

**DESENVOLVIMENTO DE MODELO MATEMÁTICO PARA
SIMULAÇÃO DO CONTROLE BIOLÓGICO DA
BROCA-DA-CANA-DE-AÇÚCAR *Diatraea saccharalis* (FABR., 1794)
(LEP., PYRALIDAE) ATRAVÉS DE *Metagonistylum minense*
TOWNS., 1927 (DIP., TACHINIDAE)**

GLAUCIA MARIA BOVI AMBROSANO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro - 1987

DESENVOLVIMENTO DE MODELO MATEMÁTICO PARA SIMULAÇÃO DO
CONTROLE BIOLÓGICO DA BROCA-DA-CANA-DE-AÇÚCAR
Diatraea saccharalis (FABR., 1794) (LEP., PYRALIDAE)
ATRAVÉS DE *Metagonistylum minense* TOWNS., 1927
(DIP., TACHINIDAE)

GLAUCIA MARIA BOVI AMBROSANO
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. RICARDO B. SGRILLO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro de 1987

Ao meu esposo EDMILSON

e ao meu filho RAFAEL

pelas horas de convívio a que nos
privamos durante a realização
deste trabalho.

DEDICO.

Aos meus pais VIRGINIO e NEIDE, pela
minha educação.

Aos meus sogros LINO e ENY, pelo apoio.

A minhas irmãs e cunhados, pelo incentivo.

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

- Ao Dr. Ricardo B. Sgrillo pelos ensinamentos, amizade e orientação durante o curso e na realização deste trabalho;

- Aos Professores Dr. Sinval Silveira Neto e Dr. José Roberto P. Parra pelos ensinamentos transmitidos amizade e por ter colocado à minha disposição suas instalações, equipamentos e material didático;

- Aos Professores e Funcionários do Departamento de Entomologia, pela amizade, sugestões e incentivos;

- Ao meu esposo, Eng^o Agr^o Edmilson José Ambrosano, pelo auxílio durante toda a realização do trabalho;

- Aos estagiários Maria Cristina Rocha Dias, Marcia R. Mauro e Eugenio S. Gomes, pela colaboração na execução do experimento;

- Aos colegas Robinson L. Tuon, Katia R.P. Araújo e Orgheda Zucchi pelas valiosas sugestões;

- À Dra. Marineia de Lara Haddad e à MS Angélica Machado pela colaboração na elaboração dos gráficos;

- À COPERSUCAR pelo fornecimento de todo o material utilizado no experimento;

- À Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelas bolsas de estudo concedidas;

- A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram na execução deste trabalho.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	vi
SUMMARY	viii
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. Modelo hospedeiro-parasito e predador-presa	03
2.2. Sistemas, modelos e simulação	09
2.3. O sistema <i>D. saccharalis</i> - <i>M. minense</i>	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1. Infestações com a broca	19
3.2. Liberações de <i>M. minense</i>	19
3.3. Análise do parasitismo	20
3.4. Análise dos resultados	21
3.5. Estimativa dos parâmetros dos modelos testados	21
3.5.1. Estimativas do parâmetro do modelo de THOMPSON	22
3.5.2. Estimativas do parâmetro do modelo de NICHOLSON	24
3.5.3. Estimativas do parâmetro do modelo de HASSELL e VARLEY	25
3.5.4. Estimativas do parâmetro do modelo de WATT	27
3.6. Diagramas de blocos	28
3.7. Simulação do efeito do parasito <i>M. minense</i> na dinâmica populacional de <i>D. saccharalis</i> ...	31
3.7.1. Passos para o desenvolvimento do modelo	31
3.7.2. O modelo	33

3.7.3. Desenvolvimento do modelo	35
3.7.4. Diagrama de bloco do modelo de simulação do controle biológico	40
3.7.5. Elaboração do programa para microcomputador	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1. Testes preliminares	45
4.2. Instares das lagartas retiradas	45
4.3. Análise dos dados	47
4.4. Resultados das simulações	65
5. CONCLUSÕES	71
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
APÊNDICES	79

DESENVOLVIMENTO DE MODELO MATEMÁTICO PARA SIMULAÇÃO DO CONTROLE BIOLÓGICO DA BROCA-DA-CANA-DE-AÇÚCAR *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (LEP., PYRALIDAE) ATRAVÉS DE *Metagonistylum minense*, TOWNS., 1927 (DIP., TACHINIDAE)

Autora: GLAUCIA MARIA BOVI AMBROSANO
Orientador: Prof. Dr. RICARDO B. SGRILLO

RESUMO.

Neste trabalho desenvolveu-se um modelo matemático para simulação do controle biológico da broca *Diatraea saccharalis* (Fabr.) através do parasito *Metagonistylum minense*, Towns.

Na 1ª etapa, realizada em casa de vegetação, no Departamento de Entomologia, foram infestados colmos de cana-de-açúcar da variedade Na56-79 com lagartas de 3º ínstar.

Uma semana após a infestação foram liberados números diferentes de fêmeas do parasito *M. minense* acasaladas 8 dias antes. Uma semana após a liberação, os colmos foram abertos e retiradas as lagartas que foram mantidas em dieta artificial em laboratório.

Diariamente, foi anotado o número de lagartas que foram parasitadas, mortas e que empuparam. Os resultados foram analisados através da análise de variância, com teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na análise matemática foram testados os modelos de parasitismo propostos por THOMPSON (1924), NICHOLSON (1933), HASSELL e VARLEY (1969) e WATT (1959).

Para tanto foram determinados: estimativas dos parâmetros, número de lagartas parasitadas e porcentagem de parasitismo. A comparação entre os modelos estudados foi feita através dos testes de Kruskal-Wallis e comparações múltiplas.

Para simulação da dinâmica populacional da *D. saccharalis* e o seu controle com o parasito *M. minense* foi desenvolvido um modelo determinístico compartimental codificado em linguagem Basic.

Os resultados permitiram as seguintes conclusões:

1. A maior porcentagem de parasitismo ocorre quando liberadas 20 moscas por compartimento, que contém, em média, ^{102,} 102 lagartas.

2. O modelo que melhor se ajusta aos dados obtidos é o de HASSELL e VARLEY, com os seguintes valores para os parâmetros: $m = 0,7$ e $Q = 0,1$.

3. O modelo de simulação do crescimento populacional da broca representa bem a dinâmica populacional do inseto no campo.

4. O modelo de simulação desenvolvido permite indicar as melhores épocas e proporções de parasito-hospedeiro para o controle da broca.

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL FOR BIOLOGICAL CONTROL
SIMULATION OF SUGAR CANE BORER *Diatraea saccharalis* (FABR., 1794)
(LEP., PYRALIDAE) WITH *Metagonistylum minense*, TOWNS., 1927
(DIP., TACHINIDAE)

Author: GLAUCIA MARIA BOVI AMBROSANO
Adviser: Prof. Dr. RICARDO B. SGRILLO

SUMMARY

A mathematical model for the biological control simulation of sugar cane borer *Diatraea saccharalis* (Fabr.) with parasite *Metagonistylum minense* Towns was carried out.

Firstly, stalks of sugar cane of the variety Na 56-79 were infested with third instar larvae in a green house.

A week after the infestation different numbers of the parasite *M. minense*, mated 8 days before, were released in the greenhouse.

A week after the release the stalks were open to remove the larvae which were placed in artificial diet.

The number of parasitized larvae, dead larvae and pupae were recorded. The results were analysed through analysis of variance, with Tukey test at 5% level.

The models of parasitism tested were those proposed by THOMPSON (1924), NICHOLSON (1933), HASSELL e VARLEY (1969) e WATT (1959). The parameters of each model were estimated. The number of parasitized larvae and the percentage

of parasitism were calculated and compared through the Kruskal-Wallis and Multiple Comparison tests.

To simulate the population dynamics of *D. saccharalis* and its control with the parasite *M. minense*, a compartmental deterministic model was developed, put in BASIC language.

The results were as follows:

1. The highest percentage of parasitism occurs when 20 parasites per compartment containing a mean of 87 larvae.

2. The model that better adjusts the data obtained is the HASSELL e VARLEY one, with the following values for the parameters: $M = 0.7$ and $Q = 0.1$.

3. The model of simulation of the increase of the bore population represents the population dynamics of the insects on the field.

4. The releases of the parasite were more efficient when done before and after the population peak of large larvae.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é, atualmente, cultivada em todas as regiões tropicais e subtropicais. No Brasil essa gramínea vem sendo cultivada há quase cinco séculos e a sua área de plantio vem aumentando.

Em relação ao volume de produção e de exportação, o Brasil ocupa lugar de destaque, sendo considerado o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e um dos maiores exportadores de açúcar. Na safra de 85, encerrada em maio de 1986, o Brasil produziu 7,8 milhões de toneladas de açúcar e 11,8 bilhões de litros de álcool (IEA, 86/87).

Apesar disso, a produtividade brasileira ainda é baixa, em comparação com a produtividade média de outros países produtores. Entre os fatores que contribuem para essa baixa produtividade, destacam-se as perdas causadas pelo ataque da broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794).

Os maiores danos causados por essa praga são indiretos, uma vez que pelos orifícios e galerias produzidos pelas lagartas no colmo, penetram fungos que causam a podri-

dão vermelha. Esses fungos invertem a sacarose, diminuindo a pureza do caldo. Além disso as lagartas produzem prejuízos diretos pela abertura de galerias, causando perda de peso da cana e provocando a morte das gemas e, conseqüentemente, falhas na germinação.

O controle da broca é feito, principalmente, pelo método biológico, utilizando-se a mosca *Metagonistylum mínense* Towns., 1927.

Entretanto, para que esse tipo de controle seja eficiente, há a necessidade de conhecimentos profundos da biologia e comportamento, tanto da praga como do inimigo natural, assim como da criação, liberação e eficiência dos parasitos em diferentes condições.

Como o sistema hospedeiro-parasito é altamente complexo, essa é uma área de grande aplicação de modelos de simulação em computadores.

Assim, o presente trabalho teve por objetivo a seleção de um modelo matemático para proporção de parasitismo de *M. mínense*, em função das populações do parasito e do hospedeiro, desenvolvimento de um modelo de simulação compartimental, para a dinâmica populacional da praga e do parasito e simulação do controle biológico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. MODELOS HOSPEDEIRO-PARASITO E PREDADOR-PRESA

Vários modelos hospedeiro-parasito e predador-presa já foram desenvolvidos por diversos autores, mas não foi encontrado na literatura nenhum modelo específico para a interação *Diatraea saccharalis* - *Metagonistylum minense*, que constitui o objetivo básico do presente trabalho.

LOTKA em 1923, publicou a equação:

$$\frac{dN_1}{dt} = bN_1 - dN_1 - aN_1N_2$$

Essa equação descreve a taxa de mudança na densidade de presas, N_1 com o tempo. As constantes "b" e "d" são coeficientes de nascimento e mortalidade naturais, respectivamente, e "a" é um coeficiente de ataque de uma espécie de parasito ou predador, quando a densidade da sua população for N_2 . A suposição fundamental contida no termo $-a.N_1.N_2$ é que a probabilidade dos hospedeiros (ou presas) começarem a atacar a qualquer instante é proporcional ao produto das densidades de hospedeiros (ou presas) e parasitos (ou predadores).

VOLTERRA (1926), independentemente, fez a mesma suposição.

THOMPSON (1924) estudando a teoria de sistemas hospedeiro-parasito para insetos utilizou a letra "P" para denotar o número inicial de parasitos, "S" para a multiplicação de parasitos a cada geração e "f" para a proporção de fêmeas dos parasitos e afirmou que para os casos onde um parasito ataca um único hospedeiro e somente hospedeiros não parasitados, há no fim de uma geração $P.f.S.$ parasitos. O autor faz, ainda, uma suposição sobre a dinâmica de população de insetos:

$$dY/dX = N \cdot X/N$$

Ou fazendo-se a integração:

$$Y = N(1 - e^{-X/N})$$

Onde dY/dX representa a taxa de mudança de hospedeiros parasitados em função do número de ovos do parasito, N representa o número inicial de hospedeiros e Y o número de hospedeiros parasitados.

A mesma idéia fundamental foi representada, em diferentes termos, por BAYLEY (1931), que diz que:

$$N - Y = N \cdot s^{-S} \quad \text{ou} \quad N(1 - e^{-S}) = Y$$

Onde N é o número de hospedeiros, Y é o número de hospedeiros parasitados e S é a taxa de multiplicação de parasitos a cada geração.

A equação de BAILEY (1931) é fundamental para o modelo descrito por NICHOLSON e BAILEY (1935).

WATT (1959) analisou a suposição fundamental de cinco modelos matemáticos clássicos da dinâmica populacional de hospedeiro-parasito e predador-presa e chegou à conclusão que estes são inadequados, desenvolvendo, então, um novo modelo. O autor apresenta, ainda, métodos de obtenção de parâmetros para dados de campo e de laboratório.

HOLLING (1959) estudou algumas características de modelos de predação e parasitismo. Nesse trabalho são demonstrados os componentes básicos da predação, na situação predador-presa. Um dos componentes básicos encontrados é a resposta no consumo de presas por predadores individuais para mudanças na densidade de presas, que é teoricamente importante na regulação da população. Foi descrita, ainda, uma equação matemática para descrever o efeito da densidade de hospedeiros no número de hospedeiros atacados por insetos parasitos.

Segundo HASSELL (1971) as teorias de NICHOLSON (1933) e NICHOLSON e BAILEY (1935) assumem que a eficiência de busca de um parasito é uma constante e, portanto, não depende da densidade de hospedeiros e parasitos. Já no modelo proposto por HASSELL e VARLEY (1969), a eficiência de procura do parasito adulto declina, exponencialmente, com o aumento da densidade de adultos. Esse autor estudou a influência da densidade diferente de *Nemeritis canescense* e seu hospedeiro *Ephestia cautela*, também em diferentes densidades e observou

que há uma dependência do comportamento para todas as densidades testadas. Aumentando o número de adultos de *Nemeritis* nas gaiolas, houve uma redução na eficiência de procura pelo parasito, individualmente. Segundo o autor, essa influência é devido aos efeitos dos encontros entre adultos no comportamento do parasito e também pela mudança no comportamento, quando um parasito adulto encontra um hospedeiro que já tenha sido parasitado.

Um primeiro passo para analisar o desempenho do predador ou parasito é observar o seu desempenho individual, isto é, a maneira pela qual ele procura, percebe, aceita e ataca. Essas respostas funcionais de indivíduos são essenciais para o claro entendimento e aproximações de modelos de interações hospedeiro-parasito ou predador-presa, HUKKAKER et alii (1971).

Segundo HASSELL e ROGERS (1972), é necessário que os objetivos sejam bem claros. Esses autores observaram que dos muitos aspectos do comportamento dos parasitos, somente alguns são prováveis que tenham grande influência numa interação hospedeiro-parasito. A base de um modelo de população é um componente que descreve o número de hospedeiros atacados (N_h) pela população do parasito.

ROGERS (1972) concluiu em seu trabalho que o número de hospedeiros atacados por um parasito, quando a pro-

cura é ao acaso, depende da densidade do hospedeiro, mas não da distribuição deste. Mas o tamanho da progênie produzida por um parasito, que não procura ao acaso, depende da densidade do hospedeiro e da resposta do parasito à distribuição do hospedeiro.

No trabalho de HASSELL e MAY (1973) vários modelos de interação hospedeiro-parasito são discutidos. Alguns desses são baseados em procura ao acaso, onde a eficiência de procura é considerada constante ou como dependente da densidade do hospedeiro e/ou parasito. Em outros, é considerado que o parasito procura de uma maneira que não ao acaso, tendendo a agregar-se em unidades de área onde a densidade de hospedeiros é alta. O modelo mais complexo considera três efeitos básicos, o efeito da densidade do hospedeiro, da densidade do parasito e o efeito da distribuição dos hospedeiros. Os autores encontraram uma influência na interferência mútua entre procura de parasitos e a agregação de parasitos, onde a densidade de hospedeiros é, relativamente, alta na estabilidade.

HASSELL e MAY (1974) desenvolveram um modelo baseado na mudança do comportamento de muitos predadores após a alimentação ou parasitos após o parasitismo. A resposta encontrada tende a uma forma sigmóide quando expressa em tempo gasto por um predador, por unidade de área, em diferentes densidades de hospedeiro. As propriedades de estabilização dos modelos, incluindo diferentes tipos de respostas agregativas, são discutidas nesse trabalho. Essas respostas podem

ser estudadas através de uma simples relação linear entre o tempo gasto por unidade de área e a densidade de presas.

O tema central do trabalho desenvolvido por AUSLANDER *et alii* (1974) foi enfatizar a importância da estrutura etária no entendimento da dinâmica de populações interagindo entre si. Segundo os autores, as populações são sistemas naturais de retroalimentação positivo, portanto uma influência periódica na taxa de nascimento ou de mortalidade reflete no número total da população.

Um dos componentes básicos de um modelo de interação hospedeiro-parasito é uma expressão matemática para o número de hospedeiros atacados em função da densidade de hospedeiros e parasitos. Isto tem sido chamado de resposta funcional do parasito (ou predador) a densidade de hospedeiro (ou presa), ALLEN e GONZALEZ (1975). Nesse trabalho os autores observaram os efeitos da temperatura e refúgio de hospedeiros nos modelos de NICHOLSON-BAILEY e HASSELL-VARLEY.

Segundo BEDDINGTON *et alii* (1976) a taxa de mortalidade imposta pelo predador na população da presa está ligada à taxa com que os indivíduos predadores fixam e consomem a presa, conseqüentemente à taxa de aumento da população de predadores. A taxa de aumento dependerá de três principais componentes: a duração de cada instar do predador, a taxa de sobrevivência dentro dos instares e da fecundidade dos adultos.

SUNDARAMURTHY e SANTHANAKRISHNAN (1979), estudaram o efeito da densidade populacional do parasito *Perisic-*

rola nephantidis na mortalidade de *Nephentia serinopa* e observaram que a densidade populacional do parasito age como fator chave na mortalidade e no controle biológico do hospedeiro. A mortalidade do hospedeiro foi indiretamente proporcional à densidade do parasito.

Em 1982 CHESSON descreveu métodos para estimar a probabilidade de encontros e do parasitismo dado o encontro para situações onde os hospedeiros permanecem escondidos. Um exemplo é citado usando dados publicados sobre o parasitismo de ovos de *Heliothis zea* por *Thichogramma* spp.

2.2. SISTEMAS, MODELOS E SIMULAÇÃO

Segundo CASWELL et alii (1972) um sistema é uma coleção de objetos interrelacionados, um objeto é descrito por uma série de comportamentos e um comportamento é uma série de ações no tempo.

Um sistema é chamado determinístico se o estado do sistema num momento for determinado, exclusivamente pelo estado do sistema no momento anterior e estocástico se for determinado pelo estado do sistema no momento anterior com uma probabilidade devida ao acaso, sendo o estado do sistema o valor das variáveis num determinado momento (PATTEN, 1971).

Modelos são, talvez, tão velhos quanto o raciocínio científico. Entre os primeiros modelos biológicos

propostos, por exemplo, está o empregado na classificação de animais e plantas (BATSCHLET, 1966).

Ao se construir um modelo de um sistema a ser simulado, deve-se efetuar uma tarefa muito importante e nem sempre fácil, ou seja, a análise de sistemas, SHIMIZU (1975).

Segundo o autor a análise de sistemas é uma tarefa importante em qualquer atividade e é uma tarefa que requer habilidade e conhecimento do campo onde o mesmo está situado, mas por outro lado se resume, sobretudo, na atitude de constante observação (e experimentação na primeira versão do modelo ou serviço) dos elementos e do comportamento do sistema.

A representação simplificada de um sistema dinâmico é um modelo dinâmico. Uma razoável e ampla definição de simulação é a construção de um modelo e estudo do seu comportamento. A simulação é utilizada para aumentar a compreensão da realidade através de analogias e extrapolações, quando o sistema estudado é muito complexo e o caminho analítico-matemático torna-se muito difícil (BOS e RABBINGE, 1976).

Um modelo biológico deve satisfazer a algumas condições. Assim, é desejável que seja razoavelmente simples e consistentemente lógico; matematicamente correto e capaz de fornecer inferências (BATSCHLET, 1966; KRANZ, 1974).

É essencial, ainda, que os modelos tenham um objetivo bem definido e que sejam válidos (KRANZ e ROLEY, 1978).

O sistema planta-praga-ambiente é um sistema complexo que deve ser bem conhecido quando se deseja reali-

zar um manejo adequado da praga. Por essa razão a análise de sistemas é utilizada, fazendo-se uma simulação, ou seja, através de um modelo matemático é representada a dinâmica do sistema no tempo, SGRILLO (1979).

A construção de modelos de simulação é uma excelente maneira de se aumentar o conhecimento sobre um sistema complexo (KRANZ e HAU, 1980).

NAYLOR et alii (1971) discutem o problema da verificação dos resultados dos modelos de simulação. Segundo esses autores, esse problema, na realidade, não é diferente do problema da verificação aplicada a qualquer tipo de hipótese ou modelo, quer seja ele expresso como um modelo verbal, físico, uma equação matemática ou um programa de computador. Para verificarmos a validade de qualquer modelo, temos que provar que o modelo é verdadeiro.

HARSTACK e HOLLINGSWORTH (1974) desenvolveram um modelo para estudar a população de *Heliothis* spp. Através desse modelo pode-se prever picos dos adultos em algodão e prever a densidade da população da praga, no mínimo com uma geração de antecedência. Estas informações são extremamente úteis na decisão da necessidade e tipo de controle a ser aplicado.

Modelos de dinâmica populacional de vários insetos foram construídos por SOUTHWOOD e COMINS (1976), para estudarem os tipos de curvas de crescimento populacional.

SGRILLO em 1979 desenvolveu um modelo matemático para simulação da dinâmica populacional da broca da cana-de-açúcar e da técnica do indivíduo estéril.

Segundo FYE (1979) as técnicas de modelagem-simulação, frequentemente, detectam, previamente, mecanismos básicos casuais não suspeitáveis. Esse autor estudou o desenvolvimento, impacto de predadores e outros fatores de mortalidade de populações de insetos em campos de algodão, visando o desenvolvimento de modelos matemáticos de natalidade-mortalidade para algumas pragas importantes dessa cultura.

SGRILLO et alii (1984) desenvolveram modelo matemático para a simulação da dinâmica populacional de *D. saccharalis*.

FEGIES (1985) elaborou um modelo de simulação de doença, a partir da equação diferencial que descreve doenças policíclicas. A verificação do modelo indicou que o mesmo reproduziu razoavelmente bem os sistemas batata e trigo.

BOTELHO (1985) desenvolveu um modelo de simulação da fase larval da *D. saccharalis*, e verificou a ocorrência de um pico populacional no inverno.

Um modelo determinístico compartimental foi desenvolvido por LECUONA em 1986, para simular a dinâmica populacional da *D. saccharalis* em presença da aplicação de patógenos, com a finalidade de estudar o controle microbiano dessa praga.

2.3. O SISTEMA *D. saccharalis* - *M. minense*

CAMINHA FILHO (1935) afirmou que a fêmea de *D. saccharalis* coloca até 300 ovos, em posturas com 20 a 400 ovos, sendo que o período de ovos durou de 5 a 10 dias, a fase larval de 25 a 30 dias e a pupal de 7 a 10 dias. Os adultos viveram 4 a 6 dias, tendo o ciclo completo a duração de 40 a 56 dias.

A temperatura influencia a duração da diapausa da fase larval da *D. saccharalis*, com fotoperíodo de 10:14 a lagarta levou mais tempo em empupar que com fotoperíodo de 14:10, OSMAN (1975).

WALDER (1976) estudou aspectos bioecológicos e hábitos de *D. saccharalis* em condições naturais. Segundo o autor houve uma maior porcentagem de formas imaturas da *D. saccharalis*, durante o período de janeiro a maio. O período de maior concentração de formas imaturas coincide com o período de maior crescimento vegetativo da cultura. A temperatura e a umidade do ar foram os fatores meteorológicos que mais influíram na flutuação populacional da praga. Nas regiões estudadas pelo autor a broca apresentou quatro gerações anuais: outubro - novembro; dezembro - janeiro, fevereiro - março e abril, continuando em diapausa até setembro. Uma pequena parte das lagartas da quarta geração não entra em diapausa,

completando o seu ciclo mesmo durante os meses mais frios e secos do ano.

GUEVARA (1976), estudou a biologia da *D. saccharalis* em condições de campo. A duração encontrada para cada fase foi: ovo : 9 dias, larva : 57 a 79 dias, pupa : 7 a 14 dias, ciclo total : 73 a 102 dias. Estudou, ainda, a frequência de cópulas tanto para machos como para fêmeas em condições de laboratório. Observou que em condições de laboratório os machos nunca copularam mais de uma vez a mesma fêmea.

Segundo GALLO *et alii* (1978), após o acasalamento a fêmea faz a postura nas folhas da cana, de preferência na face dorsal das mesmas. O número de ovos em cada postura varia entre 5 a 50, sendo esta postura imbricada, assemelhando-se a um segmento de couro de cobra ou escama de peixe. A eclosão dá-se em 4 a 9 dias. O ciclo evolutivo completo é de 53 a 60 dias e, podem dar até quatro gerações por ano, em casos excepcionais até cinco. Na última geração há um alongamento do ciclo, ficando a lagarta no interior do colmo por 5 a 5 meses.

SGRILLO (1979) propõe um método analítico para estimativa da porcentagem de lagartas que entram em diapausa, no campo. Segundo o autor, as lagartas grandes sofrem diapausa em uma certa época do ano, paralisam o seu desenvolvimento, não transformando-se em pupas. No entanto, as lagartas pequenas continuam a se desenvolver, transformando-se em lagartas grandes. Conseqüentemente o número de lagartas pequenas aumenta, quando comparado ao de lagartas grandes. A porcenta-

gem de lagartas em diapausa mostrou correlação com o fotoperíodo e a temperatura.

MELLO e PARRA, em 1984 estudaram a biologia da *D. saccharalis* em 4 temperaturas (20, 22, 25 e 30°C) e fotofase de 14 horas. Os autores determinaram as constantes térmicas para as fases de ovo, lagarta, pupa e adulto, sendo de 67,47; 516,96; 126,08; 172,02 graus dias, respectivamente. As temperaturas bases das 4 fases calculadas pelo método do coeficiente de variação foram: 11,2; 7,3; 10,6 e 7,1°C, para ovo, lagarta, pupa e adulto, respectivamente.

Segundo BOTELHO (1985) o menor tempo médio para esta praga completar o ciclo ocorre na primavera e o maior no inverno. A viabilidade total é maior no verão e menor no inverno. Há predominância da fase de ovo nos 3 primeiros meses do ano, de adultos em abril, lagartas em maio-junho e pupas no período de julho a dezembro.

Em 1952 GALLO realizou um trabalho de descrição de diversos detalhes de *Metagonistylum* e de *Lixophaga* em laboratório e em campo. O autor encontrou 4 gerações completas de *M. minense* de abril a setembro. O período de pré-oviposição durou de 10 a 16 dias, o período larval de 11 a 16 dias, e de pupa de 10 a 19 dias e o ciclo evolutivo completo de 31 a 51 dias, com evolução média de 38 dias a 18,9 graus centígrados. A porcentagem natural em culturas de cana e milho foram, respectivamente, 23,1 e 37,3%.

THOMPSON (1960) descreveu a morfologia das larvas e ínstaes larvais de *L. diatraeae*, *M. minense*, *P. clari-palpis* e *Stomadoxia diadema* Wd.

Segundo PSCHORN-WALCHER (1971) a biologia das três espécies de parasitos, *L. diatraea*, *M. minense* e *P. claripalpis* é semelhante. As diferenças maiores são nas durações das fases larval e pupal, tamanho de pupas e adultos. O período larval para *M. minense* foi de 6 a 7 dias, com peso máximo alcançado pelo pupário de 48 mg.

Segundo TERAN e NOVARETTI (1980) para se atingir os objetivos do controle biológico da broca nos canaviais, são necessários os seguintes trabalhos: produção de parasitos da broca (criação da broca e seus parasitos coletados no campo, produção maciça de broca e parasitos em dietas artificiais), levantamentos de infestação (mostrar onde liberar, estimar danos e perdas causados à indústria, basear as futuras avaliações das medidas de controle), levantamentos populacionais (mostrar quando liberar, basear as avaliações em termos de densidade populacional da broca e seu parasitismo, fornecer material genético fresco para as criações maciças, reduzir parcialmente as populações da broca), liberações dirigidas.

MELO (1985) estudou aspectos biológicos de *M. minense* e *P. claripalpis* em diferentes temperaturas. Segundo o autor as temperaturas de 30 e 25°C são as mais adequadas ao desenvolvimento biológico do parasito *M. minense*, o qual não se desenvolve a temperatura de 32°C. A temperatura afeta a longevidade de adultos não alimentados, pois ela decresce com o aumento da temperatura na faixa de 20 a 30°C em ambos os níveis de inoculação uma e duas larvas sobre o hospedeiro. As temperaturas bases são: 6,24; 10,56 e 8,84°C pa-

ra a fase de larva, pupa e ciclo total, respectivamente. A constante térmica do parasito é de 344,83 G D sendo as exigências térmicas da fase de larva e pupa 186,68 e 158,73 graus-dia, respectivamente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa constou de duas etapas: a experimental, realizada em casa de vegetação, e a matemática, na qual, utilizando-se os resultados obtidos na etapa experimental foram testados diversos modelos de parasitismo, encontrados na literatura para outros insetos. Foi, ainda, desenvolvido um modelo matemático para simulação da flutuação populacional da *Diatraea saccharalis* e seu controle biológico, com o inimigo natural *Metagonistylum minense*.

Para a execução, utilizou-se uma casa de vegetação e canavial pertencentes ao Departamento de Entomologia da ESALQ, Piracicaba, S.P., na qual foram feitas divisões com tela de nylon, obtendo-se telados independentes de 5 m² cada.

Colmos de cana-de-açúcar, variedade NA 56-79, foram cortados e colocados em vasos de fundo fechado, com água.

Foram feitos testes iniciais para observação da duração dos colmos em água e das lagartas nos colmos.

Em cada compartimento do telado foram colocados 20 vasos cada um com 3 colmos de cana, tomando-se o cuidado de não se colocar colmos broqueados.

A temperatura no interior dos telados foi registrada através de um termômetro; a umidade relativa do ar, no decorrer do dia, foi observada através de um psicrometro.

3.1. INFESTAÇÕES COM A BROCA

Logo após os colmos serem colocados nos vasos, eram infestados com lagartas de 3º instar de *D. saccharalis*, provenientes de criação artificial da Copersucar. As lagartas eram distribuídas nas bases das folhas, 3 lagartas por colmo, num total de 180 lagartas por telado.

Os instares das lagartas foram determinados mediante a cápsula cefálica e utilizando-se a tabela proposta por PARRA (1984).

3.2. LIBERAÇÕES DE *M. minense*

Uma semana após a infestação dos colmos com as lagartas, eram liberadas fêmeas do parasito *M. minense*, provenientes de criação artificial da Copersucar acasaladas 8 dias antes. Eram liberados números diferentes do parasito em cada compartimento, foram realizadas 5 repetições seguidas.

A Tabela 1 apresenta o número de parasitos liberados em cada telado, nas repetições realizadas.

Tabela 1. Número de moscas liberadas em cada telado, nas repetições.

Repetições	Telados				
	1	2	3	4	5
1	13	9	5	17	18
2	10	25	20	15	5
3	5	20	10	25	15
4	20	5	15	10	22
5	25	15	20	5	10

3.3. ANÁLISE DO PARASITISMO

Uma semana após a liberação das fêmeas do parasito, os colmos eram abertos e retiradas as lagartas.

Cada lagarta foi transferida para uma caixa plástica de 6 cm de diâmetro, com dieta fornecida pela COPER SUCAR.

Após medida as cápsulas cefálicas de uma amostra de lagartas, eram colocadas em um ambiente, com temperatura controlada a 27°C e a umidade relativa do ar a 70%.

Anotações diárias foram feitas em relação ao número de lagartas parasitadas, empupadas e mortas.

3.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nos casos em que os dados atendiam as três pressuposições do modelo matemático foram feitas análises paramétricas, com Teste F e Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Nos casos em que os dados não atendiam às três pressuposições, nem com transformação, foram feitas análises não paramétricas (Teste de Kruskal-Wallis) ao nível de 5% de probabilidade.

3.5. ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS DOS MODELOS TESTADOS

Utilizando-se os resultados obtidos nas cinco repetições, foram testados os modelos de parasitismo propostos por THOMPSON (1924), NICHOLSON (1933), HASSEL e VARLEY (1969), WATT (1959).

3.5.1. Estimativas do parâmetro do modelo de THOMPSON (1924)

No modelo proposto por THOMPSON (1924), $N_h = N (1 - e^{-N_a/N})$, onde $N_a = C.P.$, N_h é o número de hospedeiros

parasitados por P parasitos, N é o número de hospedeiros, Na é o número de ataques em N hospedeiros por P parasitos, P é o número de fêmeas do parasito que efetivamente realizaram postura e C o número de ovos viáveis.

Esse modelo considera o ataque dos parasitos como ao acaso e a eficiência parasítica é determinada pelos ovos disponíveis por fêmea.

Como esse modelo só possui um parâmetro a ser estimado (o número de ataques em N hospedeiros por P parasitos) foi feita uma estimativa para cada tratamento de cada repetição, da seguinte maneira:

$$Nha = N(1 - e^{-Na/n}) \quad (1)$$

$$Na = C.P. \quad (2)$$

$$Nha/n = 1 - e^{-Na/N} \quad (3)$$

$$Nha/N - 1 = -e^{-Na/N}$$

$$1 - Nha/N = e^{-Na/N}$$

Aplicando-se logaritmo neperiano na igualdade abaixo, teremos,

$$L(1 - Nha/N) = L(e^{-Na/N})$$

$$L(1 - Nha/N) = Na/N \cdot L(e)$$

Como $L(e) = 1$, temos:

$$L(1-Nha/N) = -Na/N$$

Mas, $Na = C.P$, portanto:

$$L(1-Nha/N) = -C.P/N$$

$$\hat{C} = -L(1-Nha/N) \cdot N/P$$

Através da equação 4 foi estimado o parâmetro C , para cada tratamento de cada repetição e através da equação 2 foi calculado o parâmetro Na .

Após as estimativas desse parâmetro foi estimada a proporção de parasitismo (Nha/N), pelo modelo de THOMPSON (equação 3), para cada tratamento de cada repetição.

Foi feita, ainda a estimativa do parâmetro C por método iterativo. O valor de C ideal é aquele que torna mínima a soma de quadrado dos desvios das proporções de parasitismo.

3.2.5. Estimativas do parâmetro do modelo de NICHOLSON (1933)

Segundo o modelo proposto por NICHOLSON (1933), $Nha = N (1 - e^{-a \cdot P})$, Nha é o número de hospedeiros parasitados por P parasitos, N é o número de hospedeiros, " a " é um coeficiente de ataque e P é o número de parasitos. O ataque do

parasito, também, é considerado ao acaso nesse modelo e a porcentagem de parasitismo é proporcional à densidade dos parasitos.

Esse modelo, também, só possui um parâmetro a ser estimado, o coeficiente de ataque (a), assim, foi possível estimá-lo para cada tratamento de cada repetição, da seguinte maneira:

$$Nha = N(1 - e^{-a.P}) \quad (5)$$

$$Nha/N = 1 - e^{-a.P} \quad (6)$$

$$Nha/N - 1 = -e^{-a.P}$$

$$1 - Nha/N = e^{-a.P}$$

Aplicando-se logaritmo neperiano em ambos os lados, teremos:

$$L(1 - Nha/N) = L(e^{-a.P})$$

$$L(1 - Nha/N) = a.P.L(e)$$

$$\hat{a} = -L(1 - Nha/N)/P \quad (7)$$

Através da equação 7 foi estimado o parâmetro "a" para cada tratamento de cada repetição e depois estimada a proporção de parasitismo pelo modelo de NICHOLSON, pela equação 6.

Foi feita a estimativa por método iterativo, da mesma maneira do modelo de THOMPSON.

3.5.3.4 Estimativas do parâmetro do modelo de HASSELL e VARLEY (1969)

Pelo modelo de HASSELL e VARLEY, $Nha = N(1 - e^{-Q \cdot P^{1-m}})$, onde Nha é o número de hospedeiros parasitados por P parasitos, N é o número de hospedeiros, Q é o valor do coeficiente de ataque (a), quando $P = 1$ ("Constante de busca"), P é o número de parasitos e m é a constante de interferência.

Nesse modelo há a necessidade da estimativa de dois parâmetros (Q e m), sendo portanto necessárias duas equações e por essa razão: esses parâmetros foram estimados para cada 2 tratamentos, da seguinte maneira:

$$Nha = N(1 - e^{-Q \cdot P^{1-m}}) \quad (8)$$

$$Nha/N = (1 - e^{-Q \cdot P^{1-m}}) \quad (9)$$

Nha/N é a proporção de parasitismo e para facilitar vamos denominá-la PR . Sendo $PR(1)$ a proporção de parasitismo utilizando-se os dados obtidos de um tratamento e $PR(2)$ com os dados do outro tratamento, então:

$$PR(1) = 1 - e^{-Q \cdot P_1^{1-m}} \quad (10)$$

$$PR(2) = 1 - e^{-Q \cdot P_2^{1-m}} \quad (11)$$

$$PR(1) - 1 = -e^{-Q \cdot P_1^{1-m}}$$

$$1-PR(1) = e^{-Q \cdot P_1^{1-m}}$$

Aplicando-se logaritmo neperiano em ambos os lados:

$$L(1-PR(1)) = L(e^{-Q \cdot P_1^{1-m}})$$

$$L(1-PR(1)) = -Q \cdot P_1^{1-m} \cdot L(e)$$

$$L(1-PR(1)) = -Q \cdot P_1^{1-m}$$

Aplicando-se logaritmo neperiano, em ambos os lados, novamente:

$$L(-L(1-PR(1))) = L(Q \cdot P_1^{1-m})$$

$$L(-L(1-PR(1))) = L(Q) + L(P_1^{1-m})$$

$$L(-L(1-PR(1))) = L(Q) + (1-m) \cdot L(P_1) \quad (12)$$

$$L(Q) = L(-L(1-PR(1))) - (1-m) \cdot L(P_1) \quad (13)$$

Do mesmo modo:

$$L(Q) = L(-L(1-PR(2))) - (1-m) \cdot L(P_2) \quad (14)$$

Substituindo-se a equação 14 na equação 12, teremos:

$$L(-L(1-PR(1))) = L(-L(1-PR(2))) - (1-m) \cdot L(P_2) + (1-m) \cdot L(P_1)$$

$$L(-L(1-PR(1))) - L(-L(1-PR(2))) = (1-m) \cdot L(P_1) - (1-m) \cdot L(P_2)$$

$$L(-L(1-PR(1))) - L(-L(1-PR(2))) = (1-m) \cdot (L(P_1) - L(P_2))$$

$$1-m = (L(-L(1-PR(1))) - L(-L(1-PR(2)))) / (L(P_1) - L(P_2))$$

$$m = 1 - (L(-L(1-PR(1))) - L(-L(1-PR(2)))) / (L(P_1) - L(P_2)) \quad (15)$$

Pela equação 13, obtem-se

$$L(Q) = L(-L(1-PR(1))) - (1-m) \cdot L(P_1).$$

Portanto:

$$Q = e^{(L(-L(1-PR(1)))-(1-m) \cdot L(P_1))} \quad (16)$$

Pelas equações 15 e 16 foram estimados os parâmetros m e Q a cada dois tratamentos e calculadas as estimativas médias para cada repetição.

Após esse procedimento foi estimada a proporção de parasitismo (Nha/N) para cada tratamento de cada repetição, utilizando-se os parâmetros estimados m e Q médios de cada repetição.

Também foram feitas as estimativas dos parâmetros por método iterativo, procurando os valores dos parâmetros que dão a menor soma de quadrado dos desvios.

3.5.4. Estimativas dos parâmetros do modelo de WATT (1959)

Pelo modelo de WATT, $Nha = P.K.(1 - e^{-a' \cdot N \cdot P^{1-b}})$, onde N é o número de hospedeiros que podem ser atacados por P parasitos, Nha é o número de hospedeiros parasitados por P parasitos, a' é o coeficiente de ataque (constante), b é a constante de interferência. Temos, portanto, três parâmetros a serem estimados K , a e b .

Estas estimativas foram feitas por método iterativo, com programa em computador.

Para facilidade dos cálculos dos parâmetros dos modelos, foram feitos programas, em linguagem Basic, para um micro-

computador. Os diagramas de blocos dos programas são apresentados nas Figuras 2, 3, 4 e 5 e as listagens constam do apêndice.

3.6. DIAGRAMAS DE BLOCOS

A Figura 1 apresenta os símbolos convencionalmente utilizados em diagramas de blocos.

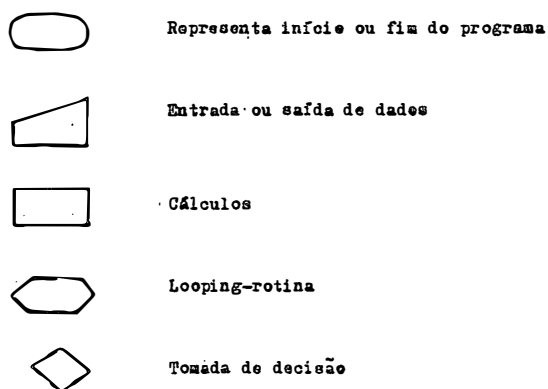


Figura 1. Símbolos utilizados em diagramas de blocos.

Nas Figuras 2, 3, 4 e 5 são apresentados os diagramas de blocos para o cálculo das estimativas dos parâmetros do modelo de THOMPSON, NICHOLSON, HASSELL e VARLEY e WATT, respectivamente.

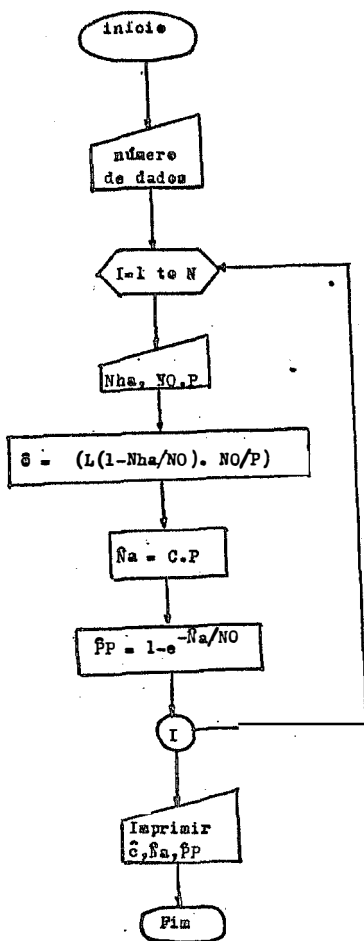


Figura 2. Diagrama de blocos para o cálculo das estimativas do parâmetro do modelo de THOMPSON.

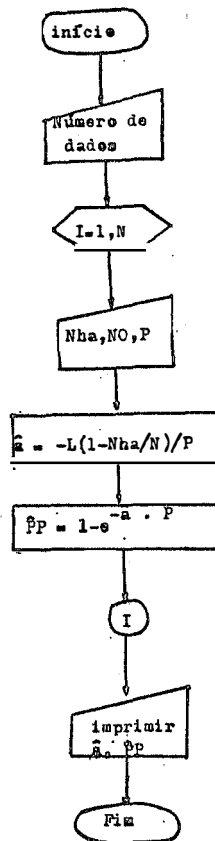


Figura 3. Diagrama de blocos para o cálculo das estimativas dos parâmetros do modelo de NICHOLSON.

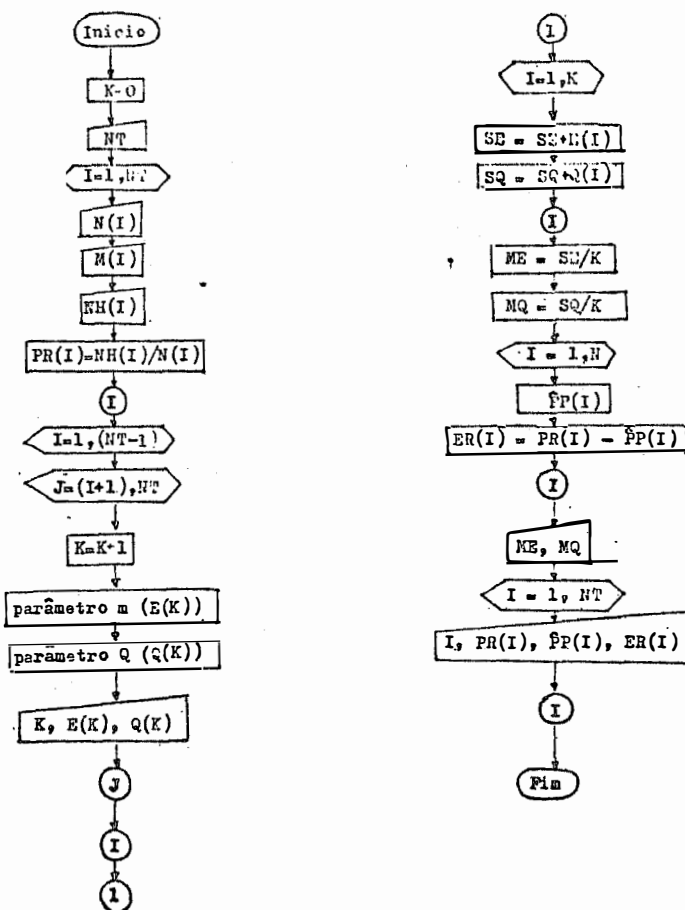


Figura 4. Diagrama de blocos para o cálculo das estimativas dos parâmetros do modelo de HASSEL e VARLEY.

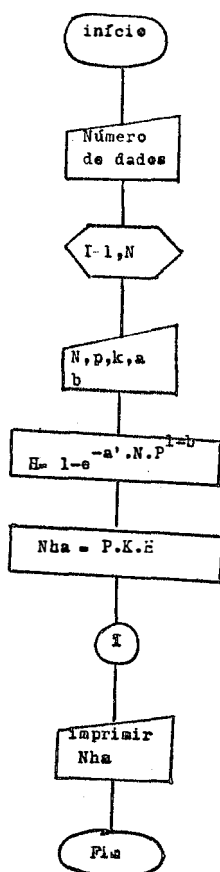


Figura 5. Diagrama de blocos para o cálculo das estimativas dos parâmetros do modelo de WATT.

3.7. SIMULAÇÃO DO EFEITO DO PARASITO *M. mínense* NA DINÂMICA POPULACIONAL DA *D. saccharalis*

3.7.1. Passos para o desenvolvimento do modelo

Para o processo de desenvolvimento do modelo compartimental para a simulação, utilizou-se os passos, segundo proposto por SGRILLO (1984), representados na Figura 6.

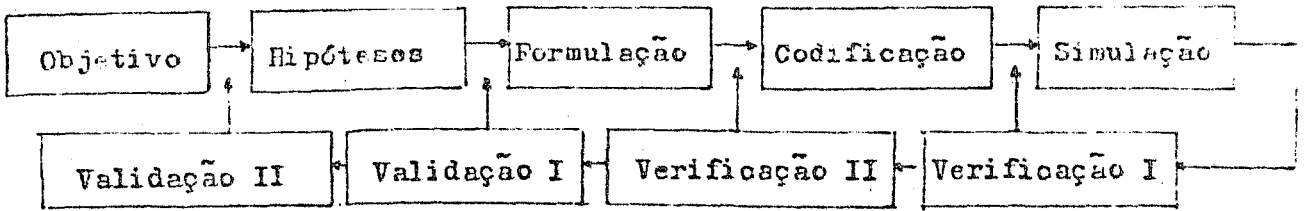


Figura 6. Representação esquemática dos passos para o desenvolvimento do modelo.

No item Objetivos foram determinados os componentes do sistema, os dados necessários para o desenvolvimento do modelo, a precisão dos dados a serem utilizados.

As Hipóteses referem-se às interrelações entre os componentes do sistema, à estrutura que o modelo deve ter para se conseguir os objetivos.

A formulação é a tradução das Hipóteses em equações matemáticas, a Codificação se refere à representação do modelo em linguagem de computador.

A Simulação é a operação do modelo em um computador.

Através da Verificação I determina-se a ocorrência de erros na codificação, a Verificação II estabelece se a codificação está representando as equações matemáticas formuladas, através da Validação I observa-se se a Formulação está representando as Hipóteses e a Validação II determina se as Hipóteses estão corretas.

3.7.2. O Modelo

Na construção da estrutura básica do modelo foi utilizada a anotação segundo FORRESTER (1976), apresentada na Figura 7.

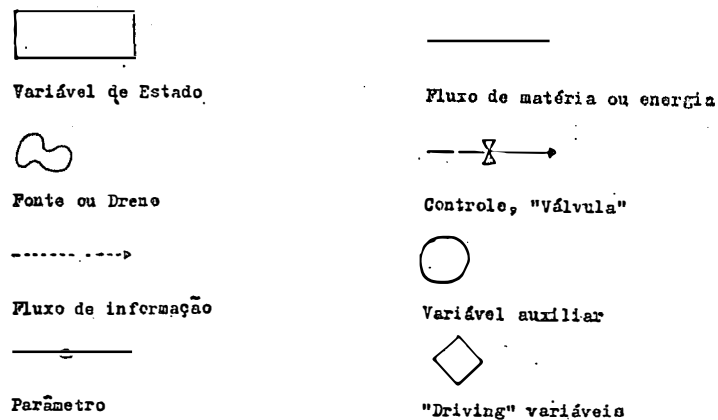


Figura 7. Diagramas segundo FORRESTER (1976).

A Figura 8 apresenta a estrutura básica do modelo. Os compartimentos, ou variáveis de estado, representam o número de insetos nos respectivos estágios de desenvolvimento.

O compartimento $X(1)$ representa ovos de *D. saccharalis*, $X(2)$ representa lagartas pequenas, ou seja, que se encontram no I, II ou III instares, antes de entrarem no colmo da cana, $X(3)$ representa lagartas que já penetraram no colmo, $X(4)$ são as lagartas que entraram em diapausa, ou seja os

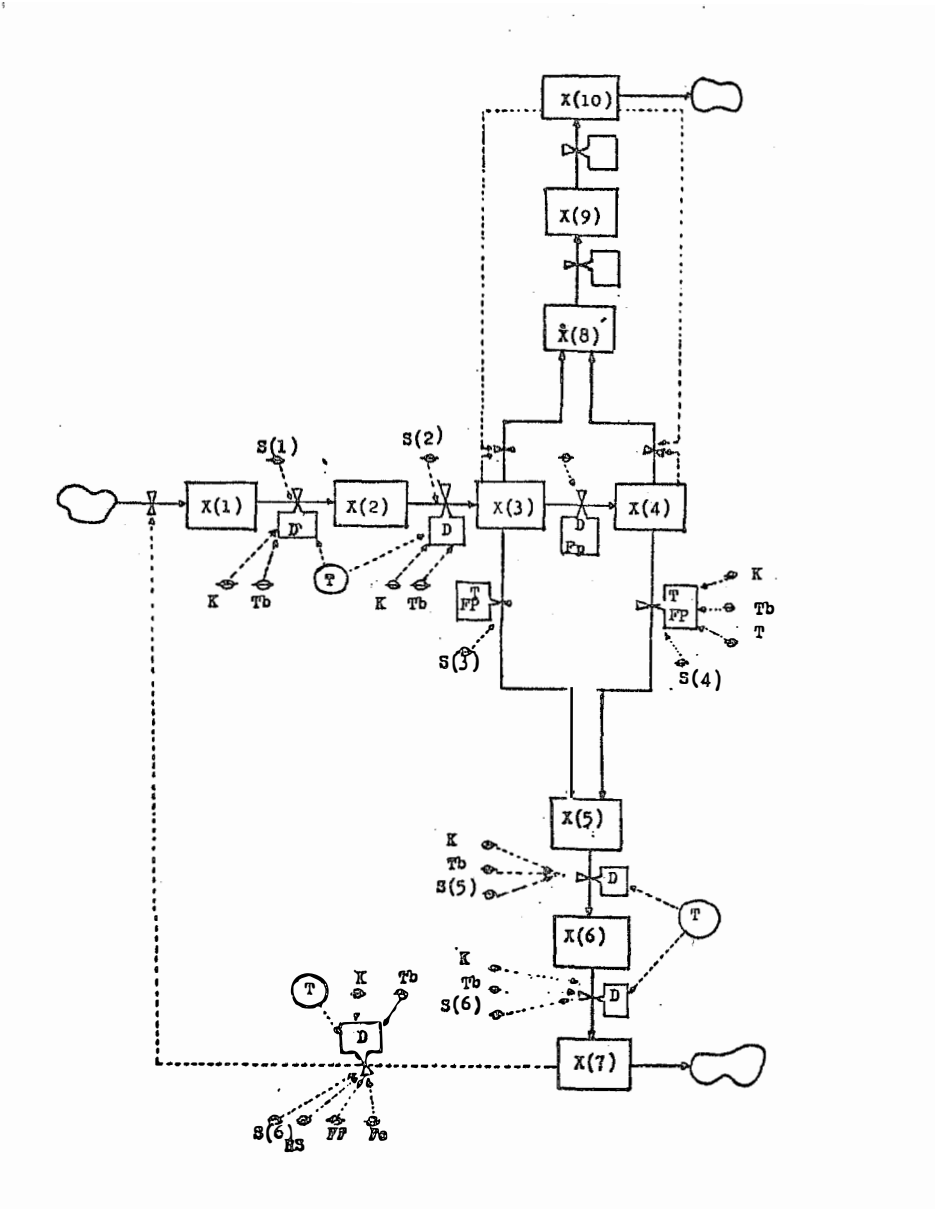


Figura 8. Estrutura básica do Modelo.

insetos que entraram em estado de paralisação do seu desenvolvimento durante o inverno, X(5) são as pupas de *D. saccharalis* e X(6) e X(7) os adultos.

Os compartimentos 8 a 10 representam os diferentes estágios de desenvolvimento do parasito *M. minense*. X(8) representa as larvas do parasito, X(9) as pupas, X(10) os adultos.

A letra S representa a sobrevivência dos insetos no respectivo estágio, T é a temperatura, RS é a Razão Sexual, FP o fotoperíodo, FF a porcentagem de fêmeas férteis, Fc é a fecundidade, K a constante térmica, Tb é a temperatura base e D é o desenvolvimento.

3.7.3. Desenvolvimento do modelo

Para se estudar o desenvolvimento dos insetos, utilizou-se o conceito de constante térmica. Essa constante foi proposta por Réaumur em 1735 para relacionar temperatura com o tempo de desenvolvimento, onde:

$$K = y(t-a) \quad (17)$$

sendo: K a constante térmica expressa em graus dia (GD), y o tempo necessário para completar o desenvolvimento (dias), t a temperatura ambiente (°C), "a" a temperatura limiar do desenvolvimento (°C), t-a a temperatura efetiva. Portanto, o produto do tempo de duração do desenvolvimento pela temperatura efetiva é constante, sendo medido em graus dias (GD).

A unidade graus dias representa a somatória de temperaturas favoráveis ao desenvolvimento dos insetos durante o período, ou seja as temperaturas que estiverem acima da temperatura limiar de desenvolvimento ou temperatura base.

O crescimento de uma população em um ambiente não limitado pode ser descrito segundo ORR (1973), pela equação:

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = r \quad (18)$$

onde r é a taxa de mudança do número de indivíduos N com o tempo.

$$\text{Como } \Delta x = x(t+\Delta t) - x(t)$$

Então:

$$\frac{x(t+\Delta t) - x(t)}{\Delta t} = r \quad (19)$$

Ou:

$$X(t+\Delta t) = x(t) + \Delta t.r \quad (20)$$

A taxa r pode ser constante ou variável, simples ou muito complexa. Assim:

$$x(t+\Delta t) = x(t) + \Delta t (\Sigma \text{entradas} - \Sigma \text{saídas}) \quad (21)$$

Foi construída uma equação do tipo a diferenças finitas para cada compartimento do modelo.

A modelagem foi realizada através do método BOX CAR TRAIN, de acordo com WIT e GOUDRIANN (1978), onde cada compartimento é dividido em classes. O tempo de residência em

cada classe é calculado dividindo-se o período de desenvolvimento total pelo número de classes.

Quando se emprega um modelo do tipo BOXCAR TRAIN, algumas condições devem ser satisfeitas para que se possa dividir cada compartimento em um número fixo de classes.

Seja F definida como função denominada fração de transferência. Essa função F será considerada fixa para as classes de cada compartimento, variando ou não de um compartimento para outro.

A função F é dada pela expressão:

$$F = 1 - N (CV)^2$$

onde N é o número de classes do compartimento e CV é o coeficiente de variação do desenvolvimento do inseto, ou a variabilidade desse processo.

F é uma função que pertence ao intervalo $0 < F < 1$.

Quando F se aproxima de zero, indica que a variabilidade é muito grande. Se F é igual a um, não existe variabilidade, isto é, todos os insetos completam o desenvolvimento no mesmo instante.

Portanto

$$0 < 1 - N (CV)^2 < 1 \quad (22)$$

$$DG = \frac{1}{RT \cdot F} - \frac{P}{DT} \quad (23)$$

$$DD = DG \cdot DT$$

$$RT = \frac{K}{(T - T_b)N}$$

$0 < DD < 1$. Portanto:

$$0 < \frac{1}{RT \cdot F} \cdot DT < 1$$

Onde N é o número de classes do compartimento, CV é o coeficiente de variação, RT é o tempo de residência, K a constante térmica, T_b a temperatura base e T_a temperatura ambiente.

Quanto menor o valor limite superior dessa função, menores são os erros na determinação da integral (área sob a curva) da função DD . Melhoramos, portanto, a precisão dos cálculos admitindo-se que seu limite superior seja 0.1 .

$$0 < \frac{1}{RF \cdot F} \cdot DT < 0.1$$

$$0 < \frac{1}{\frac{K}{(T-T_b) \cdot N} \cdot F} \cdot DT < 0.1$$

$$0 < \frac{(T - T_b) \cdot N}{K \cdot F} \cdot DT < 0.1$$

Isolando-se N como sendo limite superior, teremos:

$$\frac{(T - T_b)}{K \cdot F} \cdot \frac{DT}{0.1} < \frac{1}{N}$$

$$\frac{0.1 \cdot K \cdot F}{(T - T_b) \cdot DT} < N, \text{ ou seja:}$$

$$N < \frac{0.1 \cdot K \cdot F}{(T - T_b) \cdot DT} \quad (24)$$

Para a determinação do número de classes de cada compartimento, as equações 22 e 24 devem ser satisfeitas, ou seja:

$$0 < 1 - N \cdot cv^2 < 1$$

$$N < \frac{0.1 \cdot K \cdot F}{(T - T_b) \cdot DT}$$

Foi calculado, assim, o número de classes máximo, para cada compartimento.

Os insetos são transferidos de uma classe à outra em cada intervalo $F \cdot RT$. O momento da transferência é calculado pela equação 25.

$$DD(I) = DD(I) + Dt \cdot F(I) \cdot l / RT(I) - P(I) / DT \quad (25)$$

onde Dt é um incremento de tempo, $P(I)$ pe uma variável auxiliar no compartimento I , que assume valores de 0 para $DD > 1$ e 1 para $DD < 1$.

O cálculo do número de insetos que serão transferidos para as primeiras classes dos compartimentos é feito através da expressão 26.

$$DX(I, l) = X(I-1, N(I)) \cdot S(I-1) \cdot P(I-1) \cdot F(I) - X(I, l) \cdot P(I) \cdot F(I) \quad (26)$$

onde $X(I-1, N(I))$ é o número de insetos na última classe do compartimento $I-1$, $S(I-1)$ é a sua sobrevivência na última classe e $X(I, l)$ é o número de insetos da classe l e do compartimento I .

Na primeira classe do primeiro compartimento o cálculo é feito da seguinte maneira:

$$DX(I, l) = X(7, N(7)) \cdot P(7) \cdot F(7) \cdot S(7) \cdot RS \cdot FF \cdot FC - X(1, l) \cdot P(1) \cdot F(1) \quad (27)$$

onde RS é a razão sexual, FF é a porcentagem de fêmeas férteis e Fc é a fecundidade das fêmeas.

Para a primeira classe do compartimento 8 (larvas do parasito) o cálculo é feito pela expressão 28:

$$DX(8,1) = X(3,N(3)) \cdot P(3) \cdot F(3) \cdot SE(3) + X(4,N(4)) \cdot P(4) \cdot F(4) - X(8,1) \cdot F(8) \cdot P(8) \quad (28)$$

sendo SE a proporção de lagartas parasitadas que pode ser calculada através das equações 3,6,9 ou 17, em função do modelo de parasitismo utilizado.

Para as demais classes dos compartimentos as transferências são calculadas pela expressão 29.

$$DX(I,J) = (X(I,J-1) \cdot S(I) - X(I,J) \cdot P(I) \cdot F(I)) \quad (29)$$

onde $DX(I,J)$ é o fluxo de insetos na classe J do compartimento I e $X(I,J)$ o número de insetos na classe J do compartimento I.

3.7.4. Diagrama de blocos do modelo de simulação do controle biológico

A próxima etapa foi a elaboração do diagrama de blocos do modelo de simulação (Figura 9), etapa essa que antecede a transição do modelo em linguagem de computador. Para melhor compreensão, o diagrama foi dividido em partes.

Parte A:

Essa parte do programa corresponde a entrada dos dados que serão utilizados nos cálculos, sendo:

$N(I)$ = número de classes de cada compartimento, calculado da maneira exposta anteriormente.

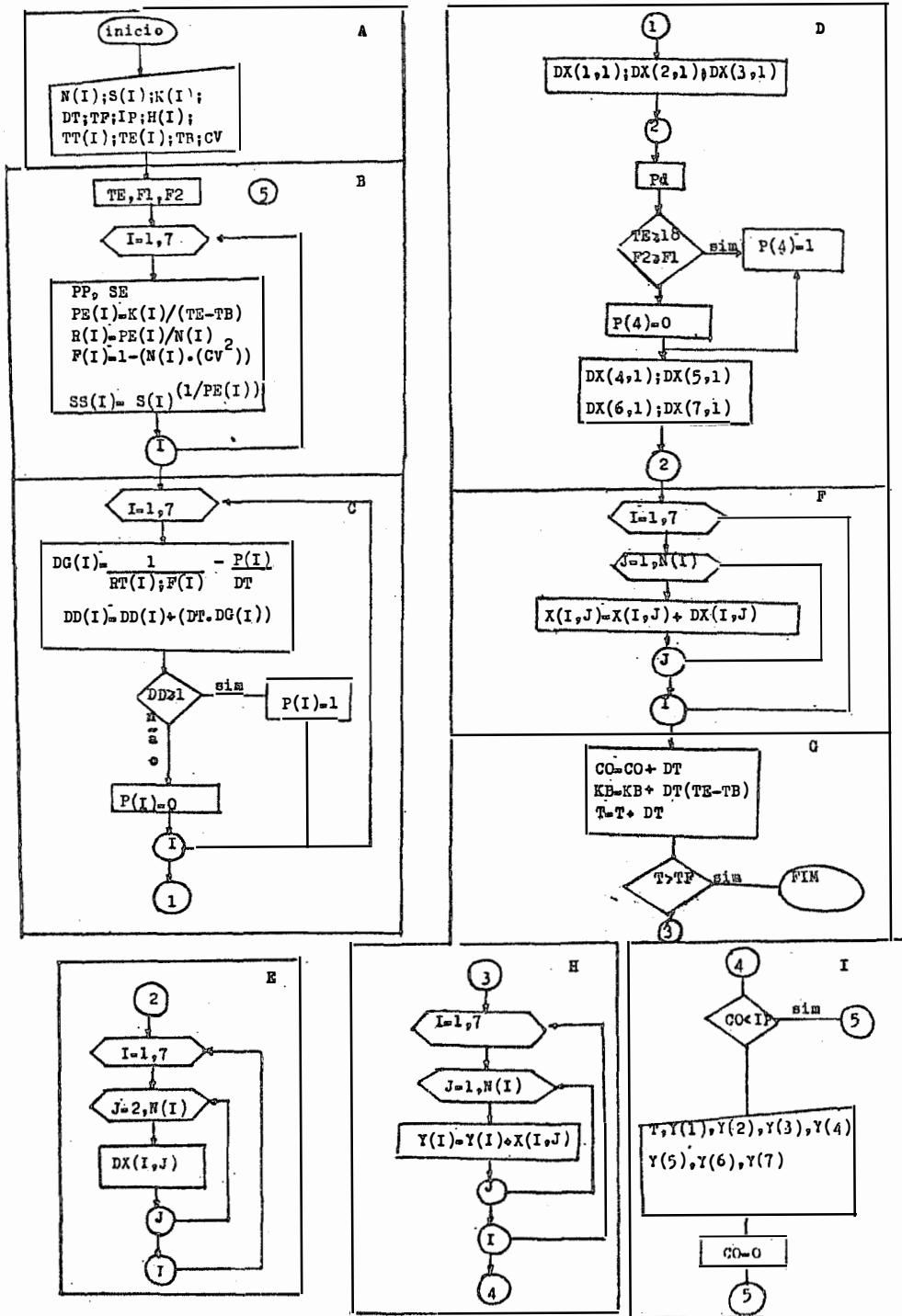


Figura 9. Diagrama de blocos do modelo de simulação.

$S(I)$ = sobrevivência de cada fase do inseto.

$K(I)$ = constante térmica para cada fase do inseto.

DT = intervalo de tempo

TF = tempo final

IP = intervalo de impressão

$H(I)$ = número inicial de indivíduos em cada fase

$TT(I)$ = tempo segundo o calendário Juliano

$TE(I)$ = temperatura segundo o calendário Juliano

TB = temperatura base do inseto

TD = temperatura mínima para que as lagartas entrem em diapausa

CV = Coeficiente de variação.

Parte B:

A parte B calcula a temperatura do dia:

$$AT = TT(I + 1) - TT(I)$$

$$BT = T - TT(I) \cdot (TE(I+1) - TE(I))$$

$$TE = BT/AT$$

$$TE = TE(I) \cdot TE$$

$$TE = TE(I) + ((T - TT(I)) \cdot (TE(I+1) - TE(I))) / (TT(I+1) - TT(I))$$

$F1$ e $F2$, que são os fotoperíodos, para analisarmos se as lagartas entram ou não em diapausa.

$$F1 = 11,98 + 1,379 \cdot \cos(T \cdot \pi / 180)$$

$$F2 = 11,98 + 1379 \cdot \cos \left((T+1) \pi / 180 \right)$$

Nessa parte são calculados, também, o período (PE(I)), o tempo de residência R(I)), a proporção de parasitismo (PP), a sobrevivência sem parasitos (SS) e com parasitos (SE).

Parte C:

A parte C calcula se haverá ou não transferências entre classes e entre compartimentos.

Parte D:

Parte D calcula quantos indivíduos vão ser transferidos para as primeiras classes de cada compartimento.

Nessa parte é calculada, ainda, a proporção de lagartas em diapausa, pela expressão dada por SGRILLO e CUNHA (1985):

$$PD = \left[\frac{1}{1 + \exp(-82,89 + 6,89 + 6,822 \cdot F1)} \right] \cdot \left[\frac{1}{1 + \exp(-3,3406 + 0,2301 \cdot TE)} \right]$$

Parte E:

Calcula quantos indivíduos vão ser transferidos para as classes intermediárias.

Parte F:

Faz as transferências entre classes.

Parte G:

Controle interno do programa e impressão dos resultados.

Parte H:

Totaliza os compartimentos.

Parte I:

Imprime os totais dos compartimentos, a cada intervalo de impressão.

3.7.5. Elaboração do programa para microcomputador

Após a elaboração do diagrama de blocos, foi feita a transcrição do modelo, em linguagem BASIC.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. TESTES PRELIMINARES

Através de testes preliminares observou-se que o colmo da cana conserva-se bem em água, durante o tempo necessário para o ensaio (cerca de 3 semanas) e a lagarta desenvolve-se normalmente no seu interior, na faixa de temperatura de 22 - 27°C e umidade relativa do ar de 81 - 96%.

4.2. INSTARES DAS LAGARTAS RETIRADAS

A Tabela 2 apresenta a porcentagem de lagartas em cada instar quando foram retiradas dos colmos.

Nas Tabelas 3 e 4 são apresentados o número e a porcentagem de lagartas parasitadas encontrados, respectivamente, quando diferentes números de fêmeas de *Metagonistylum minense* foram liberados.

Tabela 2. Porcentagem de lagartas em cada ínstar, nos compartimentos, quando foram retiradas dos colmos.

Repetição	Instar	Compartimento (%)				
		1	2	3	4	5
1	5ª	70	20	50	0	50
	6ª	30	80	50	100	50
2	5ª	70	20	20	50	60
	6ª	30	80	80	50	40
3	5ª	50	40	90	67	50
	6ª	50	60	10	33	50
4	5ª	50	60	50	40	50
	6ª	50	40	50	60	50
5	5ª	70	40	40	50	50
	6ª	30	60	60	50	50

Tabela 3. Número de lagartas recuperadas e parasitadas quando liberado números diferentes de moscas.

Repetição	Moscas									
	5	9	10	13	15	17	18	20	22	25
1	10	14	-	26	-	28	31	-	-	-
2	23	-	36	-	-	-	-	46	-	27
3	7	-	30	-	9	-	-	49	-	8
4	23	-	16	-	19	-	-	34	22	-
5	8	-	-	-	13	-	-	15	-	22

Tabela 4. Porcentagem de lagartas parasitadas quando foram liberados diferentes números de moscas.

Repe- tição	Moscas									
	5	9	10	13	15	17	18	20	22	25
1	7,58	9,60	-	25,00	-	22,40	22,30	-	-	-
2	22,11	-	31,16	-	-	-	-	37,40	-	24,11
3	6,66	-	34,88	-	9,57	-	-	42,98	-	6,67
4	20,00	-	19,28	-	19,00	-	-	29,82	21,36	-
5	17,02	-	-	-	20,63	-	-	32,61	-	31,43

4.3. ANÁLISE DOS DADOS

A Tabela 5 apresenta as médias dos tratamentos, em ordem decrescente, com os respectivos resultados do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A Tabela 6 apresenta as estimativas do parâmetro do modelo de THOMPSON, $N_{ha} = N(1 - e^{-N_a/N})$, $N_a = C.P$, onde N_{ha} é o número de hospedeiros parasitados por P parasitos, N é o número de hospedeiros, N_a é o número de ataque em N hospedeiros por P parasitos, N_{ah}/N é a proporção de parasitismo, \hat{N}_a

Tabela 5. Médias de lagartas parasitadas, em ordem decrescente, com os respectivos resultados do teste de Tukey.

Tratamento	Porcentagem média
4 (20 moscas)	35,70 a
2 (10 moscas)	28,44 ab
5 (25 moscas)	20,74 bc
3 (15 moscas)	16,40 cd
1 (5 moscas)	13,16 d

Dados transformados em arco seno $\sqrt{x/100}$.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade.

é o parâmetro Na estimado, \hat{C} é o parâmetro C estimado, m é a média, s é o desvio padrão, cv é o coeficiente de variação, PP é a proporção de parasitismo encontrada e \hat{PP} é a proporção de parasitismo estimada.

A Tabela 7 apresenta os valores da estimativa do C , do modelo de THOMPSON, testados e as respectivas somas do quadrado dos desvios, pela ordem com que foram testados, para a estimativa do parâmetro pelo método iterativo.

A Figura 10 apresenta o gráfico do soma do quadrado dos desvios em função do parâmetro C .

Tabela 6. Estimativas do parâmetro do modelo de THOMPSON.

Tratamento	Repetição	P	\hat{C}	\hat{N}_a	PP	$\hat{P}P$
1	1	5	2,0810	10,4051	0,0806	0,01801
2	1	9	1,6354	14,7190	0,0972	0,1572
3	1	13	2,3014	29,9189	0,2549	0,2145
4	1	17	1,8647	31,7003	0,2435	0,1927
5	1	18	1,5987	28,7763	0,2441	0,1762
1	2	5	5,2669	26,3344	0,2421	0,2283
2	2	10	4,3513	43,5126	0,3243	0,8934
4	2	20	2,9224	58,4480	0,3846	0,1898
5	2	25	1,2372	30,9308	0,2432	0,1989
1	3	5	1,4488	7,2480	0,0667	0,2020
2	3	10	3,2411	32,4115	0,3372	0,2490
3	3	15	0,6303	9,4458	0,0957	0,2304
4	3	20	3,1148	62,2956	0,4298	0,1942
5	3	25	0,2883	7,2082	0,0667	0,1855
1	4		2,0188	40,3760	0,2982	0,1942
2	4	5	5,1323	21,0720	0,2000	0,1927
3	4	15	1,4048	21,0720	0,1900	0,2182
4	4	10	1,7774	17,7740	0,1928	0,2567
5	4	22	1,1249	24,7478	0,2136	0,2126
1	5	25	1,0564	26,4100	0,3143	0,2965
2	5	15	0,0907	14,5605	0,2063	0,3235
3	5	20	0,9077	18,1540	0,3261	0,4145
4	5	5	1,7539	8,7695	0,1702	0,4078
M			2,0926	24,6218		
s			1,3471	15,8319		
cv			64,3744	64,3004		

Tabela 7. Valores do parâmetro C, do modelo de THOMPSON testados e as respectivas somas dos quadrados dos desvios da proporção de parasitismo pela ordem com que foram testados.

C	SQ desvios
0	1,4117
10	6,14313
20	10,1826
1	0,392279
5	2,39689
2	0,382838
3	0,869498
4	1,58745
3,5	1,21033
3,1	0,933905
3	0,869498
2,9	0,807307
2,8	0,74752
2,7	0,69033
1,5	0,301403
1,8	0,33293
1,6	0,30582
1,51	0,301546
1,49	0,301329
1,48	0,301324
1,45	0,301724
1,46	0,301521
1,47	0,301387
1,485	0,301318
1,486	0,301319

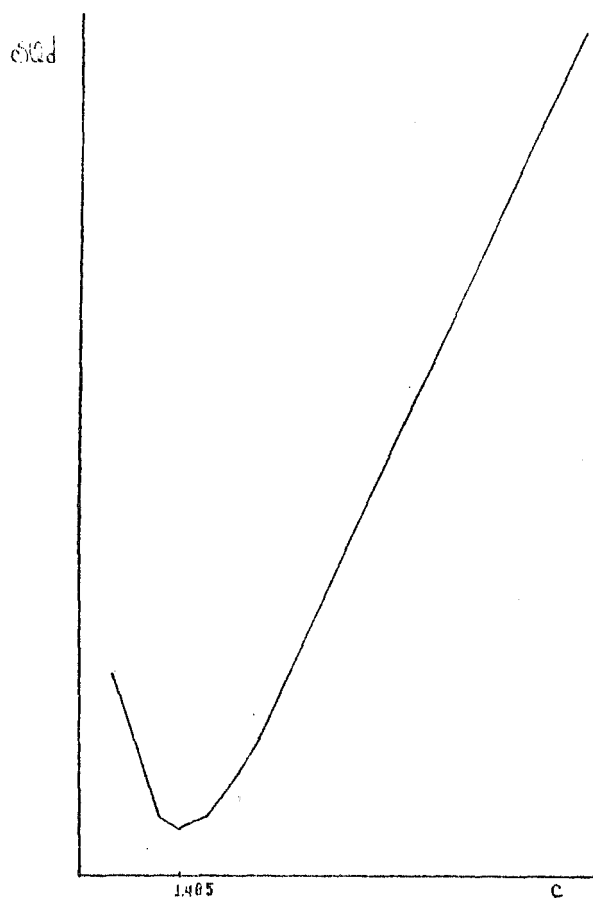


Figura 10. Gráfico da soma do quadrado dos desvios das proporções de parasitismo obtidos com diferentes valores para o parâmetro \hat{c} de THOMPSON.

Pela Tabela 7 observa-se que o valor de C que dá a menor soma de quadrado dos desvios é de 1,485. Utilizando-se esse valor para C , foram estimados os números de lagartas parasitadas e as proporções de parasitismo, que são apresentados nas Tabelas 15 e 16.

A Tabela 8 apresenta as estimativas dos parâmetros do modelo de NICHOLSON, dado por $N_{ha} = N(1 - e^{-aP})$, onde N_{ha} é o número de hospedeiros, a é o coeficiente de ataque, P é o número de parasitos. Essa Tabela apresenta, ainda, a proporção de parasitismo encontrada (PP), a proporção de parasitismo estimada (\hat{PP}), a média (m), o desvio padrão (s) e o coeficiente de variação (CV).

Tabela 8. Estimativas dos parâmetros do modelo de NICHOLSON, proporção de parasitismo encontrada e estimada através do modelo.

Tratamento	Repetições	P	\hat{a}	PP	$\hat{P}P$
1	1	5	0,0157	0,0806	0,1028
2	1	9	0,0112	0,0972	0,1774
3	1	13	0,0221	0,2549	0,2458
4	1	17	0,0149	0,2435	0,3085
5	1	18	0,0140	0,2441	0,3233
1	2	5	0,0554	0,2421	0,1028
2	2	10	0,0392	0,3243	0,1951
4	2	20	0,0245	0,3846	0,3521
5	2	25	0,0111	0,2432	0,4187
1	3	5	0,0138	0,0667	0,1028
2	3	10	0,0377	0,3372	0,1951
3	3	15	0,0067	0,0957	0,2778
4	3	20	0,0273	0,4298	0,3521
5	3	25	0,0024	0,0667	0,4187
1	4	20	0,0177	0,2982	0,3521
2	4	5	0,0446	0,2000	0,1028
3	4	15	0,0140	0,1900	0,2778
4	4	10	0,0214	0,1928	0,1951
5	4	22	0,0109	0,2136	0,3796
1	5	25	0,0151	0,3143	0,4187
2	5	15	0,0154	0,2063	0,2778
3	5	20	0,0197	0,3261	0,3521
4	5	5	0,0373	0,1702	0,1028
\hat{m}			0,0217		
s			0,0129		
cv			59,4500		

A Tabela 9 apresenta os valores das estimativas do parâmetro a , do modelo de NICHOLSON, estimados e as respectivas somas do quadrado dos desvios, pela ordem com que foram estimados, para estimativa do parâmetro pelo método iterativo.

Tabela 9. Estimativas do parâmetro a , do modelo de NICHOLSON, e as respectivas somas do quadrado dos desvios das proporções, na ordem com que foram estimados.

a	SQ desvios
0,0157	0,368613
0,0200	0,435041
0,0000	1,357400
0,0100	0,461800
0,0110	0,428600
0,0140	0,372200
0,0150	0,367800
0,0151	0,367781
0,0152	0,367762
0,0152	0,368319
0,0156	0,368807

A Figura 11 apresenta o gráfico da soma do quadrado dos desvios levando-se em consideração os valores de a da Tabela 9.

Através da Tabela 9 observa-se que o valor do parâmetro que dá a menor soma de quadrado dos desvios é 0,0152.

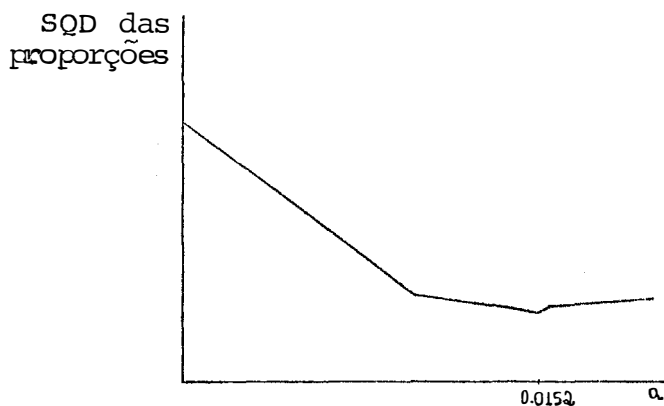


Figura 11. Gráfico da soma do quadrado dos desvios das proporções da estimativa do parâmetro a de NICHOLSON.

Utilizando-se $a = 0.0152$ foram estimados os números de lagartas parasitadas e a proporção de parasitismo, que são apresentados nas Tabelas 15 e 16, respectivamente.

A Tabela 10 apresenta as estimativas dos parâmetros do modelo de HASSELL e VARLEY, $N_{ha} = n(1 - e^{-Qp^{1-m}})$, onde Q é o valor do coeficiente de ataque e m é a constante de interferência.

Tabela 10. Médias das estimativas dos parâmetros do modelo de HASSELL e VARLEY, para cada repetição.

Repetição	\hat{m}	\hat{Q}
1	0,1694	0,2187
2	1,2849	210,1390
3	1,4848	$9,4848 \cdot 10^{10}$
4	1,1132	$8,6195 \cdot 10^5$
5	-0,8646	0,5856

Na Tabela 11 são apresentadas as proporções de parasitismo encontrada (PP) e estimada, para cada tratamento.

Tabela 11. Proporções de parasitismo observada (PP) e estimada ($\hat{P}P$) através do modelo de HASSELL e VARLEY.

Tratamento	Repetição	PP	$\hat{P}P$
1	1	0,0806	0,5650
2	1	0,0959	0,7425
3	1	0,2549	0,8414
4	1	0,2435	0,8998
5	1	0,2441	0,9104
1	2	0,2421	1,0000
2	2	0,3243	1,0000
3	2	0,3846	1,0000
4	2	0,2432	1,0000
1	3	0,0667	1,0000
2	3	0,3372	1,0000
3	3	0,0957	1,0000
4	3	0,4298	1,0000
5	3	0,0667	1,0000
1	4	0,2982	1,0000
2	4	0,2000	1,0000
3	4	0,1900	1,0000
4	4	0,1928	1,0000
5	4	0,2136	1,0000
1	5	0,3143	1,0000
2	5	0,2063	1,0000
3	5	0,3268	0,9999
4	5	0,1702	0,0000

A Tabela 12 apresenta os valores dos parâmetros m e Q , do modelo de HASSELL e VARLEY, estimados e as respectivas somas do quadrado dos desvios, pela ordem com que foram estimados.

Tabela 12. Valores das estimativas dos parâmetros m e Q do modelo HASSELL e VARLEY, testados e as respectivas somas de quadrados dos desvios, na ordem com que foram estimados

m	Q	SQ desvios
0,1694	0,2187	8,6310
0,1694	0,5000	12,7400
0,1694	0,0000	1,3574
0,1694	-1,0000	1,1936
0,1694	-2,0000	4,4957
0,1694	-1,5000	2,2947
0,1684	-0,5000	7169827,87000
0,1694	-0,75000	8,8200
0,1694	-0,9900	8,9400
0,5000	0,2187	2,7715
5,0000	0,2187	1,3566
0,0000	0,2187	10,8900
10,00	0,2187	1,3574
30,00	0,2187	1,3574
0,50	0,5000	8,6379
0,10	0,5000	13,0000
0,10	0,1000	4,6100
0,10	0,7000	13,7248
0,70	0,1000	0,2456
0,90	0,1000	0,4564
0,50	0,1000	0,4539
0,00	0,1000	6,3500
0,75	0,1000	0,2790

Através da Tabela 12 observam-se que os valores dos parâmetros que dão a menor soma de quadrado dos desvios é $m = 0,7$ e $Q = 0,1$.

As Tabelas 15 e 16 apresentam os números de lagartas parasitadas e as proporções de parasitismo estimada através do modelo de HASSELL e VARLEY, utilizando $m = 0,7$ e $Q = 0,1$:

Através de um programa em linguagem BASIC, que calcula a proporção de parasitismo pelo modelo de WATT, a diferença entre a proporção encontrada no campo e a calculada e a soma de quadrado desses desvios de cada repetição, foram encontrados os valores dos três parâmetros do modelo de WATT que dão a menor soma de quadrado dos desvios.

Os valores dos parâmetros encontrados foram: $K = 1,17$, $a = 2,47$ e $B = 2,51$, que dão a soma de quadrado dos desvios de $0,3115$.

Nas Tabelas 15 e 16, são apresentados os números de lagartas parasitadas e as proporções de parasitismo, respectivamente estimadas pelo modelo de WATT, utilizando: $K = 1,17$, $a = 2,47$ e $B = 2,51$.

A Tabela 13 apresenta o número de lagartas parasitadas observado e o calculado através dos modelos de THOMPSON, NICHOLSON e HASSELL e VARLEY, utilizando-se a média dos parâmetros, para cada número diferente de moscas liberados.

A Tabela 14 apresenta as proporções de parasitismo observadas e as calculadas através dos três modelos, utilizando-se a média dos parâmetros, para cada número diferente de moscas liberados.

Tabela 13. Número de lagartas parasitadas observado e calculado através dos modelos de THOMPSON, NICHOLSON e HASSELL e VARLEY, utilizando-se a média dos parâmetros, para cada número diferente de moscas liberadas.

Nº de moscas	THOMPSON	NICHOLSON	HASSELL e VARLEY	Observado
5	10,0316	12,7472	70,06	10
5	9,9085	9,7660	95,00	23
5	9,9540	10,794	105,00	7
5	10,0050	11,822	115,00	23
5	9,3812	4,8316	0,00	8
9	17,6544	25,5456	106,92	14
10	19,0698	21,6561	111,00	36
10	18,5760	16,7786	86,00	29
10	18,5007	16,1933	83,00	16
13	23,8782	25,0716	85,82	26
15	26,68866	26,1132	94,00	9
15	26,9400	27,7800	100,00	19
15	24,7212	17,5014	63,00	13
17	30,6015	35,4775	103,47	28
18	32,5882	41,0591	115,621	31
20	35,1819	41,1957	117,00	45
20	35,0322	40,1394	114,00	49
20	35,0322	40,1394	114,00	34
20	27,4804	16,1966	45,954	15
22	37,1212	39,0988	103,00	22
25	41,7138	46,4757	111,00	27
25	42,4080	50,2440	120,00	8
25	36,8480	29,5090	70,00	22

Tabela 14. Proporções de parasitismo observada e calculada através dos modelos, utilizando-se a média dos parâmetros, para cada número diferente de moscas liberadas.

Nº de moscas	THOMPSON	NICHOLSON	HASELL e VARLEY	Observado
5	0,0809	0,1028	0,5650	0,0806
5	0,1043	0,1028	1,0000	0,2421
5	0,0948	0,1028	1,0000	0,0667
5	0,0870	0,1028	1,0000	0,2000
5	0,1996	0,1028	0,0000	0,1702
9	0,1226	0,1774	0,7425	0,0959
10	0,1718	0,1951	1,0000	0,3243
10	0,2160	0,1951	1,0000	0,3372
10	0,2229	0,1951	1,0000	0,1928
13	0,2341	0,2458	0,8414	0,2549
15	0,2839	0,2778	1,0000	0,0958
15	0,2694	0,2778	1,0000	0,1900
15	0,3924	0,2778	1,0000	0,2063
17	0,2661	0,3085	0,8898	0,2438
18	0,2566	0,3233	0,9104	0,2441
20	0,3007	0,3521	1,0000	0,3846
20	0,3073	0,3521	1,0000	0,4298
20	0,3073	0,3521	1,0000	0,2982
20	0,5974	0,3521	0,9999	0,3261
22	0,3604	0,3786	1,0000	0,2136
25	0,3758	0,4187	1,0000	0,2432
25	0,3534	0,4187	1,0000	0,0667
25	0,5264	0,4187	1,0000	0,3143

A Tabela 15 apresenta o número de lagartas parasitadas observado e o calculado através dos modelos, utilizando-se os parâmetros estimados pelo método iterativo para cada número diferente de moscas liberadas.

Tabela 15. Número de lagartas parasitadas observado e o calculado através dos modelos utilizando os parâmetros estimados pelo método iterativo para cada número diferentes de moscas liberadas.

Nº de moscas	THOMPSON	NICHOLSON	HASSELL	WATT	Observado
5	7,2069	9,0644	18,5504	5,8428	10
5	7,1421	6,8210	14,2120	5,8710	23
5	7,1715	33,1905	24,2550	5,8485	7
5	7,1875	30,1415	25,0355	5,8535	23
5	6,8667	3,4404	7,0312	5,8168	8
9	12,7584	18,4032	25,3008	10,5264	14
10	13,8972	15,6399	20,0799	11,6994	36
10	13,6396	6,2866	12,8570	11,6788	29
10	13,5954	16,9154	16,7494	11,6781	16
13	17,5848	18,0234	19,7982	15,1266	26
15	19,8340	13,2540	16,9952	17,1926	9
15	19,9700	7,3100	14,9600	17,2700	19
15	18,7614	19,9080	14,9877	16,2940	13
17	22,6665	26,1855	24,0005	19,5040	28
18	24,1046	30,4038	26,8732	20,6756	31
20	26,2314	23,8446	23,6106	22,3821	45
20	26,1516	23,0736	23,0052	22,2984	49
20	26,1516	36,0240	26,5962	22,2984	34
20	21,8822	12,0520	10,0188	16,5784	15
23	27,9954	14,5230	18,6327	23,3810	22
25	31,5573	29,0931	24,1758	25,7520	27
25	31,9320	31,4520	26,1360	26,3040	8
25	28,8120	19,8870	15,6310	17,2700	22

A Tabela 16 apresenta as proporções de parasitismo observadas e calculadas através dos modelos, utilizando-se os parâmetros estimados pelo método iterativo, para números diferentes de moscas liberadas.

Tabela 16. Proporção de parasitismo observada e calculada através dos modelos, utilizando-se os parâmetros estimados pelo método iterativo.

Nº de moscas	THOMPSON	NICHOLSON	HASSELL	WATT	Observado
5	0,0547	0,0732	0,1496	0,0472	0,0806
5	0,0752	0,0732	0,1496	0,0618	0,2421
5	0,0683	0,0732	0,1496	0,0557	0,0667
5	0,0625	0,0732	0,1496	0,0509	0,2000
5	0,1461	0,0732	0,1496	0,1244	0,1702
9	0,0886	0,1278	0,1757	0,0731	0,0972
10	0,1252	0,1410	0,1809	0,1054	0,3243
10	0,1586	0,1410	0,1809	0,1358	0,3372
10	0,1638	0,1410	0,1809	0,1407	0,1928
13	0,1724	0,1767	0,1941	0,1483	0,2549
15	0,2110	0,2039	0,2017	0,1829	0,0958
15	0,1997	0,2039	0,2017	0,1727	0,1900
15	0,2978	0,2039	0,2017	0,2580	0,2063
17	0,1971	0,2277	0,2087	0,1696	0,2438
18	0,1898	0,2394	0,2116	0,1628	0,2441
20	0,2242	0,2621	0,2178	0,1913	0,3846
20	0,2294	0,2621	0,2178	0,1956	0,4298
20	0,2294	0,2621	0,2178	0,1956	0,2982
20	0,4757	0,2621	0,2178	0,3604	0,3261
22	0,2718	0,2842	0,2223	0,2270	0,2136
25	0,2843	0,3161	0,2310	0,2320	0,2432
25	0,2661	0,3161	0,2310	0,2192	0,0667
25	0,4116	0,3161	0,2310	0,3084	0,3143

Para analisarmos se havia diferença significativa entre as proporções de parasitismo calculadas através dos modelos e a real, foram feitas análises não paramétricas (Teste de Kruskal-Wallis e comparações múltiplas), para cada tratamento.

A hipótese H_0 é de que as médias das proporções calculadas através do modelo não diferem da proporção real.

As Tabelas 17, 18, 19, 20 e 21 mostram os valores dos R médios do teste de Kruskal-Wallis e os respectivos resultados dos testes de comparações múltiplas, quando liberadas 5, 10, 15, 20 e 25 moscas, respectivamente.

Tabela 17. Valores de R médio do teste de Kruskal-Wallis para cada modelo, quando liberadas 5 moscas.

Modelo	R
THOMPSON ($c = 2,0926$)	164 a
HASSELL e VARLEY (média dos parâmetros)	155 a
HASSELL e VARLEY ($m = 0,7$ e $Q = 0,1$)	130 ab
Observado	120 ab
NICHOLSON ($\hat{a} = 0,0217$)	95 ab
NICHOLSON ($\hat{a} = 0,0152$)	60 ab
THOMPSON ($c = 1,485$)	58 ab
WATT	38 ab

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 18. Valores de R médio do teste de Kruskal-Wallis para cada modelo, quando liberadas 10 moscas.

Modelo	R
HASSELL e VARLEY (média dos parâmetros)	69 a
THOMPSON (c = 2,0926)	59 ab
Observado	53 ab
THOMPSON (c = 1,485)	41 ab
NICHOLSON (\hat{a} = 0,0217)	36 ab
HASSELL e VARLEY (m = 0,7 e Q = 0,1)	24 ab
NICHOLSON (\hat{a} = 0,0152)	15 c
WATT	2 d

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 19. Valores de R médio do teste de Kruskal-Wallis para cada modelo, quando liberadas 15 moscas

Modelo	R
HASSELL e VARLEY (média dos parâmetros)	65 a
THOMPSON (c = 2,0926)	55 ab
NICHOLSON (\hat{a} = 0,0217)	51 b
THOMPSON (c = 1,485)	38 bc
NICHOLSON (\hat{a} = 0,0152)	30 d
HASSELL e VARLEY (m = 0,7 e Q = 0,1)	21 d
WATT	19 d
Observado	17 d

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 20. Valores de \bar{R} médio do teste de Kruskal-Wallis para cada modelo, quando liberadas 20 moscas.

Modelo	R
HASSELL e VARLEY (média dos parâmetros)	122 a
NICHOLSON ($\hat{a} = 0,0217$)	82 b
Observado	79 b
WATT	79 b
THOMPSON ($c = 2,0926$)	73 b
THOMPSON ($c = 1,485$)	45 b
NICHOLSON ($\hat{a} = 0,0152$)	38 b
HASSELL e VARLEY ($m = 0,7$ e $Q = 0,1$)	10 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 21. Valores de \bar{R} médio do teste de Kruskal-Wallis para cada modelo, quando liberadas 25 moscas.

Modelo	R
HASSELL e VARLEY (média dos parâmetros)	69 a
NICHOLSON ($\hat{a} = 0,0217$)	57 ab
THOMPSON ($c = 2,0926$)	52 bc
NICHOLSON ($\hat{a} = 0,0152$)	39 cd
THOMPSON ($c = 1,485$)	34 de
	19 de
WATT	18 e
HASSELL e VARLEY ($m = 0,7$ e $Q = 0,1$)	12

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade.

Analisando-se as Tabelas 17, 18, 19, 20 e 21 observamos que as proporções de parasitismo calculadas através do modelo de HASSELL e VARLEY ($m = 0,7$ e $Q = 0,1$) não diferem da proporção observada, sem nenhum tratamento.

4.4. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Antes de se chegar ao modelo final, foram feitos vários programas intermediários, para se ter certeza que o mesmo está correto.

No Apêndice 1 é apresentado o primeiro programa desenvolvido, onde não foi considerada a sobrevivência, afim de se verificar se o número inicial de ovos está sendo mantido durante a simulação.

Na Figura 12 observa-se que não está ocorrendo perdas, ou seja, em cada tempo a soma dos insetos em todas as fases é igual ao número inicial de ovos.

No Apêndice 2 é apresentado um programa para a simulação da dinâmica populacional da *D. saccharalis*, sem considerar o parasito.

O modelo de simulação utilizado representou muito bem a dinâmica populacional da *D. saccharalis* como pode-se observar pela Figura 13.

O programa definitivo, onde foi acrescentado o controle com *M. minense*, utilizando-se o modelo de parasitismo de HASSELL e VARLEY, com $m=0,7$ e $Q=0,1$, é apresentado no Apêndice 3.

Nas Figuras 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20 são representadas as simulações da dinâmica populacional da broca sem liberações de *M. minense* e com liberações antes do primeiro pico de lagartas grandes; durante o primeiro pico; após o primeiro pico; antes do segundo; durante o segundo; após o segundo; antes e após o primeiro pico, respectivamente.

Entre as simulações realizadas (Figuras 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20) o maior controle ocorreu quando as liberações do parasito foram feitas antes e após o primeiro pico populacional de lagartas grandes.

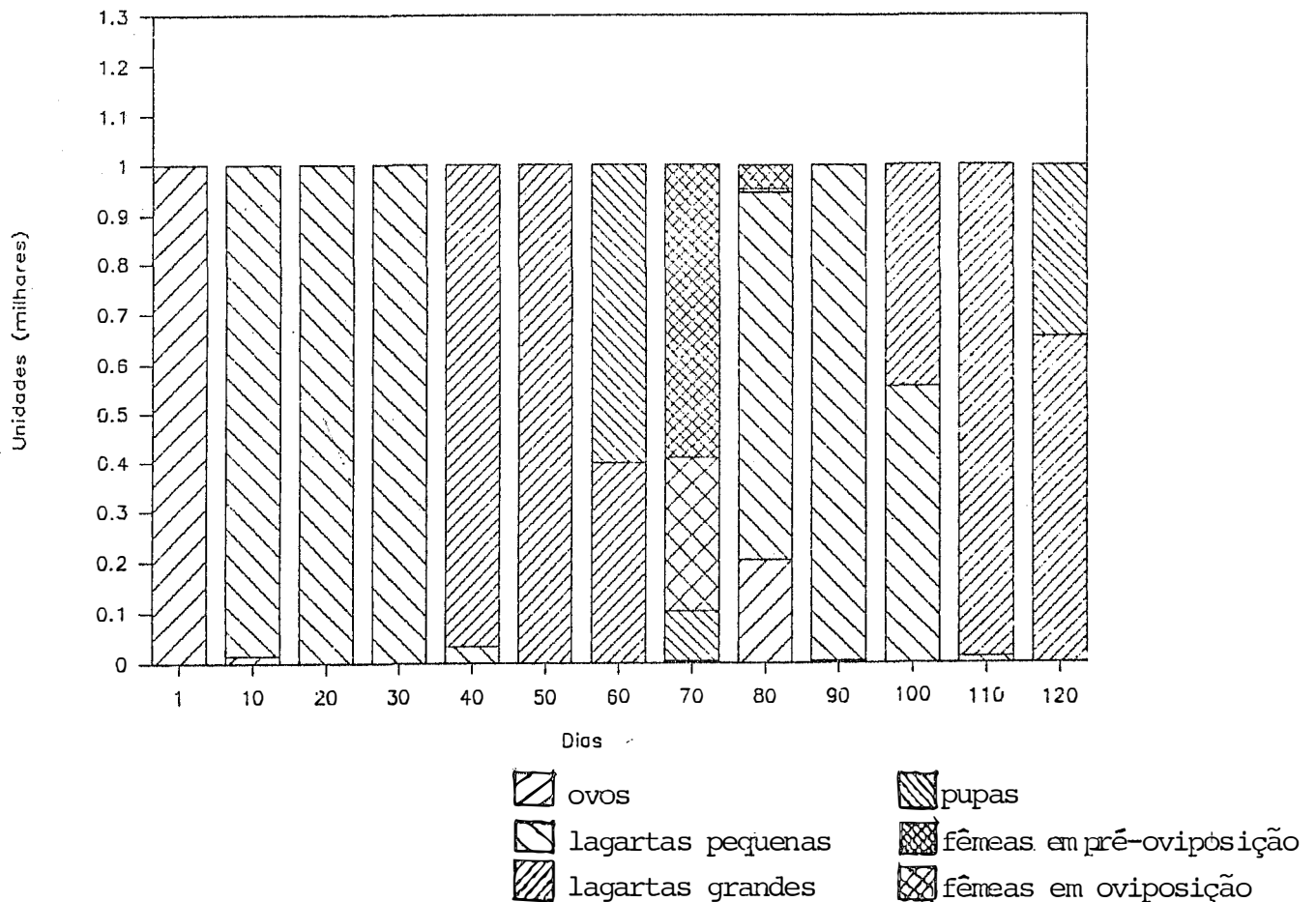


Figura 12. Gráfico de barras referente à simulação da dinâmica populacional de *D. saccharalis*, com sobrevivência de 100%.

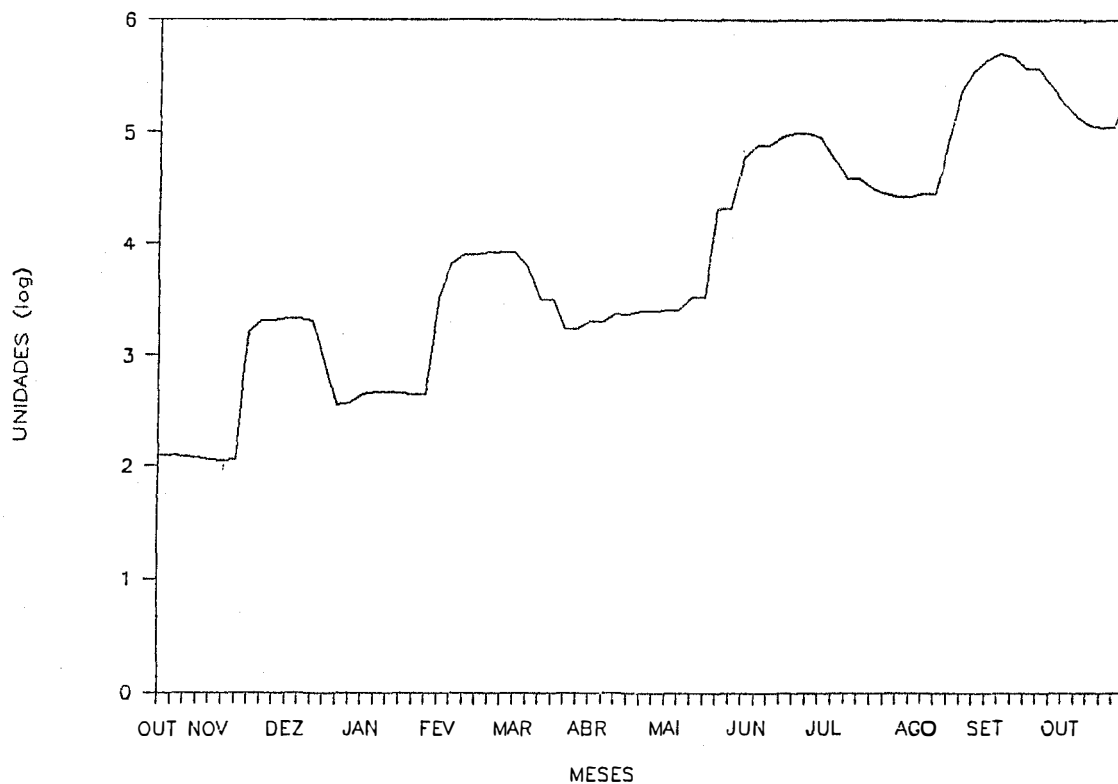


Figura 13. Simulação da população larval da *D. saccharalis*.

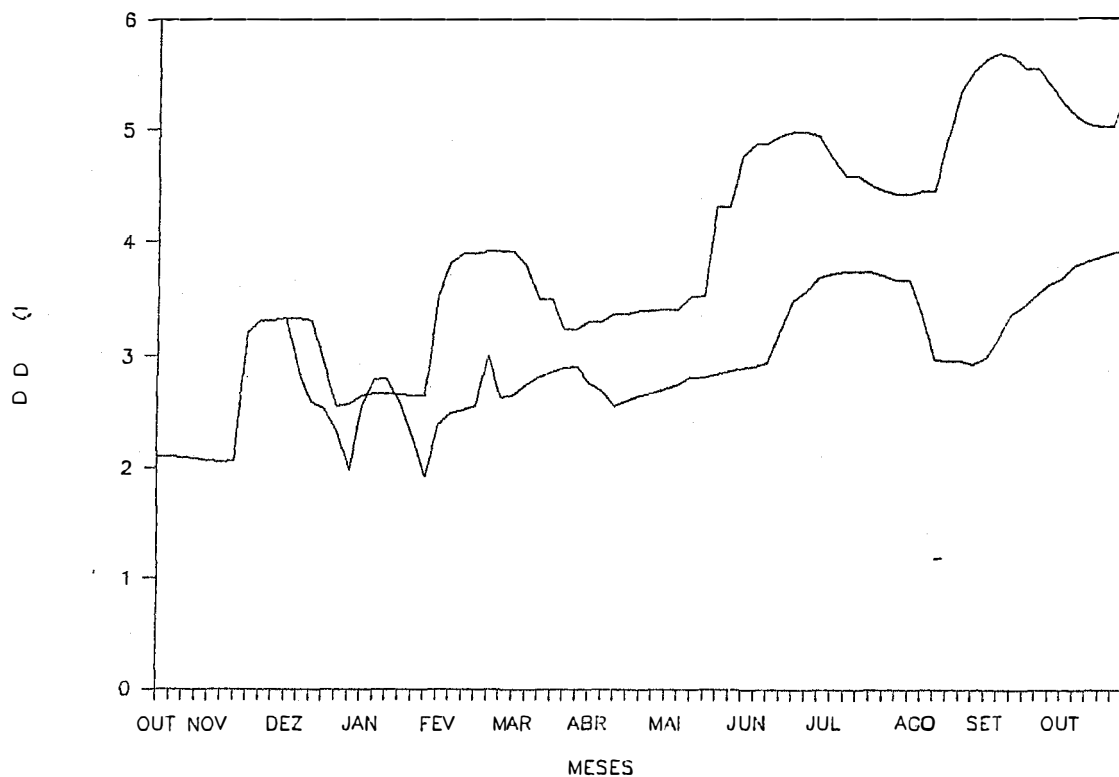


Figura 14. Simulação da população larval da *D. saccharalis* sem liberação de *M. minense* e com liberação de 100 casais antes do pico da primeira geração.

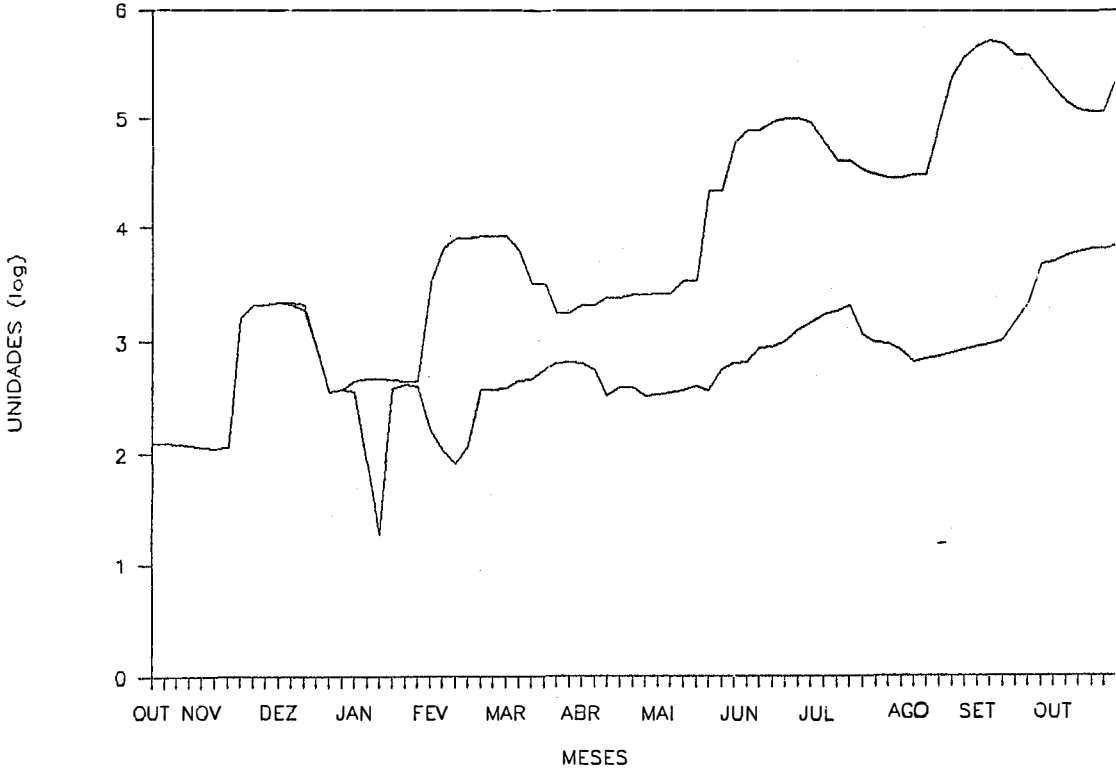


Figura 15. Simulação da população larval da *D. saccharalis* sem liberação de *M. minense* e com liberação de 100 casais no pico da primeira geração.

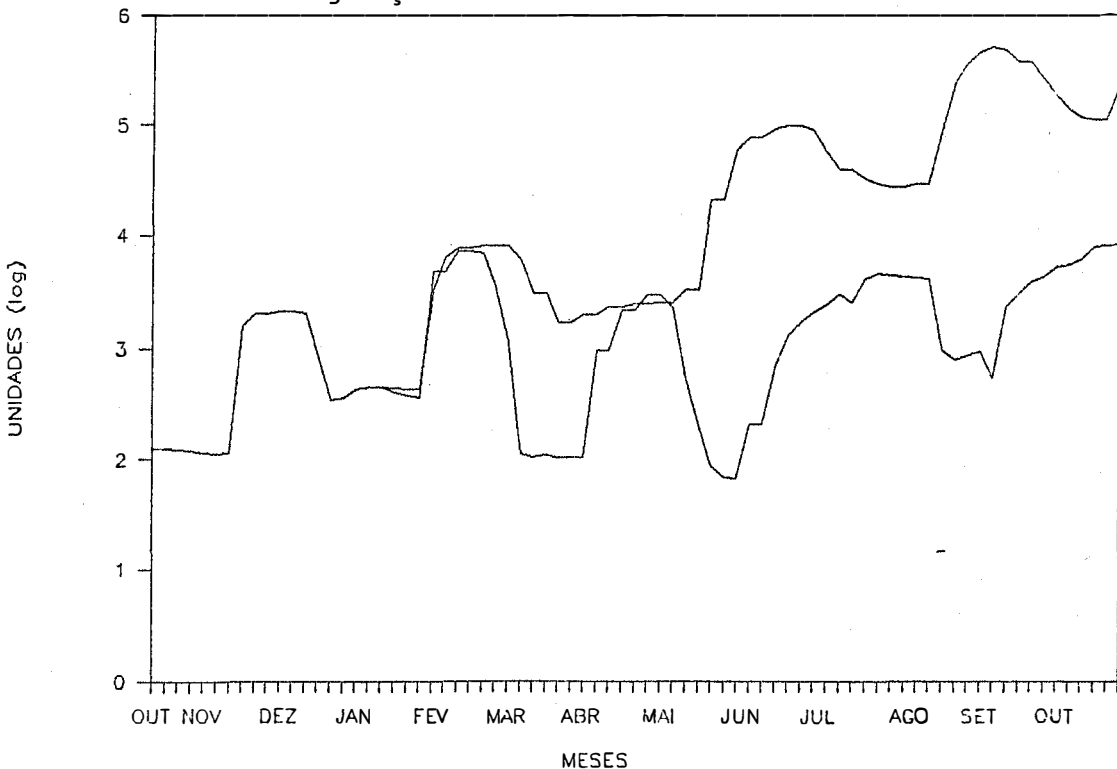


Figura 16. Simulação da população larval da *D. saccharalis* sem liberação de *M. minense* e com liberação de 100 casais após o pico da primeira geração.

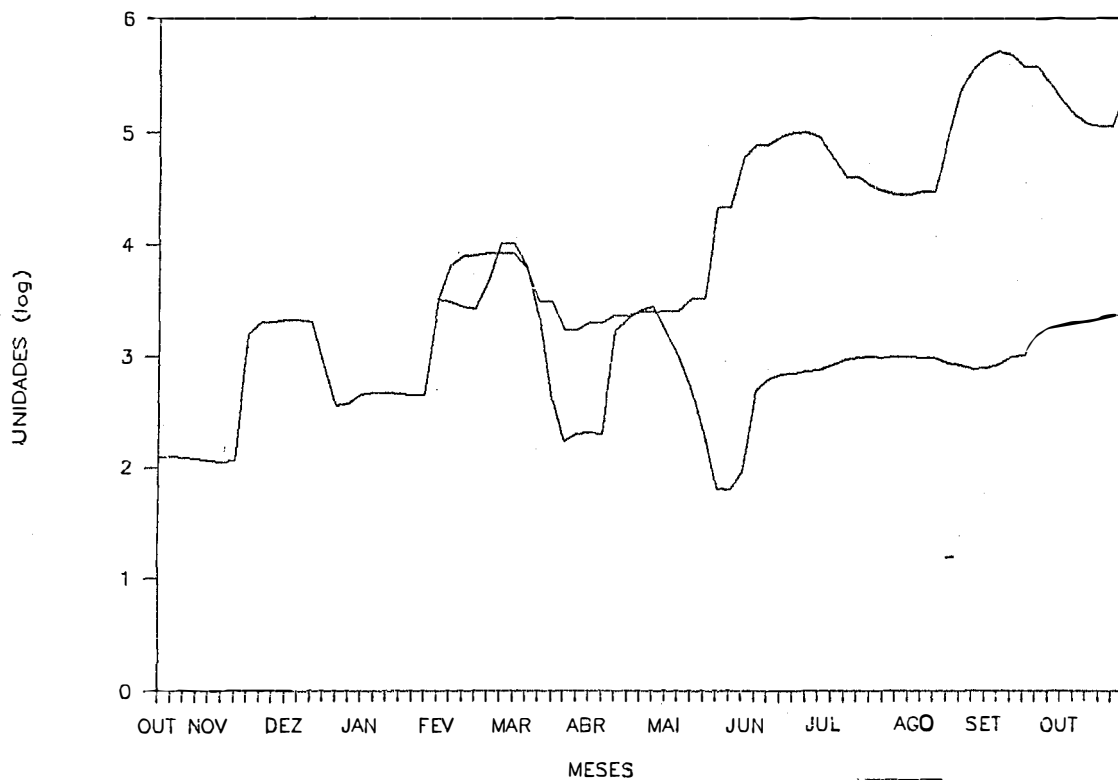


Figura 17. Simulação da população larval da *D. saccharalis* sem liberação de *M. minense* e com liberação de 100 casais antes do pico da segunda geração.

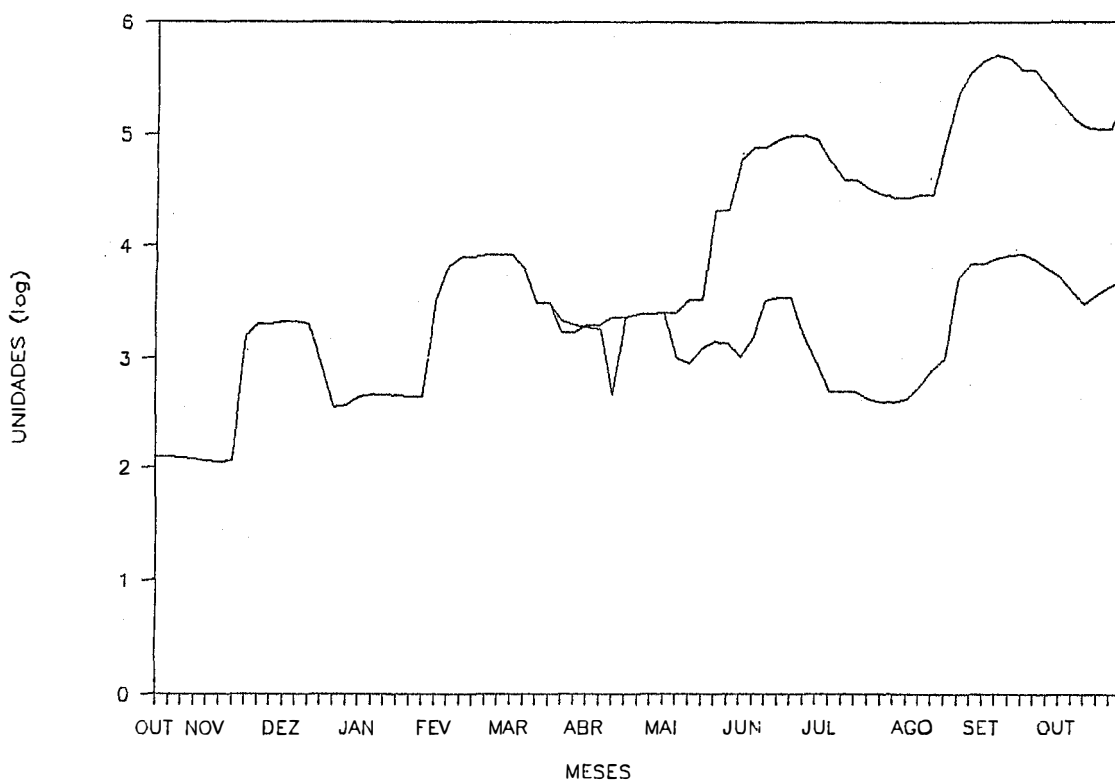


Figura 18. Simulação da população larval da *D. saccharalis* sem liberação de *M. minense* e com liberação de 100 casais no pico da segunda geração.

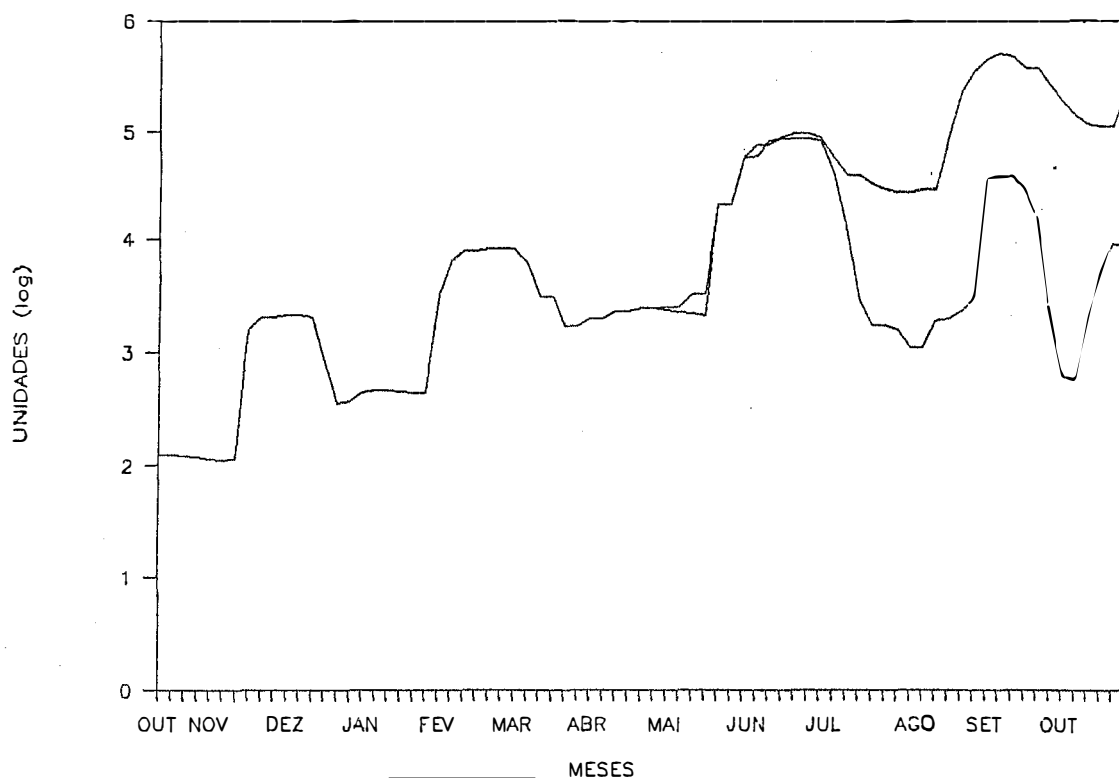


Figura 19. Simulação da população larval da *D. saccharalis* sem liberação de *M. minense* e com liberação de 100 casais após o pico da segunda geração.

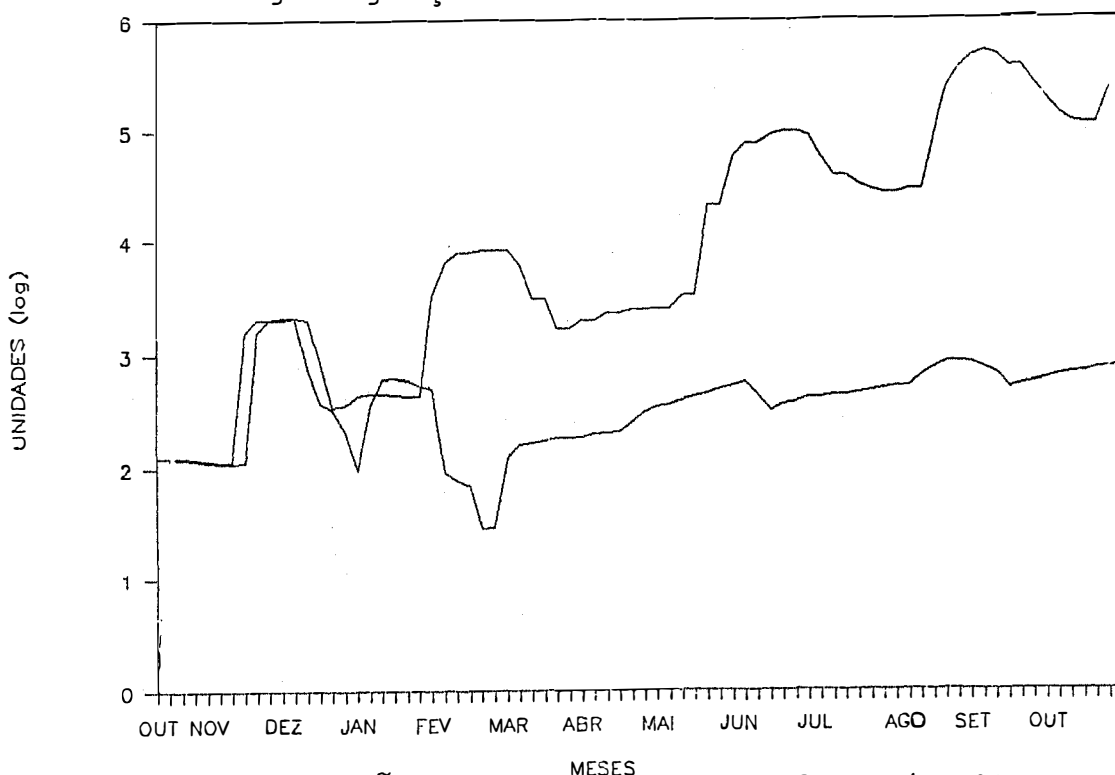


Figura 20. Simulação da população larval da *D. saccharalis* sem liberação de *M. minense* e com liberações de 100 casais antes e após o pico da primeira geração.

5. CONCLUSÕES

1. A maior porcentagem de parasitismo ocorre quando liberadas 20 fêmeas por telado, que contém, em média 102 lagartas.

2. O modelo que melhor se ajusta aos dados obtidos é o de HASSELL e VARLEY, com os seguintes valores para os parâmetros: $m = 0,7$ e $Q = 0,1$.

3. O modelo de simulação do crescimento populacional da broca representa bem a dinâmica populacional do inseto no campo.

4. O modelo de simulação desenvolvido permite indicar as melhores épocas e proporções de parasito-hospedeiro para o controle da broca.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, J.C. e D. GONZALEZ, 1975. The effects of Temperature and Host Refuge of insect Host-Parasite Models. Environmental Entomology, 4(1): 57-65.
- AUSLANDER, D.M.; C.F. OSTER; C.B. HUFFAKER, 1974. Dynamics of Interacting Populations. Journal of the Franklin Institute.
- BAILEY, V.A., 1931. The interaction between host and parasites. Quart J. Math., 2: 68-77.
- BATSCHLET, E., 1966. The application of mathematics of biological problems. Bioscience, Jan. 22-24p.
- BEDDINGTON, J.R.; M.P. HASEL e J.H. LAWTON, 1976. The components of Arthropod predation. II. The predation rate of increase. The Journal of Animal Ecology, 45:165-185.
- BOS, J. VAN DEN e R. RABBINGE, 1976. Simulation of the fluctuations of the grey larch bud moth. Wageningen Centre for Agricultural Publishing and Documentation. 83p.
- BOTELHO, P.S.M., 1985. Tabela de vida ecológica e simulação da fase larval da *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lep: Pyralidae). Piracicaba, ESALQ/USP, 110p. (Tese de Doutorado).

CAMINHA FILHO, A., 1935. A broca da canna de assucar, *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) em Araras, S.P. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, 94(2):11-19.

CASWELL, R.; H.E. KOENING; J.A. RESH e Q.E. ROSS, 1972. An Introduction to systems science for ecologists. In: Systems Analysis simulation in ecology. Academic Press, 2: 3-80.

CHESSON, J., 1982. Estimation and analysis of parasitoid search and attack parameters from field data. Environmental Entomology, 11(3): 531-549.

FEGIES, N.C., 1985. Desenvolvimento de modelo para simulação de progressão de doenças de plantas. Piracicaba, ESALQ/USP. 102p. (Dissertação Mestrado).

FORRESTIER, J.W., 1976. Principles of systems. Wright Allen Press, Inc. Cambridge, 320p.

FYE, R.E., 1979. Cotton insect populations: development and impact of predators and other mortality factors. Washington, USDA, 65p. (Technical Bulletin, 1592).

GALLO, D., 1952. Contribuição para o controle virológico da broca da cana-de-açúcar. Anais da ESALQ, 9: 135-142.

GALLO, D.; O. NAKANO; S. SILVEIRA NETO; R.P.L. CARVALHO, G.C. BATISTA; E. BERTI Fº; J.R.P. PARRA; R.A. ZUCCHI e S.B. ALVES, 1978. Manual de Entomologia Agrícola. Ed. Agron. Ceres. 531p.

- GUEVARA, L.A.C., 1976. Aspectos da biologia em condições naturais e frequência de acasalamento da *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera-Crambidae) a broca da cana-de-açúcar. Piracicaba, ESALQ/USP, 70p. (Dissertação Mestrado).
- HARTSTACK, JR. A.W. e J.P. HOLLINGSWORTH, 1974. A computer model for predicting *Heliothis* populations. Transactions of the ASAE. St. Joseph, 17(1): 112-115.
- HASSELL, M.P., 1971. Mutual interference between searching insect parasite. The Journal of Animal Ecology, 40: 473-486.
- HASSELL, M.P. e R.M. MAY, 1973. Stability in insect host parasite models. Journal of Animal Ecology, 42: 693-726.
- HASSELL, M.P. e R.M. MAY, 1974. Agregation of predators and insect parasites and its effects on stability. Journal of Animal Ecology, 43: 567-594.
- HASSELL, M.P. e D.J. ROGERS, 1972. Insect parasite responses in the development of populations. Journal of Animal Ecology, 41: 661-676.
- HASSELL, M.P. e G.C. VARLEY, 1969. New inductive population modelo for insect parasites and its bearing in biological control. Nature, Lond., 223: 1133-1137.
- HOLLING, , 1959. Some characteristics of Simple Type of Predation and Parasitism. The Canadian Entomologist, 91 (7):385-398.

- HUFFAKER, C.B.; P.S. MESSENCER e P. DEBACH, 1971. The Natural Enemy component. Biological Control. p.26-37.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA, 1986. Prognóstico 86/87. São Paulo, Secretaria da Agricultura, 15: 147-156.
- KRANZ, J., 1974. Epidemiology, concepts and scope. In: RAYCHAUDHURI, S.P. e J.P. VERNA. Current Trends in Plant Pathology, Lucknow, p.26-32.
- KRANZ, J. e D.J. ROYLE, 1978. Perspectives in mathematical modelling of plant disease epidemics. In: SCOTT, P.R. e A. BAINBRIDGE. Plant Disease Epidemiology. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p.111-119.
- KRANZ, J. e B. HAU, 1980. Systems analysis in epidemiology. Annual Review of Phytopathology, Palo Alto, 18: 67-87.
- LECUONA, R.E., 1986. Controle microbiano de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lep.: Pyralidae) com *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuil., *B. brongniartii* (Sacc.) Petch e vírus da granulose, e simulação dos efeitos de sua aplicação. Piracicaba, ESALQ/USP, 170p. (Dissertação de Mestrado).
- LOTKA, A.J., 1923. Contribution to quantitative parasitology. J. Wash Acad. Sci., 13: 152-158.
- MELO, Q.M.S., 1985. Aspectos biológicos de *Metagonystylum minense* Towns., 1927 e *Paratheresia claripalpis* (Wulp, 1896) (Diptera, Tchnidae) em diferentes temperaturas. Piracicaba, ESALQ/USP, 107p. (Tese de Doutorado).

- MELO, A.B.P. e J.R.P. PARRA, 1984. 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, Londrina, p.63. (Resumo).
- NAYLOR, T.H.; J.L. BALINTFY; D.S. BURDICK; K. CHU, 1971. Técnicas de simulação em computador. Editora Vozes Ltda, 402 p.
- NICHOLSON, A.J., 1933. The balance of animal populations. Journal of Animal Ecology, 2: 132-178.
- NICHOLSON, A.J. e V.A. BAILEY, 1935. The balance of animal populations. Part I. Proc. Zool. Soc. London, 551-598.
- OSMAN, N.B., 1975. Response of sugarcane borer larvae *Diatraea saccharalis* (F.) to photoperiod and temperature. Boston Rouge, State University, 84p. (Master of Science Thesis).
- ORR, M., 1973. Introduction to computer programming for biological scientists. Boston, Allyn and Bacon, 396p.
- PARRA, J.R.P., 1984. Medidas de cápsulas cafélicas como indicadores do número de instares de algumas lagartas de importância agrícola. Mimeografado, 8p.
- PATTEN, B.C., 1971. Systems analysis and simulation in Ecology. Academic Press, New York, 607p.
- PSCHORN-WALCHER, H., 1971. Experiments on interspecific competition between three species of Tachnidae attacking the sugarcane moth borer, *Diatraea saccharalis* (F.). Entomophaga. Paris, 16(1): 125-131.

- ROGERS, D., 1972. Random search and insect population models. The Journal of Animal Ecology, 41: 369-383.
- SGRILLO, R.B., 1979. Desenvolvimento de modelo matemático para população da broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) e simulação da técnica do indivíduo este ril. Piracicaba, ESALQ/USP. 189p. (Tese de Doutorado).
- SGRILLO, R.B., 1984. Desenvolvimento e emprego de modelo matemático em sistema agroecológico. In: CROCOMO, W.V. (ed.) Manejo de pragas. Curso de extensão universitária. FEPAF, Botucatu. p.79-84.
- SGRILLO, R.B.; N. CUNHA e L. BARBOSA, 1984. A simulation model for the sugar cane borer populations dynamics. Anal. Sumer Computers simulations Conference. p.320-323.
- SGRILLO, R.B. e N. CUNHA, 1985. Um modelo para diapausa da broca da cana-de-açúcar. Relatório Técnico CCB-030. IBM do Brasil, Centro Científico, Brasília, 72p.
- SHIMIZU, T., 1975. Simulação em computador digital. Ed. Edgar Blucher Ltda., S. Paulo, 108p.
- SOUTHWOOD, T.R.E. e H.N. COMINS, 1976. A synoptic population model. J. Anim. Ecol. London, 45(3): 949-965.
- SUNDARAMURTHY, V.T. e K. SANTHANAKRISHNAN, 1979. The effect of population density of parasite *Perisierola nephantidis* (Hym: Bethylidae) on the mortality of Coconut caterpillar, *Nephantis serinopa* (Lep.: Cryptophagidal). Entomophaga, 24(2): 115-117.

- TERAN, F.O. & W.R.T. NOVARETTI, 1980. Manejo da broca da cana-de-açúcar nas Usinas cooperadas. Boletim Técnico Coper-sucar, p.11-80.
- THOMPSON, W.R., 1924. La théorie mathématique de l'action des parasites entomophages et le facteur du hasard. Annls Fac. Sci., Marseille, 2: 69-89.
- THOMPSON, W.R., 1960. The larval morphology some tachinidae parasites of *Diatraea* (Diptera). Transaction of the American Entomological Society. Philadelphia, (86): 207-224.
- VOLTERRA, V., 1926. Variazione e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conveventi. Nem. Aacd. Lincei, 6(2): 31-113.
- WALDER, J.M.M., 1976. Estudo da população da *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) em quatro regiões canavieiras do Estado de São Paulo, Piracicaba, ESALQ/USP, 111p. (Tese de Doutoramento).
- WATT, K.E.F., 1959. A mathematical model for the effect of densities of attacked and attacking especies on the number attacked. The Canadian Entomologist, Canada, 91(3): 143.
- WIT, C.T. e J. GOUDRIANN, 1978. Simulation of ecological processes. Wageningen, Centre for Agricultural Publisning and Documentation, 175p.

A P Ê N D I C E S

APÊNDICE 1

```

10 REM #####
20 REM ##### SIMULACAO DA DINAMICA POPULACIONAL #####
30 REM #####DA D.saccharalis COM SOBREV.=100% #####
40 REM #####
50 CLS:
60 N(4)=3:N(1)=4:N(2)=5:N(3)=5:N(5)=6:N(6)=3:N(7)=3:CV=0.1
70 S(1)=1:S(2)=1:S(3)=1:S(4)=1:S(5)=1:S(6)=1:S(7)=1
80 DIM TE(25), TT(25)
90 LPRINT CHR$(27)CHR$(19):LPRINT "          BROCA DA CANA - METAGONISTYLUM "
100 GOSUB960
110 LPRINT CHR$(27)CHR$(19)
120 C$="-----"
-----"
130 DIM X(20,20):DIM Y(20): DIM H(20)
140 B$= "DIA          OVO          LAG.F          LAGG          LAD.DIA          PUPA
          Y(6)          Y(7)          K"
150 A$="#####          #####          #####          #####          #####          ###
#####          #####          #####          #####"
160 GOTO
170 FORI =1 TO 7
180 FOR J=2 TO N(I)
190 DX(I,J)=( X(I,J-1)*P(I)*SS(I)-X(I,J)*P(I))*F(I)
200 NEXTJ:NEXTI
210 RETURN
220 TB=10: TD=18:K(1)=78:K(2)=356:K(3)=356:K(4)=60:K(5)=104:K(6)=48:K(7)=48
230 INPUT" INTERVALO DE TEMPO"; DT: INPUT " TEMPO FINAL"; TF
240 INPUT "INTERVALO DE IMPRESSAO";IP
250 INPUT"TEMPO INICIAL DE SIMULACAO";TZ
260 T=TZ
270 REM FC=290:FF=.77
280 INPUT"NUMERO DE OVOS EM OUTUBRO";H(1)
290 INPUT"NUMERO DE LAGARTAS PEQUENAS";H(2)
300 INPUT"NUMERO DE LAGARTAS GRANDES";H(3)
310 INPUT"NUMERO DE PUPAS";H(5)
320 INPUT"NUMERO DE ADULTOS EM PREOVIPOSICAO";H(6)
330 INPUT"NUMERO DE FEMEAS EM POSTURA";H(7)
340 INPUT"NUMERO DE LAGARTAS EM DIAFAUSA";H(4)
350 CLS:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT "          simulando - obrigado
".
360 PRINT:PRINT:PRINT"          Glaucia"
370 FORI=1 TO 7
380 X(I,1)=H(I)
390 NEXTI
400 REM CLS:POKE 16916,3:PRINT C$
410 LPRINT C$:LPRINT B$:LPRINTC$
420 GOTO 1070
430 F1=11.98+1.379*COS(T*3.14/180)
440 F2=11.98+1.379*COS((T+1)*3.14/180)
450 FOR I=1 TO 7
460 PE(I)= K(I)/( TE-TB )
470 R(I)= PE(I)/N(I)
480 NEXT I
490 FOR I=1 TO 7
500 F(I)= 1-(N(I)*(CVI2))
510 NEXT I
520 FOR I=1 TO 7
530 SS(I)= S(I)[ (1/ PE(I))
540 NEXT I
550 FOR J=1 TO 7
560 IF Y(I)=0 THEN 600
570 DG(I)= 1/(R(I)*F(I))
580 DG(I)= DG(I)-( P(I)/ DT)
590 DD(I)= DD(I)+( DT*DG(I))
600 IF DD(I)=1 THEN P(I)=1:GOTO620

```

```

0 P(I)=0
0 NEXT I
0 DX(1,1)=X(7,3)*P(7)*F(7)*290*SS(7)-X(1,1)*P(1)*F(1)
0 DX(2,1)=X(1,4)*P(1)*F(1)*SS(1)-X(2,1)*P(2)*F(2)
0 DX(3,1)=X(2,5)*P(2)*F(2)*SS(2)-X(3,1)*P(3)*F(3)
0 PD=1/(1+EXP(-82.89+6.822*F1))*1/(1+EXP(-4.3406+.2301*TE))
0 IF TE<18 AND F2<F1 THEN P(4)=0
0 IF TE>18 THEN PD=0
0 DX(4,1)=X(3,5)*P(3)*F(3)*PD-X(4,1)*P(4)*F(4)
0 DX(5,1)=X(4,3)*P(4)*F(4)*.6+X(3,5)*P(3)*F(3)*(1-PD)-X(5,1)*P(5)*F(5)
0 DX(6,1)=X(5,6)*P(5)*F(5)*SS(5)-X(6,1)*P(6)*F(6)
0 DX(7,1)=X(6,3)*P(6)*F(6)*.77*0.50*SS(6)-X(7,1)*P(7)*F(7)
0 GOSUB 170
0 FOR I=1 TO 7
0 FOR J=1 TO N(I)
0 X(I,J)= X(I,J)+ DX(I,J)
0 NEXT J:NEXT I
0 CO=CO+DT: KB=KB+DT*(TE-TB): T=T+DT
0 IF T>TF THEN GOTO 920
0 FOR I=1 TO 7
0 Y(I)=0
0 FOR J=1 TO N(I)
0 Y(I)=Y(I)+X(I,J)
0 NEXT J: NEXT I
0 IF CO<IP THEN 1070
0 FOR I=1 TO 7
0 WZ(I)=INT (Y(I))-Y(I)
0 IF WZ(I)>0.5 THEN Y(I)=INT (Y(I))+1
0 IF WZ(I)<=0.5 THEN Y(I)=INT (Y(I))
0 LPRINT USING A$;T;Y(1); Y(2); Y(3); Y(4);Y(5); Y(6); Y(7);TE
0 CO=0: GOTO 1070
0 END
0 REM #####
0 REM ###CALENDARIO JULIANO, INICIA EM 15 DE OUTUBRO###
0 REM #####
0 FOR I=1 TO 14
0 READ TT(I)
0 NEXT I
0 DATA -15,15,46,76,107,138,166,197,227,258,288,319,330,380
00 REM ### TEMPERATURA DE PIRACICABA, INICIA EM 15 DE OUTUBRO#
10 FOR I=1 TO 14
20 READ TE(I)
30 NEXT I
40 DATA 20.4,21.5,22.5,23.2,23.6,23.5,23.1,21.1,18.4,17,16.7,18.2,20.4,21.5
50 RETURN
60 REM ### CALCULO DA TEMPERATURA EM ANOS NAO BISSEXTOS###
70 FOR I=1 TO 14
80 IF T< TT(I) THEN GOTO 1150
90 IF T= TT(I) THEN TE= TE(I):I=14 :GOTO 1150
00 AT=TT(I+1)-TT(I)
10 BT=T-TT(I)*(TE(I+1)-TE(I))
20 TE=BT/AT
30 TE=TE(I)+TE
40 TE=TE(I)+(((T-TT(I))*(TE(I+1)-TE(I)))/(TT(I+1)-TT(I)))
50 NEXT I
60 IF TE<16 THEN TE=16
70 IF TE>22 THEN TE=22
80 REM TE=TD:
90 GOTO 430
00 LPRINT:LPRINT:LPRINT
10 SS$="-----"
30 LPRINT X(1,1);X(1,2);X(1,3);X(1,4);X(2,1);X(2,2);X(2,3);X(2,4);X(2,5)
30 LPRINT SS$
40 LPRINT X(3,1);X(3,2);X(3,3);X(3,4);X(3,5);X(4,1);X(4,2);X(4,3)X(4,4);;X(5,1
((5,2)
50 LPRINT SS$

```

```
1260 LPRINT X(5,3);X(5,4);X(5,5);X(5,6);X(6,1);X(6,2);X(6,3);X(7,1);X(7,2);X(7,3)
1270 LPRINT SS#
1280 LPRINT X(8,1);X(8,2);X(8,3);X(9,1);X(9,2);X(9,3);X(10,1);X(10,2);X(10,3)
```

APÊNDICE 2

```

1 REM #####
2 REM ##### SIMULACAO DA DINAMICA POPULACIONAL #####
3 REM ##### DA D. saccharalis #####
4 REM #####
10 CLS
20 N(4)=3:N(1)=4:N(2)=5:N(3)=5:N(5)=6:N(6)=3:N(7)=3:CV=0.1
30 S(1)=0.69:S(2)=0.68:S(3)=0.396:S(4)=1:S(5)=0.13:S(6)=0.13:S(7)=1
40 DIM TE(25), TT(25)
50 LPRINT CHR$(27)CHR$(19):LPRINT "          BROCA DA CANA - METAGONISTYLUM "
60 GOSUB1060
70 LPRINT CHR$(27)CHR$(19)
80 C$="-----"
-----"
90 DIM X(20,20):DIM Y(20): DIM H(20)
100 B$= "DIA          OVO          LAG.P          LAGG          LAD.DIA          PUPA
          Y(6)          Y(7)          K"
110 A$="#####          #####          #####          #####          #####          ###
#####          #####          #####          #####"
120 GOTO 190
140 FORI =1 TO 7
150 FOR J=2 TO N(I)
160 DX(I,J)=( X(I,J-1)*P(I)*SS(I)-X(I,J)*P(I))*F(I)
170 NEXTJ:NEXTI
180 RETURN
250 TB=10: TD=18:K(1)=78:K(2)=356:K(3)=356:K(4)=60:K(5)=104:K(6)=48:K(7)=48
260 INPUT" INTERVALO DE TEMPO"; DT: INPUT " TEMPO FINAL"; TF
270 INPUT "INTERVALO DE IMPRESSAO";IP
280 INPUT"TEMPO INICIAL DE SIMULACAO";TZ
290 T=TZ
300 REM FC=290:FF=.77
310 INPUT"NUMERO DE OVOS EM OUTUBRO";H(1)
320 INPUT"NUMERO DE LAGARTAS PEQUENAS";H(2)
330 INPUT"NUMERO DE LAGARTAS GRANDES";H(3)
340 INPUT"NUMERO DE PUPAS";H(5)
350 INPUT"NUMERO DE ADULTOS EM PREEVIPOSICAO";H(6)
360 INPUT"NUMERO DE FEMEAS EM POSTURA";H(7)
370 INPUT"NUMERO DE LAGARTAS EM DIAPAUSA";H(4)
380 CLS:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT "          simulando - obrigada
"
390 PRINT:PRINT:PRINT"   Glaucia"
400 FORI=1 TO 7
410 X(I,1)=H(I)
420 NEXTI
430 REM CLS:POKE 16916,3:PRINT C$
440 LPRINT C$:LPRINT B$:LPRINTC$
450 GOTO 1170
470 F1=11.98+1.379*COS(T*3.14/180)
480 F2=11.98+1.379*COS((T+1)*3.14/180)
500 FOR I=1 TO 7
510 PE(I)= K(I)/( TE-TB )
520 R(I)= PE(I)/N(I)
530 NEXT I
540 FOR I=1 TO 7
550 F(I)= 1-(N(I)*(CV(2)))
560 NEXT I
570 FOR I=1 TO 7
580 SS(I)= S(I)[ (1/ PE(I))
590 NEXT I
610 FOR I=1 TO 7
620 IF Y(I)=0 THEN 660
630 DG(I)= 1/(R(I)*F(I))
640 DG(I)= DG(I)-( P(I)/ DT)
650 DD(I)= DD(I)+( DT*DG(I))
660 IF DD(I)>=1 THEN F(I)=1:GOTO680
670 B(T)=0

```

```

680 NEXT I
700 DX(1,1)=X(7,3)*P(7)*F(7)*290*SS(7)-X(1,1)*P(1)*F(1)
710 DX(2,1)=X(1,4)*P(1)*F(1)*SS(1)-X(2,1)*P(2)*F(2)
720 DX(3,1)=X(2,5)*P(2)*F(2)*SS(2)-X(3,1)*P(3)*F(3)
740 PD=1/(1+EXP(-82.89+6.822*F1))*1/(1+EXP(-4.3406+.2301*TE))
750 IF TE<18 END F2(F1 THEN F(4)=0
755 IF TE>18 THEN FD=0
760 DX(4,1)=X(3,5)*P(3)*F(3)*PD-X(4,1)*P(4)*F(4)
770 DX(5,1)=X(4,3)*P(4)*F(4)*.6+X(3,5)*P(3)*F(3)*(1-PD)-X(5,1)*P(5)*F(5)
780 DX(6,1)=X(5,6)*P(5)*F(5)*SS(5)-X(6,1)*P(6)*F(6)
790 DX(7,1)=X(6,3)*P(6)*F(6)*.77*0.50*SS(6)-X(7,1)*P(7)*F(7)
800 GOSUB 140
820 FOR I=1 TO 7
830 FOR J=1 TO N(I)
840 X(I,J)=X(I,J)+DX(I,J)
850 NEXT J:NEXT I
860 CO=CO+DT: KB=KB+DT*(TE-TB): T=T+DT
870 IF T>TF THEN GOTO 1020
890 FOR I=1 TO 7
900 Y(I)=0
910 FOR J=1 TO N(I)
920 Y(I)=Y(I)+X(I,J)
930 NEXT J:NEXT I
940 IF CO<IP THEN 1170
960 FOR I=1 TO 7
970 WZ(I)=INT(Y(I))-Y(I)
980 IF WZ(I)>0.5 THEN Y(I)=INT(Y(I))+1
990 IF WZ(I)<=0.5 THEN Y(I)=INT(Y(I))
1000 LPRINT USING A$;T;Y(1); Y(2); Y(3); Y(4);Y(5); Y(6); Y(7);TE
1010 CO=0: GOTO 1170
1020 END
1030 REM #####
1040 REM ###CALENDARIO JULIANO, INICIA EM 15 DE OUTUBRO###
1050 REM #####
1060 FOR I=1 TO 14
1070 READ TT(I)
1080 NEXT I
1090 DATA -15,15,46,76,107,138,166,197,227,258,288,319,350,380
1100 REM ### TEMPERATURA DE PIRACICABA, INICIA EM 15 DE OUTUBRO#
1110 FOR I=1 TO 14
1120 READ TE(I)
1130 NEXT I
1140 DATA 20.4,21.5,22.5,23.2,23.6,23.5,23.1,21.1,18.4,17,16.7,18.2,20.4,21.5
1150 RETURN
1160 REM ### CALCULO DA TEMPERATURA EM ANOS NAO BISSEXTOS###
1170 FOR I=1 TO 14
1180 IF T<TT(I) THEN GOTO 1250
1190 IF T=TT(I) THEN TE=TE(I):I=14 :GOTO 1250
1200 AT=TT(I+1)-TT(I)
1210 BT=T-TT(I)*(TE(I+1)-TE(I))
1220 TE=BT/AT
1230 TE=TE(I)+TE
1240 TE=TE(I)+(((T-TT(I))*(TE(I+1)-TE(I)))/(TT(I+1)-TT(I)))
1250 NEXT I
1260 IF TE<16 THEN TE=16
1270 IF TE>22 THEN TE=22
1280 REM TE=TD:
1290 GOTO 470
1300 LPRINT:LPRINT:LPRINT
1310 SS$="-----"
1320 LPRINT X(1,1);X(1,2);X(1,3);X(1,4);X(2,1);X(2,2);X(2,3);X(2,4);X(2,5)
1330 LPRINT SS$
1340 LPRINT X(3,1);X(3,2);X(3,3);X(3,4);X(3,5);X(4,1);X(4,2);X(4,3)X(4,4);X(5,1)
);X(5,2)
1350 LPRINT SS$
1360 LPRINT X(5,3);X(5,4);X(5,5);X(5,6);X(6,1);X(6,2);X(6,3);X(7,1);X(7,2);X(7,3)

```

```
)  
1370 LPRINT SS$  
1380 LPRINT X(8,1);X(8,2);X(8,3);X(9,1);X(9,2);X(9,3);X(10,1);X(10,2);X(10,3)
```

APENDICE 3

```

REM #####
REM ##### SIMULACAO DO CONTROLE BIOLOGICO #####
REM ##### DA D.saccharalis COM M.minense #####
REM #####
CLS
N(4)=3:N(1)=4:N(2)=5:N(3)=5:N(5)=6:N(6)=3:N(7)=3:N(8)=3:N(9)=3:N(10)=3:CV=0.1
S(1)=0.69:S(2)=0.68:S(3)=0.396:S(4)=1:S(5)=0.13:S(6)=0.13:S(7)=1:S(8)=.08313:
9)=.0807:S(10)=.0665
DIM TE(25), TT(25)
LPRINT CHR$(27) CHR$(19):LPRINT "          BROCA DA CANA - METAGONISTYLUM "
GOSUB1090
LPRINT CHR$(27)CHR$(19)
C$="-----"
DIM X(20,20):DIM Y(20): DIM H(20)
B$= "DIA      OVO      LAG.P      LAGG      LAD.DIA      PUPA      FE
PRE      FEM.OVI      LARV      PUPA      METAGO      K"
A$="####      #####      #####      #####      #####      #####      ###
###      #####      #####      #####      #####      #####"
GOTO
FORI =1 TO 10
FOR J=2 TO N(I)
DX(I,J)=( X(I,J-1)*P(I)*SS(I)-X(I,J)*P(I))*F(I)
NEXTJ:NEXTI
RETURN
TB=10: TD=18:K(1)=78:K(2)=356:K(3)=356:K(4)=60:K(5)=104:K(6)=48:K(7)=48:K(8)
196.68:K(9)=158.73:K(10)=230
TB(1)=TB(2)=TB(3)=TB(4)=TB(5)=TB(6)=TB(7)=10
TB(8)=6.24:TB(9)=10.56:TB(10)=10.56
INPUT" INTERVALO DE TEMPO"; DT: INPUT " TEMPO FINAL"; TF
INPUT "INTERVALO DE IMPRESSAO";IF
INPUT"TEMPO INICIAL DE SIMULACAO";TZ
T=TZ
REM FC=290:FF=.77
INPUT"NUMERO DE OVOS EM OUTUBRO";H(1)
INPUT"NUMERO DE LAGARTAS PEQUENAS";H(2)
INPUT"NUMERO DE LAGARTAS GRANDES";H(3)
INPUT"NUMERO DE PUPAS";H(5)
INPUT"NUMERO DE ADULTOS EM PREEVIOPOSICAO";H(6)
INPUT"NUMERO DE FEMEAS EM POSTURA";H(7)
INPUT"NUMERO DE LAGARTAS EM DIAPAUSA";H(4)
INPUT"NUMERO INICIAL DE MOSCAS";H(10)
CLS:PRINT:PRINT:PRINT "          simulando - obrigada

PRINT:PRINT:PRINT"   Glau'cia"
FORI=1 TO 10
X(I,1)=H(I)
NEXTI
REM CLS:POKE 16916,3:PRINT C$
LPRINT C$:LPRINT B$:LPRINTC$
GOTO 1200
F1=11.98+1.379*COS(T*3.14/180)
F2=11.98+1.379*COS((T+1)*3.14/180)
FOR I=1 TO 10
PE(I)= K(I)/( TE-TB(I) )
R(I)= .PE(I)/N(I)
NEXT I
PP=(1-EXP(-.1*(Y(10)[.3]))
FOR I=1 TO 10
F(I)= 1-(N(I)*(CVI2))
NEXT I
SF(3)=S(3)*(1-PP)
SF(4)=S(4)*(1-PP)

```



```

580 FOR I=1 TO 10
590 SS(I)= S(I)*( 1/ PE(I))
600 NEXT I
610 SE(3)=SF(3)*(1/PE(3))
620 SE(4)=SF(4)*(1/PE(4))
630 FOR I=1 TO 10
640 IF Y(I)=0 THEN 680
650 DG(I)= 1/(R(I)*F(I))
660 DG(I)= DG(I)-( F(I)/ DT)
670 DD(I)= DD(I)+( DT*DG(I))
680 IF DD(I)=1 THEN F(I)=1:GOTO700
690 F(I)=0
700 NEXT I
710 DX(1,1)=X(7,3)*P(7)*F(7)*290*SS(7)-X(1,1)*P(1)*F(1)
720 DX(2,1)=X(1,4)*P(1)*F(1)*SS(1)-X(2,1)*P(2)*F(2)
730 DX(3,1)=X(2,5)*P(2)*F(2)*SS(2)-X(3,1)*P(3)*F(3)
740 PD=1/(1+EXP(-82.89+6.822*F1))*1/(1+EXP(-4.3406+.2301*TE))
750 IF TE<18 AND F2<F1 THEN P(4)=0
760 IF TE>18 THEN PD=0
770 DX(4,1)=X(3,5)*P(3)*F(3)*PD-X(4,1)*P(4)*F(4)
780 DX(5,1)=X(4,3)*P(4)*F(4)*SE(4)*.6+X(3,5)*P(3)*F(3)*(1-PD)*SE(3)-X(5,1)*P(5)*
F(5)
790 DX(6,1)=X(5,6)*P(5)*F(5)*SS(5)-X(6,1)*P(6)*F(6)
800 DX(7,1)=X(6,3)*P(6)*F(6)*.77*0.50*SS(6)-X(7,1)*P(7)*F(7)
810 DX(8,1)=X(3,5)*PP*P(3)+X(4,3)*PP*P(4)-X(8,1)*P(8)*F(8)
820 DX(9,1)=X(8,3)*P(8)*F(8)*SS(8)-X(9,1)*P(9)*F(9)
830 DX(10,1)=X(9,3)*P(9)*F(9)*SS(9)*.5-X(10,1)*P(10)*F(10)
840 GOSUB 170
850 FOR I=1 TO 10
860 FOR J=1 TO N(I)
870 X(I,J)= X(I,J)+ DX(I,J)
880 NEXT J:NEXT I
890 CO=CO+DT: KB=KB+DT*(TE-TB): T=T+DT
900 IF T>TF THEN GOTO 1050
910 FOR I=1 TO 10
920 Y(I)=0
930 FOR J=1 TO N(I)
940 Y(I)=Y(I)+X(I,J)
950 NEXT J: NEXT I
960 IF CO<IP THEN 1200
970 REM ##### IMPRIMIR #####
980 FOR I=1 TO 10
990 WZ(I)=INT (Y(I))-Y(I)
1000 IF WZ(I)>0.5 THEN Y(I)=INT (Y(I))+1
1010 IF WZ(I)<=0.5 THEN Y(I)=INT (Y(I))
1020 NEXT I
1030 LPRINT USING A$;T;Y(1); Y(2); Y(3); Y(4);Y(5); Y(6); Y(7);Y(8);Y(9);Y(10)
;TE
1040 CO=0: GOTO 1200
1050 END
1060 REM #####
1070 REM ###CALENDARIO JULIANO, INICIA EM 15 DE OUTUBRO###
1080 REM #####
1090 FOR I=1 TO 14
1100 READ TT(I)
1110 NEXT I
1120 DATA -15,15,46,76,107,138,166,197,227,258,288,319,350,380
1130 REM ### TEMPERATURA DE PIRACICABA,INICIA EM 15 DE OUTUBRO#
1140 FOR I=1 TO 14
1150 READ TE(I)
1160 NEXT I
1170 DATA 20.4,21.5,22.5,23.2,23.6,23.5,23.1,21.1,18.4,17,16.7,18.2,20.4,21.5
1180 RETURN
1190 REM ### CALCULO DA TEMPERATURA EM ANOS NAO BISSEXTOS###
1200 FOR I=1 TO 14
1210 IF T( TT(I) THEN GOTO 1280

```

```

20 IF T= TT(I) THEN TE= TE(I):I=14:GOTO 1280
30 AT=TT(I+1)-TT(I)
40 BT=T-TT(I)*(TE(I+1)-TE(I))
50 TE=BT/AT
60 TE=TE(I)+TE
70 TE=TE(I)+(((T-TT(I))*(TE(I+1)-TE(I)))/(TT(I+1)-TT(I)))
80 NEXT I
90 IF TE<16 THEN TE=16
00 IF TE>22 THEN TE=22
10 REM TE=TD:
20 GOTO 460
30 LPRINT:LPRINT:LPRINT
40 SS$="-----"
50 LPRINT X(1,1);X(1,2);X(1,3);X(1,4);X(2,1);X(2,2);X(2,3);X(2,4);X(2,5)
60 LPRINT SS$
70 LPRINT X(3,1);X(3,2);X(3,3);X(3,4);X(3,5);X(4,1);X(4,2);X(4,3);X(4,4);X(5,1)
X(5,2)
80 LPRINT SS$
90 LPRINT X(5,3);X(5,4);X(5,5);X(5,6);X(6,1);X(6,2);X(6,3);X(7,1);X(7,2);X(7,3)

00 LPRINT SS$
10 LPRINT X(8,1);X(8,2);X(8,3);X(9,1);X(9,2);X(9,3);X(10,1);X(10,2);X(10,3)
20 LPRINT:LPRINT
30 LPRINT "##### T #####"
40 LPRINT" TEMPO FINAL =" T
50 LPRINT:LPRINT
60 LPRINT"##### DD(I) #####"
70 LPRINT DD(1);DD(2);DD(3);DD(4);DD(5);DD(6);DD(7);DD(8);DD(9);DD(10)
80 LPRINT:LPRINT
90 RETURN

```

APÊNDICE 4

```

10 REM #####
20 REM           Modelo de THOMPSON (1924)
30 REM #####
40 CLS
50 PRINT"NUMERO DE DADOS";:INPUT N
60 FOR I=1 TO N
70 PRINT"HOSPEDEIROS PARASITADOS" I;:INPUT NH(I)
80 PRINT"NUMERO DE HOSPEDEIROS" I;:INPUT NO(I)
90 PRINT"NUMERO DE PARASITAS" I;:INPUT P(I)
100 C(I)=(LOG(1-NH(I)/NO(I))*NO(I)/P(I))*-1
110 NA(I)=C(I)*P(I)
120 PP(I)=1-EXP(-NA(I)/NO(I))
130 NEXT I
140 A$="-----"
150 LPRINT A$
160 B$="           I                C                NA                PP                "
170 LPRINT B$:LPRINT A$
175 C$="           ##                #.####                ###.####                #.####                "
180 FOR I=1 TO N
190 LPRINT USING C$;I;C(I),NA(I),PP(I)
200 NEXT I
210 LPRINT A$
220 END

```

APÊNDICE 5

```

10 REM #####
20 REM           Modelo de NICHOLSON (1933)
30 REM #####
40 CLS
50 PRINT"NUMERO DE DADOS";:INPUT N
60 FOR I=1 TO N
70 PRINT"HOSPEDEIROS PARASITADOS" I;:INPUT NH(I)
80 PRINT"NUMERO DE HOSPEDEIROS" I;:INPUT NO(I)
90 PRINT"NUMERO DE PARASITAS" I;:INPUT P(I)
100 A(I)=(LOG(1-NH(I)/NO(I))/P(I))*-1
120 PP(I)=1-EXP(-A(I)*P(I))
130 NEXT I
140 A$="          -----"
150 LPRINT A$
160 B$="          I          A          PP          "
170 LPRINT B$:LPRINT A$
175 C$="          ##          ##.####          #.####          "
180 FOR I=1 TO N
190 LPRINT USING C$;I;A(I);PP(I)
200 NEXT I
210 LPRINT A$
220 END

```

APÊNDICE 6

```

10 REM #####
15 REM             MODELO DE HASSELL E VARLEY
20 REM #####
25 CLS
100 CLS:PRINT@2*64+10,"Titulo :";INPUT GL$
105 LPRINT GL$
110 K=0
115 A$="-----"
120 PRINT@460,"ENTRE COM O NUMERO DE TRAT. ";INPUT NT
130 FOR I=1 TO NT
140 CLS:PRINT@460,"QUAL O NUM.TOTAL DE LAG.NO TRAT (";I;")";INPUT N(I)
150 CLS:PRINT@460,"QUAL O NUMERO DE PARASITOS NO TRAT (";I;")";INPUT M(I)
160 CLS:PRINT@460,"QUAL O NUM.DE LAG.PARAS.NO TRAT (";I;")";INPUT NH(I)
170 PR(I)=NH(I)/N(I)
180 NEXT I
185 CLS:PRINT@460,"A G U A R D E !!!!!"
186 LPRINTA$
187 LPRINT " I           M           Q"
188 LPRINT A$
190 FOR I=1 TO NT-1:FOR J=I+1 TO NT
200 K=K+1
210 E1=LOG(1-PR(J))
220 E2=LOG(-E1)
230 E3=LOG(1-PR(I))
240 E4=LOG(-E3)
250 E5=E4-E2
260 E6=LOG(M(I))-LOG(M(J))
270 E7=E5/E6
280 E(K)=1-E7
290 Q1=LOG(M(I))*(1-E(K))
300 Q2=LOG(1-PR(I))
310 Q3=LOG(-Q2)
320 Q4=Q3-Q1
330 Q(K)=EXP(Q4)
331 LPRINT K,E(K),Q(K)
333 NEXTJ:NEXTI
334 LPRINTA$
335 FOR I=1 TO K
340 SE=SE+E(I)
350 SQ=SQ+Q(I)
355 NEXTI
370 ME=SE/K
380 MQ=SQ/K
390 FOR I=1 TO NT
400 P1=1-ME
410 P2=M(I)P1
420 P3=MQ*P2
430 P4=-P3
440 P5=EXP(P4)
450 P(I)=1-P5
460 ER(I)=PR(I)-P(I)
470 NEXT I
472 LPRINT:LPRINT:LPRINT:LPRINT
475 CLS
480 LPRINT "COEFICIENTE m MEDIO=";ME
481 LPRINT "COEFICIENTE Q MEDIO=";MQ
493 C$=" #####          ##.###          ##.###          ##.###"
496 LPRINT A$
497 B$="TRATAMENTO          P(OBS)          P(EST)          ERRO"
498 LPRINTB$:LPRINT A$
499 FOR I=1 TO NT
500 LPRINT USING C$;I,PR(I),P(I),ER(I)
510 NEXTI
515 LPRINT A$

```

```
520 LPRINT "ERRO=% DE PARAS.REAL=ESTIMADO"
525 LPRINT:LPRINT:LPRINT:LPRINT
530 CLS:PRINT@460,"DESEJA NOVA ANALISE (S/N) ?"
540 RT$=INKEY$:IF RT$("<"S" AND RT$("<"N" THEN GOTO540
550 IF RT$="S" THEN GOTO570
560 CLS:PRINT@260,"A T E A P R O X I M A .....":STOP
570 RUN
```

APENDICE 7

```

1 REM #####
2 REM          MODELO DE WATT
3 REM #####
10 CLS
20 IS$="          K          A          B          DS  "
25 IT$="-----"
40 CLS
50 DIM NH(30), P(30), N(30), TP (30), P1(30), P2(30)
60 DIM P3(30), P4(30), NA(30), PE(30), DI(30), D2(30)
65 DIM PP(30)
80 READ K,B,A
85 DATA 1.17,2.51,2.47
90 READ NH(1),NH(2),NH(3),NH(4),NH(5),NH(6),NH(7),NH(8),NH(9),NH(10),NH(11),NH(12),NH(13),NH(14),NH(15),NH(16),NH(17),NH(18),NH(19),NH(20),NH(21),NH(22),NH(23)
100 DATA 10,14,26,28,31,23,36,45,27,7,29,9,49,8,34,23,19,16,22,22,13,15,8
110 READ P(1),P(2),P(3),P(4),P(5),P(6),P(7),P(8),P(9),P(10),P(11),P(12),P(13),P(14),P(15),P(16),P(17),P(18),P(19),P(20),P(21),P(22),P(23)
120 DATA 5,9,13,17,18,5,10,20,25,5,10,15,20,25,20,5,15,10,22,25,15,20,5
121 READ N(1),N(2),N(3),N(4),N(5),N(6),N(7),N(8),N(9),N(10),N(11),N(12),N(13),N(14),N(15),N(16),N(17),N(18),N(19),N(20),N(21),N(22),N(23)
122 DATA 124,144,102,115,127,95,111,117,111,105,86,94,114,120,114,115,100,83,103,70,63,46,47
130 DATA 0.01,.01
140 ND=23
200 FOR I=1 TO ND
210 PP(I)=NH(I)/N(I)
220 P1(I)=P(I)I(1-B)
230 P2(I)=-A*N(I)*P1(I)
240 P3(I)=EXP(P2(I))
250 P4(I)=1-P3(I)
260 NA(I)=P(I)*K*P4(I)
270 PE(I)=NA(I)/N(I)
275 NEXT I
280 FOR I=1 TO 23
290 LPRINT P(I); PP(I);PE(I)
300 NEXT I
305 LPRINT
310 FOR I=1 TO 23
320 LPRINT P(I); NH(I);NA(I)
330 NEXT I

```