

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 25/02/2018.

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

**MODELOS DE PREVISÃO DE OCORRÊNCIA DE ADULTOS
DE *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera:
Crambidae) EM CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.)**

Éllen Rimkevicius Carbognin
Bióloga

2016

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

**MODELOS DE PREVISÃO DE OCORRÊNCIA DE ADULTOS
DE *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera:
Crambidae) EM CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.)**

Éllen Rimkevicius Carbognin

Orientador: Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes

Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Cláudia Pio Ferreira

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)

Carbognin, Éllen Rimkevicius
C264m Modelos de previsão de ocorrência de adultos de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) / Éllen Rimkevicius Carbognin. -- Jaboticabal, 2016
vii, 68 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016
Orientador: Odair Aparecido Fernandes
Banca examinadora: Leila Luci Dinardo-Miranda, Daniel Júnior de Andrade
Bibliografia

1. Broca-da-cana. 2. Dinâmica populacional. 3. Graus-dia. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 595.7:633.61

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

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ÉLLEN RIMKEVICIUS CARBOGNIN - Nascida em 13 de Abril de 1987, na cidade de São Paulo - SP, filha de Ana Elisa Rimkevicius e Mário Carboognin. Ingressou em 2008 na Universidade Estadual Paulista - UNESP, Câmpus de Jaboticabal onde obteve os títulos de Bacharel e Licenciada em Ciências Biológicas nos anos de 2011 e 2013, respectivamente. Ingressou e atuou como estagiária em entomologia no Laboratório de Ecologia de Insetos nos anos de 2008 e 2009 sob orientação do Prof. Dr. Francisco Jorge Cividanes e Dr^a. Terezinha Monteiro dos Santos-Cividanes onde foi bolsista de iniciação científica e Treinamento Técnico I da FAPESP em projeto de controle biológico conservativo e efeito de Nim (*Azadirachta indica*) sobre inimigos naturais (Coleoptera: Coccinelidae) e pulgões da espécie *Aphis gossypii*. De 2010 a 2012 atuou como estagiária e monitora do laboratório de Biossistemática, Biologia e Ecologia Molecular de Neurópteros sob orientação do Prof. Dr. Sérgio de Freitas onde esteve envolvida com criação massal de crisopídeos e estudos taxonômicos da espécie *Chrysoperla externa*. Em 2014, ingressou no mestrado em Agronomia (Entomologia Agrícola) pela mesma universidade, sob orientação do Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes onde desenvolveu trabalhos com o objetivo de verificar a dinâmica populacional de *Diatraea saccharalis*, os fatores climáticos responsáveis por esta bem como desenvolver um modelo de previsão de ocorrência para esta espécie em campo, a fim de serem adotados não somente os métodos de controle corretos, mas, também, no momento adequado.

*“Porque eu sou do tamanho do que eu vejo. E não, do tamanho da minha altura...”
...e o que eu vejo são meus sonhos.*

(Alberto Caeiro /Fernando Pessoa)

Às pessoas mais importantes da minha vida, minha família.

*Aos meus pais Ana Elisa Rimkevicius e Mário Carbognin,
Avós Eny Peranovich e Pietras Rimkevicius
e irmãos Allan, Rafael, Paola e Lorenzo.*

DEDICO

*Ao meu noivo Antonio Roveri Neto,
Pela nossa história que a cada dia se desenha de forma mais linda.
Pelo carinho, amor, e tudo o que representa na minha vida.*

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Odair Aparecido Fernandes, pelos grandes ensinamentos e pela oportunidade de passar pela experiência da pós-graduação que me trouxe crescimento profissional e pessoal e que levarei comigo por toda a vida;

À minha querida co-orientadora Prof.^a Cláudia Pio Ferreira, pelo imenso prazer em tê-la fazendo parte deste trabalho;

À Sumitomo Chemical e FMC, pelo suporte financeiro; em especial ao Rodrigo Bueno (Sumitomo) que acompanhou cada etapa deste trabalho;

Aos membros da banca examinadora, a pesquisadora Leila Luci Dinardo-Miranda e ao Prof. Daniel Junior de Andrade pela participação e sugestões;

Às equipes de monitoramento e técnicos das Usinas dos grupos Raízen, São Martinho e Jalles Machado, em especial às unidades Univalem, Gasa, Barra, São Martinho, Otávio Lage, Jalles Machado e Nova Fronteira Bioenergia sem as quais este trabalho não teria se concretizado;

À Teresinha Roveri e Domingos Brefere, pelo imenso carinho;

Aos meus queridos Wagner e Cecília Mendes, pela amizade;

O meu agradecimento em nome da família do querido professor Sérgio de Freitas, que sempre me incentivou;

Aos amigos do “eterno” laboratório de Biossistemática, Biologia e Ecologia Molecular de Neurópteros. Tempos bons jamais são apagados;

Aos amigos e colegas do laboratório de Ecologia Aplicada da UNESP em nome do respeito e carinho que tenho;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES);

Ao programa de pós-graduação em Entomologia Agrícola e à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP pela oportunidade de ingressar e concluir este trabalho;

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a concretização deste trabalho.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Aspectos biológicos e ecológicos de <i>Diatraea saccharalis</i>	3
2.2. Importância de <i>Diatraea saccharalis</i> para a cultura da cana-de-açúcar.....	4
2.3. Controle biológico de <i>Diatraea saccharalis</i>	6
2.4. Modelos matemáticos.....	8
2.4.1. Uso do Modelo linear de graus-dia.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. Localidades.....	15
3.2. Amostragem de adultos de <i>Diatraea saccharalis</i>	16
3.3. Análise estatística.....	16
3.3.1. Análise de dados climáticos.....	16
3.4. Construção de modelos de previsão de ocorrência.....	17
3.4.1. Modelo em graus-dia.....	18
3.4.2. Modelo em equações de diferenças.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1. Flutuação populacional de <i>Diatraea saccharalis</i>	21
4.2. Modelo matemático baseados em graus-dia.....	34
4.3. Modelo matemático em equações de diferenças.....	37
4.4. Implicações dos modelos matemáticos.....	43
5. CONCLUSÕES.....	44
6. REFERÊNCIAS.....	45

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Localidades e características da cana-de-açúcar (variedade e corte) utilizadas para avaliação de adultos de <i>Diatraea saccharalis</i>	15
Tabela 2. Número total de adultos de <i>Diatraea saccharalis</i> capturados em armadilhas de feromônio sexual em cana-de açúcar.....	21
Tabela 3. Comparação dos fatores climáticos (precipitação, temperatura e umidade relativa do ar) entre as safras.....	27
Tabela 4. Média semanal de coleta de <i>Diatraea saccharalis</i> e dos parâmetros meteorológicos nas diferentes localidades.....	28
Tabela 5. Coeficientes de correlação (r) entre número de adultos de <i>Diatraea saccharalis</i> capturados semanalmente e parâmetros meteorológicos.....	31
Tabela 6. Análise de regressão múltipla de adultos de <i>Diatraea saccharalis</i> capturados em armadilhas de feromônio sexual e parâmetros meteorológicos.....	33
Tabela 7. Datas observadas e calculadas em graus-dia de incidência de adultos.....	36
Tabela 8. Médias de Parâmetros estimados na simulação do modelo em equações de diferenças para a espécie <i>Diatraea saccharalis</i>	38

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1a. Flutuação populacional de machos adultos de <i>Diatraea saccharalis</i> e número médio de internódios na cana-de-açúcar em Valparaíso-SP na safra 2013/2014.....	22
Figura 1b. Flutuação populacional de machos adultos de <i>Diatraea saccharalis</i> e número médio de internódios na cana-de-açúcar em Valparaíso-SP na safra 2014/2015.....	22
Figura 1c. Flutuação populacional de machos adultos de <i>Diatraea saccharalis</i> e número médio de internódios na cana-de-açúcar em Quirinópolis-GO na safra 2013/2014.....	22
Figura 1d. Flutuação populacional de machos adultos de <i>Diatraea saccharalis</i> e número médio de internódios na cana-de-açúcar em Quirinópolis-GO na safra 2014/2015.....	22
Figura 1e. Flutuação populacional de machos adultos de <i>Diatraea saccharalis</i> e número médio de internódios na cana-de-açúcar em Pradópolis-SP (Área 1) na safra 2013/2014.....	23
Figura 1f. Flutuação populacional de machos adultos de <i>Diatraea saccharalis</i> e número médio de internódios na cana-de-açúcar em Pradópolis-SP (Área 1) na safra 2014/2015.....	23
Figura 1g. Flutuação populacional de machos adultos de <i>Diatraea saccharalis</i> e número médio de internódios na cana-de-açúcar em Pradópolis-SP (Área 2) na safra 2013/2014.....	23
Figura 1h. Flutuação populacional de machos adultos de <i>Diatraea saccharalis</i> e número médio de internódios na cana-de-açúcar em Pradópolis-SP (Área 2) na safra 2014/2015.....	23
Figura 2. Flutuação populacional de <i>Diatraea saccharalis</i> em cana-de-açúcar na safra 2013/2014, em Pradópolis, Valparaíso-SP e Quirinópolis-GO (cada ponto representa o número total acumulado mensal de adultos capturados em quatro armadilhas).....	25

Figura 3.	Flutuação populacional de <i>Diatraea saccharalis</i> em cana-de-açúcar na safra 2014/2015, em Pradópolis, Valparaíso-SP e Quirinópolis-GO (cada ponto representa o número total acumulado mensal de adultos capturados em quatro armadilhas).....	26
Figura 4.	Adultos de <i>Diatraea saccharalis</i> capturados em armadilha em função da umidade relativa do ar (%).....	29
Figura 5.	Curvas de flutuação populacional de adultos de <i>Diatraea saccharalis</i> capturados em Valparaíso-SP (Safra 2013/2014) baseadas em dados observados em campo (modelo em graus-dia) e dados suavizados e esperados (modelo-equações de diferenças) / PE = pico esperado.....	39
Figura 6.	Curvas de flutuação populacional de adultos de <i>Diatraea saccharalis</i> capturados em Valparaíso-SP (Safra 2014/2015) baseadas em dados observados em campo (modelo em graus-dia) e dados suavizados e esperados (modelo-equações de diferenças) / PE = pico esperado.....	39
Figura 7.	Curvas de flutuação populacional de adultos de <i>Diatraea saccharalis</i> capturados em Quirinópolis-GO (Safra 2013/2014) baseadas em dados observados em campo (modelo em graus-dia) e dados suavizados e esperados (modelo-equações de diferenças) / PE = pico esperado.....	40
Figura 8.	Curvas de flutuação populacional de adultos de <i>Diatraea saccharalis</i> capturados em Quirinópolis-GO (Safra 2014/2015) baseadas em dados observados em campo (modelo em graus-dia) e dados suavizados e esperados (modelo-equações de diferenças) / PE = pico esperado.....	40
Figura 9.	Curvas de flutuação populacional de adultos de <i>Diatraea saccharalis</i> capturados em Pradópolis-SP (Safra 2013/2014) baseadas em dados observados em campo (modelo em graus-dia) e dados suavizados e esperados (modelo-equações de diferenças) (Área 1) / PE = pico esperado.....	41

- Figura 10.** Curvas de flutuação populacional de adultos de *Diatraea saccharalis* capturados em Pradópolis-SP (Safrá 2013/2014) baseadas em dados observados em campo (modelo em graus-dia) e dados suavizados e esperados (modelo-equações de diferenças) (Área 2) / PE = pico esperado..... 41
- Figura 11.** Curvas de flutuação populacional de adultos de *Diatraea saccharalis* capturados em Pradópolis-SP (Safrá 2014/2015) baseadas em dados observados em campo (modelo em graus-dia) e dados suavizados e esperados (modelo-equações de diferenças) (Área 1) / PE = pico esperado..... 42
- Figura 12.** Curvas de flutuação populacional de adultos de *Diatraea saccharalis* capturados em Pradópolis-SP (Safrá 2014/2015) baseadas em dados observados em campo (modelo em graus-dia) e dados suavizados e esperados (modelo-equações de diferenças) (Área 2) / PE = pico esperado..... 42

MODELOS DE PREVISÃO DE OCORRÊNCIA DE ADULTOS DE *Diatraea saccharalis* (FABRICIUS, 1794) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) EM CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum* spp.)

RESUMO – A broca-da-cana, *Diatraea saccharalis*, é considerada uma das principais pragas da cana-de-açúcar e tem causado sérios prejuízos em novas fronteiras agrícolas brasileiras que abrangem o oeste do estado de São Paulo e a região centro-oeste do país. Desta forma, este trabalho teve por objetivo avaliar a dinâmica populacional de adultos de *D. saccharalis* em diferentes regiões canaveiras e sua relação com os fatores meteorológicos, bem como estabelecer modelo de previsão de ocorrência com base em graus-dia e equações de diferenças. Os adultos foram avaliados semanalmente durante duas safras (2013/2014 e 2014/2015) em cultivos localizados nos estados de São Paulo (Pradópolis e Valparaíso) e Goiás (Quirinópolis). Em cada localidade foram utilizados um ou dois talhões de 25 ha, próximos (< 2 km) a estações climáticas. Em uma área central (1 a 1,5 ha) de cada talhão foram instaladas quatro armadilhas delta contendo fêmeas virgens e piso colante para captura dos adultos. O número de adultos coletados e os dados climáticos foram submetidos à análise de regressão múltipla e correlação. Modelos matemáticos baseados em graus-dia e equações de diferenças foram elaborados. Verificou-se maior ocorrência de adultos no período das chuvas, principalmente, de janeiro a abril. Não houve correlação entre os fatores climáticos e a flutuação populacional; com exceção de Quirinópolis, onde a umidade foi fator abiótico limitante para o crescimento populacional desta espécie. Os modelos de graus-dia e de equações de diferenças se complementam e mostraram eficácia na previsão tanto para a época de ocorrência da praga, bem como do número de insetos na semana seguinte.

Palavras-chave: broca-da-cana, regulação populacional, parâmetro meteorológico, graus-dia, modelos matemáticos

**FORECASTING MODELS OF *Diatraea saccharalis* (FABRICIUS, 1794)
(LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) ADULT OCCURRENCE IN SUGARCANE
(*Saccharum* spp.)**

ABSTRACT – The sugarcane borer, *Diatraea saccharalis*, is considered one of the main pest of sugarcane and has caused serious losses in new Brazilian agricultural frontiers including the western region of São Paulo state and the Midwest region of the country. Thus, this study aimed to assess the population dynamics of *D. saccharalis* adults in different sugarcane regions and its relationship with meteorological factors, as well as to establish a forecasting model based on degree days and difference equations. The adults were evaluated weekly for two growing seasons (2013/2014 and 2014/2015) in areas located in the states of São Paulo (Pradópolis and Valparaíso) and Goiás (Quirinópolis). In each location we used one or two plots of 25 ha, near (<2 km) to meteorological stations. In a central area (1 to 1.5 ha) of each block, four delta traps with virgin females and sticky floor were installed to capture adults. The number of collected adults and weather data were submitted to analysis of multiple regression and correlation. Mathematical models based on degree days and difference equations were developed. A higher occurrence of adults was observed during the rainy season, mainly from January to April. There was no correlation between climatic factors and population dynamics; except for Quirinópolis where the relative humidity was a limiting abiotic factor for population growth of this species. Models of degree days and difference equations are complementary and have shown effectiveness in forecasting both the time of occurrence of the pest as well as the number of adults in the next week.

Key-words: sugarcane borer, population regulation, meteorological parameters, degree-day, mathematical models

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) é considerada, atualmente, uma das principais pragas da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) (Família: Poaceae). Ela se destaca devido ao dano econômico que acarreta nesta cultura em consequência de seu modo de alimentação na fase jovem, pois, ao abrir galerias no colmo da planta, a larva ocasiona perda de matéria prima e favorece a ocorrência de microrganismos, o que reflete, posteriormente, nos aspectos quantitativos e qualitativos do açúcar e etanol produzidos (DINARDO-MIRANDA, 2008; ROSSATO JÚNIOR et al., 2013).

O controle desta praga é realizado geralmente pela liberação do parasitoide larval *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae) (LIMA et al., 2011). Para tanto, a amostragem da infestação de larvas de *D. saccharalis* no interior do colmo é necessária para a tomada de decisão de controle, uma vez que o parasitoide realiza oviposição apenas em larvas de 3º a 5º ínstars, ou seja, quando estas larvas já estão no interior da planta. Assim, embora este programa de controle biológico seja bem conhecido e eficiente, parte da produção de cana-de-açúcar é comprometida, pois somente as larvas que estão no interior do colmo e que já causaram galerias são controladas pelo parasitoide.

Outros agentes de controle biológico, tais como a bactéria *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bacillaceae) (MACEDO et al., 2012) e o parasitoide de ovos *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) são também utilizados, porém, em menor escala para o controle desta praga (PARRA et al., 2002a). Todavia, a utilização destes agentes está condicionada ao aprimoramento do atual sistema de monitoramento da praga, uma vez que a observação de ovos e larvas de 1º e 2º ínstars, localizados nas folhas, é extremamente difícil e laborioso.

Não obstante, conjuntamente com a expansão da cana-de-açúcar para o oeste do estado de São Paulo e áreas da região centro-oeste, iniciaram-se os relatos de elevadas infestações desta praga. Desta forma, a ampliação das estratégias de controle ecologicamente aceitáveis, tais como, o controle biológico, tornam-se necessárias. Mas, para tanto, a liberação (ou aplicação) inundativa de qualquer agente de controle deve estar lastreada por informações precisas da

ocorrência deste inseto no campo. Isto garante a eficiência de controle, pois o inimigo natural é utilizado no momento em que a fase alvo da praga está presente.

Desta forma, diante da escassez de informações sobre a dinâmica populacional, bem como da necessidade de aprimoramento dos atuais sistemas de monitoramento da broca-da-cana, que podem levar a melhorias como redução de custos e da necessidade de mão de obra e permitir que se amplie a utilização de inimigos naturais além de *C. flavipes* que o presente trabalho teve por objetivo determinar e comparar a dinâmica populacional de adultos de *D. saccharalis* nas áreas tradicionais e de expansão da fronteira agrícola relacionando esta dinâmica aos parâmetros meteorológicos e desenvolver modelos matemáticos de previsão de ocorrência de adultos de *D. saccharalis* de forma a facilitar a tomada de decisão para utilização do controle biológico inundativo.

5. CONCLUSÕES

A maior ocorrência de adultos de *Diatraea saccharalis* se concentra nos meses de janeiro a abril, quando a umidade relativa do ar é mais elevada;

As novas áreas de expansão canavieira apresentam maior infestação de *D. saccharalis* em comparação às áreas tradicionais de cana-de-açúcar;

Os parâmetros climáticos (temperatura, precipitação e umidade relativa) não são suficientes para explicar a flutuação populacional de adultos de *D. saccharalis*;

Os modelos baseados em graus-dia e equações de diferenças são eficientes, se complementam e podem ser utilizados como ferramenta para previsão da ocorrência de adultos de *D. saccharalis* em cana-de-açúcar.

6. REFERÊNCIAS

AINSEBA, B.; PICART, D.; THIERY, D. An innovative multistage, physiologically structured, population model to understand the European grapevine moth dynamics. **Journal of Mathematical Analysis and Applications**, Amsterdam, n. 382, p. 34–46, 2011.

ALBERGARIA, N. M. M. S.; CIVIDANES, F. J. Exigências térmicas de *Bemisia tabaci* (Genn.) Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical entomology**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 359-363, 2002.

AMBROSANO, G. M. B.; STIMAC, J. L.; SILVEIRA-NETO, S.; IGUE, T.; NAGAI, V. Modelo matemático para simulação do controle biológico da broca-da-cana com o parasitoide *Trichogramma galloi*: I. modelos conceituais (1). **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 2, p. 371-382, 1996.

ARRIGONI, E. B. Broca da cana-de-açúcar: Importância econômica e situação atual. In: ARRIGONI, E.B.; DINARDO-MIRANDA, L.L.; ROSSETTO, R. **Pragas da Cana-de-Açúcar - Importância Econômica e Enfoques Atuais**. Piracicaba: STAB, 2002.

ÁVILA, C. J.; MILANEZ, J. M.; PARRA, J. R. P. Previsão de ocorrência de *Diabrotica speciosa* utilizando-se o modelo de graus-dia de laboratório. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 427-432, 2002.

BERTELS, A. Estudos da influência da umidade sobre a dinâmica de populações de lepidópteros-pragas do milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 5, p. 567-579, 1970.

BORGES.; SILVA, A. A.; CASTRO, S. S. Caracterização edafoclimática da microrregião de Quirinópolis-GO para o cultivo da cana-de-açúcar. In: VIII SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 2010, Recife. **Resumos...** Recife: SINAGEO, 2010.

BOTELHO, P. S. M.; MENDES, A. C.; MACEDO, N.; SILVEIRA-NETO, S. Influences of climatic factors on the population fluctuations of the sugarcane moth borer, *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lep. – Crambidae). In: **Proceedings, 16th Congress of the International Society of Sugarcane Technologists**, São Paulo-SP, p. 643-655, 1977.

BOTELHO, P. S. M.; MACEDO, N. *Cotesia flavipes* para o controle de *Diatraea saccharalis*. In: **Controle Biológico no Brasil – Parasitóides e Predadores**, 1. ed. São Paulo: Manole, 2002. cap. 25, p. 409-425.

BOTELHO, P. S. M. Quinze anos de controle biológico da *Diatraea saccharalis* utilizando parasitóides. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, s/n, p. 255-262, 1992.

BOTELHO, P. S. M.; PARRA, J. R. P.; CHAGAS NETO, J. F. das.; OLIVEIRA, C. P. B. Associação do Parasitóide de Ovos *Trichogramma galloi* Zucchi (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e do Parasitóide Larval *Cotesia flavipes* (Cam.) (Hymenoptera: Braconidae) no Controle de *Diatraea saccharalis*, (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) em Cana-de-açúcar. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 491-496, 1999.

BRUNINI, O. Ambientes climáticos e exploração agrícola da cana-de-açúcar. In: **Cana-de-Açúcar** (Eds.) DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A de. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008, cap. 8.

BRUNINI, O.; LISBÃO, R. S.; BERNARDI, J. B.; FORNASIER, J. B.; PEDRO JUNIOR, M. J. Temperatura-base para alface cultivar “White-Boston”, em um Sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, v. 35, n. 19, p. 213-219, 1976.

CANA ONLINE. **Novo inimigo biológico da broca-da-cana é encontrado nos canaviais do Mato Grosso do Sul**. 2015. Disponível em:<<http://www.canaonline.com.br/conteudo/novo-inimigo-biologico-da-broca-da-cana-e-encontrado-nos-canaviais-do-mato-grosso-do-sul.html#.VZwT0vIViko>>. Acesso em: 7 jul 2015.

CIVIDANES, F. J.; CARVALHO, D. R. Uso de Graus-dia para a Previsão de Ocorrência de Ninfas e Adultos de *Piezodorus guildinii* (West.) (Heteroptera: Pentatomidae) em Soja. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 269-275, 2000.

CIVIDANES, F. J.; MARTINS, I. C. F. Flutuação populacional e previsão de gerações de *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) em pessegueiro, *Prunus persica* (Linnaeus) Batsch. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 399-405, 2006.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima: Valparaíso**. 2016. Disponível em: < <http://pt.climate-data.org/location/34888/>>. Acesso em: 03 fev 2016.

CONAB – **COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO**. 2015. Disponível em:< http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_12_17_09_03_29_boletim_cana_portugues_-_3o_lev_-_15-16.pdf >. Acesso em: 12 fev 2016.

CORMIER, D.; CHOUINARD, G.; VANOOSTHUYSE, F.; PELLETIER, F.; BELLEROSE, S.; BOURGEOIS, G.; PLOUFFE, D.; JOANNIN, R. A Phenology Model for Codling Moth Management in Quebec Apple Orchards. **Acta Horticulturae**, Belgium, p. 51-56, 2015.

CORTES, A. M. P. **Feromônio sexual, ADN mitocondrial e expressão das proteínas ligantes do feromônio de *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae) e avanços na identificação do feromônio sexual de *Diatraea indiginella* Dyar & Heinrich, (Lepidoptera: Crambidae)**. 2010. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba-PR.

COSTA, D. P. **Interações biológicas entre *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) e *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) no parasitismo de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) em cana-de-açúcar**. 2013. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Grande Dourados, Dourados-MS.

CRUZ, I. Controle Biológico em manejo integrado de pragas. In: **Controle Biológico no Brasil - Parasitóides e Predadores**. 1. ed. São Paulo: Manole, 2002. cap. 32, p. 543-579.

CRUZ, I.; REDOAN, A. C.; SILVA, R. B.; FIGUEIREDO, M. L. C.; PENTEADO-DIAS, A. M. New record of *Tetrastichus howardi* (Olliff) as a parasitoid of *Diatraea saccharalis* (Fabr.) on maize. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 68 n. 2, p. 252-254, 2011.

DEQUECH, S. T. B. Controle Microbiano. In: **Bases e técnicas do manejo de insetos** (Ed.) GUEDES, J. C.; COSTA, I. D.; CASTIGLIONI, E. Santa Maria: UFSM/CCR/DFS; Pallotti, 2000, cap. 5.

DENNIS, B.; KEMP, W. P.; TAPER, M. L. Joint Density Dependence. **Ecology**, Washington, v. 79, n. 2, p. 426–441, 1998.

DENNIS, B.; TAPER, M. L. Density dependence in time series observations of natural populations: estimation and testing. **Ecological Monographs**, Washington, v. 64, n. 2, p. 205-224, 1994.

DIAS, F. L. F.; MAZZA, J. A.; MATSUOKA, S.; PERECIN, D.; MAULE, R. F. Produtividade da cana-de-açúcar em relação a clima e solos da região noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, n. 23, p.627-634, 1999.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Pragmas. In: **Cana-de-açúcar** (Ed.) DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A de. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008, cap. 17.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V.; PERECIN, D. Variabilidade espacial de populações de *Diatraea saccharalis* em canaviais e sugestão de método de amostragem. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 577-585, 2011.

FABRE, F.; PIERRE, J. S.; DEDRYVER, C. A.; PLANTEGENEST, M. Barley yellow dwarf disease risk assessment based on Bayesian modelling of aphid population dynamics. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 193, p. 457-466, 2006.

FIGUEIREDO, M. L. C.; CRUZ, I.; SILVA, R. B. Aspectos Bioecológicos de *Diatraea saccharalis* Fabr. (Lepidoptera: Crambidae) em Plantas de Milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: ABMS, 2010. p. 230-235.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C de.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GEREMIAS, L. D. **Exigências térmicas e danos de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) em milho e base para seu controle com *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 (Hymenoptera: Trichogrammatidae)**. 2013. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- ESALQ, Universidade Estadual de São Paulo – USP, Piracicaba-SP.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Os insetos: um resumo de entomologia**. São Paulo: Roca, 2012. 480 p.

GUTIERREZ, A. P. **Applied population ecology: a supply-demand approach**. 1996. 300 p.

HADDAD, J. R.; PARRA, J. R. P. **Métodos para estimar os limites térmicos e a faixa ótima de desenvolvimento das diferentes fases do ciclo evolutivo dos insetos**. Piracicaba: Fundação Luiz de Queiroz, 1984. 12 p.

HADDAD, J. R.; PARRA, J. R. P.; MORAES, R. C. B. **Métodos para estimar os limites térmicos inferior e superior de desenvolvimento de insetos**. Piracicaba: Fundação Luiz de Queiroz, 1999. 15 p.

HANNON, B.; RUTH, M. **Dynamic modeling**, 2001. New York, Springer, 2. ed, 409 p.

HAWKINS, B. A.; CORNELL, H. V.; HOCHBERG, M. E. Predators, parasitoids, and pathogens as mortality agents in phytophagous insect populations. **Ecology**, Washington, v. 78, n. 7, p. 2145–2152, 1997.

HIGLEY, L. G.; PEDIGO, L. P.; OSTLIE, K. R. DEGDAY: a program for calculating degree-days, and assumptions behind the degree-day approach. **Environmental Entomology**, Annapolis, v. 15, n. 5, p. 999-1016, 1986.

HIGLEY, L. G.; PEDIGO, L. P. **Economic Thresholds for Integrated Pest Management**. University of Nebraska Press: Lincoln, 1996. 327 p.

IANNELLI, M.; PUGLIESE, A. **An introduction to mathematical population dynamics: Along the trail of Volterra and Lotka** springer, 2014. 346 p.

JONES, J.W. Integrating models with expert systems and data bases for decision making. **Climate and Agriculture: Systems Approaches to Decision Making**. **American Meteorological Society**, Massachusetts, p. 194-211, 1989.

LEITE, M. V. **Influência de temperaturas flutuantes sobre *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Homoptera: Aphididae) e seus predadores *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861) e *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae)**. 2010. 89 f. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.

LIMA, A. A.; COSTA, V. A.; PINTO, A. S.; ZÉRIO, N. G.; PARRA, J. R. P. Controle de qualidade de *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera: Braconidae) para criações massais em laboratório. **Simpósio de Controle Biológico – XII SICONBIOL**, 2011.

LIMA, E. A. B. F.; FERREIRA, C. P.; GODOY, W. A. Ecological modeling and pest population management: a possible and necessary connection in a changing world. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 38, n. 6, p. 699-707, 2009.

LIMA FILHO, M.; LIMA, J. O. G. de. Massas de Ovos de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Pyralidae) em Cana-de-Açúcar: Número de Ovos e Porcentagem de Parasitismo por *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em Condições Naturais. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 3, n. 30, p. 483-488, 2001.

LIMEIRA, E. H. **Modelagem matemática aplicada ao controle da praga da cana-de-açúcar para a produção de etanol: estratégias ótimas de controle**. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade Federal do ABC, Santo André, 2010.

MACEDO, C. L.; MARTINS, E. S.; MACEDO, L. L. P.; SANTOS, A. C.; PRAÇA, L. B.; GÓIS, L. A. B.; MONNERAT, R. G. Seleção e caracterização de estirpes de *Bacillus thuringiensis* eficientes contra a *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, p. 1759-1765, 2012.

MELO, A. B. P de.; PARRA, J. R. P. Biologia de *Diatraea saccharalis* em diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 7, p. 663-680, jul, 1988a.

MELO, A. B. P de.; PARRA, J. R. P. Exigências térmicas e estimativa do número de gerações anuais de broca da cana-de-açúcar em quatro localidades canavieiras de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 7, p. 691-696, 1988b.

MELO, L. A. S.; SILVEIRA-NETO, S.; VILLA NOVA, N. A.; REIS, P. R. Influência de elementos climáticos sobre a população de cigarrinhas-das-pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 9-19, 1984.

MCKINION, J. M. Getting started: basics of modeling strategies. In: GOODENOUGH, J. L.; MCKINION, J. M. (ed.). **Basics of Insect Modeling**, 1992, cap. 1.

MING, R.; MOORE, P. H.; WU, KUO-KAO.; D'HONT, A.; GLASZMANN, J. C.; TEW, T. L.; MIRKOV, T. E.; SILVA, J. da.; JIFON, J.; RAI, M.; SCHNELL, R. J.; BRUMBLEY, S. M.; LAKSHMANAN, P.; COMSTOCK, J. C.; PATERSON, A. H. Sugarcane improvement through breeding and biotechnology. **Plant Breeding Reviews**, v. 27, 2006, 384p.

NAVA, D. E.; HADDAD, M. L.; PARRA, J. R. P. Exigências térmicas, estimativa do número de gerações de *Stenoma catenifer* e comprovação do modelo em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 10, p. 961-967, 2005.

PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. Controle Biológico: uma visão inter e multidisciplinar. In: **Controle Biológico no Brasil - Parasitóides e Predadores**. 1.ed. São Paulo: Manole, 2002a. cap. 8.

PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. Controle Biológico: terminologia. In: **Controle Biológico no Brasil - Parasitóides e Predadores**. 1.ed. São Paulo: Manole, 2002b. cap. 1.

PARRA, J. R. P.; MELO, A. B. P.; MAGALHÃES, B. P.; SILVEIRA-NETO, S.; BOTELHO, P. S. M. Efeito do fotoperíodo no ciclo biológico de *Diatraea saccharalis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 5, p. 463-472, 1983.

PARRA, J. R. P.; MILANO, P.; CONSOLI, F. L.; ZERIO, N. G.; HADDAD, M. L. Efeito da nutrição de adultos e da umidade na fecundidade de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 28, p. 49-57, 1999.

PINTO, A. de S.; BOTELHO, P. S. M.; OLIVEIRA, H. N. **Guia ilustrado de pragas e insetos benéficos da cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2009, 160 p.

PRECETTI, A. A. C. M.; TERAN, F. O.; SANCHEZ, A. G. Alterações nas características tecnológicas de algumas variedades de cana-de-açúcar, devidas ao dano da broca *Diatraea saccharalis*. **Boletim Técnico Copersucar**, v. 41, p. 3-8, 1988.

RAFIKOV, M.; LIMEIRA, E. H. Mathematical modelling of the biological pest control of the sugarcane borer. **Internacional Journal of Computer Mathematics**, Abingdon, v. 89, n. 3, p. 390-401, 2012.

RAVINDRAN, A., PHILLIPS, D. T., SOLBERG, J. J. **Operations Research Principles and Practice**, 2. ed, 1987, 656 p.

RIEDL, H.; CROFT, B. A.; HOWITT, A. J. Forecasting codling moth phenology based on pheromone trap catches and physiological-time models. **The Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 108, n. 5, p. 449-460, 1976.

RODRIGUES, W. C. 2004. **Fatores que Influenciam no Desenvolvimento dos Insetos**, Info Insetos, v. 1, n. 4, p. 1-4. Disponível em: <www.entomologistasbrasil.cjb.net>. Acesso em: 5 jun 2014.

ROSSATO JÚNIOR, J. A. S. ***Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) e *Mahanarva fimbriolata* (Stal) (Hemiptera: Cercopidae) em cana-de-açúcar: impacto na qualidade da matéria-prima, açúcar e etanol**. 2012. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, Jaboticabal-SP.

ROSSATO JÚNIOR, J. A. S., COSTA, G. H. G., MADALENO, L. L., MUTTON, M. J. R., HIGLEY, L. G., FERNANDES, O. A. Characterization and impact of the sugarcane borer on sugarcane yield and quality. **Agronomy Journal**, Madison, v. 105, p. 643–648, 2013.

SANDOVAL, S. S.; SENÔ, K. C. A. Comportamento e controle da *Diatraea saccharalis* na cultura da cana-de-açúcar. **Nucleus**, Ituverava, v. 7, p. 243-258, 2010.

SAS INSTITUTE. 2004. **SAS/STAT user's guide**, version 9. 1. ed. SAS Institute. Cary, NC.

SCHOWALTER, T. D. **Insect ecology: an ecosystem approach**. San Diego: Elsevier, 2006, 572 p.

SCOMPARIN, A. L. X. **Desenvolvimento de diferentes populações de *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) em temperaturas variáveis e consequências na modelagem fenológica**. 2009. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, Jaboticabal-SP.

SILVEIRA-NETO, S. NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. A. **Manual de Ecologia dos insetos**. São Paulo: Ed. Ceres, 1976, 419 p.

SMERAGE, G. H. Representation of development in insect population models. In: GOODENOUGH, J. L.; MCKINION, J. M. (Ed.). **Basics of Insect Modeling**, 1992, cap. 8.

SUTHERST, R. W.; MAYWALD, G. F. A computerised system for matching climates in ecology. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 13, p. 281-299, 1985.

TERAN, F. O.; PRECETTI, A. A. C. M.; DERNEIKA, O. Broca da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis*. In: REUNIÃO TÉCNICA AGRONÔMICA: PRAGAS DA CANA-AÇÚCAR, 1., 1983, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: Copersucar, 1983, p. 4-15.

TERAN, F. O. Dinâmica populacional de adultos de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) em canaviais do estado de São Paulo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 8 n. 1, 1979.

VARGAS, E. L.; PEREIRA, F. F.; TAVARES, M. T.; PASTORI, P. L. Record of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitizing *Diatraea* sp. (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane crop in Brazil. **Entomotropica**, Venezuela, v. 26, n. 3, p. 143-146, 2011.