; $P=0,8807$; segunda safra $F_{1,107}=0,18$; $P=0,6687$).

Na primeira safra houve diferença na interação entre as distâncias dos fragmentos (5 e 100 m) e os fatores de mortalidade ($F_{4,89}=2,86$; $P=0,0281$). Nesse caso, a predação foi significativamente maior que os demais fatores de mortalidade individualmente, mas a dessecação e o grupo de fatores desconhecidos não diferiram estatisticamente da predação na distância de 100 m (Tabela 3). As formigas (Hymenoptera: Formicidae) e os crisopídeos (Chrysopidae: Neuroptera) foram os principais agentes predadores, responsáveis por 54,71% e 20,41% da predação na primeira safra, respectivamente. Ambos ocorreram em ambas as distâncias e tipos de fragmentos florestais. Entretanto, os crisopídeos não ocorreram na segunda safra, na qual as formigas foram responsáveis por 88,9% da predação.

As formigas encontradas associadas aos ovos de *D. saccharalis* perteciam, principalmente, aos gêneros *Crematogaster* e *Pheidole*. No caso das formigas, houve remoção dos ovos da postura, mas, eventualmente, houve consumo no próprio local. Nestas situações observou-se marcas da substância que permite a aderência dos ovos nas folhas ou partes do córion dos ovos (Figura 3A). Todavia, em algumas situações, a presença dessa substância adesiva não foi evidenciada.

Tabela 3. Detalhamento dos fatores de mortalidade de ovos de *Diatraea saccharalis* em cultivos de cana-de-açúcar adjacentes a matas de galeria e plateau.

Tipo de mata	Distância da mata (m)	Fator de mortalidade	Probabilidade média de mortalidade ($\pm$ EPM)	
			Safra 2019/2020	Safra 2020/2021
Galeria	5	Dessecação	0,0265 $\pm$ 0,0227	0,1514 $\pm$ 0,0536
		Desalojamento	0	0
		Infertilidade	0,0476 $\pm$ 0,0477	0,0066 $\pm$ 0,0039
		Parasitismo	0	0
		Predação	0,5545 $\pm$ 0,1304	0,1942 $\pm$ 0,1267
		Desconhecido	0	0,1302 $\pm$ 0,0809
	100	Dessecação	0,1513 $\pm$ 0,0614	0,1626 $\pm$ 0,0488
		Desalojamento	0,0135 $\pm$ 0,0135	0
		Infertilidade	0,1233 $\pm$ 0,0572	0,0300 $\pm$ 0,0229
		Parasitismo	0	0,0254 $\pm$ 0,0254
		Predação	0,0672 $\pm$ 0,0425	0,1800 $\pm$ 0,0779
		Desconhecido	0,1675 $\pm$ 0,1014	0
Plateau	5	Dessecação	0,0980 $\pm$ 0,0127	0,1208 $\pm$ 0,0576
		Desalojamento	0	0
		Infertilidade	0,0007 $\pm$ 0,0007	0,0038 $\pm$ 0,0018
		Parasitismo	0	0
		Predação	0,3972 $\pm$ 0,1031	0,4020 $\pm$ 0,2441
		Desconhecido	0,0485 $\pm$ 0,0485	0,0660 $\pm$ 0,0660
	100	Dessecação	0,0347 $\pm$ 0,0325	0,0378 $\pm$ 0,0160
		Desalojamento	0	0
		Infertilidade	0	0,0322 $\pm$ 0,0305
		Parasitismo	0	0
		Predação	0,6570 $\pm$ 0,1326	0,3542 $\pm$ 0,1726
		Desconhecido	0,1087 $\pm$ 0,1019	0,1440 $\pm$ 0,08820

Para os crisopídeos, observou-se que logo após sua ação os ovos foram encontrados vazios, sem conteúdo interno, restando apenas o córion (Figura 3B, C). A predação das formigas e dos crisopídeos, normalmente, ocorreu sobre todos os ovos da postura. No entanto, em alguns casos, os ovos não foram consumidos em sua totalidade. Além desses predadores, também foram encontrados colêmbolos (Collembola) em contato com os ovos, mas seu consumo não ocorreu em todos os ovos presentes (Figura 3D). Ressalta-se que estes artrópodes se alimentaram de alguns ovos, porém sem um padrão de escolha evidente. Um sinal visível após sua ação foi a presença de algumas manchas escurecidas nos resquícios dos ovos consumidos. Alguns indivíduos observados junto aos ovos pertencem ao gênero *Seira*.

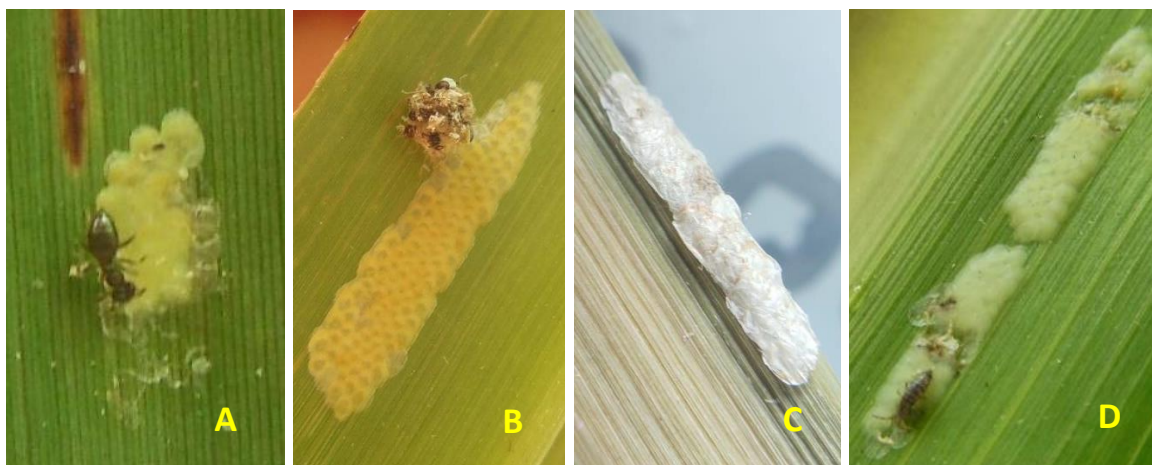


Figura 3. Ação de agentes predadores sobre os ovos de *D. saccharalis*. A: formiga predando ovos de *D. saccharalis*; B: larva de crisopídeo se alimentando dos ovos; C: coorte de ovos após a alimentação por crisopídeo; D: predação dos ovos por colêmbolo.

4.3.2 Fase Larval

Nas duas safras (2019/2020 e 2020/2021) houve diferença significativa entre os fatores naturais de mortalidade de *D. saccharalis*, (Primeira safra $F_{1,11}=89760,7$; $P<0,0001$; segunda safra $F_{3,23}=11720,6$; $P<0,0001$), em que o agrupamento desconhecido se diferenciou dos demais e apresentou mortalidade insubstituível de 98,99% e 97,14%, respectivamente (Tabela 4). Em ambas as safras não houve diferença significativa entre a mortalidade larval nos dois tipos de fragmentos florestais (Galeria e Plateau) (Primeira safra $F_{1,11}=0,01$; $P=0,9155$; segunda safra $F_{1,23}=0,91$;

$P=0,3494$). Também não houve diferença na mortalidade entre as duas distâncias da mata (5 e 100 m) (Primeira safra $F_{1,11}=0,21$; $P=0,6546$; segunda safra $F_{1,23}=0,57$; $P=0,4595$) (Tabela 5).

Tabela 4. Mortalidade Insubstituível (%) de larvas de *Diatraea saccharalis* causada por fatores abióticos e bióticos em cultivos de cana-de-açúcar.

Fator de Mortalidade	Safra 2019/2020	Safra 2020/2021
Afogamento	0,0001	0,0001
Desconhecido	0,9899	0,9714
Predação	0	0,0001
Parasitismo	0	0,0001

Os fatores de mortalidade observados em campo foram predação, parasitismo e afogamento. Ainda, em diversas situações houve desaparecimento das larvas sem ter sido possível identificar a causa. Nestes casos, a mortalidade foi caracterizada como sendo por fator desconhecido. Embora a predação tenha sido verificada, a ação predatória não foi observada e por isso nenhum agente predador foi identificado. O parasitismo foi verificado ao se encontrar pupas nas galerias das larvas que deram origem a moscas da família Tachinidae. Não houve emergência de parasitoides nas larvas encontradas em campo.

Na primeira safra, apenas 0,76% das larvas foram encontradas vivas; na segunda safra esse valor aumentou para 2,85%. Em ambos os casos, a mortalidade larval foi acima de 97,5%. Ressalta-se que o número de observações na coorte referente à primeira safra foi menor, pois houve acamamento das plantas em alguns talhões estudados, o que impediu a continuação das observações nessas áreas.

Tabela 5. Detalhamento dos fatores de mortalidade de larvas de *Diatraea saccharalis* em cultivos de cana-de-açúcar adjacentes a florestas de galeria e plateau.

Tipo de mata	Distância da mata (m)	Fator de mortalidade	Probabilidade média de mortalidade (±EPM)	
			Safra 2019/2020	Safra 2020/2021
Galeria	5	Afogamento	0,0025±0,0025	0,0040±0,0010
		Parasitismo	0	0
		Predação	0	0
	100	Desconhecido	0,9915±0,0035	0,9730±0,0180
		Afogamento	0,0040±0,0040	0,0040±0,0010
		Parasitismo	0	0,0015±0,0015
		Predação	0	0
		Desconhecido	0,9860±0,0110	0,9390±0,0030
Plateau	5	Afogamento	0,0085±0,0045	0,0045±0,0035
		Parasitismo	0	0
		Predação	0	0,0015±0,0015
	100	Desconhecido	0,9855±0,0065	0,9625±0,0205
		Afogamento	0,0060±0,0020	0,0030
		Parasitismo	0	0
		Predação	0	0
		Desconhecido	0,9855±0,0025	0,9900±0,0020

Desse modo, cerca de 44% da população inicial de ovos atinge a fase larval e cerca de 2% das larvas completam o seu desenvolvimento. Com isso, a mortalidade total nesta espécie pode atingir 99,21%.

5. DISCUSSÃO

Os resultados demonstram a grande importância dos fatores bióticos na mortalidade de imaturos de *D. saccharalis*, em que a predação se destacou em relação aos demais fatores de mortalidade. Apesar do parasitismo não ter sido frequente em ambos os estágios de desenvolvimento observados, os altos valores relacionados à predação na fase de ovo podem ser embasados no fato de que abundância e a diversidade dos inimigos naturais são favorecidos pela complexidade da paisagem (Chaplin-Kramer et al., 2011). Além disso, para a fase larval, em que os fatores desconhecidos se destacaram, de acordo com as observações em larvas neonatas, pode-se inferir que a predação também tem grande importância nesse estágio de desenvolvimento.

Resultados similares em relação aos fatores naturais de mortalidade em ovos de *D. saccharalis* (mortalidade em torno de 50%, com destaque para o fator predação), também foram relatados por Degaspari et al. (1987) e Santos (2013), embora os autores não tenham desenvolvido o estudo em condições próximas aos fragmentos florestais. A comparação entre esses resultados indica que a presença dos fragmentos florestais não contribui para aumentar a mortalidade natural da broca da cana-de-açúcar. Em soma, a presença de fragmentos de florestas, independentemente do tipo, não teve influência sobre os fatores de mortalidade observados. Um estudo recente com estes mesmos fragmentos florestais relata que não houve diferenças significativas na riqueza de espécies de plantas e artrópodes (Cario, 2020). Embora tenha sido reportado dissimilaridade entre os fragmentos estudados, foi concluído que cada fragmento de floresta é único em termos de biodiversidade (Cario, 2020). Além dos fatores bióticos, é provável que a influência dos fatores abióticos (precipitação, vento e temperatura), não difere independentemente do tipo de mata.

Na primeira safra houve uma interação entre a distância da mata e os fatores de mortalidade dos ovos. Na distância de 5m a predação se manteve significativamente maior que os demais fatores; mas em 100m a dessecação e o agrupamento desconhecido não diferiram da predação. Para a mortalidade relacionada à dessecação os seus valores podem ser maiores em ambientes mais

distantes da mata, uma vez que o ambiente sob a copa da floresta, pode ser mais fresco, úmido e uniforme (Murcia, 1995). Em relação ao agrupamento dos fatores de mortalidade desconhecidos, em muitos casos, os ovos haviam sido completamente retirados da folha, o que pode indicar a ação de agentes predadores. Porém, como o agente predador não foi visto e/ou a coorte de ovos não apresentava as mesmas características dos predadores já confirmados, o fator de mortalidade se manteve como desconhecido. Nessa situação, é provável que tenha ocorrido predação noturna, devido ao fato que os predadores podem ser diferentes, conforme confirmado em estudos conduzidos por Pfannenstiel e Yeargan (2002) e Menezes-Netto et al. (2012). Assim, é possível que muitos casos que foram considerados como desconhecidos, na verdade se tratavam de situações de predação. Com isso, estudos futuros devem considerar a possibilidade de registrar a ação dos fatores de mortalidade no período noturno, conforme realizado por Varella et al. (2015) para fatores de mortalidade na cultura do milho.

Em relação à influência da distância da mata sobre os predadores, é válido notar que, os grupos de predadores que atuaram sobre os imaturos de *D. saccharalis* (formigas e crisopídeos) são insetos generalistas. Inimigos naturais generalistas respondem positivamente à complexidade da paisagem em escalas espaciais maiores do que os inimigos especialistas (Chaplin-Kramer et al., 2011). Além disso, predadores generalistas podem ser mais comuns nas lavouras do que em habitats naturais devido à maior disponibilidade de alimentos (Begg et al., 2017; Harterreiten-Souza et al., 2021).

Os gêneros de formigas *Pheidole* e *Crematogaster* foram os mais frequentes predando os ovos de *D. saccharalis* e estão incluídos entre os gêneros de formigas presentes em locais perturbados (Silva et al., 2007). Estas formigas fazem parte dos mirmicíneos generalistas junto ao gênero *Monomorium* (Agosti et al., 2000). Neste grupo as espécies têm hábitos generalizados em relação à alimentação e nidificação e apresentam ampla tolerância às condições físicas do ambiente (Andersen, 1995; Gomes et al., 2010). Os resultados encontrados são consistentes com aqueles obtidos em estudo realizado na Colômbia por Rivera-Pedroza et al. (2019) em cultivos de cana-de-açúcar contendo faixas de vegetação natural. A riqueza de espécies de formigas diminuiu com o aumento da distância da vegetação natural, exceto para as

formigas generalistas, as quais apresentaram maior riqueza de espécies na área cultivada do que nas faixas de vegetação natural, o que indica que elas, possivelmente, evoluíram para sobreviver em cenários de distúrbios no ecossistema (Rivera-Pedroza et al., 2019). Logo, mesmo que a riqueza de espécies seja menor em ambientes mais distantes da mata, esses indivíduos podem estar adaptados a esses ambientes e desenvolvem um importante papel como agentes reguladores de pragas.

Os crisopídeos formaram o segundo grupo de agentes predadores sobre os ovos e sua ação também ocorreu mesmo a 100m de distância dos fragmentos. Pesquisas anteriores relatam que espécies de crisopídeos colonizam florestas e plantações, mas sua prevalência, distribuição e densidade são determinadas pela disponibilidade de alimentos, tipo de habitat e condições climáticas (Bozdoğan, 2020). Espécies desse grupo de predadores também podem encontrar condições de vida adequadas na floresta, razão pela qual esses habitats podem ser importantes reservatórios de crisopídeos. Portanto, a vegetação não agrícola é uma fonte potencial para a colonização de crisopídeos aos campos cultivados (McEwen, 2007). Tal informação foi evidenciada em vinhedos na França em que a proporção de habitats seminaturais aumenta a abundância e a diversidade de crisopídeos (Serée et al., 2020). Assim, é válido notar o potencial que esses indivíduos podem ter no controle natural da broca da cana-de-açúcar, principalmente em cultivos com a presença de vegetação natural nas adjacências, confirmando a sua importância como serviço ecossistêmico.

A distância percorrida até o recurso alimentar é um importante fator no forrageamento de insetos, pois influencia no custo de energia e exposição dos indivíduos aos riscos. Assim, as espécies desenvolveram estratégias diferenciadas para garantir a coleta de alimento, com variados períodos de tempo e distâncias percorridas (Traniello, 1989; Glaser, 2018). Estudo realizado com 56 espécies de formigas forrageadoras do gênero *Pheidole* na Amazônia do Equador demonstrou que a distância máxima de forrageamento foi de 9,24 m (Mertl, 2010). Em outro estudo semelhante com a espécie *Crematogaster chiarinii* Emery, 1881 (Hymenoptera: Formicidae), a distância média de forrageamento foi de 28 m (faixa de 22 a 34 m) de raio do ninho (Adgaba, 2014). Logo, a importância dos fragmentos de floresta para a predação por formigas não é direcionada para o forrageamento das operárias que se

encontram na mata, mas sim para a recolonização dos campos a partir das colônias presentes nos fragmentos (Santos et al., 2018).

Para a fase larval, os fatores de mortalidade identificados estão relacionados, principalmente, à precipitação (afogamento), ação dos inimigos naturais e o agrupamento desconhecido (desaparecimento larval). Embora tenha sido possível quantificar a mortalidade, o fator denominado desconhecido se destacou. De modo semelhante, Varella (2015) também verificou que a maioria das larvas de *S. frugiperda* (95%) morreram devido ao desalojamento e afogamento causado pela chuva, bem como pela predação e movimento neonatal. A mortalidade natural durante a fase larval do bicho-mineiro do cafeeiro, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) também é muito influenciada pela precipitação, bem como pelos inimigos naturais e pela malformação durante a ecdise (Pereira et al., 2007). Desse modo, compreende-se que a precipitação é um importante fator abiótico de mortalidade em larvas, seja por afogamento ou deslocamento (Caldas, 1992; Zalucki et al., 2002).

A mortalidade de larvas foi elevada, mas a identificação dos fatores ainda precisa ser melhor elucidada, tendo em vista que a mortalidade desconhecida obteve grande destaque. De modo semelhante, Lopes (2017) observou que a maior parte da mortalidade das larvas de *D. saccharalis* estava relacionado ao seu desaparecimento, e também relatou que cerca de 98% da taxa de mortalidade larval ocorreu durante o primeiro instar. Zalucki et al. (2002) comentam que é durante o primeiro instar que a maioria das lagartas desaparecem e presume-se que morreram. Os autores mencionam ainda que a dificuldade na determinação desses acontecimentos pode ocorrer, em parte, devido ao pequeno tamanho do primeiro instar que, em poucas horas após a morte resseca e desaparece. Como as observações das larvas ocorreram semanalmente ou em cada três dias no presente estudo, grande parte dos fatores de mortalidade larval não foram observados e, assim, pode-se presumir que o método utilizado não foi totalmente eficiente. Aliás, estudos com insetos conspícuos são bastante difíceis, pois o abrigo (colmo da cana-de-açúcar no qual a larva se desenvolve após o 3º instar) impede a observação. Esta foi a razão da adoção de avaliações destrutivas. Ainda, é necessário que as larvas do primeiro instar sejam acompanhadas durante a sua primeira hora de vida (até chegarem ao colmo) para

que se obtenham informações sobre os fatores que atuam nesse período. Obviamente, isto pode tornar este tipo de estudo ainda mais laborioso. Ainda assim, os resultados preliminares de observação de larvas neonatas demonstraram que alguns dos motivos para esse desaparecimento em *D. saccharalis* são a predação, a movimentação larval e o deslocamento causado pelo vento. Após a observação desses fatores sobre as larvas, nenhuma forma de marca ou sinal que permita a sua identificação foi verificada, confirmando que esses fatores podem fazer parte do agrupamento desconhecido.

As observações relatadas a respeito da dispersão da broca da cana-de-açúcar para outras plantas também são comentadas por Wangila et al, (2013), que relatam a capacidade das larvas de *D. saccharalis* em se mover de plantas de milho inicialmente infestadas para até quatro plantas posteriores. A movimentação larval pode ser causada pela presença de predadores e mesmo a competição por espaço e alimento. Há evidências que larvas de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) podem se dispersar da planta hospedeira para evitar predadores (Johnson et al., 2007) ou por causa da alta densidade de membros da mesma espécie (Kakimoto et al., 2003). A movimentação em uma planta ou entre plantas pode ter influência na mortalidade de larvas neonatas, uma vez que os insetos ficam expostos por mais tempo aos inimigos naturais e aos fatores abióticos do ambiente (Terry et al., 1989; Zalucki et al., 2002). Além disso, ao se dispersar da planta hospedeira (por movimentação própria ou por fatores abióticos) a larva pode se encontrar no solo ou em outra planta. Ao se encontrar em outra planta a larva pode voltar a sua situação inicial, mas no solo a sobrevivência é dificultada devido à orientação e movimentação em ambiente descoberto, fome e exposição a temperaturas mais elevadas, que são relacionadas à mortalidade por dessecação (Perović et al., 2018).

Este é o primeiro estudo que faz o uso de tabelas de vida para verificar a influência de fragmentos florestais no controle de pragas em áreas cultivadas. Os resultados relatados contribuem para a compreensão da dinâmica populacional de *D. saccharalis* em campo, demonstram os seus principais agentes reguladores e auxiliam na escolha de táticas de manejo contra a espécie-praga. Embora a presença dos fragmentos florestais não contribua para aumentar o controle da broca da cana-de-açúcar, a vegetação natural adjacente à área de cultivo pode contribuir para sustentar

populações dos inimigos naturais durante o período de entressafra ou em condições ambientais adversas. Desse modo, a conservação dos predadores nas paisagens agrícolas pode ser garantida (Harterreiten-Souza et al., 2021). Entretanto, além da presença da vegetação natural, as práticas agrícolas também devem contribuir para a permanência desses insetos aos cultivos. Assim, o uso de inseticidas químicos e de outras práticas de manejo que podem causar efeitos negativos aos artrópodes não alvos deve ser evitado (Pasqualin et al., 2012; Fontanetti e Bueno, 2017).

6. CONCLUSÃO

- A mortalidade de ovos e larvas de *D. saccharalis* não é influenciada pela proximidade de fragmentos florestais.
- O principal fator de mortalidade de ovos de *D. saccharalis* é a predação, exercida principalmente por formigas predadoras.
- Os fatores abióticos, vento e precipitação, se destacam na mortalidade larval de *D. saccharalis*, principalmente nos primeiros ínstaes.

REFERÊNCIAS

- Adgaba N, Shenkute AG, Al-Ghamdi AA, Assefa A, Ansari MJ, Taylor B, Radloff S (2014) *Crematogaster chiarinii* ants as a potential biological control agent for protecting honeybee colonies from attack by *Dorylus quadratus* driver ants in E thiopia (Hymenoptera: Formicidae). **Agricultural and Forest Entomology**, 16: 302-313.
- Agosti D, Majer JD, Alonso LE, Schultz TR (Eds.) (2000) Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for ground-living ants. Washington: Smithsonian Institution, 280p.
- Andersen AN (1995). A Classification of Australian Ant Communities, based on functional groups which parallel plant life-forms in relation to stress and disturbance. **Journal of Biogeography**, 22: 15–29.
- Alves SB, Padua LEM, Azevedo EMVM, Almeida LC (1985) Controle da broca da cana-de-açúcar pelo uso de *Beauveria bassiana*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 20:403-406.
- Antigo MR, Oliveira HN, Carvalho GA, Pereira FF (2013) Repelência de produtos fitossanitários usados na cana-de-açúcar e seus efeitos na emergência de *Trichogramma galloi*. **Revista Ciência Agronômica** 44: 910-916.
- Araújo Jr, Botelho PSM, Araújo SMSS, Almeida LC, Degaspari N (1985) Nova dieta artificial para criação da *Diatraea saccharalis* (Fabr.). **Saccharum APC** 36: 45-48.
- Ardisson-Araújo DMP, Pereira BT, Melo FL, Ribeiro BM, Bão SN, Zanotto PMA, Moscardi F, Kitajima EW, Sosa-Gomez DR, Wolff JLC (2016) A betabaculovirus encoding a gp64 homolog. **BMC genomics** 17:1-9.
- Barbosa, P. (1977). r and K strategies in some larval and pupal parasitoids of the gypsy moth. **Oecologia** 29: 311-327.
- Barbosa RH (2014) **Capacidade de dispersão e parasitismo de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) na cultura da cana-de-açúcar**. 54f. Dissertação (Mestrado em entomologia e conservação da biodiversidade) - UFGD, Dourados.

Batary P, Báldi A, Kleijn D, Tscharntke T (2011) Landscape-moderated biodiversity effects of agri-environmental management: a meta-analysis. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences** 278:1894-1902.

Begg GS et al (2017) A functional overview of conservation biological control. **Crop Protection** 97: 145-158.

Bellini LL, Dolinski C (2012) Foliar application of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) for the control of *Diatraea saccharalis* in greenhouse. **Semina: Ciências Agrárias** 33: 997-1003.

Bellows Junior TS, Van Driesche RG, Elkinton JS (1992). Life-table construction and analysis in the evaluation of natural enemies. **Annual review of entomology** 37: 587-612.

Berg MP, Stoffer M, Van Den Heuvel HH (2004). Feeding guilds in Collembola based on digestive enzymes. **Pedobiologia** 48: 589-601.

Bianchi FJJA, Booij CJH, Tscharntke T (2006) Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences** 273:1715-1727.

Bortoli SA, Murata AT, Brito CH, Narciso RS (2009). Aspectos biológicos de *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera, Crysopidae), em condições de laboratório. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, 9: 101-106.

Botelho PSM (1985) **Tabela de vida ecológica e simulação da fase larval da *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lep.: Pyralidae)**. 127 f. Tese (Doutorado em Ciências: Entomologia) - USP, Piracicaba.

Botelho PSM (1992) Quinze anos de controle biológico da *Diatraea saccharalis* utilizando parasitóides. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 27: 255-262.

Bozdoğan H (2020). Species richness and composition of Neuroptera in the forests fragments of the Taurus Mountains Range, Turkey. **Saudi journal of biological sciences** 27: 1201-1207.

Caldas A (1992) Mortality of *Anaea ryphea* (Lepidoptera: Nymphalidae) immatures in Panama. **Journal of Research on the Lepidoptera** 31:195–204

Capinera JL (2002). Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). **Edis** 7: 1-6.

Capinera JL (2004). Sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae). **Edis** 6: 1-5.

Carey JR (1989) The multiple decrement life table: a unifying framework for cause-of-death analysis in ecology. **Oecologia** 78: 131-137.

Carey JR, Roach D (Eds.) (2020) Life tables. Princeton University Press, 480p.

Cario M (2020). **Plant and arthropod diversity in forest fragments with different levels of disturbance**. 74f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade, ecologia e evolução) – Unesp, Jaboticabal.

Chaplin-Kramer R, O'Rourke ME, Blitzer EJ, Kremen C (2011) A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. **Ecology letters** 14: 922-932.

Conceição LL, Silva CM (2011) O controle biológico e suas aplicações na cultura de cana-de-açúcar. **Campo Digital** 6: 14-25.

Cônsoli FL, Rossi MM, Parra JRP (1999) Developmental time and characteristics of the immature stages of *Trichogramma galloi* and *T. pretiosum* (Hymenoptera, Trichogrammatidae). **Revista Brasileira de Entomologia** 43, 271-275.

Dainese M, Schneider G, Krauss J, Steffan-Dewenter I (2017) Complementarity among natural enemies enhances pest suppression. **Scientific reports** 7: 1-8.

Davis RS, Peterson RK, Higley LG (2011) M-DEC: A spreadsheet program for producing multiple decrement life tables and estimating mortality dynamics for insects. **Computers and electronics in agriculture** 75: 363-367.

Degaspari N, Macedo N, Botelho PSM, Araújo JR, Almeida LC (1987) Predadores e parasitos de ovos da *Diatraea saccharalis* em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 22: 785-792.

Dias NS, Broglio-Micheletti SMF, Farias NRM, da Costa SS, dos Santos JM, Lopes DOP, Costa VA (2011) Ocorrência de *Telenomus alecto* Crawford, 1914 (Hymenoptera: Scelionidae) em ovos de *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) em cana-de-açúcar no estado de Alagoas. Brasil. **Idesia (Arica)** 29: 95-97.

Dinardo-Miranda LL, Anjos IAD, Costa VPD, Fracasso JV (2012). Resistance of sugarcane cultivars to *Diatraea saccharalis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 47: 1-7.

Dominik C, Seppelt R, Horgan FG, Settele J, Václavík T (2018) Landscape composition, configuration, and trophic interactions shape arthropod communities in rice agroecosystems. **Journal of applied ecology** 55: 2461-2472.

Dossi FCA, Conte H, Zacaro AA (2006) Histochemical characterization of the embryonic stages in *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). **Annals of the Entomological Society of America** 99: 1206-1212.

Duarte ME, Navia D, Santos LR, Rideiqui PJ, Silva ES (2015) Mites associated with sugarcane crop and with native trees from adjacent Atlantic Forest fragment in Brazil. **Experimental and Applied Acarology** 66: 529-540.

EBC. Cana-de-Açúcar Transgênica - CTNBio aprova e Brasil será primeiro país do mundo a iniciar a produção. 2017. Disponível em: <<https://www.defesanet.com.br/tecnologia/noticia/26048/Cana-de-Acucar-Transgenica---CTNBio-aprova-e-Brasil-sera-primeiro-pais-do-mundo-a-iniciar-a-producao/>>. Acesso em: 30-06.

Feng L, Chang L, Zhang S, Zhu X, Adl S, Wu D (2019). What is the carcass-usage mode of the collembola? A case study of *Entomobrya proxima* in the laboratory. **Insects** 10: 1-9.

Fenoglio MS, Trumper EV (2014) Influence of weather conditions and density of *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae) on *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) egg mortality. **Environmental entomology** 36: 1159-1165.

Fontanetti CS, Bueno OC (Eds.) (2017) Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica. Bauru: Canal 6, 275p.

Garratt MPD, Senapathi D, Coston DJ, Mortimer SR, Potts SG (2017) The benefits of hedgerows for pollinators and natural enemies depends on hedge quality and landscape context. **Agriculture, Ecosystems & Environment** 247: 363-370.

Ghany Negm AA (1968) **Ecological Studies of Certain Natural Mortality Factors of the Sugarcane Borer, *Diatraea Saccharalis* (Fabricius) in Louisiana**. 98 f. Tese (Ph.D. em Entomologia) - LSU, Louisiana.

Glaser SM, Grüter C. (2018) Ants (*Temnothorax nylanderī*) adjust tandem running when food source distance exposes them to greater risks. **Behavioral ecology and sociobiology** 72: 1-8.

Gomes JP, Iannuzzi L, Leal IR (2010) Resposta da comunidade de formigas aos atributos dos fragmentos e da vegetação em uma paisagem da Floresta Atlântica Nordeste. **Neotropical Entomology** 39: 898-905.

González E, Salvo A, Valladares G (2015) Sharing enemies: evidence of forest contribution to natural enemy communities in crops, at different spatial scales. **Insect Conservation and Diversity** 8: 359-366.

Grab H, Danforth B, Poveda K, Loeb G (2018) Landscape simplification reduces classical biological control and crop yield. **Ecological applications** 28: 348-355.

Gutiérrez Illán J, Bloom EH, Wohleb CH, Wenninger EJ, Rondon SI, Jensen AS, Snyder WE, Crowder DW (2020) Landscape structure and climate drive population dynamics of an insect vector within intensely managed agroecosystems. **Ecological Applications** 30: 1-13.

Haan NL, Zhang Y, Landis DA (2020) Predicting landscape configuration effects on agricultural pest suppression. **Trends in ecology & evolution** 35: 175-186.

Harcourt DG (1969) The development and use of life tables in the study of natural insect populations. **Annual Review of Entomology** 14:175-196.

Harterreiten-Souza ÉS, Togni PH, Capellari RS, Bickel D, Pujol-Luz JR, Sujii ER (2021) Spatiotemporal dynamics of active flying Diptera predators among different

farmland habitats. **Agricultural and Forest Entomology** 1-8. DOI: DOI: 10.1111/afe.12435.

Hensley SD, Hammond Junior AM (1968) Laboratory techniques for rearing the sugarcane borer on an artificial diet. **Journal of Economic Entomology** 61: 1742-1743.

Holzhausen, HG (2017) **Movimentação larval de lepidópteros-praga em soja e milho**. 56f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Entomologia Agrícola) - Unesp, Jaboticabal.

Huffaker CB, Kennett CE (1966) Studies of two parasites of olive scale, *Parlatoria oleae* (Colvée): IV. Biological control of *Parlatoria oleae* (Colvée) through the compensatory action of two introduced parasites. **Hilgardia** 37: 283-335.

Johnson ML, Armitage S, Scholz BCG, Merritt DJ, Cribb BW, Zalucki MP (2007). Predator presence moves *Helicoverpa armigera* larvae to distraction. **Journal of insect Behavior** 20: 1-18.

Kakde AM, Patel KG, Tayade S (2014) Role of life table in insect pest management-A review. **IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science** 7: 40-43.

Kakimoto T, Fujisaki K, Miyatake T (2003) Egg Laying Preference, Larval Dispersion, and Cannibalism in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Annals of the Entomological Society of America** 96: 793–798.

Karp DS et al. (2018) Crop pests and predators exhibit inconsistent responses to surrounding landscape composition. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 115: 7863-7870.

Landis DA, Wratten SD, Gurr GM (2000) Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual review of entomology** 45: 175-201.

Lima Filho M, Lima JOG (2001) Egg masses of *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Pyralidae) on sugar cane: size and percentage of parasitism by *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under natural conditions. **Neotropical Entomology** 30: 483-488.

Lopes JVC (2017) **Fatores de mortalidade larval de *Diatraea saccharalis* (fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) em cultivo orgânico de cana-de-açúcar**. 35f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia agrônômica) - Unesp, Jaboticabal.

Macedo N, Macedo D, Campos MBS, Novaretti WRT, Ferraz LCCB (2012) Manejo de pragas e nematoides. In.: Santos F, Borém A, Caldas C (Eds.) **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e etanol**. Viçosa: UFV, p. 119-159.

Malcicka M, Berg MP, Ellers J (2017). Ecomorphological adaptations in Collembola in relation to feeding strategies and microhabitat. **European Journal of Soil Biology** 78, 82-91.

Mcewen PK, New TR, Whittington AE (Eds.) (2007). Lacewings in the crop environment. New York: Cambridge University Press, 554p.

Mertl AL, Sorenson MD, Traniello JFA (2010) Community-level interactions and functional ecology of major workers in the hyperdiverse ground-foraging *Pheidole* (Hymenoptera, Formicidae) of Amazonian Ecuador. **Insectes Sociaux** 57: 441-452.

Mitchell MGE, Bennett EM, Gonzalez A (2014) Forest fragments modulate the provision of multiple ecosystem services. **Journal of Applied Ecology** 51:909-918.

Morandin LA, Long RF, Kremen C (2016) Pest control and pollination cost–benefit analysis of hedgerow restoration in a simplified agricultural landscape. **Journal of Economic Entomology** 109:1020-1027.

Morris RF (1959). Single-Factor Analysis in Population Dynamics. **Ecology** 40: 580–588.

Moutia LA, Courtois CM (1952). Parasites of the moth-borers of sugar-cane in Mauritius. **Bulletin of Entomological Research** 43: 325-359.

Murcia C (1995) Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in ecology & evolution** 10: 58-62.

Namboodiri K, Suchindran CM. (2013) Life table techniques and their applications. Orlando: Academic Press. 275 p.

Naranjo SE, Ellsworth PC (2005) Mortality dynamics and population regulation in *Bemisia tabaci*. **Entomologia experimentalis et Applicata** 116: 93-108.

Oliveira MAP, Marques EJ, Wanderley-Teixeira V, Barros R (2008) Efeito de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. sobre características biológicas de *Diatraea saccharalis* F. (Lepidoptera: Crambidae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences** 30: 219-224.

Oliveira RF, Almeida LC, Souza DR, Munhae CB, Bueno OC, Morini MSC (2012). Ant diversity (Hymenoptera: Formicidae) and predation by ants on the different stages of the sugarcane borer life cycle *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). **European Journal of Entomology**, 109, 381-387.

Parra JRP, Botelho PSM, Corrêa-Ferreira BS, Bento JMS (2002) Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. Barueri: Manole, 493p.

Parra JRP, Coelho Junior A (2019) Applied biological control in Brazil: from laboratory assays to field application. **Journal of Insect Science** 19: 1-6.

Pasqualin LA, Dionísio JA, Zawadneak MAC, Marçal CT (2012) Macrofauna edáfica em lavouras de cana-de-açúcar e mata no noroeste do Paraná–Brasil. **Semina: Ciências Agrárias** 33: 7-17.

Pauli G, Mascarin GM, Eilenberg J, Delalibera Júnior I (2018) Within-host competition between two entomopathogenic fungi and a granulovirus in *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). **Insects** 9: 1-11.

Pereira EJG, Picanço MC, Bacci L, Della Lucia TMC, Silva EM, Fernandes FL (2007). Natural mortality factors of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) on *Coffea arabica*. **Biocontrol Science and Technology** 17: 441-455.

Perez R, Long WH (1964) Sex attractant and mating behavior in the sugarcane borer. **Journal of Economic Entomology** 57: 688-691.

Perović, DJ, Johnson ML, Scholz B, Zalucki MP (2008) The mortality of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) neonate larvae in relation to drop-off and soil surface temperature: the dangers of bungy jumping. **Australian Journal of Entomology** 47: 289-296.

Pessoa LGA, Freitas SD, Rodrigues KC, Gardim S (2005) *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs as food to *Chrysoperla raimundoi* (Neuroptera: Chrysopidae) larvae. **Acta Scientiarum-Agronomy** 27: 651-654.

Peterson RKD, Davis RS, Higley LG, Fernandes OA (2009) Mortality risk in insects. **Environmental Entomology** 38: 2-10.

Pfannenstiel RS, Yeargan KV (2002) Identification and diel activity patterns of predators attacking *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs in soybean and sweet corn. **Environmental Entomology** 31: 232-241.

Power AG (2010) Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. **Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences** 365: 2959-2971.

Price PW, Denno RF, Eubanks MD, Finke DL, Kaplan I (2011) Insect ecology: behavior, populations and communities. New York: Cambridge University Press, 829p.

Querino RB, Silva NNPD, Zucchi RA. (2016). Natural parasitism by *Trichogramma* spp. in agroecosystems of the Mid-North, Brazil. **Ciência Rural** 46: 1521-1523.

Rivera-Pedroza LF, Escobar F, Philpott SM, Armbrrecht I (2019). The role of natural vegetation strips in sugarcane monocultures: Ant and bird functional diversity responses. **Agriculture, Ecosystems & Environment** 284: 106603.

Robinson RA, Sutherland WJ (2002) Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. **Journal of applied Ecology** 39: 157-176.

Rôdas PL, de Oliveira HN, Glaeser DF (2019) Liberação do parasitoide *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) em *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) na cana-de-açúcar. **Interciência** 44:287-290.

Rolston LH (1955) **The southwestern corn borer in Arkansas**. 75f. Ph.D. The Ohio State University.

Romero Y, Salvatore AR, López G, Willink E (2008) Presencia natural de hongos hyphomycetes en larvas invernantes de *Diatraea saccharalis* F. en caña de azúcar en Tucumán, Argentina. **Revista industrial y agrícola de Tucumán** 85: 39-42

Rossato Junior JAS, Costa GHG, Madaleno LL, Mutton MJR, Higley LG, Fernandes OA (2013) Characterization and impact of the sugarcane borer on sugarcane yield and quality. **Agronomy Journal** 105: 643-648.

Rossi MN, Fowler HG (2004) Predaceous ant fauna in new sugarcane fields in the state of São Paulo, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology** 47: 805-811.

Royama T (1996). A Fundamental Problem in Key Factor Analysis. **Ecology** 77: 87-93.

Rusch A et al (2016) Agricultural landscape simplification reduces natural pest control: A quantitative synthesis. **Agriculture, Ecosystems & Environment** 221:198-204.

Santos EF, Dos Santos MS, Henkes JA (2020) Estudo de caso: *Trichogramma galloi* no manejo de *Diatraea saccharalis* na cultura de *Saccharum officinarum* em Ulianópolis-PA. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental** 9: 617-634.

Santos LAO (2013) **Fatores naturais de mortalidade de ovos de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) e diversidade de artrópodes em diferentes sistemas de colheita de cana-de-açúcar.** 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Entomologia Agrícola) – Unesp, Jaboticabal.

Santos LAO, Bischoff A, Fernandes AO (2018) The effect of forest fragments on abundance, diversity and species composition of predatory ants in sugarcane fields. **Basic and applied ecology** 33:58-65.

Schellhorn NA, Bianchi FJJA, Hsu CL (2014) Movement of entomophagous arthropods in agricultural landscapes: links to pest suppression. **Annual Review of Entomology** 59:559-581.

Schroeder TB, Houghtaling J, Wilts BD, Mayer M. (2018) It's not a bug, it's a feature: functional materials in insects. **Advanced Materials** 30: 1-48.

Serée L, Rouzes R, Thiéry D, Rusch A (2020) Temporal variation of the effects of landscape composition on lacewings (Chrysopidae: Neuroptera) in vineyards. **Agricultural and Forest Entomology** 22: 274-283.

Silva RR, Feitosa RSM, Eberhardt F (2007) Reduced ant diversity along a habitat regeneration gradient in the southern Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management** 240: 61-69.

Soti V, Thiaw I, Debaly ZM, Sow A, Diaw M, Fofana S, Diakhate M, Thiaw C, Brévault T (2019) Effect of landscape diversity and crop management on the control of the millet head miner, *Heliocheilus albipunctella* (Lepidoptera: Noctuidae) by natural enemies. **Biological Control** 129: 115-122.

Souza AR, Giustolin TA, Querino RB, Alvarenga CD (2016) Natural parasitism of lepidopteran eggs by *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in agricultural crops in Minas Gerais, Brazil. **Florida Entomologist** 99: 221-225.

Strachan SR, Chester ET, Robson BJ (2015) Freshwater invertebrate life history strategies for surviving desiccation. **Springer Science Reviews** 3: 57-75.

Terry I, Bradley JRJ, Van Duyn JW. 1989. Establishment of early instar *Heliothis zea* on soybeans. **Entomologia experimentalis et applicata** 51:233–40

Thies C, Roschewitz I, Tschamntke T (2005) The landscape context of cereal aphid–parasitoid interactions. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences** 272: 203-210.

Traniello JFA (1989) Foraging Strategies of Ants. **Annual review of entomology** 34: 191–210

Tschamntke T et al. (2016) When natural habitat fails to enhance biological pest control–Five hypotheses. **Biological Conservation** 204: 449-458.

Tschamntke T, Bommarco R, Clough Y, Crist TO, Kleijn D, Rand TA, Tylianakis JM, van Nouhuysgh S, Vidali S (2008) Reprint of “Conservation biological control and enemy

diversity on a landscape scale” [Biol. Control 43 (2007) 294–309]. **Biological control** 45: 238-253.

Valente ECN, Broglio SMF, Dias-Pini NS, Lima AST, Micheletti LB (2018) Record of *Digonogastra* sp. (Hymenoptera: Braconidae) parasitizing *Diatraea flavipennella* (Lepidoptera: Crambidae) in Alagoas, Brazil. **Revista Caatinga** 31: 511-514.

Van Dillewijn, C. (1952) Botany of sugarcane. Waltham, MA: Chronica Botanica Co. 371 p.

Varella AC, Menezes-Netto AC, Souza Alonso JD, Caixeta DF, Peterson RK, Fernandes OA (2015). Mortality dynamics of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) immatures in maize. **PLoS One** 10: 1-12.

Vargas EL, Pereira FF, Tavares MT, Pastori PL (2011) Record of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitizing *Diatraea* sp. (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane crop in Brazil. **Entomotropica**, 26:143-146.

Walker DW, Quintana-Muñiz V (1968) Mortality staging of dominant lethals induced in the F1 generation of the sugarcane borer; *Diatraea saccharalis* (F.). **Radiation research** 36: 138-143.

Wangila DS et al (2013) Occurrence and larval movement of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) in seed mixes of non-Bt and Bt pyramid corn. **Pest management science** 69: 1163-1172.

Wissinger AS (1997) Cyclic colonization in predictably ephemeral habitats: a template for biological control in annual crop systems. **Biological control**, 10:4-15.

Wolcott GN (1943). Natural parasitism by *Trichogramma minutum* of the eggs of the sugar-cane moth borer, *Diatraea saccharalis*, in the cane fields Of Puerto Rico. **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico** 27: 39-83.

Yang L, Zeng Y, Xu L, Liu B, Zhang Q, Lu Y (2018) Mudança na abundância de joaninhas e controle biológico dos pulgões do trigo ao longo do tempo na paisagem agrícola. **Agricultura, ecossistemas e meio ambiente** 255: 102-110.

Zalucki MP, Clarke AR, Malcolm SB (2002) Ecology and behavior of first instar larval Lepidoptera. **Annual review of entomology** 47: 361-393.

APÊNDICES

Apêndice A.

Tabela 1A. Área, Variedade e tipos de mata de cada talhão em que o estudo foi realizado.

Talhão	Área (Hectare)	Coordenadas	Variedade	Número de cortes	Tipo de Mata
1	19,1	21°10'36,82"S, 48°17'42,42"O, Altitude: 583m	RB92-579	3	Galeria

2	23,5	21°10'0,61"S, 48°17'25,39"O, Altitude: 570m	IAC5000	4	Galeria
3	16	21°9'34,40"S, 48°17'17,35"O, Altitude: 619m	RB92-579	4	Plateau
4	17,4	21°10'43,28"S, 48°14'31,73"O, Altitude: 589m	RB85-5536	5	Plateau
5	15	21°10'15,46"S, 48°14'54,11"O, Altitude: 558m	RB85-5536	4	Plateau
6	6,63	21°11'16,71"S, 48°14'17,84"O, Altitude: 578m	IAC 54-439?	4	Galeria
7	21,7	21°10'46,02"S, 48°18'9,60"O, Altitude: 600m	RB85-5156	13	Galeria

Apêndice B.

Figura 1B. Talhões e áreas comerciais em que o estudo foi realizado, no município de Jaboticabal, SP.

