MODELO MATEMÁTICO PARA SIMULAÇÃO DO CONTROLE BIOLÓGICO DE
Diatraea saccharalis (FABR., 1794) ATRAVÉS DE *Trichogramma*
galloi ZUCCHI, 1988.

GLÁUCIA MARIA BOVI AMBROSANO
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. JERRY LYNN STIMAC

Tese apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz
de Queiroz", da Universidade de
São Paulo, para obtenção do
título de Doutor em Ciências, Área
de Concentração: Entomologia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
JUNHO-1994

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCLQ/USP

Ambrosano, Gláucia Maria Bovi

A496m Modelo matemático para simulação do controle biológico de *Diatraea saccharalis* (FABR., 1794) através de *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988. Piracicaba, 1994. 151p.

Tese - ESALQ
Bibliografia.

1. Broca da cana-de-açúcar - Controle biológico 2. Controle biológico - Simulação - Modelo 3. Modelo matemático 4. Tricogramatídeo para controle biológico I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 632.96
 632.78

MODELO MATEMÁTICO PARA SIMULAÇÃO DO CONTROLE BIOLÓGICO DA
Diatraea saccharalis (Fabr., 1794) ATRAVÉS DE *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988.

GLÁUCIA MARIA BOVI AMBROSANO

Aprovada em: 24/08/1994

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. JERRY LYNN STIMAC

UNIVERSIDADE DA FLÓRIDA

Prof. Dr. SINVAL SILVEIRA NETO

ESALQ/USP

Prof. Dr. JOSÉ EDUARDO CORRENTE

ESALQ/USP

Prof. Dr. PAULO SERGIO MACHADO BOTELHO

UFSCar/ARARAS

Prof. Dr. TOSHIO IGUE

IAC/CAMPINAS

Prof. Dr. JERRY LYNN STIMAC
Orientador

Aos meus pais,

VIRGINIO e NEIDE

E aos meus sogros,

LINO e ENY

Exemplos de vida,

OFEREÇO

Ao

EDMILSON E RAFAEL,

Com muito carinho,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Jerry Stimac, Professor da Universidade da Flórida que, apesar da distância, não mediu esforços para transmitir os seus conhecimentos e orientar o presente trabalho.

Ao Dr. Sinval Silveira Neto, Professor do Departamento de Entomologia da ESALQ/USP pela sua dedicação, amizade e apoio durante toda a realização do trabalho.

Ao Dr. Toshio Igue e Dra. Violeta Nagai, da Seção de Técnica Experimental e Cálculo do Instituto Agronômico de Campinas, pelos ensinamentos que têm me transmitido, amizade e colaboração durante toda a realização do trabalho.

Ao Dr. José Roberto Postali Parra, professor do Departamento de Entomologia da ESALQ/USP, Dr. Paulo Sérgio Machado Botelho e Dr. Newton Macedo, da Universidade Federal de São Carlos pelas informações sobre os insetos estudados.

À Analista de Sistemas Ana Lucia Prezotto, do CPqD da TELEBRAS, pelas sugestões na programação.

Ao Dr. Hipolito A. A. Mascarenhas, do Instituto Agrônômico de Campinas, pelo estímulo e correção do summary.

Aos professores do Departamento de Entomologia da ESALQ/USP, pela dedicação e pelos ensinamentos recebidos.

Aos amigos Ms Eloisa Salmeron da Usina Iracema; Ms Ivani P. Otsuk, Ms Eliana A. Scchammas, Dr. Benedicto do E.S. de Campo, Ms. Antonio Alvaro D. Oliveira, da Seção de Estatística e Técnica Experimental do Instituto de Zootecnia pela amizade e incentivos constantes.

Aos colegas Ms Luis A. Ambrosio e Eng. Agr. Ana Maria Futino da Seção de Técnica e Cálculo do Instituto Agrônômico de Campinas pelas sugestões recebidas durante a realização deste trabalho.

Às funcionárias da Seção de Técnica Experimental e Cálculo Adalgiza A. da Costa e Sandra Guidotti, pela paciência e colaboração.

Ao Instituto Agrônomo de Campinas pela oportunidade de realização desta Tese e à CAPES pela concessão de bolsa de estudo durante o curso.

À FAPESP pelo financiamento da Pesquisa.

À todos que de algum modo colaboraram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

vi

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	xv
SUMMARY.....	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 <i>Diatraea saccharalis</i>	4
2.1.1. Biologia.....	4
2.1.1.1. Duração e Postura.....	4
2.1.1.2. Diapausa.....	8
2.1.2. Flutuação Populacional.....	9
2.1.3. Efeito de fatores Abióticos.....	10
2.1.3.1. Temperatura.....	10
2.1.3.2. Fotoperíodo.....	11
2.1.3.3. Precipitação Pluviométrica.....	11
2.2. <i>Trichogramma</i>	12
2.2.1. Proporção sexual.....	12
2.2.2. Efeito de fatores Abióticos.....	13
2.2.2.1. Temperatura.....	13

	Página
2.3. Modelo de Simulação.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1. Modelos conceituais.....	22
4.2. Equações do modelo da broca-da-cana.....	25
4.2.1. Equação geral dos fluxos.....	25
4.2.2. Fase de ovo.....	25
4.2.3. Fase de lagarta pequena.....	29
4.2.4. Fase de lagarta grande.....	30
4.2.5. Fase de pupa.....	31
4.2.6. Fêmeas.....	33
4.3. Validação em condições de laboratório....	35
4.4. Equações do modelo de <i>Trichogramma</i>	40
4.5. Equipamentos e programas necessários.....	41
4.6. Validação em condições de campo.....	41
4.7. Análises do modelo.....	55
4.7.1. Variações nas mortalidade.....	55
4.7.2. Variações na época e quantidade de de liberação do <i>Trichogramma</i>	76

5. CONCLUSÕES.....	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
ANEXO.....	108
APÊNDICE.....	118

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Representação esquemática dos passos para o desenvolvimento do modelo.....	19
2. Modelo conceitual geral do sistema.....	23
3. Modelo conceitual simplificado do sistema.....	23
4. Modelo conceitual do subsistema broca- <i>Trichogramma</i>	24
5. Duração da fase de ovos (simulada e observada por MELO (1984)).....	37
6. Duração da fase de lagartas (simulada e observada por MELO (1984)).....	38
7. Duração da fase de pupas (simulada e observada por MELO (1984)).....	39
8. Porcentagem de mortalidade das diferentes fases no decorrer do ano.....	42
9. Duração, em dias, das diferentes fases no decorrer do ano.....	43
10. Duração do ciclo (ovo-adulto) em dias no decorrer do ano.....	44
11. Dinâmica simulada da Fase de ovos.....	45
12. Dinâmica simulada da fase de lagartas grandes....	46

13. Dinâmica simulada da fase de adultos (fêmeas)....	47
14. Dinâmica simulada da Fase de ovos.....	48
15. Dinâmica simulada da fase de lagartas grandes....	49
16. Dinâmica simulada da Fase de adultos (fêmeas)....	50
17. Dinâmica simulada da fase de ovos.....	51
18. Dinâmica simulada da fase de lagartas grandes....	52
19. Dinâmica simulada da fase de pupas.....	53
20. Dinâmica simulada da fase de adultos (fêmeas)....	54
21. Dinâmica da fase de ovos variando-se a mortalidade de ovos devido a predadores.....	56
22. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de ovos devido a predadores, na situação em que a maior oviposição ocorre nos meses de janeiro e fevereiro.....	57
23. Dinâmica de lagartas grandes variando-se a mortalidade de ovos devido a predadores, na situação em que a maior oviposição ocorre nos meses de janeiro-fevereiro.....	58
24. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de ovos devido a predadores, em 10%, para a situação em que a maior oviposição ocorre nos meses de janeiro-fevereiro.....	59

25. Dinâmica de lagartas grandes variando-se a mortalidade de ovos devido a predadores, em 10% para a situação em que a maior oviposição ocorre no meses de janeiro-fevereiro.....	60
26. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de ovos devido a doenças, para a situação em que a maior oviposição ocorre nos meses de agosto-setembro.....	61
27. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido predadores.....	62
28. Dinâmica de lagartas grandes variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido predadores.....	63
29. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido predadores, para a situação de maior oviposição nos meses de janeiro-fevereiro.....	64
30. Dinâmica de lagartas grandes variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido predadores, para a situação de maior oviposição nos meses de janeiro-fevereiro.....	65

31. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido predadores, para a situação e maior oviposição nos meses de janeiro-fevereiro.....	66
32. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido a parasitóides.....	67
33. Dinâmica de lagartas grandes variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido a parasitóides.....	68
34. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido parasitóides, para a situação de maior oviposição nos meses de janeiro-fevereiro.....	69
35. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido a doenças.....	70
36. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido a doenças, para a situação de maior oviposição em janeiro-fevereiro.	71
37. Dinâmica de lagartas grandes variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido a doenças, para a situação de maior oviposição em janeiro-fevereiro.....	72

38. Dinâmica de lagartas grandes variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido a doenças, para a situação de maior oviposição em agosto-setembro.....	73
39. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de lagartas grandes devido a predadores.....	74
40. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de lagartas grandes devido a predadores, na situação em que a maior oviposição ocorre em janeiro-fevereiro.....	75
41. Dinâmica de ovos com e sem liberação do parasitóide <i>Trichogramma galloi</i>	77
42. Dinâmica de lagartas grandes com e sem liberação do parasitóide <i>Trichogramma galloi</i>	78
43. Dinâmica de ovos sem liberação do parasitóide <i>Trichogramma galloi</i> e liberando nas proporções de 0,10 e 1,6 parasitóides por ovo de <i>D. saccharalis</i>	79
44. Dinâmica de lagartas grandes sem liberação do parasitóide <i>Trichogramma galloi</i> e liberando nas proporções de 0,10 e 1,6 parasitóides por ovo de <i>D. saccharalis</i>	80

45. Dinâmica de adultos (fêmeas) com e sem liberação do parasitóide <i>Trichogramma galloi</i>	81
46. Dinâmica de ovos sem liberação do parasitóide <i>Trichogramma galloi</i> e liberando na proporção de 1,6 parasitóides por ovo de <i>D. saccharalis</i> , em maio.....	82
47. Dinâmica de ovos sem liberação do parasitóide <i>Trichogramma galloi</i> e liberando na proporção de 1,6 parasitóides por ovo de <i>D. saccharalis</i> , em setembro.....	83
48. Dinâmica de ovos sem liberação do parasitóide <i>Trichogramma galloi</i> e liberando na proporção de 1,6 parasitóides por ovo de <i>D. saccharalis</i> , em maio.....	84
49. Dinâmica de ovos sem liberação do parasitóide <i>Trichogramma galloi</i> e liberando na proporção de 1,6 parasitóides por ovo de <i>D. saccharalis</i> , em setembro.....	85

MODELO MATEMÁTICO PARA SIMULAÇÃO DO CONTROLE BIOLÓGICO DE *Diatraea saccharalis* (FABR., 1794) ATRAVÉS DE *Trichogramma galloi* ZUCCHI, 1988.

Autora: GLÁUCIA MARIA BOVI AMBROSANO

Orientador: Prof. Dr. JERRY LYNN STIMAC

RESUMO

Um modelo, compartimental e determinístico, foi desenvolvido para simular a dinâmica do sistema cana-de-açúcar-broca-*Trichogramma*-ambiente. O modelo é estruturado de modo a permitir que se estude cada parte do sistema, admitindo modificações tanto nos parâmetros como nas equações, que deverão ser realizadas com o avanço das pesquisas. Após a construção dos modelos conceituais, as descrições dos processos, ou seja, as interrelações entre os componentes do sistema, foram representadas em equações matemáticas e codificadas em linguagem de computador (PASCAL). Utilizando dados da literatura e informações de pesquisadores da área foram estimados os parâmetros e determinadas as condições iniciais para rodar o programa. A

seguir foram iniciadas as simulações e a validação do modelo. O modelo tendo sido considerado válido foram feitas análises do seu comportamento, variando-se as mortalidades das diferentes fases e também a quantidade e época de liberação dos parasitóides. Os resultados das simulações sugeriram que se estude melhor os fatores de mortalidade de lagartas pequenas, estágio que mais influenciou a dinâmica da broca.

MATHEMATICAL MODEL FOR SIMULATING THE
BIOLOGICAL CONTROL OF *Diatraea saccharalis* (FABR., 1974) BY
USING *Trichogramma galloi* ZUCCHI, 1988.

Author: GLÁUCIA MARIA BOVI AMBROSANO

Adviser: Prof. Dr. JERRY LYNN STIMAC

SUMMARY

A compartmental and deterministic model was developed in order to simulate the dynamic of sugarcane-borer-*Trichogramma* complex in sugarcane production system. The mathematical model allows to study each part of the system and also to modify parameters and equations according to the evolution of research and new data. After the conceptual models were created, the processes, i. e., the interrelations among the system were represented by mathematical equations and coded to microcomputer Pascal language. The parameters used in the equations and the initial conditions for running the program were obtained from references in the literature and personal information of researchers. After the simulations and the model validations, its performance was analysed by varying the mortality of the insects, in their different phases, and also the amount of insects and time of parasitoids

releasing. As the stage of small larvae was most relevant in the sugarcane-borer dynamic so it is important to study the factors affecting their mortalities.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é, atualmente, o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e nas nossas condições climáticas essa cultura é atacada por um grande número de pragas das quais a broca da cana, *Diatraea saccharalis* (Lep., Pyralidae) é a principal para o Estado de São Paulo, cujos danos são responsáveis por relevantes perdas na produção de álcool e açúcar.

Dentre os vários inimigos naturais de *D. saccharalis* que atacam as diferentes fases do seu ciclo biológico, os parasitóides de ovos, do gênero *Trichogramma* (Hym., Trichogrammatidae), estão sendo estudados para serem uma opção a mais no controle desta praga.

Esses inimigos naturais têm sido utilizados, em liberações inundativas, em vários países, para o controle de um grande número de pragas de importância agrícola. No Brasil, considerando a abundância de *Trichogramma* que ocorre naturalmente no campo, as perspectivas para o controle com o uso desses parasitóides são muito favoráveis.

Nos últimos anos tem havido um aumento na aplicação de análise de sistemas e simulação para estudos de vários problemas agrícolas. Isso se justifica pelo fato de que os sistemas agrícolas são compostos de numerosas interações de componentes e com o uso de um modelo de simulação esses sistemas podem ser melhor compreendidos e os seus comportamentos melhor descritos, pois o pesquisador passa a ter uma visão do sistema como um todo. Dessa forma, é possível também descobrir se há falta de dados ou teorias adequadas, identificar entradas, parâmetros e processos e ganhar consideráveis informações para condução das pesquisas, através dos processos de descrição e análise dos sistemas (JONES et al., 1980).

Embora alguns modelos de simulação já tenham sido desenvolvidos para a broca da cana em nosso país, SGRILLO (1979), BOTELHO (1985), LECUONA (1986) e AMBROSANO (1987), devido ao tipo de estrutura utilizada, não é possível modificá-los para serem empregados em outros estudos.

Sendo assim, o objetivo da presente pesquisa foi desenvolver um modelo de simulação do sistema cana-de-açúcar-broca-*Trichogramma*-ambiente, estruturado de modo a permitir que se estude cada parte do sistema e, principalmente, permita modificações tanto nos parâmetros como nas equações, que deverão ser realizadas com o avanço da pesquisa.

Os resultados desse trabalho permitirão melhor conhecimento deste sistema, identificando os pontos mais sensíveis do mesmo e ajudarão no planejamento das pesquisas de controle biológico da broca.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *Diatraea saccharalis*

2.1.1. BIOLOGIA

2.1.1.1. DURAÇÃO E POSTURA

CAMINHA FILHO (1935) estudou a biologia da *Diatraea saccharalis* (Lep., Pyralidae), observando que a fêmea coloca até 300 ovos, em posturas de 20 a 40 ovos, sendo esse período muito influenciado pelas condições ambientais. As fases larval e pupal tiveram duração de 25 a 30 dias e de 7 a 10 dias, respectivamente. Os adultos viveram de 4 a 6 dias, sendo a duração do ciclo completo de 40 a 46 dias.

HAYWARD (1943) observou posturas de até 630 ovos, sendo esse número muito variável e em média 350 ovos. O autor encontrou uma variação de 10 a 20 ovos por postura, chegando, às vezes, a 50. A duração da fase de ovo foi de 5 a 8 dias, sendo influenciada pela variação climática. O

período larval variou de 20 a 25 dias, com 5 ecdises, ou a 300 dias com 10 a 12 ecdises, pois os insetos no inverno deixaram de se alimentar e passaram por várias ecdises, sem aumentar de tamanho. A duração do período pupal foi de 7 a 8 dias no verão.

BERGAMIN (1948 e 1964) estudou alguns aspectos da biologia da broca da cana e observou um número médio de ovos por postura de 16,1 com um mínimo de 5 e máximo de 39, tendo as fêmeas, em média, colocado 300 ovos. O período de incubação dos ovos foi de 5 a 8 dias. Após a primeira ecdise, com 4 a 5 dias, iniciavam a penetração no colmo ; o período larval foi de 23 a 64 dias, sendo muito influenciado pela temperatura. O período pupal teve duração de 6 a 14 dias , e o número de gerações no ano foi estimando de 4 a 5, uma delas de lagartas hibernantes.

DUGAS (1954), na Lousiana, verificou que as posturas são colocadas em grupos com cerca de 20 ovos, tendo as lagartas eclodido 4 a 8 dias após.

De acordo com WALKER & ALEMANY (1965) as fêmeas vivem em média 5,2 dias, variando de 1 a 11 dias, e os machos, em média, 3,5 dias com variação de 1 a 8 dias. Em estudos de laboratório, JASIC (1968) trabalhando a uma temperatura de 25 °C e umidade relativa de 60%, verificou que as fêmeas colocam de 142 a 675 ovos, em média 330. O autor observou, ainda, que os limiares de desenvolvimento para ovo, lagarta, pupa e ciclo total foram 12,8; 12,1; 12,6

e 12,5 °C respectivamente.

Segundo BABAYAN *et al.* (1977), seis foi o número máximo de lagartas que se desenvolveu sobre uma planta de cana-de-açúcar.

KING *et al.* (1975) observaram que o período de incubação de ovos reduziu com o aumento da temperatura, ocorrendo a maior porcentagem de eclosão de lagartas a 26°C (98,4%) e a menor a 34 °C (9,9%). A duração do estágio larval à 30 °C foi de 18,1 dias para os machos e de 19,1 dias para as fêmeas, sendo 14 dias menor do que a obtida para 22 °C. À 28 °C a duração do estágio pupal foi, em média, de 6,8 dias, havendo para temperaturas mais altas aumento no tempo de desenvolvimento e na mortalidade de pupas.

GUAGLIUMI (1976), na Venezuela, verificou que as fêmeas depositam os ovos em grupos de 5 a 7 até 15 a 20, podendo ovipositar por vários dias até cerca de 500 ovos. A eclosão das lagartas ocorre 5 a 10 dias após. As durações das fases de lagarta e pupa foram de 20 a 30 e de 6 a 8 dias, respectivamente. O ciclo total teve a duração de 38 a 61 dias, assim o autor previu a ocorrência de 6 a 7 gerações por ano.

No Brasil, GUEVARA (1976), trabalhando em condições de telado, observou uma duração do ciclo completo da broca de 73 a 102 dias, com a fase de ovo de 9 dias, período larval de 57 a 79 dias e pupal de 7 a 14 dias. Segundo o

autor, a porcentagem de viabilidade da fase de ovo a adulto foi de 3,48%.

OSORES et al. (1981), na Argentina, descrevem a ocorrência de 5 gerações anuais da broca, das quais uma com duração de 75 dias, 3 de 40 dias e a última com 165 dias; observaram, ainda, relação entre as gerações e condições climáticas sendo curtas as gerações no verão, período de chuvas e temperaturas altas.

ARAUJO et al. (1982) estudando o ciclo biológico da praga, em condições de campo, observaram um período de incubação de 8 dias, de lagarta de 70,4 dias e de pupa de 11,9 dias, sendo o ciclo total de 109,16 dias.

ROE et al. (1982), criando *D. saccharalis* em dieta artificial, observaram que o período larval constou de até sete ínstaes, tendo 28% das lagartas apresentado 5 ínstaes, 68,9%, 6 ínstaes e 2,8% 7 ínstaes.

As exigências térmicas das diferentes fases do desenvolvimento da broca foram determinadas por MELO & PARRA (1984) em quatro temperaturas constantes (20, 22, 25 e 30°C) e fotofase de 14 horas. As constantes térmicas determinadas pelo método do coeficiente de variação foram 67,47; 516,96; 126,08 e 172,02 GD para as fases de ovo, largarta, pupa e adulto, respectivamente. As temperaturas base calculadas foram 11,2; 7,3; 10,6 e 7,1 °C para as fases de ovo, lagarta, pupa e adulto, respectivamente. Os autores estimaram 5 gerações anuais completas da broca, em 4

localidades do Estado de São Paulo.

A existência de 4 a 5 gerações anuais foi observada também por PHILOGENE & HAMMOND JR (1984), na Louisiana, com alongamento do período larval em decorrência de baixas temperaturas.

2.1.1.2. DIAPAUSA

O efeito da temperatura e do fotoperíodo sobre a fase larval de *D. saccharalis* foi estudado por OSMAN (1975), o qual observou que a temperatura influencia a duração da diapausa e que com fotoperíodo de 10:14 a lagarta levou mais tempo para empupar do que sob fotoperíodo de 14:10.

FUCHS *et al.* (1979) observaram que as lagartas de *D. saccharalis* entram em diapausa facultativa no último estágio larval, estando a indução e o término da diapausa relacionados com a temperatura e o fotoperíodo, sendo alta a incidência de diapausa em temperaturas baixas e fotoperíodos curtos. Segundo os autores, 12 a 13 horas de luz a temperatura de 21 °C favorecem a indução da diapausa a qual tem seu término acelerado pelo aumento tanto da temperatura como do fotoperíodo.

2.1.2. FLUTUAÇÃO POPULACIONAL

SILVEIRA NETO *et al.* (1968) estudaram a flutuação populacional da broca em Piracicaba, SP, observando maior população nos meses de setembro a novembro.

Estudando a broca em quatro regiões canavieiras do Estado de São Paulo, WALDER (1976) observou quatro gerações no ano, sendo a primeira em outubro-novembro, a segunda em dezembro-janeiro, a terceira em fevereiro-março e a quarta em abril-maio. Parte das lagartas da última geração entrou em diapausa, permanecendo nesse estado por 4 a 5 meses.

LONG (1976), nessas mesmas regiões, observou que a população de lagartas não teve distribuição uniforme dentro do ano, sendo relativamente alta de janeiro a julho, com mínimo em outubro, voltando a crescer após esse período. A população de lagartas pequenas decresceu de maio a junho, voltando a crescer em outubro.

De acordo com os trabalhos realizados em Araras, SP, por BOTELHO *et al.* (1977) os adultos ocorrem durante todos os meses do ano com pico populacional na segunda quinzena de agosto, e ainda, outros dois picos secundários, um na primeira quinzena de janeiro e outro na segunda quinzena de março. Segundo os autores os fatores meteorológicos foram responsáveis por 41,3% da flutuação populacional da broca, sendo as variações de temperatura o fator mais importante, com influência de 27,8%.

Em outro estudo, BOTELHO et al.(1979) observaram a flutuação populacional da broca durante 5 anos em Araras, S.P. A partir de coletas de adultos durante todo o período de estudo, verificaram um pico populacional em agosto e picos secundários nos meses de março, maio e dezembro.

MENDES et al. (1980) verificaram que o pico populacional de lagartas de quarto instar ou maiores, e de crisalidas ocorreu no mês de maio e, em novembro, as menores populações.

Observações sobre a biologia da broca realizadas por BOTELHO (1985), em condições de telado, mostraram que, em média, o menor tempo para esta praga completar o seu ciclo ocorre na primavera e, o maior, no inverno sendo a viabilidade total maior no verão do que no inverno. Segundo o autor, o fator chave da população é a fase de ovo .

2.1.3. EFEITO DE FATORES ABIÓTICOS

2.1.3.1. TEMPERATURA

Segundo KIRST & HENSLEY (1974) as baixas temperaturas exercem um importante papel na morte das lagartas, sendo o número de dias abaixo de 0 °C mais importante do que pequenos períodos com temperaturas inferiores a 6 °C negativos.

KING et al. (1975) estudando aspectos da biologia

da broca da cana, observaram influência da temperatura sobre a produção de ovos por fêmea, sendo a maior produção obtida a 24 °C (729,8). Os autores observaram, ainda um decréscimo no período de incubação com a elevação da temperatura até 32°C.

2.1.3.2. FOTOPERÍODO

PARRA et al. (1983) estudaram o efeito do fotoperíodo sobre o ciclo de *D. saccharalis* observando uma interação entre o fotoperíodo e a temperatura média.

2.1.3.3. PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

WOLCOTT (1915) observou, em Porto Rico, uma correlação inversa entre a população da broca e a precipitação pluviométrica, com ataques mais severos nas regiões secas (pluviosidade média anual entre 600 e 750 mm). Também na Guiana Inglesa foi observado que o nível de infestação da broca é menor na estação das chuvas do que no período seco (BOX, 1925). Segundo o autor isso ocorre em razão dos parasitóides apresentarem máxima eficiência no período de alta pluviosidade e serem exterminados no período seco.

Segundo BERTELS (1970) a chuva influi diretamente, de forma físico-mecânica, sobre a população da broca.

MENDONÇA FILHO (1978) observou que a precipitação pluviométrica afeta a população da praga em cana soca e cana planta, mas não observou correlação entre a precipitação e as formas imaturas do inseto.

2.2. *Trichogramma*

Os trichogramatídeos são holometabólicos, apresentando, portanto, as fases de ovo, larva (com 3 instares), pré-pupa e adulto. Com exceção da fase adulta, todas as outras ocorrem dentro do hospedeiro (MOUTIA & COURTOIS, 1952)

2.2.1. PROPORÇÃO SEXUAL

FUCHS & HARDING (1978) no Texas, observaram uma proporção média de macho:fêmea de 1,97:1 para *Trichogramma* spp., em ovos de *D. saccharalis*.

BROWNING & MELTON (1987) observaram uma razão sexual de 0,83.

A proporção sexual segundo BUTLER & LÓPEZ (1980), embora variável, é usualmente de duas fêmeas para um macho.

MICHELETTI (1987) observou, em condições de campo, uma proporção sexual de 7,1 fêmeas para um macho, para *Trichogramma galloi* (Hym., Trichogrammatidae), em *D. saccharalis*.

2.2.2.EFEITO DE FATORES ABIÓTICOS

2.2.2.1.TEMPERATURA

Os efeitos da temperatura sobre *Trichogramma* foram avaliados por diversos autores (LUND, 1938; CLAUSEN, 1940; BUTLER & LÓPEZ , 1980; LOPEZ JR & MORRISON, 1980; VOLDEN & CHIANG, 1982; CALVIN et al., 1984; YU et al., 1984; HARRISON et al., 1985), sendo observado influências no tipo de reprodução, sexo dos descendentes, emergência dos adultos e longevidade.

De acordo com VOEGELÊ (1978) e SUZUKI (1982) a temperatura pode determinar o sexo da progênie. Segundo BOWEN & STERN (1966), a intensidade e a duração da temperatura no estágio de pupa podem determinar se os indivíduos serão macho ou fêmea

Segundo CABELLO-GARCIA & VARGAS-PIQUERAS (1985) o tipo de reprodução de *Trichogramma cordubensis* (Hym., Trichogrammatidae) é determinado pela temperatura ocorrida durante o estágio de pré-pupa das fêmeas parentais.

2.3. MODELO DE SIMULAÇÃO

STIMAC & BARFIELD (1979) apresentaram um modelo conceitual de um sistema de produção de soja que, segundo os autores, pode ser utilizado para se formular hipóteses sobre problemas com pragas dessa cultura. Apresentaram, ainda, um

modelo mais detalhado do sistema soja, pragas, doenças e inimigos naturais, ou seja, uma representação hierárquica das pragas que podem afetar as raízes, folhas e caules da soja. Mas, para se avaliar estratégias específicas de manejo de pragas, segundo os autores, o modelo conceitual precisa ser representado na forma de um modelo matemático do sistema soja, o qual inclui submodelos de cada uma das pragas. O modelo matemático poderá, então, ser transcrito em uma linguagem de computador e servirá como uma ferramenta para se avaliar respostas das populações das pragas em diferentes condições de manejo.

Segundo STIMAC (1982) os computadores têm sido utilizados para organizar e executar modelos complexos de simulação, os quais são uteis na previsão de populações de pragas e seu impacto nas culturas. Segundo o autor um dos maiores problemas no desenvolvimento desses modelos é a grande quantidade de informações necessárias.

WEIDHASS & HAILE (1980) enfatizaram a importância da modelagem e simulação em computador para pesquisas e controle de insetos, e apresentaram um resumo de modelos publicados, métodos de modelagem e simulação.

Com o desenvolvimento de modelos mais sofisticados, os computadores estão tendo papel cada vez mais importante no manejo de pragas. Hoje, na Flórida, os computadores são utilizados em programas de manejo de pragas para fornecer mais rapidamente as informações necessárias para tomada de

decisões, STIMAC (1990).

Modelos de graus-dias são ferramentas que já foram avaliadas e são bem aceitos para programas de manejo de pragas (TAYLOR 1981, PRUES 1983).

Muitos modelos têm sido desenvolvidos nas mais diversas áreas de conhecimento, como os de doenças nas áreas médica e agrícola, os de manejo de gado e pastagens em fazendas ou os para simular o desenvolvimento de culturas e manejo de pragas.

O'NEIL & STIMAC (1988) desenvolveram um modelo que descreve a predação em lagartas pequenas (segundo ínstar) de *Anticarsia gemmatalis* (Lep., Noctuidae) em soja. Assim, a predação é matematicamente descrita como uma função do número de presas e predadores, da procura do predador e da área foliar da soja. Segundo os autores, a procura do predador é uma função exponencial negativa da densidade de presa, assim os predadores procuram menos áreas se a densidade de presa aumenta. A influência do crescimento da planta na procura do predador e na predação é discutida.

Um modelo foi desenvolvido para prever emergência de adultos de primeira geração da praga do milho *Diatraea grandiosella* (Lep., Pyralidae) por KNUTSON et al. (1989) em função das temperaturas média, mínima e máxima e da distribuição de classes de idade (ínstares).

BAUMGARTNER & BARONIO (1989) descreveram um modelo para simulação da fenologia de *Lobesia botrana* (Lep.

Tortricidae). Apesar dos autores admitirem que os dados de campo não eram suficientes para o processo de validação do modelo, concluíram que ele pode servir de base para um modelo de análise da população de *L. botrana* em ecossistemas de videira.

Um modelo de graus-dia para *Calocoris norvegicus* (Hom.:Miridae) foi desenvolvido por PURCELL & WELTER (1990), o qual prevê o tempo de desenvolvimento de cada estágio e é utilizado para programação de controle em pistache. A validação foi feita comparando o cálculo dos graus-dia obtido no laboratório com estimativas obtidas a partir de dados de fenologias sazonais coletados no campo. A eficiência de aplicações de inseticidas foi determinada com o uso do modelo.

Um modelo linear que descreve a relação entre perdas de produção e plantas de milho atacadas ou número de larvas da broca européia do milho, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera:Pyralidae), com foi desenvolvido por BIGLER et al.(1990).

GOT et al.(1991) desenvolveram um modelo de graus-dia para simular o desenvolvimento larval da broca europeia do milho (*O. nubilalis*). Segundo os autores as diferenças entre as médias simuladas e observadas foram menores do que uma semana e o modelo é bom para previsão de perdas e de controle da praga.

LABATTE & GOT (1991) apresentaram um modelo para

descrever as perdas de produção causada por *O. nubilalis* em milho. O modelo leva em conta o desenvolvimento, a mortalidade e a distribuição da praga na cultura.

Dados de três pesquisas publicadas sobre o desenvolvimento de *Prostephanus truncatus* (Col.:Brostrichidae), criados em temperatura e umidades relativas constantes, foram utilizados por SUBRAMANYAM & HAGSTRUM (1991) para elaborar um modelo de desenvolvimento em função da temperatura, o qual foi utilizado para comparar o tempo de desenvolvimento dos estágios de vida, umidade relativa e dietas.

Para determinar o tempo ideal e a concentração de inseticida que deve ser aplicada para o controle de *Triporyza incertulas* em arroz ZHANG et al.(1991) desenvolveram um modelo que consiste de 4 submodelos: dinâmica da população, perdas de produção, degradação do inseticida e eficiência do inseticida.

Para se avaliar como as variedades resistentes de cana-de-açúcar e a predação podem afetar as populações da broca da cana *D. saccharalis*, BESSIN et al.(1991) desenvolveram um modelo que inclui o processo de desenvolvimento do inseto nas fases imaturas, oviposição e a mortalidade devido à predação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foi desenvolvido um modelo compartimental, determinístico, para simulação da dinâmica do sistema.

Inicialmente construiu-se um modelo conceitual geral para se ter uma visão da praga e do parasitóide dentro do contexto do sistema. A seguir construiu-se um modelo conceitual simplificado do sistema para definir as entradas e saídas de cada parte dos subsistemas, chamados "Couplings".

Utilizando-se os dados obtidos por levantamento bibliográfico e as informações de pesquisadores, sobre a broca, o parasitóide e os fatores climáticos, foi construído um modelo compartimental, onde os compartimentos representam as fases do ciclo dos insetos.

Os passos seguidos para o desenvolvimento do modelo estão representados na Figura 1.

Figura 1. Representação esquemática dos passos para desenvolvimento do modelo.

Assim, após a determinação dos componentes do sistema, dos dados necessários para o desenvolvimento do modelo, da precisão dos dados a serem utilizados e da construção dos modelos conceituais, foram feitas as descrições dos processos, ou seja, as interrelações entre os componentes do sistema, a estrutura que o modelo deve ter para se conseguir os objetivos.

Os próximos passos foram o de formulação, que é a representação das descrições em equações matemáticas, e o de

codificação, que se refere a tradução do modelo em uma linguagem de computador, sendo PASCAL a utilizada.

Utilizando dados da literatura e informações de pesquisadores da área foram determinados os 'INPUTS', as condições iniciais para rodar o programa e estimados os parâmetros.

A seguir foram iniciadas as simulações, ou seja, a execução, em computador, do modelo desenvolvido, para se verificar a sua exatidão. Nessa fase foi utilizado um microcomputador PC-486 e o compilador Pascal, além do programa Harvard Graphics para a elaboração dos gráficos.

Com as primeiras validações foram determinados e corrigidos os erros na codificação, ou seja, os erros de sintaxe do programa de computador. A seguir foi observado se a codificação estava representando as equações matemáticas formuladas e se a formulação estava representando as descrições dos processos.

As avaliações feitas até aqui garantiram um modelo livre de erros matemáticos, computacionais e numéricos

O próximo passo foi verificar se as descrições estavam corretas. Para isso, foram utilizados dados que não haviam sido incluídos na construção modelo. Essa fase foi dividida em duas partes, validação qualitativa, pela qual foi observado se o resultado da simulação estava acompanhando a dinâmica dos insetos no campo, e validação quantitativa, na qual foram comparados os dados simulados

com os observados quantitativamente, com o objetivo de calibrar o modelo.

O primeiro modelo desenvolvido foi para a dinâmica da broca, em laboratório, considerando temperatura fixa e sem mortalidade em função de fatores como predação e parasitismo.

Após concluídos todos os passos descritos acima, ou seja, após a validação desse modelo, foi acrescentada a variação da temperatura e novamente feitas as verificações. Assim, o procedimento utilizado consistiu em validar o modelo a cada variável introduzida.

O modelo tendo sido considerado válido passou-se para a fase de análise do seu comportamento, variando-se as mortalidades das diferentes fases e também a quantidade e época de liberação dos parasitóides.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Modelos Conceituais

O modelo conceitual geral apresentado na Figura 2 foi simplificado (Figura 3) e apresenta as partes do sistema que irão compor o modelo final, com a identificação das entradas e saídas de cada subsistema.

Com o auxílio dessa figura foram determinados os dados necessários para se desenvolver o modelo dessa parte do sistema, representados pelas setas, ou seja a influência do ambiente (temperatura, umidade, fotoperíodo) na cultura da cana-de-açúcar, no desenvolvimento da broca *Diatraea saccharalis* (Lep., Pyralidae) e do parasitóide *Trichogramma galloi* (Hym., Trichogrammatidae); a influência da broca na cultura da cana-de-açúcar e da cultura no desenvolvimento da broca; a influência da praga na população do parasitóide e vice-versa e a influência da cultura no parasitóide.

Fig.2. Modelo conceitual geral do sistema.

Fig.3. Modelo conceitual simplificado do sistema.

Após um novo levantamento bibliográfico, foram coletados os dados apresentados no Anexo 1, que permitiram a construção do modelo apresentado na Figura 4.

Fig.4. Modelo conceitual do subsistema broca-*Trichogramma*.

O modelo foi desenvolvido para simular um lote, com cana planta de ano e meio, considerando as migrações de adultos (imigração e emigração), de forma estruturada que simula diariamente as mudanças nas populações da praga e do parasitóide, permitindo que sejam estudadas todas as partes que o compõem e se façam modificações, tanto nos parâmetros como nas equações.

4.2. EQUAÇÕES DO MODELO DA BROCA-DA-CANA

As equações que compõem o modelo, para cada estágio de desenvolvimento do inseto, são apresentadas como fluxos que representam a passagem de um estágio para outro, diariamente.

4.2.1. EQUAÇÃO GERAL DOS FLUXOS

$$f_{i,j} = X_i \cdot KP_i \cdot (1-g_i)$$

onde $f_{i,j}$ é o fluxo do estágio i para o estágio j ,

X_i é o número de indivíduos no estágio i ,

KP_i é a proporção diária de graus dias para completar o desenvolvimento dos indivíduos no estágio i ,

g_i é a proporção diária de mortalidade dos indivíduos do estágio i .

4.2.2. FASE DE OVO

$$f_{1,2} = X_1 \cdot KP_1 \cdot (1-g_{11})$$

$$KP_1 = (TE-11,2) / 64,47$$

$$g_{11} = f(g_{12} \quad g_{13} \quad g_{14} \quad b_{11} \quad b_{12})$$

$$g_{12} = f(g_{15} \quad g_{16} \quad g_{17} \quad g_{18})$$

$$g_{13} = 1$$

$$\begin{array}{ll}
 g_{14} = ! \quad 21,8\% & \text{SE TE} \leq 20^{\circ}\text{C} \\
 ! & \\
 ! & \\
 ! \quad (TE - 20) \cdot (8,1) & \\
 ! \quad \hline & \text{SE } 20^{\circ}\text{C} < TE \leq 22^{\circ}\text{C} \\
 ! \quad 2 & + 21,8 \\
 ! & \\
 ! & \\
 ! \quad (25 - TE) \cdot (11,1) & \\
 ! \quad \hline & \text{SE } 22^{\circ}\text{C} < TE \leq 25^{\circ}\text{C} \\
 ! \quad 3 & + 18,8 \\
 ! & \\
 ! & \\
 ! \quad (30 - TE) \cdot (5,5) & \\
 ! \quad \hline & \text{SE } 25^{\circ}\text{C} < TE \leq 30^{\circ}\text{C} \\
 ! \quad 5 & + 13,3 \\
 ! & \\
 ! & \\
 ! \quad (TE - 30) \cdot (9,8) & \\
 ! \quad \hline & \text{SE } 30^{\circ}\text{C} < TE \leq 32^{\circ}\text{C} \\
 ! \quad 2 & + 13,3 \\
 ! & \\
 ! & \\
 ! & \\
 ! \quad 8,11 & \text{SE TE} \geq 32^{\circ}\text{C}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
 g_{15} = ! \quad 20,0 & \text{SE TE} \leq 18^{\circ}\text{C} \\
 ! & \\
 ! & \\
 ! \quad (TE - 18) \cdot (7,24) & \\
 ! \quad \hline & \text{SE } 18^{\circ}\text{C} < TE \leq 20^{\circ}\text{C} \\
 ! \quad 2 & + 20,0 \\
 ! & \\
 ! & \\
 ! & \\
 ! &
 \end{array}$$

!	$(22 - TE) \cdot (0,3)$		
!	<hr/>	2	+ 26,91
!			SE $20^{\circ}\text{C} < TE \leq 22^{\circ}\text{C}$
!			
!	$(TE - 22) \cdot (9,52)$		
!	<hr/>	8	+ 26,91
!			SE $22^{\circ}\text{C} < TE \leq 30^{\circ}\text{C}$
!			
!	$(TE - 30) \cdot (7,16)$		
!	<hr/>	2	+ 36,43
!			SE $30^{\circ}\text{C} < TE \leq 32^{\circ}\text{C}$
!			
!	43,59		SE $TE \geq 32^{\circ}\text{C}$

$$g_{16} = 1$$

$$g_{17} = 1$$

$g_{18} =$	!	$PR \cdot (56,56)$	
	!	<hr/>	
	!	0,40	SE $PR \leq 0,40$
	!		
	!	$(0,80 - PR) \cdot (2,5)$	
	!	<hr/>	
	!	0,40	+ 54,06
	!		SE $0,40 < PR \leq 0,80$
	!		
	!	$(TE - 0,80) \cdot (18,99)$	
	!	<hr/>	
	!	0,8	+ 54,06
	!		SE $0,80 < PR \leq 1,60$
	!		
	!		

$$\begin{array}{l}
 ! (TE - 1,60) \cdot (12,29) \\
 ! \frac{\quad}{1,6} + 73,05 \quad \text{SE } 1,60 < PR \leq 3,20 \\
 ! \\
 ! \\
 ! \\
 ! \\
 ! 85,34 \quad \text{SE } PR \geq 3,2
 \end{array}$$

Onde $f_{1,2}$ é o fluxo de ovos para lagartas pequenas,

X_1 é o número de ovos,

KP_1 é a proporção de desenvolvimento da fase de ovos,

TE é a temperatura ambiente $^{\circ}\text{C}$,

g_{11} é a proporção de mortalidade de ovos,

g_{12} é a proporção de mortalidade devido a parasitóides,

g_{13} é a proporção de mortalidade em função da umidade,

g_{14} é a proporção de mortalidade em função da temperatura,

g_{15} é a proporção de mortalidade devido aos parasitóides, em função da temperatura,

g_{16} é a proporção de mortalidade devido aos parasitóides, em função da umidade,

g_{17} é a proporção de mortalidade devido aos parasitóides, em função da variedade de cana,

g_{18} é a proporção de mortalidade devido aos parasitóides, em função da proporção adultos de *Trichogramma*/ovos de *Diatraea*,

b_{11} é a proporção de mortalidade devido a predadores,

b_{12} é a proporção de mortalidade devido a doenças,

PR é a proporção de parasitóides por ovo de *D. saccharalis*.

4.2.3. FASE DE LAGARTAS PEQUENAS

$$f_{2,3} = X_2 \cdot KP_2 \cdot (1 - g_{22})$$

$$KP_2 = (TE - 7,2) / 258,48$$

$$g_{22} = f(g_{23} \quad b_{12} \quad b_{22} \quad b_{23} \quad b_{24})$$

$$g_{23} = ! \quad 1,25$$

$$\text{SE } TE \leq 20^{\circ}\text{C}$$

$$! \quad \frac{(TE - 20) \cdot (3,85 - 2,25)}{2} + 1,25$$

$$\text{SE } 20^{\circ}\text{C} < TE \leq 22^{\circ}\text{C}$$

$$! \quad \frac{(30 - TE) \cdot (3,85 - 0,95)}{2} + 0,95$$

$$\text{SE } 22^{\circ}\text{C} < TE \leq 30^{\circ}\text{C}$$

$$! \quad \frac{(TE - 30) \cdot (8,11 - 0,95)}{2} + 0,95$$

$$\text{SE } 30^{\circ}\text{C} < TE \leq 32^{\circ}\text{C}$$

$$! \quad 8,11$$

$$\text{SE } TE \geq 32^{\circ}\text{C}$$

Onde $f_{2,3}$ é o fluxo de lagartas pequenas para lagartas grandes,

X_2 é o número de lagartas pequenas,

KP_2 é a proporção de desenvolvimento da fase de lagarta pequena,

TE é a temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$),

g22 é a proporção de mortalidade de lagartas pequenas,

g23 é a proporção de mortalidade em função da temperatura,

b21 é a proporção de mortalidade devido a predadores,

b22 é a proporção de mortalidade devido parasitóides,

b23 é a proporção de mortalidade devido a doenças,

b24 é a proporção de mortalidade devido a fatores desconhecidos.

4.2.4. FASE DE LAGARTA GRANDE

$$f_{3,4} = X_3 \cdot KP_3 \cdot (1 - g_{32})$$

$$KP_3 = (TE - 7,3) / 258,48$$

$$g_{32} = (g_{33} \quad b_{31} \quad b_{32} \quad b_{33} \quad b_{34})$$

$$\begin{array}{lcl}
 g_{33} = & ! \quad 5,35 & \text{SE } TE \leq 20^{\circ}\text{C} \\
 & ! & \\
 & ! \quad (30 - TE) \cdot (2,25) & \\
 & ! \quad \frac{\quad}{10} + 3,10 & \text{SE } 20^{\circ}\text{C} < TE \leq 30^{\circ}\text{C} \\
 & ! & \\
 & ! & \\
 & ! \quad (TE - 30) \cdot (4,49) & \\
 & ! \quad \frac{\quad}{2} + 7,59 & \text{SE } 30^{\circ}\text{C} < TE \leq 32^{\circ}\text{C} \\
 & ! & \\
 & ! & \\
 & ! \quad 7,59 & \text{SE } TE > 32^{\circ}\text{C}
 \end{array}$$

Onde $f_{3,4}$ é o fluxo de lagartas grandes para pupas,

X_3 é o número de lagartas grandes,

KP_3 é a taxa de desenvolvimento da fase de lagartas grandes,

TE é a temperatura ambiente ($^{\circ}C$),

g_{32} é a proporção de mortalidade de lagartas grandes,

g_{33} é a proporção de mortalidade em função da temperatura,

b_{31} é a proporção de mortalidade devido a predadores,

b_{32} é a proporção de mortalidade devido a parasitóides,

b_{33} é a proporção de mortalidade devido a doenças,

b_{34} é a proporção de mortalidade devido ao corte da cana.

4.2.5. FASE DE PUPA

$$f_{4,5} = X_4 \cdot KP_4 \cdot (1 - g_{42}) \cdot (1 - b_{42})$$

$$f_{4,6} = X_4 \cdot KP_4 \cdot (1 - g_{42}) \cdot b_{42}$$

$$KP_4 = (TE - 10,6) / 126,08$$

$$g_{42} = f(g_{43} \quad g_{44} \quad b_{41} \quad b_{43} \quad b_{44} \quad b_{45})$$

$$g_{43} = ! \quad 0,14$$

!
!
!

$$SE \quad TE \leq 20^{\circ}C$$

$$\begin{array}{ll}
 ! \frac{(TE - 20) \cdot (0,078)}{2} + 0,14 & \text{SE } 20^{\circ}\text{C} < TE \leq 22^{\circ}\text{C} \\
 ! & \\
 ! & \\
 ! & \\
 ! 0,201 & \text{SE } 22^{\circ}\text{C} \leq TE \leq 30^{\circ}\text{C} \\
 ! & \\
 ! & \\
 ! \frac{(TE - 30) \cdot (0,251)}{2} + 0,1912 & \text{SE } 30^{\circ}\text{C} < TE \leq 32^{\circ}\text{C} \\
 ! & \\
 ! & \\
 ! 0,442 & \text{SE } TE > 32^{\circ}\text{C}
 \end{array}$$

$$g_{44} = 1$$

Onde $f_{4,5}$ é o fluxo de pupas para machos,

$f_{4,6}$ é o fluxo de pupas para fêmeas em pré-oviposição,

X_4 é o número de pupas,

KP_4 é a taxa de desenvolvimento da fase de pupa,

TE é a temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$),

g_{42} é a proporção de mortalidade de pupas,

g_{43} é a proporção de mortalidade em função da temperatura,

g_{44} é a proporção de mortalidade em função da umidade,

b_{41} é a proporção de mortalidade devido a predadores,

b_{42} é a razão sexual,

b_{43} é a proporção de mortalidade devido doenças,

b_{44} é a proporção de mortalidade devido a má formação,

b_{45} é a proporção de mortalidade devido a fatores desconhecidos.

4.2.6. FEMEAS

$$f_{6,7} = X_6 \cdot KP_6 \cdot (1 - g_{61})$$

$$f_{7,1} = f(X_7 \quad g_{62} \quad g_{63})$$

$$KP_6 = (TE - 7,1) / 172,08$$

$$g_{61} = f(g_{64} \quad b_{65})$$

$$g_{62} = \begin{cases} 0,90 & \text{SE } TE \leq 20^{\circ}\text{C} \\ \frac{(TE - 20) \cdot (0,10)}{2} + 0,90 & \text{SE } 20^{\circ}\text{C} < TE \leq 22^{\circ}\text{C} \\ \frac{(30 - TE) \cdot (0,24)}{8} + 0,769 & \text{SE } 22^{\circ}\text{C} < TE \leq 30^{\circ}\text{C} \\ 0,769 & \text{SE } TE > 30^{\circ}\text{C} \end{cases}$$

$$g_{63} = \begin{cases} 607,8 & \text{SE } TE \leq 20^{\circ}\text{C} \\ \frac{(25 - TE) \cdot (201,8)}{5} + 406 & \text{SE } 20^{\circ}\text{C} < TE \leq 25^{\circ}\text{C} \end{cases}$$

$$\begin{aligned}
 & \left| \frac{(30 - TE) \cdot (123)}{5} + 283 \right| \quad \text{SE } 25^{\circ}\text{C} < TE \leq 30^{\circ}\text{C} \\
 & \left| 283 \right| \quad \text{SE } TE > 30^{\circ}\text{C} \\
 g_{64} = & \left| 0,0318 \right| \quad \text{SE } TE \leq 25^{\circ}\text{C} \\
 & \left| \frac{(TE - 25) \cdot (0,09)}{5} + 0,02 \right| \quad \text{SE } 25^{\circ}\text{C} < TE \leq 30^{\circ}\text{C} \\
 & \left| \frac{(TE - 30) \cdot (0,192)}{2} + 0,11 \right| \quad \text{SE } 30^{\circ}\text{C} < TE \leq 32^{\circ}\text{C} \\
 & \left| 0,302 \right| \quad \text{SE } TE > 32^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

$$g_{65} = 1$$

Onde $f_{6,7}$ é o fluxo de fêmeas para o compartimento de fêmeas em oviposição,

$f_{7,1}$ é o fluxo de entrada no compartimento de ovos,

X_6 é o número de fêmeas em pré-oviposição,

X_7 é o número de fêmeas em oviposição,

KP_4 é a taxa de desenvolvimento da fase de pupa,

TE é a temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$),

g_{61} é a proporção de mortalidade de fêmeas em pré-oviposição,

g_{62} é a proporção de fêmeas férteis em função da

temperatura,

g_{63} é o número de ovos por fêmea em função da temperatura,

g_{64} é a proporção de mortalidade devido à deformações genéticas,

b_{65} é a proporção de mortalidade devido à fatores desconhecidos.

4.3. VALIDAÇÃO DO MODELO DA BROCA EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO (VALIDAÇÃO- SÉRIE 1)

O passo seguinte foi a codificação dessas equações em linguagem PASCAL. Na primeira versão o modelo simula uma população no laboratório, onde todas as variáveis ambientais são controladas e somente é considerada a mortalidade intrínseca da espécie (Apêndice 1). Foram realizadas simulações comparando-se os resultados com o de trabalhos publicados.

Nas primeiras simulações foram observadas algumas durações fora do intervalo de variação. Analisando o modelo observou-se que, como o tempo é sempre um número inteiro o que não acontece com a duração calculada ($D=K/TE-TB$), a passagem de uma classe para outra ocorre quando o tempo atinge um valor inteiro superior ao calculado sendo perdidas as decimais da duração. Assim, por exemplo, se $D=8,75$, o

inseto deveria permanecer 1,75 dia em cada classe (considerando 5 classes), mas como o tempo de simulação é de um dia, a passagem ocorre após 2 dias quando o "graus-dia" acumulado for maior que $K/5$. Permanecendo 2 dias em cada fase, o período passa a ser de 10 dias e não 8,75 dias como deveria ser, esse ponto fica, portanto, fora do intervalo de variação e o ciclo do inseto é alongado.

As duas soluções propostas para esse problema foram a de mudar o tempo de simulação para 0,1 dia em vez de 1 dia, ou a de utilizar um acumulador para esse resíduo. As duas modificações foram feitas e na comparação dos resultados observou-se que ambas eram eficientes, optou-se, então, pela segunda alternativa por não haver valores dos parâmetros com resolução de 0,1 dia.

Novas simulações foram, a seguir, realizadas e comparando-se os resultados com dados experimentais, observou-se que os dados simulados estavam dentro do intervalo de variação de dados observados (figuras 5, 6 e 7) e que a mesma quantidade de ovos que entrava chegava à fase adulta, ou seja, não estavam ocorrendo perdas nas passagens entre classes nem entre compartimentos.

Fig.5. Duração da fase de ovos (simulada e observada por MELO (1984)).

Fig.6. Duração da fase de lagartas (simulada e observada por MELO (1984)).

Fig.7.Duração da fase de pupas (simulada e observada por MELO (1984)).

As equações foram então alteradas, levando-se em consideração as mortalidades dentro de cada fase. Comparando-se valores simulados com valores observados corrigiu-se os erros de sintaxe do programa e foi introduzida a variável temperatura, ou seja, a temperatura passou a ser variável com o decorrer do tempo.

Da mesma forma foram introduzidas as demais variáveis e incorporados outros parâmetros, sempre validando

após cada modificação.

4.4. EQUAÇÕES DO MODELO DO *Trichogramma*

As equações de parasitismo dos ovos com *Trichogramma* foram, então, acrescentadas (Apêndice 2).

$$f_{1,9} = X_1 \cdot g_{18}$$

$$g_{18} = \begin{cases} \text{PR} \cdot (56,56) & \text{SE PR} \leq 0,40 \\ \frac{(0,80 - \text{PR}) \cdot (2,5)}{0,40} + 54,06 & \text{SE } 0,40 < \text{PR} \leq 0,80 \\ \frac{(\text{TE} - 0,80) \cdot (18,99)}{0,8} + 54,06 & \text{SE } 0,80 < \text{PR} \leq 1,60 \\ \frac{(\text{TE} - 1,60) \cdot (12,29)}{1,6} + 73,05 & \text{SE } 1,60 < \text{PR} \leq 3,20 \\ 85,34 & \text{SE PR} \geq 3,2 \end{cases}$$

Onde $f_{1,9}$ é o fluxo de ovos para ovos parasitados

X_1 é o número de ovos

TE é a temperatura ambiente °C

g_{18} é a proporção de mortalidade devido aos parasitóides, em função da proporção adultos de *Trichogramma*/ovos de *Diatraea*.

PR é a proporção de parasitóides por ovo de *D. saccharalis*.

4.5. EQUIPAMENTOS E PROGRAMAS NECESSÁRIOS

Para a utilização dos programas apresentados nos anexos 3 e 4 é necessário um microcomputador, PC compatível, a linguagem de programação PASCAL e um programa para a confecção dos gráficos, como HARVARD GRAPHICS, PLOTIT ou LOTUS.

4.6. VALIDAÇÃO DO MODELO EM CONDIÇÕES DE CAMPO (SÉRIE 2)

Nesse ponto todas as variáveis possíveis já estavam incluídas no modelo e as que não se tinha informações estavam zeradas.

Passou-se, então, para a fase das validações, comparando-se com levantamentos de campo.

As mortalidades das diversas fases (Figura 8) foram calculadas, pois as mortalidades são calculadas a partir de diversas equações, sendo assim verificado a exatidão dos cálculos. Observou-se que a mortalidade de ovos varia em torno de 70% , valor próximo ao obtido por MACEDO et al.

(1978), TERAN (1980), e DEGASPARI et al. (1983). A mortalidade de lagartas pequenas varia em torno de 90%, lagartas grandes próximo a 95% e de pupas próximo a 35%.

Fig.8. Porcentagem de mortalidade das diferentes fases no decorrer do ano.

A duração de cada fase do ciclo para essas condições simuladas é apresentada na Figura 9, a fase de ovo variou de 7 a 13 dias, a de lagarta pequena de 11 a 23 dias, de lagarta grande de 15 a 33 dias e de pupa de 11 a 13 dias, com 5 gerações no ano. BOTELHO (1985) observou que o período

de ovo varia de 7 a 12 dias, o de lagarta de 50 a 90 dias e o de pupa de 10 a 11 dias. BERGAMIM (1948 e 1964) observou um período de incubação de 5 a 8 dias, período larval de 23 a 64 dias e o pupal de 6 a 14 dias, sendo estimado a ocorrência de 4 a 5 gerações no ano.

Fig.9. Duração, em dias, das diferentes fases no decorrer do ano.

A duração do ciclo de ovo a adulto (Figura 10) varia de 43 a 74 dias, tendo-se observado 5 gerações da praga no ano. CAMINHA FILHO (1935) observou que o ciclo completo teve a duração de 40 a 56 dias e segundo GALLO (1964), no Estado de São Paulo ocorrem de 4 a 5 gerações no ano.

Fig.10.Duração do ciclo (ovo-adulto) em dias no decorrer do ano.

Foram feitas simulações da dinâmica da praga nos diversos estágios de desenvolvimento, em condições de campo, e comparou-se com dados da literatura.

Nas Figuras 11, 12 e 13 são apresentados os gráficos referentes as simulações da dinâmica da praga utilizando os parâmetros apresentados no apêndice 3.

Fig.11.Dinâmica simulada da Fase de ovo.

Fig.12.Dinâmica simulada da fase de lagarta grande

Fig.13.Dinâmica simulada da fase de adulto (fêmeas).

Observa-se predominância de posturas em janeiro e fevereiro, resultado semelhante ao de BOTELHO (1985), em Araras, e de MICHELETTI (1987) em Iracemápolis.

Quanto a adultos (Figura 13) notou-se um pico nos meses de setembro e novembro e um acme no mês de fevereiro.

Quando foram realizadas simulações apenas mudando de 20% para 95% a mortalidade de lagartas pequenas nos meses de maio, junho, julho e agosto. Os resultados quantitativos foram próximos aos obtidos por MICHELETTI (1987).

Fig.14.Dinâmica simulada da fase de ovo.

Fig.15.Dinâmica simulada da fase de lagarta grande.

Fig.16.Dinâmica simulada da fase de adulto (fêmeas).

Para as simulações onde mudou-se para 95% a mortalidade de lagartas pequenas nos meses de novembro e dezembro (Figuras 17 a 20), pode-se observar picos de adultos nos meses de setembro(acme), novembro e fevereiro. Alguns autores, como GALLO et al.(1967), SILVEIRA NETO et al.(1968), MENDES (1976) e BOTELHO et. al. (1979), também encontraram picos de adultos nesses meses. Os resultados do número de ovos foram semelhantes aos encontrados por LOPES

(1988), em Barra Bonita, variedade SP 71-1406. Nessa simulação pode-se observar ainda, que o pico mais elevado foi de 280.000 ovos/ha (setembro). LOPES (1988) observou picos máximos de 478.000 ovos/ha em 1986 e de 111.000 ovos/ha em 1987. Nessas condições simuladas, as maiores quantidades de pupas ocorreram nos meses de setembro (acme), novembro e março (Figura 19). BOTELHO (1985) observou acúmulos deste estágio nos 5 últimos meses do ano e WALDER(1976) encontrou maiores populações desse estágio nos meses de dezembro e agosto.

Fig.17.Dinâmica simulada da fase de ovo.

Fig.18.Dinâmica simulada da fase de lagarta grande.

Fig.19.Dinâmica simulada da Fase de pupa.

Fig.20.Dinâmica simulada da fase de adulto (fêmeas)

Os dados da dinâmica da praga nos diferentes estágios de desenvolvimento nas simulações foram semelhantes aos encontrados na literatura, em termos de época e amplitude dos picos, assim o modelo foi considerado válido e iniciou-se a fase de análise do comportamento do modelo em diferentes condições.

4.7. ANÁLISES DO MODELO

Foram feitas duas séries de análises, variando-se as mortalidades(série 1) e época e quantidade de liberação do *Tichogramma*(série 2).

4.7.1 VARIAÇÕES NAS MORTALIDADES (ANÁLISE - SÉRIE 1)

Para essa série de análise do modelo simulou-se a dinâmica da praga variando-se as mortalidades dos diferentes estágios de desenvolvimento (Figuras 21 a 40). Nos resultados de simulações variando-se o valor da mortalidade de ovos devido a predadores em 20%, 50% e 60% (Figuras 21, 22 e 23, respectivamente) nota-se que com a variação de 20 para 60% nessa mortalidade ocorrem diminuições de 3 a 7 vezes na quantidade de ovos na época de maior pico (setembro e fevereiro, respectivamente), METCALFE & VAN WHERVIN (1965), TERAN (1978) e DEGASPARI et al. (1981), observaram 25% , 63,64% e 20,44%, respectivamente, de mortalidade de ovos devido a predadores. Alterando-se essa mortalidade em 10% observa-se uma variação de 140.000 ovos/ha (1,7 vezes) na época de maior pico (figura 24 e 25).

Fig.21.Dinâmica da fase de ovo variando-se a mortalidade de ovos devido a predadores.

Fig.22. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade devido a predadores, quando a maior oviposição ocorre nos meses de janeiro e fevereiro.

Fig.23. Dinâmica de lagartas grandes variando-se a mortalidade de ovos devido a predadores, quando a maior oviposição ocorre nos meses de janeiro-fevereiro.

Fig.24. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de ovos devido a predadores, em 10%, quando a maior oviposição ocorre nos meses de janeiro-fevereiro.

Fig.25. Dinâmica de lagartas grandes variando-se a mortalidade de ovos devido a predadores, em 10% quando a maior oviposição ocorre nos meses de janeiro-fevereiro.

A variação da mortalidade de ovos devido a doenças de 0 para 20% proporcionou uma variação de 130.000 ovos/ha (1,8 vezes) na época de maior pico (Figura 26).

Fig.26.Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de ovos devido a doenças, para a situação em que a maior oviposição ocorre nos meses de agosto-setembro.

As simulações onde estudou-se a mortalidade de lagartas pequenas devido a predadores (Figuras 27 a 31) revelaram que as variações que ocorrem quando muda-se essa mortalidade de 20% para 80% são muito grandes (1000 vezes), portanto esse é um parâmetro que deve ser bem conhecido, pois influencia muito a dinâmica da broca.

Fig.27. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido a predadores .

Fig.28.Dinâmica de lagartas grandes variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido a predadores.

Fig.29. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido a predadores, quando a maior oviposição ocorre nos meses de janeiro-fevereiro .

Fig.30. Dinâmica de lagartas grandes variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido a predadores, quando maior oviposição ocorre nos meses de janeiro-fevereiro.

Fig.31. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido a predadores, quando maior oviposição ocorre nos meses de janeiro-fevereiro.

Variou-se, também a mortalidade de lagartas pequenas devido a parasitóides de 20% para 50% (Figuras 32 a 34).

Fig.32. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido a parasitóides.

Fig.33. Dinâmica de lagartas grandes variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido a parasitóides.

Fig.34. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido a parasitóides, quando a maior oviposição ocorre nos meses de janeiro-fevereiro .

Nas Figuras 35 a 38 encontram-se os resultados de estudos com a mortalidade de lagartas pequenas, devido a doenças, e nas Figuras 40 e 41 a mortalidade de lagartas pequenas devido a um fator desconhecido, como chuva, por exemplo.

Fig.35. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido a doenças.

Fig.36. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido a doenças, quando a maior oviposição ocorre em janeiro-fevereiro.

Fig.37. Dinâmica de lagartas grandes variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido a doenças, quando a maior oviposição ocorre em janeiro-fevereiro.

Fig.38. Dinâmica de lagartas grandes variando-se a mortalidade de lagartas pequenas devido a doenças, quando a maior oviposição ocorre em agosto-setembro.

A variação da mortalidade de lagartas grandes devido a predadores é apresentada nas figuras 39 e 40.

Fig.39. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de lagartas grandes devido a predadores.

Fig.40. Dinâmica de ovos variando-se a mortalidade de lagartas grandes devido a predadores, quando a maior oviposição ocorre em janeiro-fevereiro.

Com essa série de análise pode-se observar que a mortalidade de lagartas pequenas foi a que mais influenciou na dinâmica da praga, tanto qualitativamente como quantitativamente, sugerindo que essa é uma fase que deve ser melhor estudada com vistas ao controle da praga.

4.7. VARIAÇÕES NA ÉPOCA E QUANTIDADE DE LIBERAÇÃO DO *Trichogramma* (ANÁLISE - SÉRIE 2)

Nessa série simulou-se liberações do parasitóide, de forma inundativa, em épocas e quantidades diferentes. Nas figuras 41 a 45 são apresentados os resultados das simulações da liberação do parasitóide, considerando a situação em que ocorre maior pico de ovos nos meses de agosto a outubro. Nas figuras 41 e 42 são apresentados os gráficos dos resultados de duas simulações, a primeira sem liberação do *Trichogramma* e a segunda com liberação na razão de 1,6 parasitóides por ovo de *D. saccharalis*, observando uma redução de 145.000 ovos/ha (2,8 vezes) no maior pico.

Fig.41. Dinâmica de ovos sem e com liberação do parasitóide *T. galloi*, em maio.

Fig.42.Dinâmica de lagartas grandes sem e com liberação do parasitóide *T. galloi*, em maio.

Nas figuras 43, 44 e 45 pode-se comparar os resultados da dinâmica do inseto sem liberação do parasitóide e liberando em maio nas proporções de 0.1 e 1.6 parasitóide por ovo de broca e sem liberação. Observa-se que liberando na proporção de 10 parasitóides para 100 ovos de broca (0.10), semanalmente no mês de maio (Fig. 43 e 44) ocorre uma redução de 3000 lagartas grandes/ha (1,2 vezes) no período de maior pico, enquanto que liberando na proporção

de 160 parasitóides para 100 ovos de broca (1.6), há uma

Fig.43. Dinâmica de ovos sem liberação do parasitóide *T. galloi* e liberando nas proporções de 0,1 e 1,6 parasitóides por ovo de *D. saccharalis*, em maio.

Fig.44. Dinâmica de lagartas grandes sem liberação do parasitóide *T. galloi* e liberando nas proporções de 0,1 e 1,6 parasitóides por ovo de *D. saccharalis*, em maio.

Fig.45.Dinâmica de adultos (fêmeas) sem e com liberação do parasitóide *T. galloi*, em maio.

Nas figuras 46 e 47 são apresentados os resultados da simulação da liberação do parasitóides quando ocorre mais oviposições no período de janeiro a março. A primeira simulação foi realizada considerando uma situação em que os parasitóides foram liberados em maio, diminuindo a população, mas em agosto ocorreu uma diferença de migração positiva, ou seja, entrou mais adultos na área do que saiu, na segunda, simulou-se a mesma situação, mas liberando-se

novamente em setembro. Observou-se que liberando-se na proporção de 160 parasitóides para 100 ovos no mês de maio conseguiu-se uma redução de 927 lagartas/ha no pico maior e, quando liberado nos meses de maio e setembro, a redução foi de 15.484 lagartas/ha, esta diferença ocorreu principalmente devido a migração em agosto, ou seja, nesse caso o modelo indicou que deve-se fazer liberações nessas duas ocasiões.

Fig.46. Dinâmica de ovos sem liberação do parasitóide *T. galloi* e liberando na proporção de 1,6 parasitóides por ovo de *D. saccharalis*, em maio.

Fig.47. Dinâmica de ovos sem liberação do parasitóide *T. galloi* e liberando na proporção de 1,6 parasitóides por ovo de *D. saccharalis*, em setembro.

Uma situação parecida com a anterior mas sem ocorrer imigração em agosto foi simulada (Figuras 48 e 49) sendo que nesse caso a liberação apenas no mês de maio foi também eficiente (redução de 6 vezes).

Fig.48. Dinâmica de ovos sem liberação do parasitóide *T. galloi* e liberando na proporção de 1,6 parasitóides por ovo de *D. saccharalis*, em maio.

Fig.49. Dinâmica de ovos sem liberação do parasitóide *T. galloi* e liberando na proporção de 1,6 parasitóides por ovo de *D. saccharalis*, em maio.

Variando-se a época e a quantidade de parasitóides liberados observou-se uma diminuição máxima de 7 vezes no número de ovos na época de maior pico, enquanto que quando estudou-se a mortalidade de lagartas pequenas, observou-se diminuição de 1000 vezes.

As simulações realizadas mostram a grande quantidade de informações que podem ser obtidas com o modelo elaborado, antes de se fazer os experimentos no campo.

5. CONCLUSÕES

1. O modelo desenvolvido simula bem a dinâmica da broca com resultados semelhantes aos encontrados na literatura.

2. Os resultados das simulações sugerem que se estude melhor os fatores de mortalidade de lagartas pequenas, estágio que mais influenciou a dinâmica da broca.

3. O modelo pode ser usado para se avaliar estratégias (combinações de táticas) de controle da broca, com o parasitóide *Trichogramma galloi* (Hym., Trichogrammatidae), ou com uma outra forma de controle.

4. O modelo pode ser usado para se avaliar um campo específico mas, para isso, é preciso que se tenham dados desse campo tais como mortalidade, temperatura, eficiência do parasitóide.

5. Por ter sido desenvolvido de forma estruturada, o modelo permite que sejam estudadas outras estratégias de controle, usando a mesma técnica e possibilita que sejam feitas modificações a medida que as pesquisas avançam.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R.P. & PARRA, J.R.P. Efeito da unidade relativa na Biologia de duas espécies de *Trichogramma* em dois hospedeiros alternativos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 11. Campinas, 1987. Resumos. Campinas, SEB, 1987, p. 252.
- AMBROSANO, G.M.B.. Desenvolvimento de modelo matemático para simulação do controle biológico da broca-da-cana *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794)(LEP., PYRALIDAE) através de *Metagonistylum minense* TOWNS., 1927 (DIP., TACHINIDAE). Piracicaba, 1987. 93p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP)
- ARAÚJO, J.R.; ARAÚJO S.M.S.S.; BOTELHO, P.S.M.; DEGASPARI, N.. Biologia da *Diatraea saccharalis* em condições de campo. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, 99(2): 31-34, 1982.
- AYQUIPA, A.G.; VALDERRAM, T.A.; SIRLOPÚ, J.R.. The *Trichogramma* sp. parasitism on eggs of *Diatraea saccharalis* (Fabr.) in Casa Grande. Entomology Newsletter, Araras, (9):4, 1980.

- BABAYAN, G.A.; FUENTES, A.A.; ALVARES, R.C. New data on the biology of sugar-cane moth borer *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera, Pyralidae) and its parasite *Trichogramma fasciatum* (Parkins) (Hymenoptera, Trichogrammatidae). VIII Intl. Plant Protection Cong., Moscow, 1975. Apud: Review of Applied Entomology, London, 65: 964, 1977.
- BACH, P. & BARTLETT, B.R. Methods of colonization, recovery and evaluation. In: BACH, P., ed. Biological control of insect pests and weeds. New York, Reinhold, 1964. p.402-28.
- BAUMGARTNER, J. & BARONIO P. Phenological model of the flight of *Lobesia botrana* Den. & Shiff. (Lep. Tortricidae) in relation to the environmental conditions of Emilia-Romagna. Bollettino dell'Istituto di Entomologia -"Guido-Grandi", Bologna, 43: 157-170, 1989.
- BEGLYAROV, G.A. & SMETNIK, A.I. Seasonal colonization of entomophages in the URSS. In: RIDGWAY, R.L. e VINSON, S.B., ed. Biological control by augmentation of natural enemies. New York, Plenum Press, 1977. p.283-328.
- BERGAMIN, J. A broca da cana-de-açúcar. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, 32(5): 72-6, 1948.
- BERGAMIN, J. Pragas da cana-de-açúcar. In MALAVOLTA, E. et. al. Cultura e adubação da cana-de-açúcar. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potassa. Cap. 7., 191-208, 1964.

- BERTELS, A. Studies on the influence of humidity on the population dynamics of Lepidoptera that attack maize. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 5: 67-79, 1970.
- BESSIN, R.T.; STINNER, R.E.; REAGAN T.E.. Modeling the areawide impact of sugarcane varieties and predation on sugarcane borer (Lepidoptera: Pyralidae) populations in southern Louisiana. *Environmental Entomology*, College Park, 20(1): 252-257, 1991.
- BIGLER, F.; WALBURGER, M.; BOSSHART, S. Yield losses in grain and silo maize caused by the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* Hbn. *Landwirtschaftlichen Schweiz*, Changins, 11(3): 591-596, 1990.
- BLEICHER, E. & PARRA, J.R.P.. Espécies de *Trichogramma* parasitóides de *Alabama argillacea*. II. Tabela de vida de fertilidade e parasitismo de três populações. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 25(2): 207-14, 1990.
- BOTELHO, P.S.M. Tabela de vida ecológica e simulação da fase larval de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lep., Pyralidae). Piracicaba, 1985. 110p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP)
- BOTELHO, P.S.M.; MACEDO, N.; MENDES, A.C.. Flutuação populacional e densidade média da *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) em Araras, SP. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, 94(2): 11-19, 1979.

- BOTELHO, P.S.M.; MENDES, A.D.; MACEDO, N.; SILVEIRA NETO, S.
Influences of climatic factors on the population fluctuations of the sugar cane moth borer, *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lep.: Crambidae). In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 16, São Paulo, 1977. Proceedings. São Paulo, ISSCT, 1978. v.1, p.643-55.
- BOX, H.E. Sugar-cane moth borers (*Diatraea* spp.) in British Guiana. *Bulletin of Entomological Research*. London, 16:249-266, 1925.
- BOWEN, W.R. & STERN, V.M. Effect of temperature on the production of males and sexual mosaics in a uniparental race of *Trichogramma semifumatum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Annals of the Entomological Society of America*, Columbus, 59(4): 823-34, 1966.
- BROWNING, H.W. & MELTON, C.W. Indigenous and exotic trichogrammatids (Hymenoptera: Trichogrammatidae) evaluated for biological control of *Eoreuma loftini* and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) borers on sugarcane. *Environmental Entomology*, College Park, 16(2): 360-4, 1987.
- BURBUTIS, P.P. & KOEPKE, C.H. European corn borer control in peppers by *Trichogramma nubilale*. *Journal of Economic Entomology*, College Park, 74:246-7, 1981.
- BUTLER JR., G.D. & LOPEZ, J.D. *Trichogramma pretiosum*. Development in two hosts in relation to constant and fluctuating temperatures. *Annals of the Entomological Society of America*, Columbus, 73(6): 671-3, 1980.

- CABELLO-GARCIA, T. & VARGAS-PIQUERAS, P. Temperature as a factor influencing the form of reproduction of *Trichogramma cordubensis* Vargas & Carbello (Hym.: Trichogrammatidae). *Zeitschrift fur Angewandte Entomologie*, Berlin, 100(5): 434-41, 1985.
- CALVIN, D.D.; KNAPP, M.C.; WELCH, S.M.; POSTON, F.L.; ELZINGA, R.J. Impact of environmental factors corn borer eggs. *Environmental Entomology*, College Park, 13(3): 774-80, 1984.
- CAMINHA FILHO, A. A broca da canna de assucar, *Diatraea saccharalis* (Fabricius). *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, 5(1): 7-14, 1935.
- CLAUSEN, C.P.. *Entomophagous insects*. New York McGraw-Hill Book Company, 688 p., 1940.
- CUEVA, M.A. Estudio preliminar de las poblaciones de huevos de *Diatraea saccharalis* (F.) y sus parasitos naturales en la cana-de-azúcar. *Revista Peruana de Entomologia*, Lima, 22(1): 25-8, 1979.
- CUEVAS, C.M.. *Diatraea saccharalis* (Fabr.) y sus factors bioticos de mortalidad natural durante el periodo vegetativo de la caña de azúcar. *Revista Peruana de Entomologia*, Lima, 23(1):77-81, 1980.
- DEGASPARI, N.; MACEDO, N.; BORGES J.; BOTELHO P.S.M.. Artrópodos predadores em cana-de-açúcar. In: II Congresso Nacional da STAB, Rio de Janeiro, Anais, p. 462-474, 1981.

- DEGASPARI, N.; MACEDO, N.; BOTELHO, P.S.M.; ARAÚJO, J.R.; ALMEIDA, L.C.. Predators and parasites of eggs of *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794). *Entomology Newsletter*, Araras, 15:12, 1983.
- DEGASPARI, N.; MACEDO, N.; BOTELHO, P.S.M.; ARAÚJO, J.R.; ALMEIDA, L.C. de. Predadores e parasitos de ovos da *Diatraea saccharalis* em cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 22:785-92, ago. 1987.
- DUGAS, A.L. The sugarcane borer problem in Louisiana today. Baton rouge, Louisiana Agric. Exp. Sta., 14 p. (trabalho apresentado ao Meeting of American Society of Sugar Cane Technologists, Baton Rouge), 1954.
- FLANDERS, S.E.. The bissexualit of uniparental Hymenoptera, a function of environmental. *American Naturalist*, Chicago, 79:122-39, 1945.
- FUCHS, T.W. & HARDING, J.A. Oviposition patterns, egg parasitism and spring emergence of the sugar cane borer, *Diatraea saccharalis*. *Environmental Entomology*, College Park, 7(4): 601-4, 1978.
- FUCHS, T.W.; HARDING, J.A.; SMITH, J.W.. Induction and termination of diapause in the sugarcane borer. *Annals of the Entomological Society of America*. Columbus, 72(2): 271-274, 1979.
- FYE, R.E. & LARSEN, D.J.. Preliminary evaluation of *Trichogramma minutum* as a released regulation of lepidopterous pests of cotton. *Journal of Economic Entomology*, College Park, 62:1291-6, 1969.

- GALLO, D.. Pragas da cana-de-açúcar. In: Cultura e adubação da cana-de-açúcar. São Paulo, Instituto Brasileiro da Potassa, p. 192-198, 1964.
- GALLO, D.. Estudo da broca da cana-de açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794). Piracicaba, 1976. 68p. (Cátedra - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- GALLO, D.; SILVEIRA NETO, S.; WIENDL, F.M.; PARANHOS, S.B.. Influência da armadilha luminosa na população da broca da cana-de-açúcar. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 19(2): 307, 1967.
- GOT, B.; LACAN, G.F.; STEPHAN, E. Validation of a model for the duration of larval development in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lepidoptera, Pyralidae) in France. *Agronomie, França*, 11(1): 45-57, 1991.
- GUAGLIUMI, P., Taladrador de la cana de azúcar. *Gazeta Agrícola, Guadalajara*, 21(546): 17, 1976.
- GUEVARA, L.A.C. Aspectos da biologia em condições naturais e frequência de acasalamento da *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera: Crambidae) a broca da cana-de-açúcar. Piracicaba, 1976. 70p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- HARRISON, W.W.; KING, E.G.; OUZTS, J.D.. Development of *Trichogramma eiguum* and *T. pretiosum* at five temperature regimes. *Environmental Entomology*, College Park, 14(2): 118-121, 1985.

- HAYWARD, K.J., A broca da cana-de-açúcar. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, 22(1): 69-74, 1943.
- HOUSEWEART, H.W.; JENNINGS, D.T.; LAWRENCE, R.K. Field releases of *Trichogramma minutum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) for suppression of epidemic spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae), egg populations in Maine. *Canadian Entomologist*, Ottawa, 116:1357-66, 1984.
- IAA/PLANALSUCAR. Estudo de predadores da *Diatraea saccharalis*. In: IAA/PLANASULCAR. Relatório Anual. Araras, Seção de Entomologia, v.1; p. 125-138, 1985.
- JASIC, J. Influencia de las condiciones de temperature en la evolución de *Diatraea saccharalis* (Fabricius). Poeyana. Havana, no. 39, 9p. 1967. Apud: Review of Applied of Entomology. Serie A. London, 56:452. 1968.
- JONES, .J.W.; MISHOE, J.W.; STIMAC J.L. Systems Analysis in Research on Pest Management. St Joseph, ASAE, 1980. 24p (ASAE Paper, 80-1002).
- JONES, J.W.; MISHOE, J.W. ; WILKERSON, G.G.; STIMAC, J.L.; BOGGESS, W.G.. Integration of soybean and crop/pest models. p. 98-130. In *Integrated Pest Management on Major Agricultural Systems* (R.E. Frisbie and P.L. Adkisson, eds.) Texas Ag. Experiment Station MP-1616.743p. 1985.
- KING, E.G.; BREWER, F.D.; MARTIN, D.F. Development of *Diatraea saccharalis* (Lep.:Pyralidae) at constant temperatures. *Entomophaga*, Paris, 20(3): 301-306, 1975.

- KING, E.G.; BULL, D.L.; BOUSE, L.F.; PHILLIPS, J.R.
Introduction: biological control of *Heliothis* spp. in cotton by augmentative releases of *Trichogramma*. *Southwestern Entomologist*, College Station, (supl. 8): 1-10, 1985.
- KIRST, L.D. & HENSLEY, S.D.. A study of the overwintering populations of *Diatraea saccharalis* (F.) in Louisiana. In: XIV Congress of International Society of Sugar Cane Technologists. New Orleans, p. 475-487, 1974.
- KLOMP, H.; TEERINK, B.J.; CHUMMA, W.. Discrimination between parasitized and unparasitized hosts in the egg parasite *Trichogramma embryophagum* (Hym: Trichogrammatidae); a matter of learning and forgetting. *Netherlands Journal of Zoology*, Leiden, 30(2): 254-77, 1980.
- KNIPLING, E.F.. Insect population suppression by augmentaing the number of parasites and predadores in crop ecosystems. In: The basic principles of insect population suppression and management. USDA Agriculture Handbook 512:135-197, 1979.
- KNUTSON, A.E.; JACKMAN, J.A.; CRONHOLM, G.B; NG, S.S.; DAVIS F.M.; MORRISON, W.P. Temperature-dependent model for predicting emergence of adult southwestern corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in Texas. *Journal of Economic Entomology*, Lanham, 82(4): 1230-1236, 1989.
- LABATTE, J.M. & GOT B.. Modeling damage on maize by the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. *Annals of Applied Biology*, Wellesbourne, 19(3): 401-413, 1991.

- LAWRENCE, R.K.; HOUSEWEART, M.W.; JENNINGS, D.T.; SOUTHARD, S.G.; HALTEMAN, W.A.. Development rates of *Trichogramma minutum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and implications for timing augmentative releases for suppression of egg populations of *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Canadian Entomologist*, Ottawa, 117:557-63, 1985.
- LECUONA, R.E., 1986. Controle Microbiano de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794)(Lep.:Pyralidae) com *Beauveria bassiana* (BALS.) VUILL., *B. brongniartii* (SACC.) PETCH e vírus da granulose, e simulação dos efeitos de sua aplicação, 1986. 168 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- LEWIS, W.J.; JONES, R.L.; NORDLUND, D.A.; GROSS JR., H.R.. Kairomones and their use for management of entomophagous insects. II. Mechanisms causing increase in rate of parasitization by *Trichogramma* spp. *Journal of Chemical Ecology*, New York, 1(3) :349-3360, 1975.
- LONG, W.H.. Studies of the ecology and control of *Diatraea* on sugarcane in São Paulo State, Brasil. Piracicaba, CENA, 17p., 1976 (Conferência apresentada no 3.o Congresso Brasileiro de Entomologia, Maceió).
- LOPES, J.J.C.; DEGASPARI, N.; BOTELHO P.S.M.; LEME, J.R.; FERRARI, S.E.; ALMEIDA, L.C. de. Efeito do complexo broca/podridão na fermentação alcoólica do caldo de cana-de-açúcar. STAB. Açúcar , Alcool e Subprodutos. Piracicaba, 1: 40-44, 1983.

LOPES, J.R.S. Estudos bioetológicos de *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 (Hym.: Trichogrammatidae) para o controle de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794)(Lep., Pyralidae). Piracicaba, 1988. 141p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

LOPEZ Jr., J.D. & MORRISON, R.K. Effects of high temperatures on *Trichogramma pretiosum* programmed for field release. *Journal of Economic Entomology*, College Park, 73: 667-70, 1980.

LUND, H.O.. Studies of longevity and productivity in *Trichogramma evanescens*. *Journal of Agricultural Reserch*. Washington, 56(6): 421-439, 1938

MACEDO, N. & BOTELHO, P.S.M.. Controle integrado da broca da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794)(Lepidoptera:Pyralidae). *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, 106(2):2-14, 1988.

MACEDO, N.; BOTELHO, P.S.M. ; MENDES, A.C. Ação de parasitos e predadores sobre a viabilidade de ovos de *Diatraea saccharalis* (F., 1794), correlacionadas com parâmetros climáticos em Araras, SP. In: V Congresso Brasileiro de Entomologia, Ilhéus. 23 p., 1978.

MAERSTON, n. & ERTLE, L.R. Host influence on the biology of *Trichogramma minutum*. *Annals of the Entomological Society of America*, Columbus, 66(5): 1155-62, 1973.

- MARTIN, P.B.; LINGREN, P.D., GREENE, G.L.; RIDGWAY, R.L.. Parasitization of two species of *Plusiinae* and *Heliothis* spp. after releases of *Trichogramma pretiosum* in seven crops. *Environmental Entomology*, College Park, 5(5):991-5, 1976.
- MEENAKANIT, L.; SAMPHETH, T.; DISTHAPHORIN, S. Field trials of *Trichogramma chilotraea* used to control *Chilo infuscatellus*. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TRICHOGRAMMA AND ORDER EGG PARASITES, 2., Guangzhou, 1986. Paris, INRA, 1988. p. 499-500. (Les Colloques de l'INRA, 43).
- MELO, A.B.P. de. *Biologia de Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794). (Lepidoptera Pyralidae) em diferentes temperaturas para determinação das exigências térmicas. Piracicaba, 1984. 101p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- MELO, A.B.P. & PARRA, J.R.P. Determinação das exigências térmicas e estimativa do número de gerações anuais de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera - Pyralidae) em quatro localidades canavieiras do Estado de São Paulo. In: IX Congresso Brasileiro de Entomologia, SEB. Londrina, p.63, 1984.
- MENDES, A.O. Influência dos elementos climáticos sobre a população da broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabr.) e da cigarrinha da raiz *Mahanarva fimbriolata* (Stal.). Piracicaba, 1976. 104 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

- MENDES, A.C.;BOTELHO, P.S.M.; MACEDO, N.; LAVORENTI, N.A.
Correlation between the intensity of infestation and population index of the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794). In:XVII Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Manila, Philippines, vol.2 p. 1719-1730, 1980.
- MENDONÇA FILHO A., As brocas da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) e *Diatraea flavipennella* (BOX, 1931) (Lepidoptera:Pyralidae) e seu controle biológico no Estado de Alagoas. Piracicaba, 1978. 201 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- METCALFE, J.R. & BRENIERE, J.. Egg parasites (*Trichogramma* spp.) for control of sugar cane moth borer. In: WILLIAMS, J.R.; METCALFE, J.R.; MUNGOMERY, R.W. & MATHES R. (eds.). Pests of Sugar Cane.New York, Elsevier Publishing, p. 81-115, 1969.
- METCALFE, J.R. & VAN WHERVIN, L.W. Studies on mass liberations and natural population of the egg parasites of borer, *Diatraea saccharalis* (F.), in Barbados. In:CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 12., San Juan, 1965. Proceedings. Amsterdam, Elsevier, 1967. p.1420-34.
- MICHELETTI, S.M.F.B. Distribuição espacial e temporal de ovos de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lep., Pyralidae) e seu parasitismo por *Trichogramma* sp. (Hymenoptera, Trichogrammatidae). Piracicaba, 1987. 95p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

- MING-FANG, G. New method of *Trichogramma* utilization. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TRICHOGRAMMA AND OTHER EGG PARASITES, 2., Guangzhou, 1986. Paris, INRA, 1988. p.469-76. (Les Colloques de I'NRA, 43).
- MISKIMEN, G.W.. Nonaseptic laboratory rearing of the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis*. *Annals of the Entomological Society of America*. Columbus, 58(6): 820-823, 1965.
- MOUTIA, L.A & COURTOIS, C.M. Parasites of moth-borers of sugar cane in Mauritius. *Bulletin Entomological Research*, London, 43:325-59, 1952.
- NEED, J. T. & BURBUTIS, P.P.. Searching efficiency of *Trichogramma nubilale*. *Environmental Entomology*, College Park, 8(2):224-7. 1979.
- O'NEIL, R.J. & STIMAC J.L.. A model of arthropod predation in soybeans. *Environ. Entomol*, College Park, 17(6): 983-987, 1988.
- OSMAN, N.B.. Response of sugarcane borer larvae *Diatraea saccharalis* (F.) to photoperiod and temperature. Boton Rouge, 1975. 84 p. (Master of Science Thesis - Boton Rouge State University).
- OSORES, V.M.; WILLINK, E.; COSTILLA, M.A.. Geraciones de *Diatraea saccharalis* y dano producido en canaverales de la provincia de Tucumán. *Rev. Ind. y Agrícola de Tucumán*. São Miguel de Tucumán, 58(2): 49-56, 1981.
- PAK G.A. Selection of *Trichogramma* for inundative biological control. Wageningen, 1988. 224p. (Doctor -Land-bouw universiteit te Wageningen).

- PARKER, F.D.. Seasonal mortality and survival of *Pieris rapae* in Missouri and the effects of introducing an egg parasite, *Trichogramma evanescens*. *Annals of the Entomological Society of America*, Columbus, 63:985-94, 1970.
- 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*. *Pesq. Agropec. Bras.* Brasília, 18(5): 463-472, 1983
- PARRA, J.R.P.; SILVEIRA NETO, S.; ZUCCHI, R.A.; AGUILAR, J.A.D.. Distribuição espacial e temporal de ovos de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) visando seu controle através de *Trichogramma*. In: XII Congresso Brasileiro de Zoologia, p. 96-97. 1985.
- PARRA, J.R.P. & ZUCCHI, R.A. Uso de *Trichogramma* no controle de pragas. In: NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; PARRA, J.R.P.; & ZUCCHI, R.A. Atualização sobre métodos de controle de pragas. Piracicaba, FEALQ, 1986. p.54-75.
- PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; SILVEIRA NETO, S. Biological control of pests through egg parasitoids of the genera *Trichogramma* and/or *Trichogrammatoidea*. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INSECTS. 1., Rio de Janeiro, 1987. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, 82(supl. 3): 153-60, 1987.
- PHILOGÈNE, B.J.R. & HAMMOND JR., A.M.. Delayed metamorphosis and diapause in the sugarcane borer *Diatraea saccharalis*. *Experientia*. Basel, 40(4): 352-353, 1984.

- PICKLE, A.. Observations on the early larval mortality of certain species of *Diatraea* (Lepidoptera:Pyralidae), under cane field conditions in Trinidad. *Tropic Agric.*, 13(6): 155-60, 1936.
- PRUESS, K.P.. Day-degree methods for pest management. *Environmental Entomology*, College Park, 12: 613-619, 1983.
- PURCELL, M. & WELTER, S.C. Degree-day model development of *Calocoris norvegicus* (Hemiptera:Miridae) and timing of management strategies. *Environmental Entomology*, College Park, 19(4): 848-853, 1990.
- PUTERKA, G.J.; SLOSSER, J.E.; PRINCE, J.R. Parasites of *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) parasitism and seasonal occurrence for host crops in Texas Rolling Plains. *Environmental Entomology*, College Park, 14:441-6, 1985.
- RATROVICH, M. El gusano perforador de la cana de azúcar. *Revista Agronômica del Noroeste Argentino*. San Miguel de Tucumán, 1(1):1-67, 1953.
- ROE, R.M.; HAMMOND, A.; SPARKS, T.C.. Growth of larval *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera:Pyralidae) on an artificial diet and synchronization of the last larval stadium. *Annals of Entomology Society of America*. Columbus, 75(4): 421-429, 1982.

SÁ, L.A.N.. Bioecologia de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879, visando avaliar o seu potencial para controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) e *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) em milho. Piracicaba, 1991. 107p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

SALMERON, E. Influência da geração de laboratório, temperatura e hospedeiro no parasitismo de duas espécies de *Trichogramma* (Hym: Trichogrammatidae) coletadas em *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lep.:Pyralidae). Piracicaba, 1989. 103p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

SGRILLO, R.B.. Desenvolvimento de modelo matemático para população da broca de cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) e simulação da técnica do indivíduo estéril. Piracicaba, 1979. 189 p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

SILVEIRA NETO, S. Levantamento de insetos e flutuação da população de pragas da ordem Lepidoptera, com o uso de armadilhas luminosas, em diversas regiões do Estado de São Paulo. Piracicaba, 1972. 183p. (Livre Docência - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

SILVEIRA NETO, S. ; CARVALHO, R.P.L.; PARANHOS, S.B.. Flutuação populacional de pragas da cana-de-açúcar em Piracicaba. In: I Reunião Anual da Sociedade Entomológica Brasileira. Piracicaba, p.26-27, 1968.

SMITH, S.M.; HUBBES, M.; CARROW, J.R. Factors affecting inundative releases of *Trichogramma minutum* against the spruce budworm. *Journal of Applied Entomology*, Hamburg, 101:29-38, 1986.

STIMAC, J.L. History and relevance of behavioral ecology in models of insect population dynamics. *The Florida Entomologist*, Florida, 65(1): 9-16, 1982.

STIMAC, J.L. Crop management systems and their effects on biological control of insects. p. 449-465 In *New Directions in Biological Control: Alternatives for Suppressing Agricultural Pests and Diseases*. R. Baker & P. Dunn (eds.). Allen R. Liss, Inc. New York. 837 p. 1990.

STIMAC, J.L. & BARFIELD, C.S.. Systems approach to pest management in soybeans. *Proceedings of the World Soybean Conference II*. Westview Press, Boulder, CO. F.T. Corbin (ed.). pp. 249-259, 1979.

STINNER, R.E.. Efficacy of inundative releases. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, 22: 515-31, 1977.

SUBRAMANYAM, B.H. & HAGSTRUM, D.W.. Quantitative analyses of temperature, relative humidity, and diet influencing development of the larger grain borer, *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). *Tropical Pest Management*, 37(3): 195-202, 1991.

SUZUCHI, Y. Sex-ratio control in *Trichogramma*. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LES TRICHOGRAMMES, 1. Antibes, 1982. Paris, INRA, 1982. p.151. (Les Colloques de L'INRA, 9).

TAYLOR, F.. Ecology and evolution of physiological time in insects. *Am. Nat.*, Chicago, 117: 1-23, 1981.

TERÁN, F.O.. Controle natural de ovos de *Diatraea saccharalis* em canaviais do Estado de São Paulo. In: V Congresso Brasileiro de Entomologia, Controle Biológico, Ilhéus-Itabuna, 1978.

- TERÁN, F.O.. Dinâmica populacional de adultos de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) em canaviais do Estado de São Paulo. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, Itabuna, 8(1): 3-17, 1979.
- TERÁN, F.O.. Natural control of *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) eggs in sugarcane fields of São Paulo. In: XVII Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists, Philippines, 2: 1704-1714, 1980.
- TUCKER, R.W.E.. Rate of egg deposition of *Diatraea saccharalis* and extent of larval mortality in cane fields. *Agric. Journal*, 2:33-52, 1933.
- VOEGELÉ, J.. Utilisation des Trichogrammes. INRA. Station de Zoologie et de lutte biologique 14-AGRO-436 Antibes, p. 447-452, 1978.
- VOEGELÉ, J. Reflections upon the last ten years of research concerning *Trichogramma* (Hym.: Trichogrammatidae). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TRICHOGRAMMA AND OTHER EGG PARASITES, 2., Guangzhou, 1986. Paris, INRA, 1988. p.17-29. (Les Colloques de l'INRA, 43).
- VOLDEN, C.S. & CHIANG, H.C. Temperature relationship of development of *Trichogramma ostriniae*. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LES TRICHOGRAMMES, 1., Antibes, 1982. Paris, INRA, 1982. p.97-100. (Les Colloques de l'INRA, 9).
- WALDER, J.M.M.. Estudo da população de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) em quatro regiões canavieiras do Estado de São Paulo. Piracicaba, 1976. 111 p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

- WALKER, D.W. & ALEMANY, A.V. Biology of the sugarcane borer *Diatraea saccharalis* (Fabr.). II. Longevity of adults. In: XII Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists, San Juan, p. 1469-1473, 1965.
- WEIDHASS, D.E. & HAILE, D.G.. Modeling and Integrated Pest management. **AMCA Bull.** Gainesville, no. 6 p.1-15, 1980.
- WOLCOTT, G.N., 1915. The influence of rainfall and the non-burning of trash on the abundance of *Diatraea saccharalis*. **Journal of Economic Entomology**. Geneva, 8(5): 496-498.
- WOLCOTT, G.N. & MARTORELL, F.L. Las posibilidades de combatis el barreno de la cana de azúcar, *Diatraea saccharalis* F., en Puerto Rico levando a los canaverales de los parasitos *Trichogramma monitum* Riley criados en laboratorio. **Boletin da Estacion Experimental Agricola**, Rio Piedras, n. 64, 1943. 16 p.
- YU, D.S.K.; HAGLEY, E.A.C.; LAING, J.E. Biology of *Trichogramma minutum* Riley collected from apples in Southern Ontario. **Environmental Entomology**, College Park, 13(5): 1324-9, 1984.
- ZHANG, W.Q.; GU, D.X.; ZHOU, Z.M. Optimum time and concentration of inseticide application to control paddy stem borer (*Tryporyza incertulas*). **Chinese Journal of Applied Ecology**, China, 2(1): 39-47, 1991.

ANEXO

Anexo 1. Informações utilizadas no modelo.

1. OVOS de *Diatraea saccharalis*

- A constante térmica é 64,47GD e a temperatura base é de 11,2°C. MELO (1984).
- A mortalidade de ovos é, em média, 76,86% (MACEDO et al., 1978), 76,16%.(TERAN, 1978), 86,98%.(DEGASPARI et al., 1981), .
- A mortalidade devido a predadores é, em média, 25,00% (METCALFE & VAN WHERVIN, 1965), 63,64%.(TERAN, 1978), 20,44%.(DEGASPARI et al., 1981), 50 a 60% (MACEDO e BOTELHO, informação pessoal).
- A mortalidade de ovos devido a parasitóides é, em média, 3,90% (TERAN,1978), 42,3%.(PARRA et al.,1985), 61,9% .(IAA/PLANALSUCAR, 1985).
- Parasitismo natural médio por *Tricogramma* sp., é da ordem de 42,3% (variedade CB 47-355, Piracicaba), sendo maior nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. PARRA et.al. (1985).
- A utilização de substrato de papel afeta o parasitismo. DEGASPARI et al. (1987).
- Parasitismo natural é de 38,9 a 78,9% utilizando ovos obtidos na própria folha. MICHELETTI (1987).

2. LAGARTAS PEQUENAS de *Diatraea saccharalis*

- A Constante térmica é 258,48GD e a Temperatura base é 7,2°C. MELO (1984).
- Valor mínimo de mortalidade=54,04% .PICKLE (1936).
- Valor mínimo de mortalidade=31,10%..TUCKER (1933).
- Valor máximo de mortalidade=95,56% .PICKLE (1936).
- Valor máximo de mortalidade=97,34%. TUCKER (1933).
- A mortalidade devido a predadores é próxima a 60%, MACEDO & BOTELHO (informação pessoal).

- A mortalidade devido a doenças e chuvas é menor que 1%. MACEDO E BOTELHO (informação pessoal).

3. LAGARTAS GRANDES de *Diatraea saccharalis*

- A constante térmica é 258,48GD e a temperatura base 7,3 C. MELO (1984).

- A mortalidade devido a predadores é da ordem de 10% MACEDO E BOTELHO (informação pessoal).

4. PUPAS de *Diatraea saccharalis*

- A constante térmica é 126,08GD e a temperatura base 10,6C. MELO (1984).

- Mortalidade de 0 a 50% . GUEVARA (1976).

- A mortalidade devido a predadores é da ordem de 10%. MACEDO & BOTELHO (informação pessoal).

5. ADULTOS de *Diatraea saccharalis*

- Maiores coletas de adultos de *D.saccharalis*. entre agosto e abril, com picos de setembro a novembro. GALLO et al.(1967) e SILVEIRA NETO et al. (1968).

- Adultos ocorrem em todos os meses do ano, com um acme na segunda quinzena de agosto e dois picos secundários, um na primeira quinzena de janeiro e outro na segunda quinzena de março. MENDES (1976).

- Picos de adultos nos meses de setembro a dezembro. TERAN (1979).

- Há correlação entre a flutuação populacional de adultos com temperatura e precipitação pluviométrica. Quando o inverno foi rigoroso poucos adultos foram coletados, enquanto que no ano atípico (inverno chuvoso), ocorreu um pico de adultos de julho a agosto. TERAN (1979).

- A razão sexual é de 0.46. MELO (1984).

6. DINÂMICA

- Períodos de incubação de 4 a 9 dias, larval de 23 a 64 dias, pré-pupal de 2 a 4 dias, pupal de 6 a 14 dias. A capacidade de postura das fêmeas variou de 200 a 300 ovos. BERGAMIM (1948).

- Ocorrem, no Estado de São Paulo de 4 a 5 gerações no ano, sendo uma geração com lagartas hibernantes. GALLO (1964)

- Nas condições do Estado de São Paulo, as primeiras gerações da *D.saccharalis* ocorrem a partir de agosto-setembro. SILVEIRA NETO(1972) e MENDES(1976)

- Em condições naturais, período de incubação de 9 dias, larval de 68,9 dias, pupal de 10,9 dias, com ciclo total, da postura a emergência dos adultos, de 88,8 dias. GUEVARA (1976).

- O desenvolvimento da cultura é o fator principal que determina a eficiência e a dinâmica da população do *Trichogramma*. KNIPLING (1979).

- A dinâmica da praga pode ser influenciada pela nutrição, composição vegetal de áreas vizinhas e por locais e anos distintos. TERAN (1979); e por fatores climáticos. BOTELHO et al. (1977).

- No Peru, o aparecimento dos ovos de *D. saccharalis* ocorreu após 41 dias do plantio da cana, tendo o parasitismo iniciado aos 76 dias e atingiu 73% aos 136 dias. CUEVA (1979).

- Também, no Peru, parasitismo natural tem início aos dois meses, aumentando gradualmente com o desenvolvimento da cultura. AYQUIPA et al. (1980).

- A dinâmica populacional de ovos e o parasitismo tem sido relatados como dependentes da fenologia da cultura e da variedade cultivada. CUEVA (1979) e MICHELETTI (1987).

- Há predominância de posturas nos meses de janeiro a março BOTELHO (1985) e MICHELETTI (1987).

- Maiores taxas de parasitismo ocorreram, em Iracemápolis, no período de 7 a 12 meses após o plantio, em canas plantas com ciclos de 12 a 18 meses, as quais se encontravam próximas ao estágio de maturação. Para cana soca ocorreu a mesma tendência, mas com índices populacionais menores, com parasitismo máximo de 33,3%. MICHELETTI (1987).

- Há pequena correlação da flutuação de ovos da broca com parâmetros climáticos, mas para os parasitóides, os parâmetros climáticos podem afetar o seu nível populacional, não interferindo no seu estabelecimento na cultura. MICHELETTI (1987).

- A dinâmica de posturas da *D. saccharalis*, varia em função do local, estágio de desenvolvimento e da variedade, bem como do ano em que foi realizada a pesquisa. MICHETTI (1987).

- Em campo, os primeiros ovos da broca são observados em torno de 40 a 50 dias após o plantio da cana. LOPES (1988).

- As canas plantas sofrem maior ataque da broca que as soqueiras. PARRA et al. (1987) e MACEDO & BOTELHO (1988).

- As variedades podem influenciar a oviposição de *D. saccharalis* e, conseqüentemente, o parasitismo por *Trichogramma*. As variedades podem afetar não somente a grandeza da oviposição mas também a sua época de ocorrência. Havendo variedades que são ovipositadas durante todo o ano, com diminuição de postura apenas no inverno. MACEDO & BOTELHO (1988).

- A dinâmica populacional de ovos da broca é muito mais correlacionada com a fenologia da cana-de-açúcar do que com parâmetros climáticos. LOPES (1988).

7. PERDAS

- Para uma intensidade de infestação de 1% ocorre uma perda de 0,5% de açúcar e 62 litros de álcool/ha, para uma produtividade média de 138 toneladas por ha. LOPES et al. (1983)

8 *Trichogramma*

- Encontrou de 2 a 3 adultos de *Trichogramma* em ovos de *D. saccharalis*. FLANDERS (1945).

- O período de pré-oviposição não excede a 24 horas. METCALFE & BRENIERE (1969).

- Observou a emergência de 2,5 parasitóides por ovo. LEWIS et al. (1975).

- Encontrou de 2 a 9 parasitóides em um único ovo de *D. saccharalis*. BABAYAN et al. (1977).

- As fêmeas evitam ovipositar em ovos já parasitados, pois após o parasitismo elas marcam o ovo com um feromônio que é reconhecido pela espécie. KLOMP et al. (1980).

- O parasitismo iniciou quando a cana estava com 2 meses de idade e alcançou um pico quando estava com 6 meses. AYQUIPA (1980).

- O número de ovos parasitados por fêmea depende da espécie do parasitóides, do tipo de hospedeiro e longevidade do adulto. PARRA & ZUCCHI (1986).

- A fecundidade do *Trichogramma* é função do suprimento alimentar, disponibilidade do hospedeiro, temperatura e atividade da fêmea, sendo variável de 20 a 120 ovos por fêmea. PARRA & ZUCCHI (1986).

- Os níveis de parasitismo estão mais correlacionados com a população da broca e ao estado fenológico da cultura, do que com parâmetros climáticos. Os parâmetros climáticos afetam o nível populacional do parasitóide, no entanto, não afetam o seu estabelecimento na cultura. MICHELETTI (1987).

- Para cana soca e ressoça, ocorre a mesma tendência registrada na cana planta, porém com índices populacionais bem menores. O parasitismo máximo registrado foi de 33%, porque os maiores ataques da broca (e correspondente parasitismo) na cana planta se devem, entre outros fatores, ao seu maior vigor vegetativo em relação as soqueiras. MICHELETTI (1987).

- O parasitismo médio por *Trichogramma* sp., variou, no período, de 38,88% a 78,85%, mas esse valor está subestimado, pois não foi levado em conta os efeitos de predadores. Maior parasitismo ocorreu em canas adultas de 7 a 12 meses de idade (canas plantas de 12 a 18 meses) as quais se encontravam próximas ou no estágio de maturação. As liberações devem ser feitas na primeira e segunda gerações da broca, porque a população de *Trichogramma* sp. ocorre em grandes níveis apenas a partir da terceira geração da praga, em condições naturais. MICHELETTI (1987).

- Ocorre um decréscimo na emergência dos parasitoides em umidades inferiores a 80%. ALMEIDA & PARRA (1987).

- Os Trichogrammatídeos são muito sensíveis a dessecação e a umidade relativa ótima está entre 80 e 100%, variando levemente para as diferentes épocas. SALMERON (1989).

- Cada fêmea parasita de 70 a 120 ovos, nascem 2 adultos/ovo de *Diatraea*, a maior atividade da fêmea ocorre até 24 horas

(PARRA, informação pessoal), LOPES(1988) observou 34 ovos parasitados por fêmea e que 60 a 80% do parasitismo ocorre até 24 horas de vida das fêmeas.

- Parasitismo de 76 a 102 ovos por fêmea para *T. pretiosum* em *Anagasta kuehniella*. BLEICHER & PARRA (1990).

- Período de parasitismo de *T. pretiosum* foi de 17 a 19 dias, com concentração nos 4 primeiros dias, ocorrendo neste período, mais de 70% do parasitismo total. De cada ovo de *Heliothis zea* emergiram, em média, 2,26 parasitóides (de 2,17 a 2,32). SÁ (1991).

9. LIBERAÇÃO

- Normalmente o número de liberações é programado para que ocorra uma contínua atuação do parasitóide em todo o período crítico de oviposição da praga. BACH & BARTLETT (1964)

- As liberações são bem sucedidas quando o número de parasitóides liberados for superior a população de *Trichogramma* existente no campo ou quando o parasitismo natural de ovos for inferior a 33%. WOLCOTT & MARTORELL (1943) e METCALFE & BRENIERE (1969).

- Considerou necessária a realização de liberações sucessivas, por períodos variáveis de poucas semanas, até um ano. METCALFE & BRENIERE(1969).

- Temperaturas inferiores a 15,5 C reduziram drasticamente a dispersão e o parasitismo por *T. evanescens* em ovos de *Pieris rapae* e *Maestra brassicae* em repolho. PARKER (1970).

- O desenvolvimento da cultura influencia significativamente a eficiência do *Trichogramma*, observando um decréscimo do parasitismo com o aumento da massa foliar, em culturas como: alfafa(FYE & LARSEN, 1969), milho(BURBUTIS & KOEPKE, 1981) e algodão(PUTERKA et al., 1985).

- As taxas diferenciais de parasitismo de ovos de várias espécies de lepidopteros após liberações inundativas de *T. pretiosum* foram atribuídas a alguns fatores como a suscetibilidade do hospedeiro e as densidades do hospedeiro e parasitóide. MARTIN et al. (1976).

- Taxas de parasitismo entre 20 e 94% (média de 55,6%) tem sido alcançadas em programas de liberações de *Trichogramma* no Texas. STINNER (1977)

- O número de parasitóides a ser liberado depende da fenologia da cultura, densidade de ovos da praga e condições

climáticas. Condições climáticas adversas, como regiões de baixa umidade relativa do ar, exigem um aumento substancial na taxa de liberação. BEGLYAROV & SMETNIK(1977)

- Observou através de modelos que números crescentes de parasitóides liberados, levam a uma redução na eficiência do parasitóide, devido a competição intraespecífica, pois diminui a probabilidade de um indivíduo encontrar um ovo não parasitado. KNIPLING (1979).

- Recomendam a liberação de 3,6 fêmeas por metro quadrado de área foliar. NEED & BURBUTIS (1979)

- Foram feitas 7 a 18 liberações de *T. pretiosum* em *Heliothis virescens*, na cultura do algodão, liberando de 130.000 a 370.000 ovos parasitóides/ha, obtendo até 80% de parasitismo. LOPES JR & MORRISON (1980).

- No Peru as liberações para o controle de *D. saccharalis* foram recomendadas para os primeiros seis meses da infestação de ovos na cultura, quando a população da praga é elevada e o parasitismo natural, insatisfatório. CUEVAS (1980).

- Não verificaram correlação entre a taxa de liberação de *T. minutum* e o parasitismo de ovos de *Coristeneura fumiferana* em Pinus. HOUSEWEART et al.(1984).

- A ocorrência de ovos do hospedeiro deve ser regularmente avaliada, para que as liberações sejam realizadas em coincidência com os primeiros ovos colocados pela praga. LAWRENCE et al.(1985).

- Estudando a mesma praga tiveram que elevar a densidade do parasitoide em 25 vezes para aumentar o parasitismo de 16 para 87%. SMITH et al. (1986).

- Os fatores que afetam a eficiência dos parasitóides no campo são os seguintes: número de insetos liberados, densidade da praga, espécie ou linhagem de *Trichogramma* liberada, época e número de liberações, método de distribuição, fenologia da cultura, número de outros inimigos naturais presentes e condições climáticas. KING et al.(1985) e SMITH et al.(1986).

- O número de insetos liberados, a época de liberação e o número de liberações e as condições climáticas são os que afetam mais diretamente o parasitóide. SMITH et al. (1986)

- Controlaram a infestação de brocas, liberando 321.000 parasitoides/ha. MEENAKANIT et al.(1986)

- Liberando 200.000 adultos de *T. evanescens* por ha, em repolho, obteve 23,9% de parasitismo, em ovos de *Mamestra brassicae* e quando duplicou essa taxa o parasitismo também dobrou, atingindo 52,4%. PAK (1988)

- Muitos pesquisadores têm observado que um aumento na taxa de liberação, não corresponde, necessariamente, a um aumento semelhante na porcentagem de parasitismo. LOPES (1988)

- Testou a liberação do parasitóide em cana, na China uma única vez no início da primavera, contra 6 a 7 liberações no decorrer da cultura, não obtendo diferenças na eficiência do controle pelos dois métodos. MING-FANG(1986).

- Apesar da época de plantio, o aparecimento dos primeiros ovos de *D. saccharalis* na cultura ocorreu por volta de 40 dias após o plantio. A partir daí, foi observado um rápido aumento na oviposição que foi mantido até cerca de 100 dias de desenvolvimento da cultura, abrangendo principalmente os meses de abril e maio. O parasitismo por *Trichogramma galloi* varia em função da densidade de ovos de *D. saccharalis*. Em telado, foi obtido um máximo parasitismo liberando-se, em média 1,6 indivíduos da espécie *T. galloi*, por ovo de *D. saccharalis*. A partir desse valor, não existe correspondência entre o número de parasitóides liberados e a porcentagem de ovos parasitados. O aumento do parasitismo por *T. galloi* acompanha o crescimento populacional da broca. O pico do parasitismo natural de *T. galloi*, ocorre na terceira ou quarta gerações da broca, após o "fechamento" da cana. Baseando-se em testes de telado e campo, ocorre um bom parasitismo por *T. galloi* a partir de 200.000 parasitóides por ha. As liberações de *T. galloi* devem ser realizadas quando se observarem os primeiros ovos de *D. saccharalis* na cultura. O parasitismo é reduzido até 6-7 meses, após o plantio da cana. O parasitismo natural, no campo, varia de 1,43 a 91%, correlacionado com a população de ovos da *D. saccharalis*. O ideal para liberações no campo é de 1,6 a 3,2 *T. galloi* por ovo de *D. saccharalis*, o que dá um parasitismo de 80 %. Recomenda liberações no período de 40 a 120 dias após o plantio da cana planta de ciclo de 18 meses, em intervalos de 7 dias, sendo 1,6 parasitóide/ovo a relação ideal. LOPES (1988)

- A eficiência das liberações de *Trichogramma* depende do conhecimento da dinâmica populacional dos ovos do hospedeiro que, por sua vez, está correlacionada com parâmetros climáticos locais, fenologia da planta, densidade de ovos e com o parasitismo natural exercido pelo parasitóide. VOEGELE, (1978).

- Na Russia são liberados de 30 a 50 mil adultos de *T. evanescens*/ha, na cultura do milho (para o controle de *Ostrinia nubilalis*) e 957 mil adultos por ha de *T. pretiosum* para *Heliothis* spp. Na China 215 mil/ha *T. dendrolimi* e 640 mil/ha *T. confusum*, para *Heliothis* spp. SÁ(1991)

APÊNDICE

Apêndice 1. Programa, em linguagem Pascal, para simular uma população de *Diatraea saccharalis* em laboratório.

```

program LABORATORIO;

uses printer,crt,dos;
type
    vetor=array[1..9] of real;

const
    k: array [1..7] of real
= (78,258.48,258.48,126.08,172.08,49.23,104.387);
    tb: array [1..7] of real
    = (11.2,7.3,7.3,10.6,7.1,7.1,7.1);
    viabil: array [1..8] of real
    = (1,1,1,1,1,1,1,1);
    sobrev: array [1..8] of real
    = (1,1,1,1,1,1,1,1);
    g1=1; g2=1; g3=1; temperatura=22;

var
    arq: text;
    v:vetor;
    tint, i , j, tempo,t, r, m:integer;
    kk, kp, fe, tclasse, saida, kpk, kkp,tru, dif:
    array[1..10,1..15] of real;
    saida1: array[1..10,1..15] of real;
    s, f: array[1..10,1..15] of integer;
    entrada: array[1..10,1..15] of real;
    tcompart,nf: array[1..10,1..365] of real;
    n: array[0..15] of real;
    nt:real;

procedure escrever;
begin
    write(arq,tempo:2,' ',nt:6:0,' ');

    for i:=1 to 7 do
        begin
            write(arq,tcompart[i,tempo]:6:0);
            writeln(arq);
        end;

end;

```

```
{(*****)}
{      calculos      }
{*****}
```

```
procedure calculo;
begin
  nt:=0;
  for j:=1 to 10 do
    tclasse[1,j]:=0;

    for i:=1 to 8 do
      for j:=1 to 10 do
        tclasse[i,j]:=0;

        tclasse[1,1]:=100;

        for I:=1 TO 8 DO
          for J:=1 TO 10 DO
            kpk[i,j]:=0;
            kkp[i,j]:=0;
            s[i,j]:=0;
            f[i,j]:=0;
            saida1[i,j]:=0;
            tru[i,j]:=0;
            dif[i,j]:=0;
            kk[I,J]:=0;
            kp[I,J]:=0;
            f[I,J]:=0;
            fe[I,J]:=0;
            saida[I,J]:=0;
            entrada[I,J]:=0;
          end;
        end;

        for j:=1 to 10 do
          n[j]:=0;

          for i:=1 to 8 do
            begin
              for J:=1 to 365 do
                begin
                  nf[I,J]:=0;
                  tcompart[i,j]:=0;
                end;
              end;

            I:=0;
            J:=0;
            Tempo:=1;
            nt:=0;
```



```

tint:=0;
clrscr;

n[1]:=0.1;
n[0]:=0;

for i:=1 to 8 do
  for j:=2 to 10 do
    begin
      n[j]:=n[j-1]+0.1;
      kp[i,j]:=n[j-1];
    end;

for tempo:=1 to 365 do
  begin
    for i:=1 to 8 do
      for j:=1 to 10 do
        begin
          kk[i,j]:=(temperatura-tb[i]);
          kpk[i,j]:=kk[i,j]/k[i];
          kp[i,j]:=kp[i,j]+kpk[i,j]+0.00001;

          if kp[i,j]<n[j] then kkp[i,j]:=n[j];
          if kp[i,j]>=n[j] then kkp[i,j]:=kp[i,j];

          dif[i,j]:=kkp[i,j]-n[j];
          tru[i,j]:=dif[i,j]*10;
          tru[i,j]:=tru[i,j]+0.00001;
          s[i,j]:=trunc(tru[i,j])+j;
          s[i,j]:=s[i,j]+1;

        end;

    for i:=1 to 8 do
      for j:=1 to 10 do
        begin
          if s[i,j]>10 then f[i,j]:=i+1;
          if s[i,j]<=10 then f[i,j]:=i;
          if s[i,j]>10 then s[i,j]:=s[i,j]-10;
        end;

    for i:=1 to 8 do
      for j:=1 to 10 do
        begin
          if kp[i,j]>n[j] then fe[i,j]:=1;
          if kp[i,j]=n[j] then fe[i,j]:=1;
          if kp[i,j]<n[j] then fe[i,j]:=0;
          if kp[i,j]>=n[j] then kp[i,j]:=n[j-1];
        end;

```

```

for i:=1 to 3 do
  for j:=1 to 10 do
    begin
      saida1[i,j]:=tclasse[i,j]*fe[i,j]*sobrev[i];
      entrada[i,j]:=tclasse[i,j]*fe[i,j];
    end;

for i:=4 to 8 do
  for j:=1 to 9 do
    begin
      saida1[i,j]:=tclasse[i,j]*fe[i,j]*sobrev[i];
      entrada[i,j]:=tclasse[i,j]*fe[i,j];
    end;

    saida1[4,10]:=tclasse[4,10]*fe[4,10]*(1-
g1)*sobrev[4];
    entrada[4,10]:=tclasse[4,10]*fe[4,10]*(1-g1);
    saida1[5,10]:=tclasse[4,10]*fe[4,10]*g1*sobrev[5];
    entrada[5,10]:=tclasse[4,10]*fe[4,10]*g1;
    saida1[6,10]:=tclasse[6,10]*fe[6,10]*g2*sobrev[6];
    entrada[6,10]:=tclasse[6,10]*fe[6,10]*g2;
    saida1[7,10]:=tclasse[7,10]*g3*sobrev[7];
    entrada[7,10]:=tclasse[7,10]*g3;
    saida1[8,10]:=tclasse[8,10]*fe[7,10]*sobrev[8];
    entrada[8,10]:=tclasse[7,10]*fe[7,10];

for i:=1 to 7 do
  for j:=1 to 10 do
    saida[i,j]:=0;

for i:=1 to 7 do
  for j:=1 to 10 do
    begin
      r:=s[i,j];
      m:=f[i,j];
      saida[m,r]:=saida[m,r]+saida1[i,j];
    end;

for i:=2 to 5 do
  tclasse[i,1]:=tclasse[i,1]+saida[i,1]-entrada[i,1];

for i:=1 to 6 do
  for j:=2 to 9 do
    begin;
      tclasse[i,j]:=tclasse[i,j]+saida[i,j]-
entrada[i,j];
    end;

```

```

        tclasse[4,10]:=tclasse[4,10]+saida[4,10]-
entrada[4,10]-entrada[5,10];
        tclasse[1,10]:=tclasse[1,10]+saida[1,10]-
entrada[1,10];
        tclasse[2,10]:=tclasse[2,10]+saida[2,10]-
entrada[2,10];
        tclasse[3,10]:=tclasse[3,10]+saida[3,10]-
entrada[3,10];
        tclasse[6,10]:=tclasse[6,10]+saida[6,10]-
entrada[6,10];
        tclasse[1,1]:=tclasse[1,1]+saida[1,1]-
entrada[1,1]+SAIDA[7,9];
        tclasse[7,1]:=tclasse[7,1]+saida[7,1]-
entrada[7,1];
        tclasse[6,1]:=tclasse[6,1]+saida[6,1]-
entrada[6,1];

```

```

        for j:=2 to 10 do
            tclasse[7,j]:=tclasse[7,j]+saida[7,j]-
entrada[7,j];

```

```

        for i:=1 to 8 do
            for j:=1 to 10 do
                if tclasse[i,j]<1 then tclasse[i,j]:=0;

```

```

        for i:=1 to 8 do
            for j:=1 to 10 do
                begin

```

```

tcompart[i,(tempo)]:=tcompart[i,(tempo)]+tclasse[i,j];
                end;

```

```

            nf[i,(tempo)]:=tcompart[i,(tempo)];

```

```

        for i:=1 to 8 do
            if tcompart[i,(tempo)]<1 then compart[i,(tempo)]:=0;

```

```

            nt:=0;
        for i:=1 to 4 do
            nt:=nt+tcompart[i,(tempo)];

```

```

        for i:=6 to 8 do
            nt:=nt+tcompart[i,tempo];

```

```

            escrever;

```

```

        end;

```

```
        for i:=1 to 8 do
            tcompart[i,tempo]:=0;

            nt:=0;

            if tempo>365 then tempo:=1;
        end;

begin {programa principal}
    assign(arq,'c:dados.arq');
    rewrite(arq);
    calculo;
    close(arq);
end.
```

Apêndice 2. Programa, em linguagem Pascal, para simular a dinâmica de uma população de *Diatraea saccharalis* no campo.

```

program IMIGRACAO;
  uses
    printer,crt,dos;
  type
    vetor=array[1..9] of real;
  const
    k: array [1..7] of real
      =(78,258.48,258.48,126.08,172.08,49.23,104.387);
    tb: array [1..7] of real
      =(11.2,7.3,7.3,10.6,7.1,7.1,7.1);
    viabil: array [1..8] of real
      =(1,1,1,1,1,1,1,1);
    g64=223; g3=1;b11=0.80;
    b12=0.9;
    b22=0.80;b23=0.80;
    b31=0.85;b32=0.70;b33=0.9;b34=1;
    b41=0.80;b42=0.46;b44=1;g44=1;
    n: array [1..9] of integer
      =(5,5,5,5,5,3,5,5,5);

    tcont: array[1..12] of real
      =(31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31);

  var
    arq: text;
    v:vetor;
    tint, i , j, tempo,t,vezes,ppr,numes,mesini:integer;
    kk, kp, f, fe, tclasse, entrada,tmes,tmedia,tmedia2:
    array[1..15,1..12] of real;
    saida: array[1..9,1..10] of real;
    tcompart,nf: array[1..9,1..365] of real;
    nt, temperatura,g11,g12,g14,g18,g23,g22,
    g32,g33,aux,b43,b21 :real;
    g43,g42,g61,pd,ps,di,IMIGRA,B24,pr :real;
    mes: string[3];
    sobrev,sobrevv: array [1..8] of real;
    tparat: array [1..500] of real;
    tparames,tmediames, tmediame2,porpar,porpar2: array[1..15]
    of real;

```

```
procedure escrever;
```

```
begin
```

```
    write(arq,'mes',' ','','ovos',' ','','lag.peq',' '
    ',','lag.gr.',' ','','pupas');
    write(arq,' ','','macho',' ','','femea',' ','','nada',' '
    ',','nada.',' ','','diap');
    write(arq,' ','','lagar',' ','','adultos',' '
    ',','ov.par.');
```

```
    for j:=4 to 15 do
```

```
        begin
```

```
            write(arq,j:3,' ');
```

```
            for i:=1 to 11 do
```

```
                begin
```

```
                    write(arq,tmedia2[i,j]:6:0,' ');
```

```
                end;
```

```
            write(arq,porpar2[j]:2:0);
```

```
            writeln(arq);
```

```
        end;
```

```
end;
```

```
{(*****
(          calculos          )
(*****)}
```

```
procedure calculo;
```

```
begin
```

```
    t:=0;
```

```
    g18:=0;
```

```
    PR:=0;
```

```
    PPR:=0;
```

```
    b43:=0;
```

```
    for j:=1 to 10 do
```

```
        tclasse[1,j]:=0;
```

```
    for i:=1 to 9 do
```

```
        for j:=1 to 10 do
```

```
            tclasse[i,j]:=0;
```

```
    for i:=2 to 9 do
```

```
        sobrev[i]:=1;
```

```
    tclasse[6,1]:=0;
```

```

for I:=1 to 9 do
  for J:=1 to 24 do
    begin
      kk[I,J]:=0;
      kp[I,J]:=0;
      f[I,J]:=0;
      fe[I,J]:=0;
      entrada[I,J]:=0;
      saida[I,J]:=0;
      tmes[i,j]:=0;
      tmedia[i,j]:=0;
      tmedia2[i,j]:=0;
    end;
  end;

for I:=1 to 9 do
  for J:=1 to 365 do
    begin
      NF[I,J]:=0;
      tcompart[i,j]:=0;
    end;
  end;

```

```

I:=0;
J:=0;
Tempo:=85;
mesini:=3;
NT:=0;
tint:=0;
pd:=0;
ps:=0;
di:=0;

```

```

for i:=1 to 500 do
  tparat[i]:=0;

```

```

for i:=1 to 15 do
  begin
    tparames[i]:=0;
    tmediames[i]:=0;
    tmediame2[i]:=0;
    tcont[i]:=0;
    porpar[i]:=0;
    porpar2[i]:=0;
  end;

```

```

clrscr;
for i:=1 to 7 do
  k[i]:=k[i]/n[i];
{INICIALIZACAO}

for i:=1 to 5 do
begin
  tclasse[2,i]:=0;
  tclasse[3,i]:=0;
  tclasse[4,i]:=0;
end;

  tclasse[1,1]:=30000;

for i:=1 to 3 do
  tclasse[6,i]:=0;

for vezes:=1 to 365 do
begin

case tempo of
  1..31:begin
    mes:='JAN';
    numes:=1;
    temperatura:=24;
    g14:=(25-temperatura)*(11.1)/3+18.8;
    g23:=(30-temperatura)*(2.90)/2+0.95;
    g33:=(30-temperatura)*(2.25)/10+3.10;
    g43:=0.201;
    g61:=(30-temperatura)*(0.24)/8+0.77;
    PD:=0;
    ps:=1;
    imigra:=0;
    B24:=0.8;
    B21:=0.2;
    B43:=1;
    pr:=0;
    ppr:=0;
  end;

  32..59:begin
    mes:='FEV';
    numes:=2;
    temperatura:=24.7;
    g14:=(25-temperatura)*(11.1)/3+18.8;
    g23:=(30-temperatura)*(2.90)/2+0.95;
    g33:=(30-temperatura)*(2.25)/10+3.10;
    g43:=0.201;
    g61:=(30-temperatura)*(0.24)/8+0.77;

```



```

PD:=0;
ps:=1;
imigra:=0;
B24:=0.8;
B43:=1;
B21:=0.2;
pr:=0;
ppr:=0;
end;

```

```

60..90:begin
mes:='MAR';
numes:=3;
temperatura:=23.9;
g14:=(25-temperatura)*(11.1)/3+18.8;
g23:=(30-temperatura)*(2.90)/2+0.95;
g33:=(30-temperatura)*(2.25)/10+3.10;
g43:=0.201;
g61:=(30-temperatura)*(0.24)/8+0.77;
PD:=0;
ps:=1;
imigra:=3;
B24:=0.8;
B43:=1;
B21:=0.2;
pr:=0.0;
ppr:=0;
end;

```

```

91..120:begin
mes:='ABR';
numes:=4;
temperatura:=21.1;
g14:=(temperatura-20)*(8.1)/2+21.8;
g23:=(temperatura-20)*(2.6)/2+1.25;
g33:=(30-temperatura)*(2.25)/10+3.10;
g43:=(temperatura-20)*(0.078)/2+0.14;
g61:=(temperatura-20)*(0.1)/2+0.9;
PD:=0;
ps:=1;
imigra:=3;
B24:=0.8;
B43:=1;
B21:=0.2;
pr:=0;
ppr:=0;
end;

```

```

121..151:begin
mes:='MAI';
numes:=5;
temperatura:=17.6;

```

```

g14:=21.8;
g23:=1.25;
g33:=5.35;
g43:=0.14;
g61:=0.90;
PD:=0.2;
ps:=0;
imigra:=3;
B24:=0.8;
B43:=1;
B21:=0.2;
pr:=0;
ppr:=0;
end;

```

```

152..181:begin
  mes:='JUN';
  numes:=6;
  temperatura:=16.8;
  g14:=21.8;
  g23:=1.25;
  g33:=5.35;
  g43:=0.14;
  g61:=0.90;
  PD:=0.4;
  ps:=0;
  imigra:=0;
  B24:=0.8;
  B43:=1;
  B21:=0.2;
  pr:=0;
  ppr:=0;
end;

```

```

182..212:begin
  mes:='JUL';
  numes:=7;
  temperatura:=17.2;
  g14:=21.8;
  g23:=1.25;
  g33:=5.35;
  g43:=0.14;
  g61:=0.90;
  PD:=0.4;
  ps:=0;
  imigra:=0;
  B24:=0.8;
  B43:=1;
  B21:=0.2;
  pr:=0;
  ppr:=0;
end;

```

```

213..243:begin
    mes:='AGO';
    numes:=8;
    temperatura:=18.9;
    g14:=21.8;
    g23:=1.25;
    g33:=5.35;
    g43:=0.14;
    g61:=0.90;
    PD:=0;
    ps:=1;
    imigra:=20;
    B24:=0.8;
    B43:=1;
    B21:=0.2;
    pr:=0;
    ppr:=0;
end;

244..273:begin
    mes:='SET';
    numes:=9;
    temperatura:=20.3;
    g14:=(temperatura-20)*(8.1)/2+21.8;
    g23:=(temperatura-20)*(2.6)/2+1.25;
    g33:=(30-temperatura)*(2.25)/10+3.10;
    g43:=(temperatura-20)*(0.078)/2+0.14;
    g61:=(temperatura-20)*(0.1)/2+0.9;
    PD:=0;
    ps:=1;
    imigra:=0;
    B24:=0.80;
    B43:=1;
    B21:=0.2;
    pr:=0.;
    ppr:=0;
end;

274..304:begin
    mes:='OUT';
    numes:=10;
    temperatura:=22.2;
    g14:=(25-temperatura)*(11.1)/3+18.8;
    g23:=(30-temperatura)*(2.90)/2+0.95;
    g33:=(30-temperatura)*(2.25)/10+3.10;
    g43:=0.201;
    g61:=(30-temperatura)*(0.24)/8+0.77;
    PD:=0;
    ps:=1;
    imigra:=0;
    B24:=0.80;
    B43:=1;

```

```

        B21:=0.2;
        pr:=0;
        ppr:=0;
    end;

305..334:begin
    mes:='NOV';
    temperatura:=22.9;
    numes:=11;
    g14:=(25-temperatura)*(11.1)/3+18.8;
    g23:=(30-temperatura)*(2.90)/2+0.95;
    g33:=(30-temperatura)*(2.25)/10+3.10;
    g43:=0.201;
    g61:=(30-temperatura)*(0.24)/8+0.77;
    PD:=0;
    ps:=1;
    imigra:=0;
    B24:=0.80;
    B43:=0.05;
    B21:=0.20;
    pr:=0;
    ppr:=0;
end;

335..365:begin
    mes:='DEZ';
    numes:=12;
    temperatura:=23.8;
    g14:=(25-temperatura)*(11.1)/3+18.8;
    g23:=(30-temperatura)*(2.90)/2+0.95;
    g33:=(30-temperatura)*(2.25)/10+3.10;
    g43:=0.201;
    g61:=(30-temperatura)*(0.24)/8+0.77;
    PD:=0;
    ps:=1;
    imigra:=0;
    B24:=0.8;
    B43:=0.20;
    B21:=0.2;
    pr:=0;
    ppr:=0;

    end;

end;

if tempo=120 then di:=1;
if tempo<>120 then di:=0;

```

```

for i:=1 to 7 do
  for j:=1 to n[i] do
    begin
      kk[i,j]:=(temperatura-tb[i]);
      kp[i,j]:=kk[i,j]/k[i];
      f[i,j]:=f[i,j]+kp[i,j]
    end;

for i:=1 to 7 do
  for j:=1 to n[i] do
    begin
      if f[i,j]>1 then fe[i,j]:=1;
      if f[i,j]<1 then fe[i,j]:=0;
      if f[i,j]>1 then f[i,j+1]:=f[i,j]-1;
    end;

```

```

      if f[1,5]>1 then f[2,1]:=f[1,5]-1;
      if f[2,5]>1 then f[3,1]:=f[2,5]-1;
      if f[3,5]>1 then f[4,1]:=f[3,5]-1;
      if f[4,5]>1 then f[5,1]:=f[4,5]-1;
      if f[5,5]>1 then f[6,1]:=f[5,5]-1;
      if f[6,5]>1 then f[7,1]:=f[6,5]-1;
      if f[7,5]>1 then f[8,1]:=f[7,5]-1;

```

```

{ CALCULO DA SOBREV DE OVOS}

```

```

      {calculo da % de parasitismo em funcao da
proporcao PR}
      case ppr of
        0..40: begin
          gl8:=pr*56.56/0.40;
          end;
        41..80: begin
          gl8:=((0.80-pr)*2.5/0.4)+54.06;
          end;
        81..160: begin
          gl8:=(pr-0.80)*18.99/0.8)+54.06;
          end;
        161..320: begin
          gl8:=(pr-1.6)*12.29/1.6)+73.05;
          end;
        321..500: begin
          gl8:=85.34;
          end;
      end;

```

```

{g18:=pr*56.56/0.4;}
g18:=g18/100;

g14:=g14/100;
aux:=g18;

g18:=1-g18;
g14:=1-g14;

g12:=0;
g11:=g18*g14;
G11:=G11*B11;

if g11>1 then g11:=0.99;

sobrev[1]:= exp(0.2*ln(g11));

{ CALCULO DA SOBREV DE LAGARTAS PEQUENAS}

g23:=g23/100;
g23:=1-g23;

g22:=g23*b21*b22*b23*b24;

sobrev[2]:= exp(0.2*ln(g22));

{ CALCULO DA SOBREV DE LAGARTAS GRANDES}
g33:=g33/100;
g33:=1-g33;

g32:=g33*b31*b32*b33;

sobrev[3]:= (exp(0.2*ln(g32)))*b34;

{ CALCULO DA SOBREV DAS PUPAS }
g43:=1-g43;

g42:=g43*b41*g44*b43*b44;

sobrev[4]:= (exp(0.2*ln(g42)));

```

```
{ FEMEAS}
```

```
{PROPOCAO QUE ENTRA EM DIAPAUSA}
```

```
for i:=1 to 5 do
  entrada[9,i]:=(tclasse[3,i]*di);
```

```
  entrada[9,1]:=tclasse[2,5]*fe[2,5]*pd;
```

```
for i:=1 to 5 do
  tclasse[9,i]:=tclasse[9,i]+entrada[9,i];
```

```
{PROPORCAO QUE SAI DA DIAPAUSA}
```

```
for I:=1 to 5 do
  begin
    saida[9,I]:= tclasse[9,i]*ps;
    tclasse[9,I]:=tclasse[9,I]-saida[9,I];
  end;
```

```
for i:=1 to 7 do
  for j:=1 to n[i] do
    if tclasse[i,j]=0 then f[i,j]:=0;
```

```
for i:=1 to 3 do
  for j:=1 to 5 do
    begin
      entrada[i,j]:=tclasse[i,j]*fe[i,j]*sobrev[i];
      saida[i,j]:=tclasse[i,j]*fe[i,j];
    end;
```

```
for j:=1 to 5 do
  begin
    entrada[3,j]:=tclasse[3,j]*fe[3,j]*sobrev[3];
    entrada[3,j]:=entrada[3,j]-
    entrada[9,j+1]+saida[9,j+1];
    saida[3,j]:=(tclasse[3,j]*fe[3,j]);
  end;
```

```
  entrada[2,5]:=entrada[2,5]-entrada[9,1]+saida[9,1];
```

```

for i:=4 to 7 do
  for j:=1 to n[i-1] do
    begin
      entrada[i,j]:=tclasse[i,j]*fe[i,j]*sobrev[i];
      saida[i,j]:=tclasse[i,j]*fe[i,j];
    end;

    entrada[4,5]:=tclasse[4,5]*fe[4,5]*(1-
b42)*sobrev[4];
    saida[4,5]:=tclasse[4,5]*fe[4,5]*(1-b42);

    entrada[5,5]:=tclasse[4,5]*fe[4,5]*b42*sobrev[5];
    entrada[5,5]:=(entrada[5,5]+imigra);
    saida[5,5]:=tclasse[4,5]*fe[4,5]*b42;
    entrada[6,3]:=tclasse[6,3]*fe[6,3]*sobrev[6]*g64;
    saida[6,3]:=tclasse[6,3]*fe[6,3];
    entrada[7,5]:=tclasse[7,5]*g64*sobrev[7];
    saida[7,5]:=tclasse[7,5]*fe[7,5];
    entrada[8,5]:=tclasse[8,5]*fe[7,10]*sobrev[8];
    saida[8,5]:=tclasse[7,5]*fe[7,10];

    for i:=2 to 5 do
      tclasse[i,1]:=tclasse[i,1]+entrada[i-1,5]-
saida[i,1];

    for i:=1 to 3 do
      for j:=2 to 4 do
        tclasse[i,j]:=tclasse[i,j]+entrada[i,j-
1]-saida[i,j];

    for i:=4 to 6 do
      for j:=2 to 4 do
        tclasse[i,j]:=tclasse[i,j]+entrada[i,j-
1]-saida[i,j];

    tclasse[4,5]:=tclasse[4,5]+entrada[4,4]-
saida[4,5]-saida[5,5];
    tclasse[1,5]:=tclasse[1,5]+entrada[1,4]-
saida[1,5];
    tclasse[2,5]:=tclasse[2,5]+entrada[2,4]-
saida[2,5];
    tclasse[3,5]:=tclasse[3,5]+entrada[3,4]-
saida[3,5];
    tclasse[7,1]:=tclasse[7,1]+entrada[6,3]-
saida[7,1]-entrada[6,3];
    tclasse[6,1]:=tclasse[6,1]+entrada[5,5]-
saida[6,1];

```



```

        tclasse[1,1]:=tclasse[1,1]+entrada[6,3]-
saida[1,1];

        for j:=2 to 5 do
            tclasse[7,j]:=tclasse[7,j]+entrada[7,j-1]-
saida[7,j];

        for i:=1 to 7 do
            for j:=1 to n[i] do
                if tclasse[i,j]<1 then tclasse[i,j]:=0;

        for i:=1 to 9 do
            for j:=1 to n[i] do
tcompart[i,(tempo)]:=tcompart[i,(tempo)]+tclasse[i,j];

        nf[i,(tempo)]:=tcompart[i,(tempo)];

        for i:=1 to 7 do
            if tcompart[i,(tempo)]<1 then
tcompart[i,(tempo)]:=0;

        for i:=1 to 4 do
            nt:=nt+tcompart[i,(tempo)];

        for i:=6 to 7 do
            begin
                nt:=nt+tcompart[i,tempo];
            end;

case tempo of
    1..31:begin
        for i:=1 to 9 do
            begin
                tmes[i,1]:=tmes[i,1]+tcompart[i,tempo];
                tparams[1]:=tmes[1,1]*aux;
                porpar[1]:=aux*100;
            end;
        end;
    32..59:begin
        for i:=1 to 9 do
            begin
                tmes[i,2]:=tmes[i,2]+tcompart[i,tempo];
                tparams[2]:=tmes[1,2]*aux;
                porpar[2]:=aux*100;
            end;

```

```

end;
60..90 :begin
  for i:=1 to 9 do
    begin
      tmes[i,3]:=tmes[i,3]+tcompart[i,tempo];
      tparams[3]:=tmes[1,3]*aux;
      porpar[3]:=aux*100;
    end;
  end;
91..120:begin
  for i:=1 to 9 do
    begin
      tmes[i,4]:=tmes[i,4]+tcompart[i,tempo];
      tparams[4]:=tmes[1,4]*aux;
      porpar[4]:=aux*100;
    end;
  end;
121..151:begin
  for i:=1 to 9 do
    begin
      tmes[i,5]:=tmes[i,5]+tcompart[i,tempo];
      tparams[5]:=tmes[1,5]*aux;
      porpar[5]:=aux*100;
    end;
  end;
152..181:begin
  for i:=1 to 9 do
    begin
      tmes[i,6]:=tmes[i,6]+tcompart[i,tempo];
      tparams[6]:=tmes[1,6]*aux;
      porpar[6]:=aux*100;
    end;
  end;
182..212:begin
  for i:=1 to 9 do
    begin
      tmes[i,7]:=tmes[i,7]+tcompart[i,tempo];
      tparams[7]:=tmes[1,7]*aux;
      porpar[7]:=aux*100;
    end;
  end;
213..243:begin
  for i:=1 to 9 do
    begin
      tmes[i,8]:=tmes[i,8]+tcompart[i,tempo];
      tparams[8]:=tmes[1,8]*aux;
      porpar[8]:=aux*100;
    end;
  end;
244..273:begin
  for i:=1 to 9 do
    begin
      tmes[i,9]:=tmes[i,9]+tcompart[i,tempo];
      tparams[9]:=tmes[1,9]*aux;
      porpar[9]:=aux*100;
    end;
  end;
274..304:begin
  for i:=1 to 9 do
    begin
      tmes[i,10]:=tmes[i,10]+tcompart[i,tempo];
      tparams[10]:=tmes[1,10]*aux;
      porpar[10]:=aux*100;
    end;
  end;

```

```

        end;
305..334:begin
    for i:=1 to 9 do
        tmes[i,11]:=tmes[i,11]+tcompart[i,tempo];
        tparams[11]:=tmes[1,11]*aux;
        porpar[11]:=aux*100;
    end;
335..365:begin
    for i:=1 to 9 do
        tmes[i,12]:=tmes[i,12]+tcompart[i,tempo];
        tparams[12]:=tmes[1,12]*aux;
        porpar[12]:=aux*100;
    end;
end;

for i:=1 to 9 do
    for j:=1 to 12 do
        tmedia[i,j]:=tmes[i,j]/tcont[j];

for i:=1 to 12 do
    tmediames[i]:=tparames[i]/tcont[i];

    for i:=1 to 9 do
        for j:=4 to 12 do
            begin
                tmedia2[i,j]:=tmedia[i,j];
                porpar2[j]:=tmediames[j];
            end;

for i:=1 to 9 do
    for j:=13 to 15 do
        begin
            tmedia2[i,j]:=tmedia[i,j-12];
            porpar2[j]:=tmediames[j-12]
        end;

{ **** para somar lagartas pequenas e grandes***, machos
e femeas ***}

    for i:=4 to 15 do
        begin
tmedia2[10,i]:=tmedia2[2,i]+tmedia2[3,i]+tmedia2[9,i];
        tmedia2[11,i]:=tmedia2[5,i]+tmedia2[6,i]
        end;

```

```

    tempo:=tempo+1;
    if tempo>365 then tempo:=1;
    for i:=1 to 7 do tcompart[i,tempo]:=0;
    nt:=0;

end;

    escrever;

end;

begin {programa principal}
    assign(arq,'c:\ws\dados.prn');
    rewrite(arq);
    calculo;
    close(arq);
end.

```

DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

A seguir é feita uma descrição detalhada do programa para que o mesmo possa ser utilizado, fazendo modificações de acordo com a situação em que se deseja simular.

CONSTANTES UTILIZADAS:

$K[I]$ =Constante térmica do compartimento I

$TB[I]$ =Temperatura base do compartimento I

b=parâmetros

b1.i=Parâmetros relativos à fase de ovos

b2.i=Parâmetros relativos à fase de lagartas pequenas

b3.i=Parâmetros relativos à fase de lagartas grandes

b4.i=Parâmetros relativos à fase de pupas

b5.i=Parâmetros relativos à fase de machos

b6.i=Parâmetros relativos à fase de fêmeas em preoviposição

b7.i=Parâmetros relativos à fase de fêmeas em oviposição

b8.i=Parâmetros relativos à fase de ovos parasitados

b9.i=Parâmetros relativos à fase de lagartas em diapausa

(i varia de 1 até o número de parâmetros daquela fase)

b11=Mortalidade de ovos devido aos predadores

b12=Mortalidade de ovos devido às doenças

b21=Mortalidade de lagartas pequenas devido aos predadores

b22=Mortalidade de lagartas pequenas devido aos parasitóides

b23=Mortalidade de lagartas pequenas devido às doenças

b24=Mortalidade de lagartas pequenas devido a fatores desconhecidos

b31=Mortalidade de lagartas grandes devido aos predadores

b32=Mortalidade de lagartas grandes devido aos parasitóides

b33=Mortalidade de lagartas grandes devido às doenças

b34=Mortalidade de lagartas grandes devido ao corte da cana

b41=Mortalidade de pupas devido aos predadores
 b42=razão sexual
 b43=Mortalidade de pupas devido às doenças
 b44=Mortalidade de pupas devido à más formações
 n[I]=número de classes no compartimento I

Os compartimentos foram divididos em classes para simular a variabilidade dentro de cada fase, para que não ocorra a passagem de todos os indivíduos de uma fase para outra, ao mesmo tempo.

VARIÁVEIS

g1.i=variáveis relativas á fase de ovos
 g2.i=variáveis relativas á fase de lagartas pequenas
 g3.i=variáveis relativas á fase de lagartas grandes
 g4.i=variáveis relativas á fase de pupas
 g5.i=variáveis relativaas á fase de adultos machos
 g6.i=variáveis relativas á fase de fêmeas em pré-oviposição
 g7.i=variáveis relativas á fase de fêmeas em oviposição
 g8.i=variáveis relativas á fase de ovos parasitados
 g9.i=variáveis relativas á fase de lagartas em diapausa

(i varia de 1 até o número de variáveis de cada fase)

g11=mortalidade de ovos

g12=mortalidade de ovos devido aos parasitóides

g13=mortalidade de ovos em função da umidade

g14=mortalidade de ovos em função da temperatura

g15=parasitismo em função da temperatura

g16=parasitismo em função da umidade

g17=parasitismo em função da variedade

g18=parasitismo em função da proporção parasitóide/praga

g21=desenvolvimento de lagartas pequenas

g22=mortalidade de lagartas pequenas

g23=mortalidade de lagartas pequenas em função da temperatura

g32=mortalidade de lagartas grandes

g33=mortalidade de lagartas grandes em função da temperatura

g41=desenvolvimento de pupas

g42=mortalidade total de pupas

g43=mortalidade de pupas em função da temperatura

g44=mortalidade de pupas devido a umidade

g61=proporção de fêmeas férteis

g62=desenvolvimento de fêmeas em preoviposição

g63=mortalidade de fêmeas em preoviposição

g64=número de ovos por fêmea

PD=proporção de lagartas que entra em diapausa

PS=proporção de lagartas que sae da diapausa

DI=proporção de lagartas que entra inicialmente em diapausa

TEMPERATURA=temperatura média do mes

IMIGRA=número efetivo (imigração-emigração) de fêmeas que imigra por ha por dia.

PR=proporção adultos de *Trichogramma*/ovos de broca

PPR=PR*100

CÁLCULO DOS GRAUS-DIA ACUMULADOS

$KK[I,J] := (Temperatura - tb[i])$

$kp[i,j] := kk[i,j] / k[i]$

$f[i,j] := f[i,j] + kp[i,j]$

KK[I,J]=quantidade de calor (graus) acumulada no dia

KP[I,J]=proporção de calor em relação à constante térmica

F[I,J]=proporção acumulada

i=compartimento

j=classe

Essa parte do programa calcula o acúmulo de graus-dia, portanto corresponde ao desenvolvimento do inseto. Quando $F[I,J]$ for maior que um, o inseto passará para outra classe ou outro compartimento se estiver na última classe do compartimento.

CONDIÇÕES DE MUDANÇAS DE FASE

```
IF F[I,J]>1 THEN FE[I,J]=1
```

```
IF F[I,J]<1 THEN FE[I,J]=0
```

A variável $FE[I,J]$ funciona como uma "chave", se os insetos atingiram a constante térmica, $FE[I,J]=1$ e eles mudam de fase. Como os compartimentos estão divididos em classes, essa passagem também está dividida em classes, ou seja, ocorrem passagens de uma classe para outra de um mesmo compartimento e de um compartimento para outro.

INCORPORAÇÃO DO RESÍDUO DE GRAUS-DIA

```
IF F[I,5]>1 THEN f[i+1,1]=f[i,5]-1
```

Permite que o acúmulo a mais de calor não seja perdido.

CÁLCULO DAS SOBREVIVÊNCIAS

A seguir são calculadas as sobrevivências de cada fase. Para calcular a sobrevivência de cada classe, é necessário calcular a raiz quinta da sobrevivência, pois foram consideradas 5 classes dentro de cada compartimento. Para esse cálculo, em linguagem Pascal, foi utilizado o seguinte recurso:

$$X^{\frac{Y}{5}} = M \quad \dots\dots\dots \text{LOG}_5 M = Y$$

$$\frac{\text{LOG}_5 M}{\text{LOG}_5 X} = Y \quad \dots\dots\dots \text{LOG}_5 M = Y * \text{LOG}_5 X$$

$$\text{EXP}(\text{LOG}_5 M) = \text{EXP} (Y * \text{LOG}_5 X)$$

$$M = \text{EXP}(Y * \text{LOG}_5 X)$$

A variável SOBREV[I] representa a sobrevivência total da fase, para verificação.

PROPORÇÃO DE ENTRADA E SAÍDA DA DIAPAUSA

No cálculo da proporção de lagartas que entra em diapausa, a variável ENTRADA[9,I] representa a passagem de lagartas grandes para o compartimento de diapausa:

$$\text{ENTRADA}[9,I] := \text{TCLASSE}[3,I] * DI$$

Assim, inicialmente, uma proporção (DI) entra em diapausa, sendo ENTRADA[9,I] a quantidade que entra na classe I do compartimento 9 (lagartas em diapausa) e TCLASSE[3,I] o total de insetos na classe I do compartimento 3 (lagartas grandes).

Após essa passagem inicial das lagartas grandes, uma proporção das lagartas pequenas que passa para lagartas grandes, diariamente, entra em diapausa, no inverno:

$$\text{TCLASSE}[9,I] = \text{TCLASSE}[2,5] * \text{FE}[2,5] * \text{PD}$$

onde PD é a proporção de lagartas que entra em diapausa

O próximo passo é calcular o total de cada classe do compartimento 9

Para calcular a proporção que sai da diapausa é utilizada a seguinte equação:

$$SAIDA[9,I]=TCLASSE[9,I]*PS$$

onde PS é a proporção de lagartas que saem da diapausa

ATUALIZAÇÕES DOS COMPARTIMENTOS

A variável SAIDA[I,J] é a quantidade de insetos que sai do compartimento I, classe J e ENTRADA[I,J] é a quantidade de insetos que entra na classe J+1 do compartimento I. A diferença entre SAIDA E ENTRADA é que na SAIDA são considerados todos os insetos (mortos e vivos), enquanto que na ENTRADA (quando entram no próximo compartimento), são só os vivos; dessa maneira, os mortos são eliminados.

Calculadas todas as mudanças, os totais das classes são atualizados:

$$TCLASSE[I,J]=TCLASSE[I,J]+ENTRADA[I,J-1]-SAIDA[I,J]$$

Alguns compartimentos têm que sofrer algumas modificações.

O próximo passo é a atualização dos compartimentos:

$TCOMPARTIMENTO[I,TEMPO]=TCOMPARTIMENTO[I,TEMPO]+TCLASSE[I,J]$

MÉDIA DE INSETOS NO MÊS

A seguir é calculado o número médio de insetos em cada fase, para cada mês ($TMEDIA2[I,J]$), e a proporção de ovos parasitados em cada mês ($PORPAR2[J]$).

Após os cálculos, os dados são armazenados num arquivo ASCII e podem ser utilizados diretamente nos programas HARVARD GRAPHICS ou LOTUS para a confecção dos gráficos.

OBSERVAÇÃO FINAL

Nos casos em que os cálculos não podiam ser feitos diretamente e para conferir resultados intermediários foram criadas variáveis auxiliares.

Apêndice 3. Parâmetros utilizados nas simulações das Figuras 10 a 12.

	ovo	lag. peq	lag.grande	pupas
K	78,00	258,48	258,48	126,08
TB	11,2	7,3	7,3	10,6

b11=0,80;

b12=0,9;

b22=0,80;b23=0,80;

b31=0,85;b32=0,70;b33=0,9;b34=1;

b41=0,80;b42=0,46;b44=1;g44=1;

	MES				
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
PD=0	PD=0	PD=0	PD=0	PD=0.2	PD:=0.4
ps=1	ps=1	ps=1	ps=1	ps:=0	ps:=0
B24=0,8	B24=0,8	B24=0,8	B24=0,8	B24=0,05	B24=0,05
B21=0,2	B43=1	B43=1	B43=1	B43=1	B43:=1
B43=1	B21=0,2	B21=0,2	B21=0,2	B21=0,2	B21:=0,2
pr=0	pr=0	pr=0	pr=0	pr=0	pr=0

JUL	AGO	MÊS		NOV	DEZ
		SET	OUT		
PD=0,4	PD=0	PD=0	PD=0	PD=0	PD=0
ps=0	ps=1	ps=1	ps=1	ps=1	ps=1
B24=0,05	B24=0,05	B24=0,8	B24=0,8	B24=0,8	B24:=0,8
B43=1	B43=1	B43=1	B43=1	B43=1	B43=1
B21=0,2	B21=0,2	B21=0,2	B21=0,2	B21=0,2	B21=0,2
pr=0	pr=0	pr=0	pr=0	pr=0	pr=0