**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Comportamento reprodutivo da broca gigante da cana-de-açúcar,
Telchin licus (Drury, 1773) (Lepidoptera: Castniidae),
como base para seu controle**

Lucila Wadt

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Entomologia

**Piracicaba
2012**

Lucila Wadt
Engenheiro Agrônomo

**Comportamento reprodutivo da broca gigante da cana-de-açúcar, *Telchin licus*
(Drury, 1773) (Lepidoptera: Castniidae), como base para seu controle**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 5890 de 2010

Orientador:
Dra. **ANA LIA PARRA-PEDRAZZOLI**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Entomologia

**Piracicaba
2012**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Wadt, Lucila

Comportamento reprodutivo da broca gigante da cana-de-açúcar, *Telchin licus* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Castniidae), como base para seu controle / Lucila Wadt. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 5890 de 2010. - - Piracicaba, 2012.
77 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Brocas - Insetos nocivos 2. Cana-de-açúcar 3. Comportamento sexual 4. Feromônios sexuais 5. Lepidoptera 6. Química ecológica I. Título

CDD 632.78
W125c

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

À Priscila, Luiza e Alexandre

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus;

Aos meus pais e irmãos pelo carinho e incentivo;

Ao professor José Maurício Simões Bento pela orientação e apoio;

Ao professor José Roberto Postalí Parra pela ética, pelo exemplo e pela disponibilização da estrutura do laboratório de Biologia de insetos;

À minha orientadora Ana Lía Parra-Pedrazzoli pela orientação, paciência e amizade;

Ao professor Sinval Silveira Neto pela orientação;

Ao Ms. Luiz Carlos de Almeida, do Centro de Tecnologia Canavieira, pelo fornecimento do material biológico e auxílio nos experimentos;

À técnica de laboratório Neide Graciano Zerio pela amizade e auxílio na condução do experimento;

À professora Marinéia de Lara Haddad pelas análises estatísticas e pela simpatia;

Ao professor Carlos Tadeu dos Santos Dias pelas análises estatísticas;

À mestrandia Vivian Boter Bergamasco (UNESP - Jaboticabal) pela elaboração do antibiograma;

À bibliotecária Eliana Maria Garcia pelo apoio e correção das referências bibliográficas;

À Patrícia Milano pelos desenhos, amizade e auxílio na condução do experimento;

Ao casal apaixonado Andréa e Wagner pelo auxílio nos trabalhos manuais;

À Rízia da Silva Andrade pela sinceridade;

A todos os amigos dos laboratórios de ecologia química e comportamento de insetos e de biologia de insetos Adriana, Alexandre, Aline, Aline G., Amanda, Ana Cristina, Angela, André, Arodi, Camila, Cristiane, Fernando, Franciele, Gleydiane, Jaci, Juliano, Karina, Kelly, Laura, Luiza, Maria Fernanda, Maíeli, Mariana, Newton, Paula, Priscila, Reinaldo, Rejane, Renata, Talita, Vitor, Weliton;

À Fapesp, INCT de Semioquímicos na Agricultura pelo auxílio financeiro e pela bolsa de mestrado;

E a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	11
LISTA DE FIGURAS.....	13
LISTA DE TABELAS.....	17
1 INTRODUÇÃO.....	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 Distribuição geográfica de <i>Telchin licus</i>	21
2.2 Plantas hospedeiras.....	22
2.2.1 Cana-de-açúcar.....	22
2.3 Aspectos biológicos de <i>T. licus</i>	23
2.4 Sintomas de ataque e danos.....	25
2.4.1 Potencial de dano econômico da broca gigante da cana-de-açúcar no Brasil.....	27
2.5 Controle da broca gigante da cana-de-açúcar.....	28
2.5.1 Controle químico.....	28
2.5.2 Controle biológico.....	29
2.5.3 Controle cultural.....	30
2.5.4 Controle por resistência de plantas.....	30
2.5.5 Controle por comportamento.....	31
2.5.5.1 Possível feromônio sexual de <i>T. licus</i>	34
2.6 Estímulos que afetam o comportamento reprodutivo dos lepidópteros diurnos, além do feromônio sexual.....	34

3 MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3.1 Criação de manutenção de <i>T. licus</i>	37
3.1.1 Comparação de dietas artificiais para a criação de <i>T. licus</i> em laboratório.....	37
3.1.2 Aprimoramento de uma dieta para a criação de <i>Telchin licus</i>	41
3.2 Individualização das pupas de <i>T. licus</i> para a obtenção de insetos virgens.....	42
3.3 Ritmo diário de emergência dos adultos de <i>T. licus</i>	43
3.4 Horário de oviposição de <i>T. licus</i> em laboratório.....	43
3.5 Horário de acasalamento, duração e idade da primeira cópula de <i>T. licus</i>	44
3.6 Comportamentos de chamamento das fêmeas, corte dos machos e cópula.....	45
3.7 Determinação da existência de um feromônio sexual mediando o acasalamento de <i>T. licus</i>	45
3.7.1 Extração do feromônio sexual de fêmeas virgens.....	45
3.7.2 Determinação da atividade biológica do extrato natural do feromônio sexual de <i>T. licus</i>	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
4.1 Criação de manutenção de <i>T. licus</i>	53
4.1.1 Comparação de dietas artificiais para a criação de <i>T. licus</i> em laboratório.....	53
4.1.2- Aprimoramento de uma dieta artificial para a criação de <i>T. licus</i>	54
4.2 Individualização das pupas de <i>T. licus</i> para a obtenção de insetos virgens.....	55
4.3 Ritmo diário de emergência dos adultos de <i>T. licus</i>	56
4.4 Horário de oviposição de <i>T. licus</i> em laboratório.....	57
4.5 Horário de acasalamento, duração e idade da primeira cópula de <i>T. licus</i>	59
4.6 Comportamentos de chamamento das fêmeas, corte dos machos e cópula.....	60
4.7 Determinação da existência de feromônio sexual de fêmeas de <i>T. licus</i>	63
5 CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS.....	71

RESUMO

Comportamento reprodutivo da broca gigante da cana-de-açúcar, *Telchin licus* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Castniidae), como base para seu controle

A broca gigante, *Telchin licus*, conhecida no Brasil desde 1927, na região Nordeste do Brasil, é considerada uma das principais pragas da cana-de-açúcar. Em 2007 foi registrada pela primeira vez no Estado de São Paulo, onde se concentram 60% das lavouras de cana-de-açúcar do país. Considerando-se que até o momento não existem métodos adequados para seu manejo e controle, o objetivo desta pesquisa foi caracterizar o comportamento reprodutivo de *T. licus* como base para o seu controle dentro de um contexto de Manejo Integrado das Pragas da cana-de-açúcar. Estes estudos servirão de suporte para o isolamento e identificação do feromônio sexual de *T. licus*, o qual poderá ser utilizado para o manejo e/ou controle desta praga. A presente pesquisa foi desenvolvida no Departamento de Entomologia e Acarologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP), em Piracicaba – SP, e em um canavial localizado em Itacemápolis – SP. A partir de uma criação de *T. licus* em dieta artificial, verificou-se que há sincronia na emergência de machos e fêmeas de *T. licus* e que as fêmeas desta espécie colocam a maior parte dos ovos nas horas mais quentes do dia, entre 12:00 e 16:00h. Para o estudo do comportamento de corte desta espécie foi necessário um telado, pois verificou-se que os insetos necessitam de espaço para movimentação, a qual, inicia-se em torno das 11h da manhã e perdura até 15h; os acasalamentos ocorrem com fêmeas novas, entre 13:00 e 15:00h e duram em média 2h; fora deste intervalo de tempo os insetos permanecem em repouso. Para a verificação da existência ou não de um feromônio sexual mediando o acasalamento da espécie foi feito um ensaio no campo, no qual foi instalada uma estrutura que simula o voo da fêmea no interior da plantação de cana-de-açúcar para verificação da atração de machos selvagens. Os tratamentos foram: (a) fêmea de *T. licus* viva; (b) inseto “estilizado” com abdome feito com massa de moldar e asas verdadeiras de fêmeas de *T. licus* coladas com cola quente e (c) inseto “estilizado” com septo de borracha, impregnado com extrato de 30 glândulas de fêmeas de *T. licus*, acoplado no final do abdome. O número de insetos selvagens que se aproximaram e que perseguiram os diferentes tratamentos não diferiu entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. Contudo, houve diferença marginalmente significativa ($P < 0,0772$) no número médio de vezes em que o mesmo macho perseguiu a fêmea viva (5,1) e o inseto “estilizado” (0,1). Este resultado indica que somente a atração visual não foi suficiente para estimular os machos selvagens a manterem a perseguição ao inseto “estilizado”. Considerando-se que o número médio de vezes que os machos perseguiram o inseto “estilizado” com o septo de borracha (1,9) não diferiu estatisticamente do tratamento fêmea viva (5,1), sugere-se que a espécie tenha um feromônio mediando o acasalamento; entretanto, outros fatores além da comunicação química estão envolvidos neste comportamento, como a atração visual, a movimentação do inseto e a presença da luz solar.

Palavras-chave: Comportamento sexual; Lepidoptera; Broca gigante da cana-de-açúcar; Ecologia química; Feromônio sexual

ABSTRACT

Reproductive behavior of giant sugarcane borer, *Telchin licus* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Castniidae), as basis to its control

The giant sugarcane borer, *Telchin licus* (Drury) known in Brazil since 1927, in the Brazilian Northeast, is considered one of the main sugarcane pests. In July 2007, this pest was recorded for the first time in the state of São Paulo, where 60% of the Brazilian sugarcane culture is concentrated. Considering that to date there are no appropriate methods for its management and control, the goal of this research was to characterize *T. licus* reproductive behavior as a basis to control it in a context of integrated pest management of sugarcane. These studies will support the isolation and identification of the sexual pheromone of *T. licus*, which may be used for the management and/or control of this pest. This research was developed at the Entomology and Acarology Department of the Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP) in Piracicaba, Brazil, and a sugarcane farm located in Itacemópolis, Brazil. Rearing *T. licus* on an artificial diet, we found that there is synchrony in the emergence of *T. licus* males and females and that the females of this species oviposit most of the eggs in the hottest hours of the day, between midday and 4:00 p.m. To study the courtship of this species a greenhouse was necessary because the insects need space to move. The activity of adults begins around 11:00 a.m. and ends at 3:00 p.m. Matings occur with young females between 1:00 p.m. and 3:00 p.m. with an average duration of 2 hours. Outside this time interval the insects remain at rest. To verify the existence of a sex pheromone mediating *T. licus* mating a field test was made where a structure that simulates the flight of the female was installed inside the sugarcane field to check the attraction of wild males. The treatments were: (a) a live *T. licus* female, (b) a “stylized” insect with abdomen made with mass and wings taken from *T. licus* females and glued with hot glue and (c) a “stylized” insect with rubber septum impregnated with the extract of 30 glands of *T. licus* females attached to the end of the abdomen. The number of wild insects approaching and chasing these treatments did not differ by the Duncan test at 5% probability, however there was a marginally significant difference ($P < 0.0772$) on the average number of times that the same insect chased the live female (5.1) and the “stylized” insect (0.1). This results indicates that visual attraction alone was not enough to stimulate free males to maintain the chase to the “stylized” insect. Considering that the average number of times the free males chased the “stylized” insect with rubber septum (1.9) did not differ statistically from the live female treatment (5.1) we suggest that the species has a pheromone mediating mating. However, factors other than chemical communication are involved in this behavior, such as visual cues, the movement of the insect and the presence of sunlight.

Keywords: Sexual behavior; Lepidoptera; Giant sugarcane borer; Chemical ecology; Sexual pheromone

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Adulto da broca gigante da cana-de-açúcar (<i>Telchin licus</i>).....	24
Figura 2 (A) Danos causados por <i>Telchin licus</i> no colmo da cana-de-açúcar; (B) lagartas de <i>Telchin licus</i> após abertura dos colmos de cana-de-açúcar.....	26
Figura 3 Proporção de tamanho de lagartas de último ínstar de <i>Diatraea saccharalis</i> (A) e <i>Telchin licus</i> (B).....	27
Figura 4 Recipientes utilizados para a criação de <i>Telchin licus</i> em laboratório. (A) tubos de vidro de 2,5 cm de diâmetro x 8,0 cm de altura. (B) Frascos de vidro com capacidade para 500 ml com tampa de plástico e tela contendo 200 ml de dieta artificial.....	38
Figura 5 (A) Glândula de feromônio de <i>Telchin licus</i> exposta no momento do “chamamento” e (B) Glândula sendo excisada com bisturi cirúrgico.....	46
Figura 6 Estrutura utilizada para simular vôo de <i>Telchin licus</i> , instalada no carreador de uma cultura de cana-de-açúcar. (A) Haste, que pode estar suspensa ou não, dependendo da altura das plantas ao redor, (B) Motor ligado em uma bateria, (C) Vara de pescar, (D) Inseto “estilizado” (protótipo de inseto), sendo o abdome feito com massa de moldar e pintado com tinta óleo, e as asas retiradas de fêmeas de <i>T. licus</i> e coladas com cola quente.....	48
Figura 7 Estrutura utilizada para simular vôo de <i>Telchin licus</i> , instalada no interior da plantação de cana-de-açúcar. Na ponta da seta fêmea de <i>T. licus</i> amarrada na extremidade da vara.....	48
Figura 8 Estrutura utilizada para simular vôo de <i>Telchin licus</i> no bioensaio definitivo. (A) Vara de pescar adaptada. (B) Molinete para mover o inseto manualmente até uma segunda vara de pescar distanciada 10m da primeira. (C) Linha de pesca verde. (D) Inseto “estilizado”.....	50

- Figura 9 Tratamentos: (A) Fêmea de *Telchin licus*. (B) Inseto “estilizado” (protótipo de inseto), com o abdome feito com massa de moldar e as asas retiradas de fêmeas de *T. licus* e coladas com cola quente e (C) Inseto “estilizado” com o abdome feito com massa de moldar e as asas retiradas de fêmeas de *T. licus* coladas com cola quente e com septo de borracha impregnado com extrato de 30 glândulas de fêmeas de *T. licus* acoplado no final do abdome.....51
- Figura 10 (A) Septo de borracha sendo impregnado com o extrato natural do feromônio sexual de *Telchin licus*. (B) Septo impregnado com o feromônio sendo acoplado, com o auxílio de uma pinça, ao abdome do protótipo de inseto (inseto “estilizado”).....51
- Figura 11 (A) Frascos de vidro de 2,5 cm de diâmetro x 8,0 cm de altura contendo dieta artificial para a criação *Telchin licus* mantidos em estantes de plástico, com lagartas em estágio avançado de desenvolvimento e sem bactéria; (B) e (C) detalhes da lagarta. Temperatura $25,0 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$, UR: $70,0 \pm 10,0\%$ e fotofase de 14 h.....54
- Figura 12 Pupas de *Telchin licus* separadas por sexo para estudos comportamentais, mantidas a $25,0 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$, UR: $70,0 \pm 10,0\%$ e fotofase de 14 h.....55
- Figura 13 Ritmo de emergência de machos e fêmeas de *Telchin licus*. Temperatura $25,0 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$, UR: $70,0 \pm 10,0\%$ e fotofase de 14 h.....56
- Figura 14 Porcentagem de ovos colocados por fêmeas de *Telchin licus* em função do horário, mantidas a $25,0 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$, UR: $70,0 \pm 10,0\%$ e fotofase de 14 h.....58
- Figura 15 Comportamento de acasalamento de *Telchin licus*. (A) e (B) fêmea voando próximo ao macho, (C) macho perseguindo fêmeas, (D) perseguição aérea em movimentos serpentinos, (E) fêmea pousando em folha de cana-de-açúcar, (F) macho pousando e caminhando até a fêmea movendo as asas para cima e para baixo e abrindo o tufo de pelos do final do abdômen, (G) macho tocando fêmea, (H) macho curvando o abdômen em direção à porção final do abdômen da fêmea e (I) cópula.....62

- Figura 16 Adulto de *Telchin licus* em repouso no interior de um canal localizado no município de Iracemápolis – SP. No detalhe, casal de *T. licus* em cópula. (A) Fêmea e (B) Macho.....63
- Figura 17 Número médio de insetos que se aproximaram do tratamento, número médio de insetos que perseguiram o tratamento e o número médio de vezes que o mesmo inseto perseguiu o tratamento.....65
- Figura 18 Detalhe da iridescência das escamas de *Telchin licus* que mudam de cor conforme a incidência da luz e o ângulo de observação.....66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dieta A (dieta utilizada na criação de <i>Diatraea saccharalis</i>) (HENSLEY; HAMMOND 1968).....	38
Tabela 2 - Dieta B (dieta utilizada na criação de <i>Diatraea saccharalis</i>), (PARRA; MISHFELDT, 1992).....	39
Tabela 3 - Dieta C (dieta utilizada na criação de <i>Anticarsia gemmatalis</i>) (GREENE et al., 1976).....	39
Tabela 4 - Dieta D (dieta utilizada na criação de <i>Heliothis virescens</i>) (MORETI; PARRA, 1983).....	40
Tabela 5 - Dieta E (dieta adaptada para a criação de <i>Telchin licus</i> em laboratório).	42
Tabela 6 - Porcentagem de lagartas de <i>Telchin licus</i> vivas, após 25 dias da eclosão. Temperatura $25,0 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$, UR: $70,0 \pm 10,0\%$ e fotofase de 14 h.....	53

1 INTRODUÇÃO

Telchin licus (Drury, 1773) é o nome válido da broca gigante da cana-de-açúcar e *Castnia licus* – nome consagrado na literatura agrícola – é sinônimo júnior (NOMENCLATOR, 2007). Existe uma grande variação na nomenclatura utilizada para a broca gigante da cana-de-açúcar, (DIAS FILHO; TANGERINI, 1991; MENDONÇA et al., 1996; GUAGLIUMI, 1972-1973; MORAES; DUARTE, 2009). Garcia e Botelho (2009) relataram que esta espécie pode ser encontrada sob as seguintes sinonímias: *Castnia licus*, *Castnia licoides*, *Leucocastnias licus*, *Eupalomides licus*, *Papilio licus*. São citadas ainda subespécies, como *C. licus licoides*, *C. licus licoidella*, *C. licus laura* (RAYMUNDO, 1931; DIAS FILHO; TANGERINI, 1991) e *C. licus licus* (ALMEIDA, 1935 apud MENDONÇA et al., 1996; DIAS FILHO; TANGERINI, 1991; ALMEIDA et al., 2009).

As lagartas da broca gigante, além da cana-de-açúcar, se alimentam também de bromeliáceas, gramíneas, musáceas e orquidáceas (SILVA et al., 1968; GUAGLIUMI, 1972-1973; MENDONÇA et al., 1996).

Em cana-de-açúcar, as lagartas perfuram internamente o colmo, causando a morte da planta ou considerável perda no peso e facilitam a penetração dos fungos da podridão vermelha, que inverte a sacarose, diminuindo assim, a produção do açúcar (VILLAS BOAS; ALVES, 1988).

Para o controle dessa praga já foram utilizados os métodos químicos, mecânico-cultural, biológico e de resistência de plantas, sem grandes êxitos. Apenas a catação manual de lagartas e pupas por meio de “enxadeco” e a captura de adultos com rede entomológica demonstraram bons resultados, porém, com baixa rentabilidade e alto custo operacional (GALLO et al., 2002).

O controle químico do inseto tem se mostrado ineficiente, principalmente em função das larvas e pupas desta praga permanecerem abrigadas nos internódios basais, abaixo do nível do solo, não sendo atingidas pelos inseticidas em sistemas convencionais de aplicação. Nos últimos anos, alguns inseticidas biológicos vêm sendo testados como *Beauveria bassiana*, mas, como os químicos, carecem do conhecimento da bioecologia e comportamento de *T. licus*, para que possam ser recomendados para o agricultor.

O uso de feromônio sexual tem se mostrado eficiente e promissor para o manejo de insetos-praga em um grande número de culturas, especialmente

daquelas difíceis de serem controladas por métodos convencionais, como é o caso de *T. licus*.

Feromônios sexuais são mensageiros químicos produzidos por um sexo do inseto para atração do sexo oposto com propósito de reprodução. Estes compostos estão entre as substâncias fisiologicamente mais ativas hoje conhecidas, por causarem respostas quando usadas em concentrações extremamente baixas.

A síntese dos feromônios sexuais tem sido responsável pela utilização crescente destes compostos, no manejo e regulação de populações de insetos, com base no monitoramento, coleta massal ou confundimento de pragas (BENTO et al., 2001).

A procura pelos consumidores em todo o mundo por produtos cada vez mais livres de agroquímicos deverá favorecer o emprego mais intensivo dos feromônios, como estratégia de controle entre os produtores nos próximos anos (BENTO et al., 2001).

Etapas intermediárias, envolvendo estudos comportamentais, permitem caracterizar o sistema de comunicação da espécie-praga, e assim, otimizar o uso de feromônios para monitoramento e/ou controle de pragas (VILELA; DELLA LUCIA, 2001).

Dessa forma, a presente pesquisa teve como objetivo estudar o comportamento reprodutivo da broca-gigante como base para o controle desta importante praga dentro de um contexto de Manejo Integrado das Pragas de cana-de-açúcar. Estes estudos servirão de suporte para as etapas posteriores de isolamento, identificação e síntese do possível feromônio sexual de *T. licus*, para que no futuro, os produtores de cana-de-açúcar possam ter um produto tecnológico para ser utilizado no monitoramento e/ou controle da broca gigante da cana-de-açúcar.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 Distribuição geográfica de *Telchin licus*

Com pouco mais de 150 espécies, a família Castniidae distribui-se do México até o Chile e Argentina (revisado por MORAES; DUARTE, 2009). Guagliumi (1972/73) relatou que, além do Brasil, *Telchin licus* pode ser encontrada também na Costa Rica, Panamá, Colômbia, Venezuela, Trindade, Guiana, Suriname, Equador e Peru. Segundo Gonzalez; Cock (2004) *T. licus* é o castnídeo mais comum em Trindade.

T. licus é uma espécie que habita as florestas tropicais e foi registrada pela primeira vez atacando cana-de-açúcar no delta do Rio Orinoco, na Venezuela (MYERS, 1935). A primeira ocorrência da broca gigante da cana-de-açúcar *T. licus* no Brasil foi observada por Costa Lima em 1927, na região nordeste (COSTA LIMA, 1928).

Em 2007, foi registrada pela primeira vez no estado de São Paulo, na região de Limeira. Nesta região existem diversos viveiros de plantas, e provavelmente a introdução desta praga foi através de mudas de plantas ornamentais, como musáceas e orquídeas, que podem ter sido trazidas de regiões onde este inseto apresenta ocorrência natural nestas plantas hospedeiras (ALMEIDA et al., 2007).

Atualmente, no Brasil, além do Estado de São Paulo a distribuição deste inseto inclui os Estados do Amazonas e Pará (MYERS, 1935), Bahia, Rio Grande do Norte e Mato Grosso (RAYMUNDO, 1931), Acre, Alagoas, Goiás, Paraíba, Pernambuco e Rio de Janeiro (GUAGLIUMI, 1972/73), Sergipe e Maranhão (MENDONÇA et al., 1996).

Arrigoni et al. (2011) relatam que *Telchin licus licus* ocorre nos Estados da região Nordeste, no Amazonas, no Mato Grosso e em São Paulo, e *Telchin licus laura*, ocorre em Minas Gerais e Goiás.

2.2 Plantas hospedeiras

A lagarta de *Telchin licus* é encontrada em abacaxizeiro (*Ananas comosus*), ananazeiro (*Ananassa saliva*), musáceas (*Ensete* spp., *Musa* spp. e *Musella* spp.), gramíneas (*Paspalum virgatum*, *P. densum* e *Pennisetum purpurem*) e na maioria das espécies da família Orchidacea, além da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) (GUAGLIUMI, 1972/73).

2.2.1 Cana-de-açúcar

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é danificada por inúmeras pragas, destacando-se a cigarrinha-da-folha, *Mahanarva posticata*, as brocas, *Diatraea saccharalis*, a broca-gigante, *Telchin licus* e os cupins, *Syntermes* spp., *Nasutitermes* sp., *Neocapritermes* sp. e *Heterotermes* sp., dentre outras (GUAGLIUMI, 1972/73). Além destas, Gallo et al. (2002) também citam como pragas da cana-de-açúcar a cigarrinha-das-raízes *Mahanarva fimbriolata*; os besouros *Ligyris* spp., *Euetheola humilis*, *Stenocrates* spp, *Migdolus fryanus*, *Sphenophorus levis*, e *Metamasius hemipterus*; os percevejos castanhos *Scaptocoris catanea* e *Atarsocori brachiariae*; os cupins, *Procornitermes* sp., e *Cornitermes*; as lagartas *Elasmopalpus lignosellus*, *Mocis latipes*, *Spodoptera frugiperda*, *Pseudaletia sequax*; os pulgões *Rhopalosiphum maidis* e *Melanaphis sacchari*; e a cochonilha *Saccharicoccus sacchari*. Pinto et al. (2009) acrescentaram à lista de pragas da cana-de-açúcar a broca-peluda *Hyponeuma taltula*; a lagarta desfolhadeira *Cirphis latiuscula*; as cigarrinhas *Deois* spp.; as cochonilhas *Margarodes* sp. e *Aclerda* sp.; as formigas cortadeiras dos gêneros *Atta* spp. e *Acromyrmex* sp. e o gafanhoto *Rhammatocerus schistocercoides*.

A cana-de-açúcar é uma das culturas de maior importância para o Brasil; sendo que, em 2006 foram produzidas aproximadamente 430 milhões de toneladas, das quais 60% foram destinadas à produção de etanol. A produtividade, que no início do Proálcool em 1975 foi de 47 t /ha, em 2006 apresentou média de 74 t /ha. Na safra de 2006 a região Norte e Nordeste foi responsável por 13 % da produção total e o restante de 87% foi produzido na região Centro-Sul do Brasil (dos quais 62% apenas no Estado de São Paulo). Em 2006, a área colhida com cana-de-açúcar no Brasil foi de 6 milhões de hectares (SPAROVEK et al., 2008). A estimativa da área plantada

de cana-de-açúcar, para a safra 2010/11, é de 8 milhões de hectares, sendo o Estado São Paulo responsável por 60% e as regiões Norte e Nordeste por 15% da produção nacional (FNP, 2010).

A partir de 2014, não será mais permitida a queima da palhada da cana-de-açúcar; dessa forma, a colheita da cana-de-açúcar crua favorecerá o desenvolvimento de pragas como a broca gigante. Por outro lado, sem a queima, aumentarão os inimigos naturais da broca gigante nos canaviais, como por exemplo, os pássaros e sapos.

2.3 Aspectos biológicos de *T. licus*

A broca gigante da cana-de-açúcar pertence à ordem Lepidoptera, subordem Glossata, série Ditrysia (mariposas) (GULLAN; CRANSTON, 2007), superfamília Castnioidea (GALLO et al., 2002), família Castinidae, e subfamília Castniinae (MORAES; DUARTE, 2009).

Os adultos de *Telchin licus* têm cerca de 35 mm de comprimento e 90 mm de envergadura alar, são de coloração escura ou quase preta, com algumas manchas brancas na região apical e uma faixa transversal branca nas asas anteriores; nas asas posteriores existem duas faixas de coloração branca e sete manchas vermelhas na margem externa (GALLO et al., 2002) (Figura 1).

A principal característica desses lepidópteros são as antenas clavadas, geralmente estendidas formando um apículo (MORAES; DUARTE, 2009). Apesar das antenas serem geralmente pectinadas em mariposas e clavadas em borboletas (GULLAN; CRANSTON, 2007), a família Castniidae é uma exceção, pois são mariposas com antenas clavadas (GALLO et al., 2002). Estas mariposas também têm hábitos diurnos, com atividades nos períodos mais quentes do dia, geralmente entre 10:00 e 14:00h (revisado por MORAES; DUARTE, 2009), diferentemente da maioria das mariposas que possuem hábito crepuscular. Entretanto, esta subfamília apresenta um acoplamento das asas por meio de cerdas chamadas de frênuo e repousam com as asas abertas como a maioria das mariposas (GULLAN; CRANSTON, 2007) (Figura 1). Nas borboletas o acoplamento das asas não é feito por estruturas, mas pela expansão da região do ângulo umeral da asa posterior sobre a qual se apoia a região anal da asa anterior (GALLO et al., 2002), e ao

pousarem, as borboletas mantêm suas asas estendidas ou encobrimdo o corpo (GULLAN; CRANSTON, 2007).

Figura 1 - Adulto da broca gigante da cana-de-açúcar (*Telchin licus*)

Os ovos de *T. licus* possuem uma estrutura poliédrica medindo cerca de quatro mm de comprimento, com forma semelhante a carambola, com cinco arestas salientes. Os ovos podem ser verdes ou marrons; a lagarta recém eclodida possui a mesma coloração do ovo e, a medida que se desenvolve a coloração passa a ser branca leitosa (ALMEIDA; ARRIGONI, 2009).

A lagarta atinge o comprimento de 80 mm e a largura de 12 mm no protórax, a largura do corpo é levemente decrescente da parte torácica em direção à região anal. A lagarta se transforma em pupa dentro de um casulo feito de fibras de cana-de-açúcar, de onde a mariposa emerge (GUAGLIUMI, 1972/73).

Em condições de campo, nas regiões Norte e Nordeste, a broca gigante completa o ciclo biológico em aproximadamente 180 dias, apresentando dois ciclos completos durante o ano, comprovados pela ocorrência de picos populacionais de adultos, um maior nos meses de junho-julho (inverno), e outro menor nos meses de novembro-dezembro (verão) (GARCIA; BOTELHO, 2008). Segundo uma revisão feita por Guagliumi (1972/73) ocorre uma grande variação da duração do ciclo da broca gigante da cana-de-açúcar, principalmente em função da temperatura, umidade e alimentação, variando de 7--14 dias o período embrionário; período larval de 180-300 dias; desenvolvimento pupal entre 30-45 dias e vida adulta de 10-15 dias (revisado por GUAGLIUMI, 1972/73).

Almeida; Arrigoni (2009) observaram um tempo médio de vida de 6,7 e máximo de 10 dias para adultos machos e em média 7,4 dias e máximo de 11 para fêmeas adultas. Estes autores registraram um número médio de 43,1 ovos por fêmea, sendo que o número máximo de ovos depositado por uma única fêmea foi 139.

O dimorfismo sexual entre os adultos é visível pelo frênuolo, estrutura presente nas asas posteriores usada no acoplamento das asas durante o vôo; o frênuolo da fêmea é formado por sete espinhos com o formato de pincel, enquanto que, o do macho apresenta um único espinho. A fêmea também apresenta a cor do abdome cinza escura e o macho cinza claro (GUAGLIUMI, 1972/73; MENDONÇA et al., 1996; ALMEIDA; ARRIGONI, 2009).

2.4 Sintomas de ataque e danos

Segundo Guagliumi (1972/73), após o corte da cana-de-açúcar, as lagartas que geralmente vivem escondidas durante o dia na parte mais profunda e fresca da touceira, alimentam-se dos rizomas, dos restolhos e das raízes, debilitando-os e reduzindo seu poder germinativo. Na cana pequena, recém-brotada, especialmente das soqueiras, as lagartas saem da touceira e atacam os rebentos, penetrando alguns centímetros nos tecidos dos mesmos, destruindo a gema vegetativa, causando o secamento e, às vezes, o apodrecimento da gema apical, sintoma conhecido como “coração morto”.

No interior da cana-de-açúcar cortada pode-se observar uma galeria limpa e vazia com cerca de um cm de diâmetro (Figura 2). Dificilmente encontra-se a lagarta dentro da cana-de-açúcar após o corte, pois, com a mínima perturbação, as lagartas enterram-se nos túneis abertos anteriormente no rizoma ou entre as raízes. Essas galerias facilitam a penetração dos fungos da podridão vermelha, que inverte a sacarose, diminuindo assim, a produção do açúcar (VILLAS BOAS; ALVES, 1988).

Figura 2 - (A) Danos causados por *Telchin licus* no colmo da cana-de-açúcar; (B) lagartas de *T. licus* após abertura dos colmo

Os danos causados por *T. licus* são muito semelhantes aos danos provocados pela broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae); entretanto, pelo seu elevado tamanho em relação à broca pequena estima-se que os danos sejam muito maiores (Figura 3).

Figura 3 - Proporção de tamanho entre lagartas de último ínstar de *Diatraea saccharalis* (A) e *Telchin licus* (B)

2.4.1 Potencial de dano econômico da broca gigante da cana-de-açúcar no Brasil

No Norte e Nordeste do Brasil, *Telchin licus* vem aumentando gradativamente sua importância, especialmente no verão, com temperaturas elevadas, visto que as condições de alta umidade proporcionadas pela abundante cobertura vegetal deixada no solo, em função da colheita, são bastante favoráveis ao inseto. Na região Nordeste *T. licus* ocupa uma área de aproximadamente 320 mil ha, representando perdas equivalentes a R\$ 34,5 milhões na safra 2007/08 (CANUTO et al., 2011).

No Estado de São Paulo, o maior produtor nacional de cana-de-açúcar, a broca-gigante foi constatada pela primeira vez em 2007 (ALMEIDA et al., 2007; ARRIGONI, 2008) e já é possível, de acordo com o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), projetar prejuízos da ordem de R\$400 milhões por safra se a praga se alastrar pelo estado (ARRIGONI, 2008).

Arrigoni et al. (2011) relataram que a espécie *T. licus licus* está distribuída atualmente em aproximadamente 737 mil ha no Brasil, na região Nordeste, no Amazonas, no Mato Grosso e em São Paulo.

2.5 Controle da broca gigante da cana-de-açúcar

Para o controle dessa praga já foram utilizados os métodos químicos, mecânico-cultural, biológico e de resistência de plantas, sem grande sucesso. Apenas a catação manual de lagartas e pupas por meio de “enxadeco” e a captura de adultos com rede entomológica demonstraram bons resultados, porém com alto custo operacional (GALLO et al., 2002).

2.5.1 Controle químico

O controle químico de *Telchin licus*, tem se mostrado ineficiente, principalmente em função das larvas e pupas da praga permanecerem abrigadas nos internódios basais, abaixo do nível do solo, não sendo atingidas pelos inseticidas em sistemas convencionais de aplicação (GUAGLIUMI, 1972/73).

Barbosa et al. (2008) constataram que a concentração 500 g/ha do princípio ativo fipronil (Regent® 800 WG) foi eficiente no controle da lagarta da broca gigante da cana-de-açúcar em laboratório. Entretanto, este produto não tem registro para esta praga nesta cultura, sendo que, o único princípio ativo registrado para este caso é o chlorantraniliprole ou antranilamida (Altacor® WG) (BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento).

2.5.2 Controle biológico

O fungo *Beauveria bassiana* também pode ser usado para o controle desta praga. Segundo Marques (1982), este fungo deve ser aplicado logo após o corte da cana-de-açúcar, sobre as cepas perfuradas pelas lagartas, a fim de permitir sua ação de contato sobre as mesmas. Garcia e Botelho (2009) relataram que o controle de *T. licus* com *B. bassiana* pode ser passível de sucesso desde que aplicado no momento adequado, ou seja, sobre as touceiras recém cortadas. Dessa forma, a lagarta que tem o hábito de “tamponar” o orifício após o corte se contamina durante este processo, ocorrendo sua morte após alguns dias. Também os ovos remanescentes são alvos passíveis de ação do fungo. Além da aplicação mecânica o fungo também pode ser distribuído juntamente com a água de irrigação. A broca gigante da cana-de-açúcar também pode ser atacada pelo fungo entomopatogênico *Cordyceps exasperata* (GUAGLIUMI, 1972/73).

Como predadores de *T. licus*, Guagliumi (1972/73) cita aves de quintal (perus, galinhas, etc.), garcinhas, pássaros insetívoros (anus, bem-te-vis, tesouras, gaviões, etc.), sapos e formigas. Garcia; Botelho (2009) relataram que os principais agentes de predação de *T. licus* são formigas de várias espécies e carcarás (*Polyborus plancus brasiliensis*).

Não há registro de trabalhos científicos utilizando parasitóides para o controle de biológico de *T. licus*; no entanto, em uma revisão feita por Guagliumi (1972/73) foram observados dois dípteros: *Palpozenilla palpalis* e *Emdenimyia myersi* parasitando lagartas da broca gigante da cana-de-açúcar.

Garcia e Botelho (2009) citam ainda, como agente de controle biológico da broca gigante da cana-de-açúcar, os nematóides entomopatogênicos do gênero *Heterorhabditis*, os quais possuem a capacidade de se deslocar no solo, o que pode facilitar a busca por lagartas da broca gigante presentes nas touceiras da cana-de-açúcar.

2.5.3 Controle cultural

Para o controle de *Telchin licus* a catação manual de lagartas e pupas por meio de “enxadeco” e a captura de adultos com rede entomológica demonstraram bons resultados, entretanto apresentam um alto custo operacional (GALLO et al., 2002).

Na área de ocorrência da broca gigante da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) recomenda a colheita da cana-de-açúcar antecipada para o mês de agosto em áreas infestadas com a praga, e após a colheita as soqueiras de cana-de-açúcar devem ser eliminadas com o implemento agrícola Eliminador Mecânico de Soqueira (E.M.S.), com a finalidade de aumentar a exposição das formas biológicas (lagarta e/ou pupa) à ação dos predadores, além de favorecer a dessecação. Esta prática deve ser realizada, aos sete, quatorze e vinte dias após a colheita (ALMEIDA et al., 2007).

2.5.4 Controle por resistência de plantas

Craveiro et al. (2010) investigaram os efeitos da proteína Cry (*Bacillus thuringiensis*) sobre *Telchin licus*, sendo que, com estes resultados futuramente poder-se-ão desenvolver variedades resistentes ao ataque desta praga.

Canuto et al. (2011) testaram oito variedades de cana-de-açúcar sob cultivo orgânico e observaram que as variedades mais resistentes ao ataque de *T. licus* foram as variedades que possuíam maior grau de rigidez na constituição estrutural do colmo, ou seja, maior teor de lignina; entretanto, estudos nesta área ainda são regionais e em pequena escala.

2.5.5 Controle por comportamento

O controle por comportamento consiste na utilização de métodos de controle de pragas que se baseiam nos estudos fisiológicos dos insetos, sendo que estes métodos apresentam diversas vantagens, pois, por atuarem na fisiologia do inseto alvo, não contaminam o meio ambiente e não apresentam riscos de intoxicação para o homem e para os animais domésticos, e por atuarem em fases específicas dos insetos não apresentam riscos de desequilíbrios biológicos (GALLO et al., 2002).

Entre os principais métodos de controle por comportamento pode-se citar a utilização de repelentes, a esterilização de insetos, o controle utilizando-se hormônios endócrinos, neuromônios e feromônios (GALLO et al., 2002).

O termo feromônio pode ser definido como “substância secretada por um indivíduo para o exterior e recebida por um segundo indivíduo da mesma espécie provocando uma reação específica (comportamento definido) ou um processo de desenvolvimento fisiológico definido” (KARLSON; LÜSCHER, 1959).

Os feromônios são predominantemente voláteis, mas, algumas vezes, são substâncias químicas líquidas de contato; são produzidos por glândulas exócrinas, glândulas estas que secretam seus produtos diretamente para o ambiente (GULLAN; CRANSTON, 2007; KLOWDEN, 2007), e são classificados conforme a categoria de comportamento, associadas com sexo, agregação, espaçamento, formação de trilha e alarme (GULLAN; CRANSTON, 2007), além destes, Klowden (2007) também citou o feromônio funeral, produzidos principalmente por formigas para que as operárias retirem do ninho os insetos mortos.

Os feromônios são percebidos pelos receptores olfativos e desencadeiam uma resposta no inseto receptor via sistema nervoso central (CHAPMAN, 1998). Os insetos identificam os feromônios através das sensilas quimiorreceptivos: sensila tricóide (GULLAN; CRANSTON, 2007; PLETTNER; GRIE, 2010), sensila basicônica, e sensila celocônica, que são distribuídas entre os táxons e estruturas dos insetos, mas com frequência são mais concentrados nas antenas (GULLAN; CRANSTON, 2007).

Desde a descoberta (na década de 50) até os dias atuais, os feromônios tem sido amplamente estudados, mas ainda é um tema relativamente novo, e muito deve ser pesquisado para que possam ser utilizados feromônios em larga escala para controle e monitoramento de pragas agrícolas e urbanas; pelas dificuldades

apresentadas na identificação e síntese destas substâncias, principalmente porque alguns estudos tem mostrado que feromônios sexuais de insetos em condições naturais diferem de feromônios sexuais da mesma espécie criada em laboratório (GADEME et al., 1997; TABATA; ISHIKAWA, 2005; LAURENT et al., 2007; XU et al., 2010).

A síntese dos feromônios sexuais tem sido responsável pela utilização crescente destes compostos, no manejo e regulação de populações de insetos, com base no monitoramento, coleta massal ou confundimento de pragas (Bento, 2001); este crescimento pode ser observado pelo aumento do número de feromônios sintéticos que, passou de 100 em 1987 para mais de 1.500 em 1999 (TILLMAN et al., 1999). No Brasil, até 2009, na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) foram registrados 28 feromônios para o controle de insetos-praga na agricultura (ZARBIN, 2009).

No final da década de 60, Jacobson et al. (1970) descreveram pela primeira vez um feromônio sexual multicomponente em Lepidoptera. Geralmente o feromônio é constituído de dois a sete compostos químicos, sendo um deles o componente principal (LIMA; DELLA LUCIA, 2001), esses componentes apresentam um efeito sinérgico entre si, pois um coquetel de substâncias químicas estimula uma resposta mais forte do que qualquer componente isolado, (GULLAN; CRANSTON, 2007; KLOWDEN, 2007). Não existe correlação entre a espécie do inseto e a estrutura das substâncias que ela utiliza como feromônio. Bestemann e Gunawardena (1992, apud FERREIRA, 2001) relataram que os feromônios sexuais produzidos por fêmeas de lepidópteros formam um grupo relativamente homogêneo constituído, principalmente de alcoóis, acetatos ou aldeídos de cadeia longa, mono ou poli-insaturados.

A liberação de feromônio sexual pela maioria das mariposas ocorre no final da tarde, quando estes insetos iniciam o comportamento reprodutivo, esta liberação das moléculas de feromônio no ambiente é um comportamento reprodutivo denominado chamamento. A percepção dessas moléculas de feromônio em lepidópteros desencadeia uma série de comportamentos que é expressa em uma sequência padrão. Essa sequência inclui a movimentação das antenas, caminhar, vibrar as asas, levantar voo, voar em ziguezague, localizar a trilha, voar contra o vento seguindo a trilha de feromônio, localizar a fonte de feromônio, pousar nessa fonte ou em áreas adjacentes, caminhar e movimentar as asas até encontrar a fêmea. Essa é a cadeia de respostas à longa distância. O encontro com a fêmea inicia outra cadeia

de respostas, de curta distância, em que o macho interage com as fêmeas e eventualmente, pode levar à cópula (LIMA; DELLA LUCIA, 2001).

Muitos estudos têm mostrado que a produção e liberação de feromônio e o comportamento de chamamento são controlados por fatores influenciados pelo ritmo circadiano tanto de fêmeas como de machos de Lepidoptera (FLECKE et al., 2010). Além deste fator, o comportamento dos insetos é diretamente afetado por fatores como temperatura, fotoperíodo, intensidade luminosa, umidade relativa, velocidade do vento e idade dos insetos (LIMA; DELLA LUCIA, 2001). E, recentemente, Pellegrino (2011) demonstrou a forte influência que a pressão atmosférica tem no comportamento sexual dos insetos.

Outro fator que também influencia a síntese de feromônios pelos insetos é a utilização de pesticidas. Xu et al. (2010) relataram que fêmeas de mariposas resistentes a inseticidas produziram menos feromônios do que as fêmeas controle; e Plettener; Grie (2010) demonstraram que inseticidas inibem respostas a feromônios sexuais.

A determinação da existência de compostos ativos no extrato natural do sexo responsável pela atração sexual geralmente é feito por meio da técnica da cromatografia gasosa acoplada a um detector eletroantenográfico (GC-EAD), (ZARBIN, 1987). Para tal, as antenas dos machos devem ser extraídas na base e os últimos artículos da parte distal são cortados para facilitar o contato elétrico. As extremidades da antena são colocadas nos eletrodos de platina conectados a um amplificador com software EAG, que permite medir a diferença de potencial entre os microeletrodos, pela voltagem gerada (ZARBIN, 1987). O sistema é acoplado a um cromatógrafo a gás, de modo a permitir uma análise simultânea da resposta da antena e detecção dos compostos químicos presentes no extrato (ZARBIN, 1987).

O uso de feromônio sexual tem se mostrado eficiente e promissor para o manejo de insetos-praga em um grande número de culturas, especialmente daquelas difíceis de serem controladas por métodos convencionais, como é o caso de *T. licus*; entretanto, etapas intermediárias, envolvendo estudos comportamentais, permitem caracterizar o sistema de comunicação da espécie-praga, e assim, otimizar o desempenho da utilização e extração de feromônios (VILELA; DELLA LUCIA, 2001). Os estudos comportamentais também definem a atividade biológica de extratos naturais e são essenciais para a identificação do feromônio sexual de uma espécie (EIRAS; MAFRA NETO, 2001).

2.5.5.1 Possível feromônio sexual de *T. licus*

Lima et al. (2002) obtiveram respostas ativas nas antenas de machos e inativas nas antenas das fêmeas de *Telchin licus*, aos compostos (E,Z) e (Z,Z)-3,13-octadecadienol (3,13-18:OH), utilizando a eletroantenografia (EAG).

Rebouças, et al. (1999) observaram a atração de machos de *T. licus* por extratos hexânicos de glândulas abdominais de fêmeas dessa espécie, em um olfatômetro constituído de um sistema de câmaras conectadas entre si e ligadas a uma bomba de vácuo Model-B 100 SE. Esses autores identificaram, nos extratos hexânicos extraídos dos ovipositores das fêmeas desta espécie, os compostos n-alkanes C21 to C30, (Z)-9-hexadecenoic acid (C16), e (Z)-9-octadecenoic acid (C18) e hexadecanoic acid (C16) além de baixas concentrações de aldeídos, alcanos e acetatos.

Santana (2010) apresentou os principais tipos de reações envolvidas nas sínteses de feromônios de lepidópteros, com ênfase na preparação régio-estereosseletiva de ligações duplas, além das primeiras sínteses dos estereoisômeros do 3,13-octadecadienol através de outras rotas sintéticas e finalmente, a autora apresentou a síntese régio e estereoespecífica do (3E,13Z)-octadecadien-1-ol e seu estereoisômero (3Z,13Z)-octadecadien-1-ol, prováveis componentes do feromônio sexual da mariposa *T. licus*.

Embora, existam as tentativas de identificação do feromônio sexual mencionadas, não foi comprovada a atração e/ou captura de insetos de campo utilizando-se estes compostos. O comportamento reprodutivo e o papel do feromônio sexual de *T. licus* ainda não estão bem definidos, necessitando-se de estudos adicionais.

2.6 Estímulos que afetam o comportamento reprodutivo dos lepidópteros diurnos, além do feromônio sexual

Padrões de reflexão e absorbância ultravioleta nas asas de algumas espécies de lepidópteros diurnos governam as respostas dos machos em direção às fêmeas e são importantes como iniciadores do comportamento de corte nestas espécies (HOWSE et al., 1998).

A coloração ultravioleta (UV) é amplamente difundida na natureza e tem recebido recentemente considerável atenção em estudos de comunicação animal, particularmente em pássaros, peixes e insetos. Apesar das pesquisas de escolha de parceiros utilizando a luz UV em borboletas terem iniciado na década de 70, este assunto foi pouco estudado até recentemente (revisado por KEMP, 2006).

Diferentes características da luz possuem informações que são percebidas e utilizadas pelo sistema visual dos animais. Uma característica adicional da luz que pode ser percebida por muitos animais (mas não pelos humanos) é a polarização. Quando a luz está completamente polarizada, os planos dos campos magnéticos e elétricos de todas as ondas em um feixe de luz estão paralelos, e quando estes planos estão em diferentes orientações, a luz está despolarizada. Entre a completa polarização e a despolarização dos feixes de luz, existem diversas variações tanto na intensidade de polarização como na forma desta polarização (SHASHAR et al., 1998).

Kelber (1999) mostrou que a visão das borboletas consiste de uma combinação de cores e reflexões polarizadas; o autor chamou de cores falsas esta combinação de intensidade, distribuição espectral e polarização dos componentes da luz que podem ser percebidos pelos lepidópteros.

Lepidópteros diurnos de muitas espécies são fisiologicamente sensíveis à polarização. Ao contrário dos olhos de outros insetos, como as abelhas, as quais têm omatídeos sensíveis à polarização somente em suas bordas dorsais, olhos de borboletas são sensíveis à polarização em todos os seus omatídeos. Borboletas do gênero *Papilio* também podem discriminar entre estímulos que diferem somente em seus ângulos de polarização. Investigações dos efeitos das propriedades óticas no comportamento das borboletas poderiam ajudar a explicar padrões de diversidade ecológica entre diferentes grupos destes lepidópteros (SWEENEY et al., 2003).

Segundo Sweeney et al. (2003), a luz polarizada é usada no reconhecimento da espécie e em estímulos visuais para seleção sexual por alguns lepidópteros. Este exemplo terrestre de exploração da luz polarizada pode ter um valor adaptativo na floresta densa, onde a iluminação varia altamente no espectro e intensidade. As escamas iridescentes de borboletas são estruturas visualmente marcantes que refletem cor altamente saturada. Elas também criam uma gama de fenômenos óticos não cromáticos, como polarização, polarização mista, e flashes altamente

direcionados; no entanto, de acordo com estes autores, a razão ecológica destes efeitos não é muito clara.

A ocorrência de muitos pares de espécies com diferentes propriedades iridescentes, como as espécies *Heliconius melpomene* e *H. cydno*, sugerem que o uso da polarização tem contribuído para colonização adaptativa dentro dos habitats de florestas densas (SWEENEY et al., 2003). O termo iridescente significa algo que reflete as cores do arco íris; muda de cor conforme o ângulo observado (SWEENEY et al., 2003).

O exemplo mais conhecido mundialmente de iridescência das asas de lepidópteros é da borboleta triângulo azul *Graphium sapperdon* (Lepidoptera: Papilionidae); assim, na parte ventral das asas desta espécie, há escamas transparentes que quando atingidas pela luz, criam uma iridescência polarizada resultando em uma coloração azul brilhante, provavelmente como um sinal intraespecífico (STAVENGAL, et al., 2010).

Rutowski et al. (2010) observaram que os padrões iridescentes das asas posteriores de *Battus philenor* variavam entre a superfície ventral e dorsal, sendo a função da primeira indicar que a espécie é impalatável, enquanto a iridescência da parte dorsal das asas posteriores de *B. philenor*, que é observada somente nos machos, tem função de atração sexual interespecífica.

Sinais de cores iridescentes são como uma difusão de cores refletidas, que variam dentro e entre as espécies, sendo que podem ser adaptações para que as espécies percebam luzes específicas de determinado ambiente (RUTOWSKI et al., 2010).

Assim, múltiplos fatores interferem no comportamento reprodutivo dos lepidópteros diurnos; geralmente, as pistas visuais atuam a longas distâncias e as pistas químicas a curtas distâncias (HOWSE, 1998).

3 MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi desenvolvida nos laboratórios de Biologia de Insetos e de Ecologia Química e Comportamento de Insetos no Departamento de Entomologia e Acarologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ-USP), em Piracicaba – SP, e em uma plantação de cana-de-açúcar, variedade SP 89-1115, espaçamento 1,5 m, no município de Iracemápolis – SP.

O material biológico utilizado em todos os bioensaios, que consistiu de ovos, lagartas e adultos de *Telchin licus licus* foi fornecido pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC).

3.1 Criação de manutenção de *T. licus*

3.1.1 Comparação de dietas artificiais para a criação de *T. licus* em laboratório

Para o início da criação foram coletados adultos no campo, os quais foram mantidos em gaiolas (0,7 x 0,6 x 0,6 m) para a realização de postura e os ovos foram retirados e mantidos em placas de Petri (6 cm de diâmetro por 2 cm de altura), forradas com papel filtro umedecido, no interior de câmaras climatizadas até a eclosão das lagartas.

Com o objetivo de se determinar a melhor dieta para criação de *Telchin licus*, as lagartas recém eclodidas foram colocadas individualmente em tubos de vidro de 2,5 cm de diâmetro x 8,0 cm de altura contendo as dietas artificiais, já utilizadas para a criação de outras espécies de lepidópteros, descritas nas Tabelas de 1 a 4, e ao completarem vinte e cinco dias, as lagartas foram transferidas individualmente para frascos de vidro de 500 ml com tela na tampa, contendo 200 ml de dieta, onde se transformaram em pupas (Figura 4). A metodologia de preparo da dieta e transferência para os tubos foi baseada em Parra (1999).

Figura 4 - Recipientes utilizados para a criação de *Telchin licus* em laboratório. (A) tubos de vidro de 2,5 cm de diâmetro x 8,0 cm de altura. (B) Frascos de vidro com capacidade para 500 ml com tampa de plástico e tela contendo 200 ml de dieta artificial

Tabela 1 - Dieta A (dieta utilizada na criação de *Diatraea saccharalis*)
(HENSLEY; HAMMOND, 1968):

Ingredientes	Quantidade
Germe-de-trigo	25,00 g
Farelo-de-soja	87,00 g
Sacarose	86,00 g
Sais de Wesson	12,25 g
Ácido ascórbico	3,05 g
Cloreto de colina	0,65 g
Vita Gold	0,65 ml
Solução Vitamínica	18,15 ml
Metil parahidroxibenzoato (nipagin)	5,00 g
Formaldeído	1,23 ml
Tetraciclina	0,22 g
Ágar	18,15 g
Água destilada	1450,00 ml

Tabela 2 - Dieta B (dieta utilizada na criação de *Diatraea saccharalis*),
(PARRA; MISHFELDT, 1992):

Ingredientes	Quantidade
Germe-de-trigo	42,00 g
Levedura	45,00 g
Farinha-de-milho	168,00 g
Ácido ascórbico	6,00 g
Ácido benzóico	3,00 g
Metil parahidroxibenzoato (nipagin)	2,40 g
Ágar	30,00 g
Água destilada	1400,00 ml

Tabela 3 - Dieta C (dieta utilizada na criação de *Anticarsia gemmatalis*)
(GREENE et al., 1976):

Ingredientes	Quantidade
Feijão	75,00 g
Germe-de-trigo	60,00 g
Proteína-de-soja	30,00 g
Caseína	30,00 g
Levedura	37,50 g
Solução vitamínica	9,00 ml
Ácido ascórbico	3,60 g
Ácido benzóico	1,80 g
Metil parahidroxibenzoato (nipagin)	3,00 g
Tetraciclina	113,00 mg
Formaldeído (40%)	3,60 ml
Ágar	23,00 g
Água destilada	1200,00 ml

Tabela 4 - Dieta D (dieta utilizada na criação de *Heliothis virescens*)
(MORETI; PARRA, 1983):

Ingredientes	Quantidade
Caseína	70,00 g
Germe-de-trigo	60,00 g
Celulose	10,00 g
Sacarose	70,00 g
Ácido ascórbico	8,00 g
Cloreto de colina	2,00 g
Sais de Wesson	20,00 g
Solução vitamínica	20,00 ml
Metil parahidroxibenzoato (nipagin)	4,00 g
Ácido acético glacial	0,26 g
Tetraciclina	0,60 g
Formaldeído (40%)	1,00 ml
Ágar	36,00 g
Água destilada	1680,00 ml

Quando detectada a presença de fungos ou bactérias as lagartas foram lavadas em água corrente, depois imersas por 10 segundos em uma solução de hipoclorito de sódio a 0,02%, posteriormente enxaguadas em água destilada, secas em papel toalha e, finalmente colocadas em frascos contendo dieta artificial fresca.

As pupas foram retiradas do casulo, colocadas em placas de Petri (6 cm de diâmetro e 2 cm de altura), individualmente identificadas, forradas com papel de filtro. As placas foram colocadas dentro de gaiolas (0,7 m x 0,6 m x 0,6 m) forradas com papel de filtro umedecido para a emergência dos adultos. Avaliou-se a viabilidade lagarta-adulto para as quatro dietas testadas.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com 4 repetições, sendo 25 repetições por tratamento (dieta). As médias das viabilidades de lagartas neonatas até lagartas com 25 dias da eclosão foram transformadas em $\arcsen(\sqrt{P/100})$, e as médias das viabilidades de ovo a adulto foram transformadas $\arcsen(\sqrt{x+3})$, e submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.1.2 Aprimoramento de uma dieta para a criação de *T. licus* em laboratório

Este experimento teve o objetivo de aprimorar a melhor dieta dentre as testadas no item 3.1.1 para a criação de *Telchin licus* em laboratório, pois, todas as dietas testadas apresentaram baixa viabilidade e um alto grau de contaminação por bactéria. Assim, as fontes protéicas desta dieta foram substituídas para aumentar o valor nutritivo; foi adicionada sacarose, como fagoestimulante, e celulose, para melhorar as características físicas da dieta, além da incorporação de um novo anticontaminante.

Para definir o novo anticontaminante a ser incorporado na dieta, amostras de dietas contaminadas foram enviadas para o Laboratório de Genética de Bactérias e Biotecnologia Aplicada do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária – FCAV/UNESP – Jaboticabal, para a realização de um antibiograma, visando medir a susceptibilidade ou resistência da bactéria a diversos antibióticos. As amostras foram analisadas primeiramente por microscopia para identificação dos patógenos presentes.

Foram testados os antibióticos Amoxicilina + Ácido Clavulônico, Ampicilina, Bacitracina, Cloranfenicol, Eritromicina, Estreptomicina, Gentamicina, Neomicina, Penicilina G, Rifampicina, Tetraciclina e Vancomicina.

A bactéria demonstrou um alto grau de resistência à maioria dos antibióticos utilizados. A Bacitracina e o Cloranfenicol foram os antibióticos efetivos para esta bactéria, sendo que a Bacitracina apresentou um menor espectro de inibição e o Cloranfenicol apresentou o maior espectro de inibição.

Corrêa (2006) utilizou cloranfenicol em uma das cinco dietas testadas para *Condylorrhiza vestigialis* (Lepidoptera: Crambidae) e obteve bons resultados. Dessa forma, este antibiótico foi adicionado à nova dieta, que foi denominada dieta E (Tabela 5).

Tabela 5 - Dieta E (dieta adaptada para a criação de *Telchin licus* em laboratório)

Ingredientes	Quantidade	Unidade
Germe-de-trigo	42,00	g
Levedura	45,00	g
Farinha-de-soja	150,00	g
Sacarose	59,00	g
Celulose	10,00	
Ácido ascórbico	6,00	g
Ácido benzóico	3,00	g
Cloreto de colina	2,00	g
Metil parahidroxibenzoato (nipagin)	2,40	g
Cloranfenicol	0,50	g
Ágar	30,00	g
Água destilada	1400,00	ml

3.2 Individualização das pupas de *T. licus* para a obtenção de insetos virgens

As pupas foram retiradas do casulo e posteriormente, separadas por sexo, segundo metodologia descrita por Butt e Cantu (1962), e mantidas em placas de Petri (6 cm de diâmetro e 2 cm de altura) forradas com papel de filtro, as quais foram colocadas no interior de gaiolas de emergência (0,7 m x 0,6 m x 0,6 m), forradas com papel de filtro umedecido. As gaiolas contendo as pupas machos e fêmeas foram mantidas em sala climatizada regulada a $25,0 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$, UR: $70,0 \pm 10,0\%$ e fotofase de 14 h.

Os adultos emergidos permaneceram isolados por sexo dentro de cada gaiola, até a instalação do bioensaio. O fornecimento de água aos adultos foi realizado por capilaridade, em rolos dentais mantidos em recipientes de vidro (3 cm de altura), os quais foram trocados a cada 24 h.

3.3 Ritmo diário de emergência dos adultos de *T. licus*

Este experimento foi realizado para verificar se ambos os sexos emergem simultaneamente ou se há assincronia nesta emergência.

Adultos de *Telchin licus* foram coletados no campo e mantidos em laboratório no interior de gaiolas (0,7 m x 0,6 m x 0,6 m) para a realização de postura. Ovos depositados no mesmo dia foram retirados das gaiolas e mantidos em placas de Petri (6 cm de diâmetro por 2 cm de altura), forradas com papel filtro umedecido, no interior de câmaras climatizadas reguladas a 25°C até a eclosão das lagartas.

As lagartas recém eclodidas foram colocadas individualmente em tubos de vidro de 2,5 cm de diâmetro x 8,0 cm de altura contendo a dieta artificial E (Tabela 5) e ao completarem vinte e cinco dias, foram transferidas individualmente para frascos de vidro de 500 ml com tela na tampa, contendo 200 ml da dieta, onde permaneceram até a transformação em pupas.

As pupas foram retiradas do casulo e colocadas em placas de Petri (6 cm de diâmetro por 2 cm de altura) individualmente identificadas e forradas com papel de filtro. As placas foram colocadas dentro de gaiolas de emergência (0,7 m x 0,6 m x 0,6 m) forradas com papel de filtro umedecido até a emergência dos adultos. Diariamente, foi observada a emergência dos adultos, e em seguida, feita a separação por sexo.

Os resultados foram submetidos ao teste Qui-quadrado para verificar se houve diferença significativa entre o ritmo de emergência de machos e fêmeas de *T. licus*.

3.4 Horário de oviposição de *T. licus* em laboratório

Para se determinar o horário de oviposição de *T. licus* havia sido inicialmente proposto um experimento com oito casais recém copulados, entretanto, devido à dificuldade de obtenção de cópulas em laboratório; descrita no item 4.5, esta metodologia foi alterada para coleta de casais em cópula no campo.

Assim, foram coletados quinze casais em cópula no interior de um canavial, variedade SP 89-1115, espaçamento 1,5 m, localizado no município de Iracemápolis – SP. Cada casal foi liberado no interior de uma gaiola (0,4 m x 0,3 m x 0,3 m) forrada com papel de filtro e o fornecimento de água foi realizado por capilaridade,

em rolos dentais mantidos em recipientes de vidro (3 cm de altura), os quais foram trocados a cada 24h; tais gaiolas foram mantidas em sala climatizada regulada a $25,0 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$, UR: $70,0 \pm 10,0\%$ e fotofase de 14h.

Para se determinar o horário de oviposição de *T. licus* em laboratório, a cada duas horas, foi realizada a contagem e remoção dos ovos no interior das gaiolas, até a morte das fêmeas.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quinze repetições e os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

3.5 Horário de acasalamento, duração e idade da primeira cópula de *T. licus*

Para a determinação do horário de acasalamento, duração e idade da primeira cópula de *Telchin licus* foram realizados dois ensaios.

No primeiro bioensaio, dez casais de *T. licus* foram individualizados em gaiolas plásticas transparentes de 40 cm de altura X 30 cm de diâmetro, contendo no seu interior papel de filtro umedecido para manutenção de umidade próxima a 70% e alimentados com uma solução de mel e pólen na concentração de 1:1. As gaiolas foram mantidas em telado (3,7 m x 3,9 m x 5,8 m), localizado no Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP.

Os casais foram observados, durante 24 horas, a intervalos de 20 minutos para a determinação do horário de maior atividade sexual dos insetos.

No segundo bioensaio cinco casais foram juntamente liberados em telado (3,7 m x 3,9 m x 5,8 m) localizado no Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ-USP e foram observados, durante 24 horas, a intervalos de 20 minutos para a determinação do horário de ocorrência dos acasalamentos, bem como a duração da cópula.

3.6 Comportamentos de chamamento das fêmeas, corte dos machos e cópula

Foram observados 10 casais virgens mantidos em telado (3,7 m x 3,9 m x 5,8 m), localizado no Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP, durante 10 dias consecutivos no horário de acasalamento da espécie (item 3.5).

Os principais eventos comportamentais do acasalamento: chamamento das fêmeas, corte dos machos e cópula, foram descritos a partir de observação direta dos casais, e filmadas com câmera Sony modelo Cyber shot H7.

3.7 Determinação da existência de um feromônio sexual mediando o acasalamento de *T. licus*

3.7.1 Extração do feromônio sexual de fêmeas virgens

O extrato natural de feromônio sexual de *Telchin licus* foi obtido no Laboratório de Ecologia Química e Comportamento de Insetos da ESALQ/USP pelo método da extração por solvente.

No horário em que ocorrem os acasalamentos (item 3.5), fêmeas virgens foram anestesiadas com CO₂ e a porção terminal do abdome foi excisada com bisturi cirúrgico (Figura 5) e imersa em 100 µl de hexano (BERGER, 1972) por trinta minutos. Devido ao pequeno número de fêmeas emergidas por dia, a obtenção do extrato natural do feromônio sexual de *T. licus* foi realizada em etapas, extraindo-se diariamente cerca de 30 glândulas, até acumular um total de 300 equivalentes-fêmea.

Este extrato natural foi armazenado em “freezer” (a -18°C), para ser testado em bioensaios de campo.

Figura 5 - (A) Glândula de feromônio de *Telchin licus* exposta no momento do “chamamento” e (B) Glândula sendo excisada com bisturi cirúrgico

3.7.2 Determinação da atividade biológica do extrato natural do feromônio sexual de *T. licus*

Após a obtenção do extrato natural do feromônio sexual de *Telchin licus*, realizou-se um bioensaio em condições de campo, em um canavial localizado no município de Iracemápolis – SP (descrito no item 3.4), para a determinação de atividade biológica deste extrato, verificando a existência de um feromônio sexual mediando o acasalamento desta espécie. Este ensaio foi realizado em condições de campo uma vez que estudos prévios comprovaram a necessidade de um grande espaço físico, bem como a presença da luz solar para a realização do comportamento de corte e acasalamento. Assim, a realização do experimento em condições de laboratório, utilizando-se túnel de vento ou olfatômetro foi descartada.

Em uma revisão feita por Howse et al. (1998), foram relatados vários estudos com modelos de estímulos visuais para atrair lepidópteros em campo ou em telados. Tinbergen et al. (1942 apud HOWSE et al., 1998) mostraram que machos de *Hipparchia semele* respondem a objetos carregados por uma vara de pescar, demonstrando que o movimento foi mais importante do que a cor para estimular voos de abordagem para o comportamento de corte em fêmeas e Magnus (1958 apud HOWSE et al., 1998), estudando *Argynnis paphia* colocando protótipos de insetos na extremidade de um aparato de carrossel, confirmou que machos são mais

atraídos por um protótipo móvel, o qual apresenta movimento trêmulo da imagem, do que por cores ou padrões de asa.

Visando simular o vôo de *T. licus*, para verificar a atração de adultos da espécie, e posteriormente testar o feromônio natural, foi confeccionado um equipamento com um pequeno motor movido a bateria, onde foi acoplada uma vara de pescar, sendo amarrada na extremidade uma fêmea viva e, posteriormente amarrado um protótipo do corpo do inseto, feito com massa bisqui e pintado com tinta óleo, com asas verdadeiras de fêmeas de *T. licus* coladas com cola quente (Figuras 6). O objetivo deste equipamento foi simular o vôo da fêmea, fazendo com que o protótipo do inseto girasse em círculo, em alturas alternadas. Com este equipamento foram instalados bioensaios preliminares, para posterior instalação do ensaio definitivo.

No primeiro bioensaio, o equipamento foi testado entre os carreadores (Figura 6); no segundo bioensaio, o equipamento foi testado no interior da plantação de cana-de-açúcar; entretanto, para que o equipamento pudesse funcionar de forma adequada foi necessária a abertura de uma clareira no meio do canavial (Figura 7). Inicialmente foram testados uma fêmea viva e o protótipo do inseto descrito na Figura 6D, amarrados na extremidade da vara de pescar.

Figura 6 - Estrutura utilizada para simular vôo de *Telchin licus*, instalada no carreador de uma cultura de cana-de-açúcar. (A) Haste, que pode estar suspensa ou não, dependendo da altura das plantas ao redor, (B) Motor movido à bateria, (C) Vara de pescar, (D) Inseto “estilizado” (protótipo de inseto), sendo o abdome feito com massa de moldar e pintado com tinta óleo, e as asas retiradas de fêmeas de *T. licus* e coladas com cola quente

Figura 7 - Estrutura utilizada para simular voo de *Telchin licus*, instalada no interior da plantação de cana-de-açúcar. Na ponta da seta, fêmea de *T. licus* amarrada na extremidade da vara

Entretanto, não houve sucesso utilizando-se este equipamento, pois, observou-se que os insetos se movimentam no interior da cultura (dentro dos talhões) o que evita a sua predação, principalmente por pássaros.

Assim, realizou-se um terceiro bioensaio, no qual, testou-se uma estrutura que simula o voo da fêmea no interior da plantação de cana-de-açúcar (sem a necessidade de abrir clareira), adaptando-se duas varas de pescar, distanciadas 10 m, unidas por uma linha de pescar de cor verde; a fêmea viva e o inseto “estilizado” foram amarrados em uma das extremidades e puxados até a outra com auxílio de molinetes (Figura 8).

Neste bioensaio constatou-se atração dos insetos do campo. Assim, foi instalado o ensaio definitivo que constou de três tratamentos: (a) fêmea de *T. licus* viva; (b) inseto “estilizado” (protótipo de inseto) com abdome feito com massa de moldar e asas retiradas de fêmeas de *T. licus* e coladas com cola quente e (c) inseto “estilizado” (protótipo de inseto) com abdome feito com massa de moldar e asas retiradas de fêmeas de *T. licus* e coladas com cola quente e com septo de borracha impregnado com extrato de 30 glândulas de fêmeas de *T. licus* acoplado no final do abdome (Figura 9). O extrato natural do feromônio sexual de *T. licus* foi impregnado em septo de borracha e acoplado ao abdome do inseto “estilizado” momentos antes da instalação do experimento (Figura 10).

Figura 8 - Estrutura utilizada para simular vôo de *Telchin licus* no bioensaio definitivo. (A) Vara de pescar adaptada. (B) Molinete para puxar a linha e mover o inseto manualmente até uma segunda vara de pescar distanciada 10 m da primeira. (C) Linha de pesca verde. (D) Inseto “estilizado”

Figura 9 - Tratamentos: (A) Fêmea de *Telchin licus*. (B) Inseto “estilizado” (protótipo de inseto), com o abdome feito com massa de moldar e as asas retiradas de fêmeas de *T. licus* e coladas com cola quente e (C) Inseto “estilizado” com o abdome feito com massa de moldar e as asas retiradas de fêmeas de *T. licus* coladas com cola quente e com septo de borracha impregnado com extrato de 30 glândulas de fêmeas de *Telchin licus* acoplado no final do abdome

Figura 10 - (A) Septo de borracha sendo impregnado com o extrato natural do feromônio sexual de *T. licus*. (B) Septo impregnado com o feromônio sendo acoplado, com o auxílio de uma pinça, ao abdome do protótipo de inseto (inseto “estilizado”)

Os tratamentos foram amarrados a uma das varas de pesca e puxados manualmente, com o auxílio de molinetes até a outra extremidade (vara) de forma ininterrupta, a uma velocidade média de 2,3 m/s.

Para cada tratamento estipulou-se o tempo de dez minutos para a avaliação dos seguintes parâmetros: (a) número de insetos que se aproximaram do tratamento; (b) número de insetos que perseguiram o tratamento e (c) o número médio de vezes que o mesmo inseto perseguiu o tratamento. Este último parâmetro foi considerado importante, pois alguns insetos selvagens chegaram a perseguir a fêmea por mais de dez vezes, indo e voltando na área experimental.

Os parâmetros avaliados foram observados visualmente e também com o auxílio de uma câmera filmadora Canon EOS Digital.

O delineamento experimental foi em blocos, de acordo com a sequência: tratamento com inseto “estilizado”, tratamento com a fêmea viva e tratamento com o inseto “estilizado” impregnado com o extrato das glândulas das fêmeas; esta sequência foi necessária para que o odor do extrato das glândulas de fêmeas de *T. liscus* não ficasse impregnado no ambiente e interferisse no resultado final. Cada dia de ensaio foi considerado uma repetição, sendo, no total, sete repetições.

Os resultados foram transformados pelo método BOX-COX em $1/x$ e submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade (SAS, 2002-2008).

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Criação de manutenção de *T. licus*

4.1.1 Comparação de dietas artificiais para a criação de *T. licus* em laboratório

Dentre as dietas testadas para a criação de *T. licus* em laboratório (Tabelas 1 a 4), a dieta B (Tabela 2) foi a mais adequada, pois, apresentou maior viabilidade (ovo-adulto). Entretanto, esta dieta apresentou um número menor de lagartas vivas aos 25 dias em relação à dieta D (Tabela 6), provavelmente devido à falta de fagoestimulante.

Tabela 6 - Porcentagem de lagartas de *Telchin licus* vivas, após 25 dias da eclosão.

Temperatura $25,0 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$, UR: $70,0 \pm 10,0\%$ e fotofase de 14 h

Dieta	Viabilidade das lagartas após 25 dias da eclosão (%)	Viabilidade total (lagarta a adulto) (%)
A	$41 \pm 2,96$ b	$8 \pm 1,07$ b
B	$56 \pm 6,70$ ab	$33 \pm 3,44$ a
C	$45 \pm 7,00$ ab	$15 \pm 3,88$ b
D	$68 \pm 4,98$ a	$8 \pm 1,84$ b

Medias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O período médio de incubação de *T. licus* foi 13,1 dias. Para a dieta B, a duração média da fase larval foi 97,5 dias, a fase de pupa durou em média 32 dias, e a fase adulta, 10,8 dias, totalizando 140,3 dias para o período de larva a adulto. Existe uma grande variação deste ciclo na literatura, desde 60 a 90 dias até 180 a 300, conforme Guagliumi (1972/73). Almeida e Arrigoni (2009) obtiveram um tempo de vida médio para adultos (longevidade) de 6,7 dias para machos e de 7,4 dias para fêmeas.

4.1.2 Aprimoramento de uma dieta artificial para a criação de *T. licus*

O anticontaminante cloranfenicol inserido na nova dieta para a criação de *Telchin licus* inicialmente não controlou a contaminação por bactéria, pois houve uma mortalidade de aproximadamente 28% das lagartas. Assim, a quantidade deste anticontaminante foi aumentada para 0,50 g, resultando em uma visível diminuição da contaminação (Figura 11). Dessa forma, a nova quantidade deste anticontaminante foi adicionado à dieta E (Tabela 5).

A dieta E apresentou uma viabilidade (lagarta de terceiro a quarto ínstar-adulto) de 35%; entretanto, se não tivesse sido considerada a mortalidade inicial das lagartas que se alimentaram da dieta com baixa quantidade de anticontaminante, estima-se que a viabilidade poderia aumentar para 49%.

Figura 11 - (A) Frascos de vidro de 2,5 cm de diâmetro x 8,0 cm de altura contendo dieta artificial para a criação *Telchin licus* mantidos em estantes de plástico, com lagartas em estágio avançado de desenvolvimento e sem bactéria; (B) e (C) detalhes da lagarta. Temperatura $25,0 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$, UR: $70,0 \pm 10,0\%$ e fotofase de 14 h

Assim, a dieta E pode ser considerada uma dieta adequada para a criação de *T. licus* em laboratório. Entretanto, alguns ajustes nos componentes da dieta e em

suas características físicas devem ser feitas com o objetivo de aumentar a porcentagem de emergência, para que possa ser atingida a viabilidade ideal sugerida para que uma dieta artificial seja adequada, ou seja, 75% (SINGH, 1983).

4.2- Individualização das pupas de *T. licus* para a obtenção de insetos virgens

As pupas foram retiradas do casulo, separadas por sexo, colocadas no interior de placas de Petri (6 cm de diâmetro e 2 cm de altura) forradas com papel de filtro e mantidas separadamente em gaiolas de emergência (0,7 x 0,6 x 0,6 m) forradas com papel de filtro umedecido (Figura 12). Desta forma, os insetos emergidos e utilizados nos bioensaios não tiveram contato físico com o sexo oposto, garantindo que os mesmos eram adultos virgens.

Figura 12 - Pupas de *Telchin licus* para estudos comportamentais, no interior de gaiolas, mantidas em salas à $25,0 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$, UR: $70,0 \pm 10,0\%$ e fotofase de 14 h

4.3 Ritmo diário de emergência dos adultos de *T. licus*

Não foi observada assincronia na emergência de machos e fêmeas de *Telchin licus*, desconsiderando-se assim a existência de protandria (emergência dos machos antes das fêmeas) nesta espécie. Embora nos primeiros cinco dias só tenham emergido machos (Figura 13), estatisticamente, não houve diferença na emergência de ambos os sexos ($P > 0,3984$) durante os 35 dias de ocorrência de emergência, provavelmente porque, neste período, emergiram somente 5 indivíduos em um total de 155 adultos e também devido ao longo tempo de ocorrência de emergência. A razão sexual encontrada foi de 0,44.

Figura 13 Ritmo de emergência de machos e fêmeas de *Telchin licus*. Temperatura $25,0 \pm 2,0$ °C, UR: $70,0 \pm 10,0\%$ e fotofase de 14 h

A protandria é amplamente utilizada por lepidópteros como vantagem adaptativa para o sucesso no acasalamento e ela pode ser alcançada pela diminuição do tempo de desenvolvimento ou aumento da taxa de crescimento dos machos (ALLEN et al., 2010).

Insetos com gerações discretas (que se reproduzem uma vez ao ano e morrem após a reprodução) frequentemente apresentam protandria, como por

exemplo as borboletas *Euphydryas* spp. (Lepidoptera: Nymphalidae) (NÈVE; SINGER, 2008). Também ocorre protandria em *Heliconius* spp. (Lepidoptera: Nymphalidae), os machos adultos “guardam” as pupas fêmeas e se acasalam com fêmeas recém emergidas. Estas pupas fêmeas produzem voláteis que atraem os machos, assim garantem a cópula com machos de alta qualidade, que são capazes de protegê-las (ALLEN et al., 2010). Este fenômeno ocorre também, de maneira similar em *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae), sendo que as fêmeas recém-emergidas emitem voláteis para atrair os machos (CARTE et al., 1996).

Em *Lycaena tityrus* (Lepidoptera: Lycaenidae) e *Bicyclus anynana* (Lepidoptera: Nymphalidae) o grau de protandria está relacionado com a temperatura, sugerindo que a força de seleção da protandria pode depender das condições ambientais, que agem diretamente no número de instares larvais, no tempo de desenvolvimento total e no tamanho final dos adultos (ALLEN et al., 2010).

Segundo Stockel e Peypelut (1984) a ocorrência de protandria em uma espécie pode comprometer um programa de monitoramento de pragas utilizando-se o feromônio sexual para a captura de insetos e estimar a população. Assim, se os insetos apresentarem protandria a captura nas armadilhas, dependendo da época da coleta, pode resultar em estimativas populacionais sub ou superestimadas.

4.4 Horário de oviposição de *T. licus* em laboratório

Observou-se que *Telchin licus* coloca 68,0% dos ovos entre 12:00 e 16:00h (6 e 8 horas do início da fotofase), sendo que, o intervalo no qual os insetos colocaram mais ovos (37,1%) foi entre 12:00 e 14:00h. No horário das 16:00 às 18:00h foram depositados 15,1% dos ovos (Figura 14) e no final deste horário, a maior parte dos insetos já estava em repouso.

Assim, 90,6% dos ovos foram depositados, entre 6:00 e 18:00h, que corresponde ao período de fotofase, confirmando a atividade diurna da espécie relatada por Guagliumi (1972-73), Gallo et al. (2002), Almeida et al. (2007), Arrigoni (2008), e Moraes e Duarte (2009).

No período noturno, das 18:00 às 6:00h foram colocados 9,4% dos ovos, sendo que das 22:00 às 24:00h, uma das quinze fêmeas avaliadas depositou 2 ovos em um dos dias do experimento, correspondendo a 0,1% do total de ovos e entre

24:00 e 6:00h nenhum ovo foi depositado e nenhum inseto apresentou alguma atividade durante os 22 dias de duração do experimento.

Na maioria dos lepidópteros a luz tem grande influência sobre o comportamento reprodutivo e sexual (revisado por PARRA et al., 2002), o horário de oviposição pode ser um importante parâmetro para planejamento de estratégias de manejo de pragas, visando o controle de adultos (PARRA, 2001).

O período máximo que uma fêmea de *T. licus* permaneceu ovipositando foi 20 dias, e o número médio de ovos colocados por fêmea desta espécie foi 110,2, sendo que variou de 60 a 218 ovos. Almeida e Arrigoni (2009) relataram que o número máximo de ovos depositados por fêmeas de *T. licus* foi de 139.

Na natureza, a extensão do período de oviposição pode aumentar o sucesso reprodutivo por distribuir a produção dos ovos em uma ampla faixa de condições ambientais (SILVA et al., 2011).

Letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Figura 14 - Porcentagem de ovos colocados por fêmeas de *Telchin licus* em função do horário, mantidas a $25,0 \pm 2,0$ °C, UR: $70,0 \pm 10,0\%$ e fotofase de 14 h

4.5 Horário de acasalamento, duração e idade da primeira cópula *T. licus*

No primeiro bioensaio, no qual dez casais de *Telchin licus* foram individualizados em gaiolas (0,7 m X 0,6 m X 0,6 m) mantidas em telado (3,7 m x 3,9 m x 5,8 m), os insetos não apresentaram comportamento de cópula. Eventualmente, alguns insetos batiam freneticamente as asas e batiam contra a tela da gaiola, indicando que o espaço físico não estava de acordo com as necessidades da espécie, provavelmente devido ao tamanho do inseto [cerca de 35 mm de comprimento e 90 mm de envergadura alar (GALLO et. al., 2002)]. Sendo assim, este experimento foi substituído pelos testes realizados em telado (3,7 m x 3,9 m x 5,8 m).

No segundo bioensaio, no qual cinco casais de *T. licus* foram liberados no interior de telado (3,7 m x 3,9 m x 5,8 m) observou-se que os insetos iniciam a movimentação às 11h da manhã, que perdura até às 15 h, retornando ao repouso após este intervalo de tempo, sendo que as cópulas foram observadas entre 13:00 e 15:00h, corroborando com Almeida; Arrigoni (2009). Sant'Ana et al. (2005) observaram que o comportamento de corte e cópula de *T. licus* iniciava-se às 10:00h e encerrava-se às 14:00h. A presente pesquisa e aquela realizada por Almeida e Arrigoni (2009) foram realizadas na região Sudeste do país em horário de verão, enquanto que a de Sant'Ana et al. (2005) foi desenvolvida no Nordeste do país, onde não existe o horário de verão. Assim, se o horário de verão for desconsiderado os autores corroboram com o horário de comportamento reprodutivo de *T. licus*.

A duração média da cópula foi de 2 horas, entretanto o número de cópulas observado em telado (3,7 m x 3,9 m x 5,8 m) foi baixo (2), sugerindo que esta espécie necessita de um espaço maior para realizar o vôo nupcial. As cópulas observadas no telado ocorreram com fêmeas de 24h e 48h.

Paralelamente, foram observados casais em cópula no campo e constatou-se que não havia perda de escamas nas asas das fêmeas, indicando que estas eram recém-emergidas ou muito novas. Esta característica para mensurar a idade foi utilizada por Papke et al. (2005) que relataram que fêmeas de *Colias eurytheme* (Lepidoptera: Pieridae) preferem machos mais jovens, sendo que a idade dos machos foi concluída através da observação das asas aparentemente intactas, uma vez que com o passar do tempo os lepidópteros perdem as escamas.

4.6 Comportamentos de chamamento das fêmeas, corte dos machos e cópula

Observou-se que machos e fêmeas permanecem imóveis repousando sobre as folhas de cana-de-açúcar até às 11:00h da manhã, quando então iniciam a movimentação que perdura até as 15:00h, retornando ao repouso após este intervalo de tempo. Entretanto, para que esta movimentação ocorra é necessária a presença da luz do sol, pois, em dias nublados os insetos permanecem em repouso. Neste intervalo de tempo, que corresponde ao período mais quente do dia, o macho ao perceber a presença da fêmea voando próxima de si (cerca de 10 cm ou menos), passa a segui-la, dando início à uma perseguição aérea em movimentos serpentinos em alturas que variam de 50 cm do solo até o limite do telado (3,70 m).

Em média, o vôo nupcial dura dois minutos, então a fêmea pousa, e o macho pousa poucos centímetros abaixo e caminha até ela, movimentando as asas para cima e para baixo, até ficarem lado a lado, quando então o macho curva o abdome em direção à porção final do abdome da fêmea, dando início à cópula (Figura 15).

Sant'Ana et al. (2005) relataram que adultos de *T. licus* em comportamento de cópula voavam em zig-zag na altura média de 1,50 m dentro de uma gaiola de campo (10 m x 5 m x 3 m).

A duração do comportamento de corte em *Eurema lisa* (Lepidoptera: Pieridae) é de três a quatro segundos, e em *Danaus gilippus berenice* (Lepidoptera: Nymphalidae) é de aproximadamente 32 segundos (revisado por HOWSE, 1998).

Em mariposas, geralmente a fêmea permanece parada emitindo uma pluma de feromônio sexual para atrair os machos coespecíficos, os quais se orientam por esta pluma para encontrarem a fêmea e copularem (CARDÉ; MINKS, 1995); este comportamento geralmente ocorre no crepúsculo, para que os insetos evitem predadores, pois, neste horário os predadores noturnos ainda não iniciaram suas atividades e os diurnos estão finalizando-as (BENTO, comunicação pessoal, 2010).

Já em borboletas, geralmente são os machos que produzem feromônios sexuais, os quais agem à curta distância, como desencadeadores do processo de cópula ou como afrodisíacos, complementando o estímulo visual (Howse et al., 1998).

Brower et al. (1965, apud HOWSE et al., 1998) relataram o comportamento de corte de *Danaus gilippus berenice* (Lepidoptera: Nymphalidae), que os machos

liberam feromônios sexuais em finas partículas que aderem as antenas das fêmeas e as estimulam a pousar e aceitar o macho coespecífico.

Tinbergen et al. (1942, apud HOWSE et al., 1998) descreveram o ritual de corte de *Hipparchia semele* (Lepidoptera: Nymphalidae), o qual inicia com a fêmea passando suas antenas nas escamas das asas anteriores dos machos, pois, os órgãos androconiais presentes nesta região liberam um feromônio sexual, que é utilizado pela fêmea para a escolha de seu parceiro. Outras espécies do gênero *Colias* têm comportamento análogo (revisado por HOWSE et al., 1998); no entanto, neste gênero, a reflexão da luz ultravioleta nas asas dos machos é um fator de seleção de parceiros pelas fêmeas (KEMP, 2006).

Lepidópteros diurnos dependem muito da visão para orientação de fontes de parceiros e de néctar (HOWSE et al., 1998). Os elementos visuais incluem: cores, padrões de voo e padrões de reflexão ultravioleta. A luz ultravioleta é um comprimento de onda percebido pela maioria dos insetos, embora, imperceptível para os olhos humanos (RUTOWSKI, 1998).

Figura 15 - Comportamento de acasalamento de *Telchin licus*. (A) e (B) fêmea voando próximo ao macho, (C) macho perseguindo fêmeas, (D) perseguição aérea em movimentos serpentinos, (E) fêmea pousando em folha de cana-de-açúcar, (F) macho pousando e caminhando até a fêmea, movendo as asas para cima e para baixo e expondo o tufo de pelos no final do abdome, (G) macho tocando a fêmea, (H) macho curvando o abdome em direção à porção final do abdômen da fêmea e (I) cópula

4.7 Determinação da existência de feromônio sexual de fêmeas de *T. licus*

Nos dois primeiros ensaios preliminares descritos no item 3.7.2, nos quais uma fêmea viva de *Telchin licus* e um protótipo do inseto foram amarrados na extremidade de um equipamento que simulava o vôo da espécie, girando em círculos em alturas alternadas tanto no carreador quanto no interior da plantação da cana-de-açúcar, não ocorreu atração de insetos de campo, provavelmente devido ao fato dos insetos permanecerem no interior da cultura (dentro dos talhões), onde se movimentam, repousam e acasalam (Figura 16) e para a instalação deste equipamento, mesmo no interior do canavial, foi necessária a abertura de uma clareira, de no mínimo quatro metros de diâmetro.

Figura 16 - Adulto de *Telchin licus* em repouso no interior de um canavial localizado no município de Iracemápolis – SP. No detalhe, casal de *Telchin licus* em cópula. (A) Fêmea e (B) Macho

No terceiro bioensaio, em que o equipamento utilizado para simular o vôo de *T. licus* consistia de duas varas de pescar distanciadas 10 m, unidas por uma linha de pescar de cor verde, na qual a fêmea viva e o inseto “estilizado” foram amarrados em uma das extremidades e puxados até a outra com auxílio de molinetes, para simular o vôo de *T. licus*, no interior da plantação de cana-de-açúcar sem a retirada de nenhuma planta, ocorreu a aproximação de insetos selvagens; sendo assim, o ensaio definitivo foi instalado.

O ensaio definitivo constituiu de três tratamentos, fêmea viva, inseto “estilizado” e inseto “estilizado” acoplado com septo de borracha impregnado com extrato natural de 30 glândulas de fêmeas de *T. licus* sendo avaliados os seguintes parâmetros: número de insetos selvagens que se aproximou do respectivo tratamento; número de insetos selvagens que perseguiu o respectivo tratamento e o número de vezes que o mesmo inseto perseguiu o tratamento. Considerou-se perseguição quando o inseto selvagem seguiu o tratamento por mais de cinco metros.

O número de insetos selvagens que se aproximaram do inseto “estilizado”, da fêmea viva e do inseto “estilizado” com septo acoplado não diferiu entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade ($P < 0,5928$); também não houve diferença estatística em relação ao número de insetos que perseguiram os diferentes tratamentos ($P < 0,2363$); porém, quanto ao número médio de vezes que o mesmo inseto perseguiu o tratamento houve diferença entre o inseto “estilizado” e a fêmea viva ($P < 0,0772$) (Figura 17).

Um mesmo inseto chegou a perseguir o tratamento fêmea viva por treze vezes, indo e voltando na área experimental; no entanto, em quatro repetições o número de perseguições neste tratamento foi zero, resultando em um valor médio de 5,14. No tratamento inseto “estilizado” sem feromônio, o número máximo de vezes que um mesmo inseto perseguiu o tratamento foi um, sendo zero para todas as outras repetições, e o número médio foi de 0,1. Este resultado indica que somente a atração visual (incluindo movimentação e os padrões de reflexão da luz do sol nas asas das fêmeas de *T. licus*) não foi suficiente para estimular os machos selvagens a manterem uma perseguição ao inseto “estilizado”. Entretanto, o número médio de vezes em que os insetos selvagens perseguiram o inseto “estilizado” acoplado com o septo de borracha impregnado com feromônio sexual de *T. licus* foi 1,9, não diferindo estatisticamente da fêmea viva, indicando que para a manutenção da

perseguição em campo, possivelmente exista um feromônio mediando o acasalamento de *T. licus*, além da atração visual.

Embora não tenha havido diferença estatística, os insetos selvagens perseguiram com maior intensidade os tratamentos com fêmea virgem e com insetos “estilizados” acoplados com septo impregnado com extrato de glândulas de fêmeas; também o número de insetos que foram atraídos para os insetos “estilizados” acoplados com septo impregnado com extrato de glândulas foi numericamente maior do que nos outros tratamentos.

Letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade

Figura 17 - Número médio de insetos que se aproximou do tratamento, número médio de insetos que perseguiu o tratamento e o número médio de vezes que o mesmo inseto perseguiu o tratamento

Em dias nublados ou chuvosos não se observaram insetos se movimentando no campo. Desta forma, as repetições que foram instaladas nestas condições foram descartadas. Assim, sugere-se que outros sinais além da comunicação química

estejam envolvidos no comportamento reprodutivo de *T. licus*, principalmente em relação à reflexão da luz nas escamas iridescentes desta espécie.

A maioria das espécies neotropicais de Castiniidae possui coloração críptica ou padrão disruptivo nas asas anteriores, e asas posteriores caracteristicamente coloridas; em geral, apresentam escamas iridescentes em diferentes regiões do corpo (MORAES; DUARTE, 2009). A mariposa *Telchin licus* apresenta estas escamas iridescentes que mudam de cor conforme o ângulo e a intensidade da luz incidente (Figura 18).

Figura 18 - Detalhe da iridescência das escamas de *Telchin licus* que mudam de cor conforme a incidência de luz e o ângulo de observação

Na seleção sexual múltiplos sinais podem elicitar a escolha do parceiro. Entretanto a compreensão da maneira com que os insetos utilizam cada um destes sinais é difícil, porque, isto requeriria um profundo entendimento das ações que envolvem o processo de acasalamento na natureza (PAPKE et al., 2005).

Rutowski et al. (2010) concluíram que a percepção da iridescência no campo visual depende de vários fatores como a intensidade da luz incidente, posição do

observador, propriedades espectrais da luz, ângulo que os feixes de luz fazem com a superfície de reflexão, etc. Assim, considerando-se as complexidades comportamentais e ecológicas nas quais os sinais iridescentes são produzidos, estes autores afirmam que mais informações são necessárias para entender melhor a ação dos sinais iridescentes e como eles são percebidos pela natureza.

Pistas visuais atraem coespecíficos à longa distância em lepidópteros; entretanto, Papke et al. (2005) constataram que as pistas visuais influenciam a escolha de machos de *Colias eurytheme* (Lepidoptera: Pieridae) pelas fêmeas coespecíficas à curta distância. Com estes resultados, estes autores sugerem duas hipóteses: ou a espécie se utiliza de mensagens múltiplas para informações sobre qualidades distintas do parceiro, ou estas mensagens reforçam a qualidade destes parceiros.

Rutowshi (1978, apud HOWSE, 1998) demonstraram que as pistas visuais são responsáveis pelo comportamento de corte de *Eurema lisa* (Lepidoptera: Pieridae). De maneira análoga, Papke et al. (2005) constataram que o brilho da reflexão ultravioleta nas asas dos machos de *Colias eurytheme* (Lepidoptera: Pieridae) foi mais importante do que o feromônio para a escolha do parceiro pelas fêmeas.

Estes resultados reforçam a importância do conhecimento do comportamento reprodutivo da espécie a ser estudada para a determinação de estratégias de controle, pois os lepidópteros diurnos podem usar diferentes pistas para encontrar seus parceiros e a importância destas pistas varia conforme a espécie.

5 CONCLUSÕES

- a) A dieta artificial, à base de germe-de-trigo, levedura e farinha-de-soja, pode ser considerada uma dieta adequada para a criação de *Telchin licus* em laboratório;
- b) Há sincronia na emergência de machos e fêmeas de *T.licus*;
- c) *T. licus* deposita a maior parte dos ovos nas horas mais quentes do dia, entre 12:00 e 16:00 h;
- d) A movimentação dos adultos inicia-se às 11:00h e perdura até às 15:00h; os acasalamentos ocorrem com fêmeas novas, entre 13:00 e 15:00h e duram em média 2h;
- e) Fora da faixa de horário entre 11:00h e 15:00h os insetos permanecem em repouso, assim como em dias nublados e chuvosos (sem a presença da luz do sol);
- f) O ritual de corte de *T. licus* inicia-se com um vôo nupcial, que dura cerca de dois minutos, então a fêmea pousa e o macho pousa poucos centímetros abaixo e caminha até ficarem lado a lado, quando então o macho curva o abdome em direção à porção final do abdome da fêmea dando início à cópula;
- g) Além da comunicação química (feromônio), outros fatores também estão envolvidos no comportamento de acasalamento de *T. licus*, como a atração visual, a movimentação do inseto, e a presença da luz do sol.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, C.E.; ZWAAN, B.J.; BRAKEFIELD, P.M. Evolution of sexual dimorphism in the Lepidoptera. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 56, p. 445-464, 2011.
- ALMEIDA, L.C.; ARRIGONI, E.B. Parâmetros biológicos da broca gigante da cana-de-açúcar, *Telchin licus* (DRURY, 1773). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 84, n. 1, p. 56-61, 2009.
- ALMEIDA, L.C.; DIAS FILHO, M.M.; ARRIGONI, E.B. Primeira ocorrência de *Telchin licus* (DRURY, 1773), a broca gigante da cana-de-açúcar, no estado de São Paulo. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 82, n. 2, p. 233-226, 2007.
- ARRIGONI, E.B. Rombo gigante. **Panorama Rural**, São Paulo, v. 115, p. 72-73, 2008.
- ARRIGONI, E.B.; ALMEIDA, L.C.; BONANI, J.P.; STINGEL, E. Panorama atual das principais pragas de solo em cana-de-açúcar no Brasil. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA SOBRE PRAGAS DE SOLO, 13., 2011, Piracicaba. **Programa e livro de resumos...** Piracicaba: ESALQ, 2011. p. 75-77.
- BARBOSA, T.J.A.; MICHELETTI, S.M.F.B.; SOUZA, L.A. de; VIVEIROS, A.J.A.; SANTOS, A.N. Utilização de inseticida a base de fipronil no controle de *Telchin licus* (DRURY, 1773) (LEPIDOPTERA: CASTNIIDAE), em laboratório. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 22., 2008, Uberlândia. **Anais...** Disponível em: <<http://www.seb.org.br/eventos/CBE/XXIIICBE>>. Acesso em: 29 out. 2011.
- BENTO, J.M.S.; VILELA, E.F.; DELLA LUCIA, T.M.C. Considerações sobre a história do estudo e emprego de feromônios no Brasil. In: VILELA E.F.; DELLA LUCIA, T.M.C. (Ed.). **Feromônios de insetos: biologia, química e aplicação**. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2001. p. 147-159.
- BENTO, J.M.S.; PARRA, J.R.P.; VILELA, E.F.; WALDER, J.M.; LEAL, W.S. Sexual behaviour and diel activity of citrus fruit borer *Ecdytolopha aurantiana*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 27, n. 10, p. 2053-2065, 2001.
- BERGER, R.S. 2,6-Dichlorophenol, sex pheromone of the lone star tick. **Science**, Washington, v. 177, p. 704-705, 1972.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Agrofit**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 29 out. 2011.
- BUTT, B.A.; CANTU, E. **Sex determination of lepidopterous pupae**. Washington: USDA, 1962. 7 p.
- CANUTO, D.M.F.; SANTOS, J.C.; LIMA, P.A.V.; NASCIMENTO, W.D.F. do; PINHEIRO, M.P.M.A.; SILVA, J.V.; SILVA, E.S. Resistência de diferentes cultivares

de cana-de-açúcar a broca gigante sob cultivo orgânico no agreste alagoano. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA SOBRE PRAGAS DE SOLO, 13., 2011, Piracicaba. **Programa e livro de resumos...** Piracicaba: ESALQ, 2011. p. 160-162.

CARDÉ, R.T.; MINKS, A.K. Control of moth pests by mating disruption: successes and constraints. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 40, p. 559-585, 1995.

CARDE, R.T.; CHARLTON, R.E.; WALLNER, W.E.; BARANCHIKOV, Y.N. Pheromone-mediated diel activity rhythms of male Asian gypsy moths (Lepidoptera: Lymantriidae) in relation to female eclosion and temperature. **Annals of the Entomological Society of America**, Louisville, v. 89, n. 5, p. 745-753, 1996.

CHAPMAN, R.F. **The insects: structure and function**. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 770 p.

CORREIA, F.A.S.F. **Criação em laboratório de *Condylorrhiza vestigialis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera: Crambidae) com diferentes dietas artificiais**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

COSTA LIMA, A. Um novo inimigo da cana: a broca *Castnia licus* (Drury) descoberta em Pernambuco. **Chácaras e Quintais**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 377-378, 1928.

CRAVEIRO, K.I.C.; GOMES, J.E.; SILVA, M.C.M.; MACEDO, L.P.P.; LUCENA, W.A.; SILVA, M.S.; SOUZA, J.D.A. de; OLIVEIRA, G.R.; MAGALHÃES, M.T.Q. de; SANTIAGO, A.D.; GROSSI-de-SA, M.F. Variant Cry1Ia toxins generated by DNA shuffling are active against sugarcane giant borer. **Journal of Biotechnology**, Amsterdam, v. 145, n. 3, p. 215-221, 2010.

DIAS FILHO, M.M.; TANGERINI, N. Redécouverte de *Castnia geron* (Kollar, 1839) et description de La femelle de cette espèce (Lepidoptera: Castniidae). **Bulletin de la Société Entomologique de France**, Paris, v. 96, n. 1, p. 41-47, 1991.

EIRAS, A.E.; MAFRA NETO, A. Olfatometria aplicada ao estudo do comportamento de insetos. In: VILELA, E.F.; DELLA LUCIA, T.M.C. (Ed.). **Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas**. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2001. p. 27-39.

FERREIRA, J.T.B. A estrutura química: código de comunicação. In: VILELA, E.F.; DELLA LUCIA, T.M.C. (Ed.). **Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas**. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2001. p. 41-44.

FLECKE, C.; NOLTE, A.; STENGL, M. Perfusion with cAMP analogue affects pheromone-sensitive trichoid sensilla of the hawkmoth *Manduca sexta* in a time-dependent manner. **Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 213, p. 842-852, 2010.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. Cana-de-açúcar. In: _____. **Agrianual 2011: anuário da agricultura brasileira**. São Paulo, 2010. p. 215-217.

GADENNE, C.; PICIMBON, J.F.; BECARD, J.M.; LALANNE-CASSOU, B.; RENOU, M. Development and pheromone communication systems in hybrids of *Agrotis ipsilon*

and *Agrotis segetum* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 23, p. 191-209, 1997.

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

GARCIA, J.F.; BOTELHO, P.S.M. Broca gigante da cana-de-açúcar de açúcar **Revista Protec**, Piracicaba, ed. esp., p. 17-20, 2009.

GONZALEZ, J.M.; COCK, M.J.W. A synopsis of the Castniidae (Lepidoptera) of Trinidad and Tobago. **Zootaxa**, Auckland, v. 762, p. 1-19, 2004.

GREENE, G.L.; LEPLA, N.C.; DICKERSON, W.A. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 69, n. 4, p. 487-488, 1976.

GUAGLIUMI, P. **Pragas da cana-de-açúcar**: Nordeste do Brasil. Rio de Janeiro: Instituto do Açúcar e do Alcool, 1972-1973. 622 p. (Coleção Canavieira, 10).

GULLAN, P.J.; CRANSTON, P.S. **Os insetos**: um resumo de entomologia. 3. ed. São Paulo: Roca, 2007. 440 p.

HENSLEY, S.D.; HAMMOND, A.M. Laboratory techniques for rearing the sugar cane borer on an artificial diet. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 61, p. 1742-1743, 1968.

HOWSE, P.E.; STEVENS, I.D.R.; JONES, O.T. **Insect pheromones and their use in pest management**. London: Chapman & Hall. 1998. 369 p.

JACOBSON, M.; REDFERN, R.E.; JONES, W.A.; ALDRIDGE, M.H. Sex pheromones of the southern armyworm moth: isolation, identification and synthesis. **Science**, Washington, v. 170, p. 542-544, 1970.

KARLSON, P.; LÜSCHER, M. Pheromones, a new term for a class of biologically active substances. **Nature**, London, v.183, p. 55-56, 1959.

KELBER, A. Why “false” colours are seen by butterflies. **Nature**, London, v. 402, p. 251, 1999.

KEMP, D.J. Ultraviolet ornamentation and male mating success in a high-density assemblage of the butterfly. **Journal of Insect Behavior**, New York, v. 19, n. 5, p. 669-684, 2006.

KLOWDEN, M.J. **Physiological systems in insects**. 2nd ed. Burlington; San Diego; London: Press Academy, 2007. 699 p.

LAURENT, P.; SERGE, M.; PHILIPPE, A.; DENIS, B.; SERGINE, P. Assortative mating between European corn borer pheromone races: beyond assortative meeting. **PLOS ONE**, San Francisco, v. 2, n. 6, p. e555, 2007.

LIMA, E.R.; DELLA LUCIA, T.M.C. Biodinâmica dos feromônios. In: VILELA, E.F.; DELLA LUCIA, T.M.C. (Ed.). **Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas**. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2001. p. 13-25.

LIMA, V.T.; SANT'ANA, A.E.G.; REBOUÇAS, L.M.C. Resposta na antena de *Castnia licus* aos compostos (E,E)-; (E,Z)- e (Z,Z)-3,13-octadecadienol. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NATURAIS, 2., 2002, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Academia Cearense de Ciências, 2002. p. 49.

MARQUES, E.J. Controle biológico da cana-de-açúcar no Brasil. **Agropecuária**, Paraíba, v. 4, n. 43, p. 49-55, 1982.

MENDONÇA, A.F.; VIVEIROS, A.J.A.; FRANCISCO, F.S. A broca gigante da cana-de-açúcar, *Castnia licus* Drury, 1770 (Lep.: Castniidae). In: MENDONÇA, A.F. (Ed.). **Pragas da cana-de-açúcar**. Maceió: Insetos e Cia, 1996. p. 131-167.

MORAES, S.S.; DUARTE, M. Morfologia externa comparada das três espécies do complexo *Telchin licus* (Drury) (Lepidoptera, Castniidae) com uma sinonímia. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 53, n. 2, p. 245-265, 2009.

MORETI, A.C.C.C.; PARRA, J.R.P. Biologia comparada e controle de qualidade de *Heliothis virescens* (Fabrício, 1781) (Lepidoptera: Noctuidae) em dietas natural e artificial. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 50, n. 4, p. 7-15, 1983.

MYERS, J.G. Second report on an investigation into the biological control of West Indian insect pests. **Bulletin of Entomological Research**, Farnham Royal, v. 26, n. 2, p. 181-252, 1935.

NÈVE, G.; SINGER, M.C. Protandry and postandry in two related butterflies: conflicting evidence about sex-specific trade-offs between adult size and emergence time. **Evolutionary Ecology**, London, v. 22, p. 701-709, 2008.

NOMENCLATOR entomologicus. **Informativo SEB**, São Paulo, v. 32, n. 1, 2007. Disponível em: <<http://www.seb.org.br>>. Acesso em: 12 mar. 2010.

PAPKE, R.S.; KEMP, D.J.; RUTOWSKI, R.L. Multimodal signalling: structural ultraviolet reflectance predicts male mating success better than pheromones in the butterfly *Colias eurytheme* L. (Lepidoptera: Pieridae). **Animal Behavior**, Washington, v. 73, p. 47-54, 2007.

PARRA, A.L.G.C. **Comportamento reprodutivo de *Phyllocnistis citrella* Stainton, 1856 (LEPIDOPTERA: GRACILLARIIDAE)**. 2001. 79 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

PARRA, A.L.G.C.; VILELA, E.F.; BENTO, M.S. Horário de oviposição e ritmo diário de emergência de *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) em Laboratório. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 365-368, 2002.

PARRA, J.R.P. **Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico**. 3. ed. Piracicaba: FEALQ, 1999. 137 p.

_____. A evolução das dietas artificiais e suas interações em ciência e tecnologia. In: PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.P. (Ed.). **Bioecologia e nutrição de insetos, base para o manejo integrado de pragas**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2009. p. 91-174.

PARRA, J.R.P.; MISHFELDT, L.H. Comparison of Artificial diets for rearing the sugarcane borer. In: ANDERSON, T.E.; LEPLA, N.C. (Ed.). **Advances in insect rearing for research & pest management**. Colorado: Westview Press, 1992. p. 195-209.

PELLEGRINO, A.C. **Influência da pressão atmosférica no comportamento sexual dos insetos**. 2011. 58 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

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

PLETTNER, E.; GRIE, R. Agonists and antagonists of antennal responses of gypsy moth (*Lymantria dispar*) to pheromone disparlure and other odorants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 58, p. 3708-3719, 2010.

RAYMUNDO, B. Nomenclatura popular dos lepidópteros do Distrito Federal e seus arredores. **O Campo**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 6, p. 46-48, 1931.

REBOUÇAS, L.M.C.; CARACIOLO, M.S.B.; SANT'ANA, A.E.G.; PICKETT, J.A.; POW, E.M. Composição química da glândula abdominal da fêmea da mariposa *Castnia licus* (Drury) (Lepidoptera: Castniidae): possíveis feromônios e precursores. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 5, p. 645-648, set./out.1999.

RUTOWSKI, R.L. Mating strategies in butterflies. **Scientific American**, New York, v. 279, n. 1, p. 64-69, 1998.

RUTOWSKI, R.L.; NAHM, A.C.; MACEDONIA, J.M. Iridescent hindwing patches in the Pipevine Swallowtail: differences in dorsal and ventral surfaces relate to signal function and context. **Functional Ecology**, Oxford, v. 24, p. 767-775. 2010.

SANT'ANA, A.E.G.; MACHADO, R.R.S.; PIRES, E.V.; REBOUÇAS, L.M.C. Comportamento de cópula da mariposa *Castnia licus* (Castniidae) no canavial. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECOLOGIA QUÍMICA, 4., 2005, Piracicaba. **Programação e livro de resumos...** Piracicaba: ESALQ, 2005. p. 61.

SANTANA, C.S.T. **Síntese regio e estereosseletiva dos prováveis componentes feromonais da mariposa *Telchin licus licus* (Lepidoptera: Castniidae)**. 2010. 132 p. Tese (Doutorado em Química e Biotecnologia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.

SAS INSTITUTE. **SAS v. 9**. Cary, 2002-2008.

SASHAR, N.; CRONIN, T.W.; WOLFF, L.B.; CONDON, M.A. The polarization of light in a tropical rain forest. **Biotropica**, Washington, v. 30, n. 2, p.275-285, 1998.

SILVA, A.J.; GONÇALVES, C.R.; GALVÃO, D.M.; GONÇALVES, A.T.L., GOMES, J.; SILVA, M.N.; SIMONI, I. **Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério de Agricultura, Serviço de Defesa Sanitária Vegetal, 1968. 622 p.

SILVA, E.D.B. da; KUHN, T.M.A.; MONTEIRO, L.B. Oviposition behavior of *Grapholita molesta* Busck (Lepidoptera: Tortricidae) at different temperatures. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 40, n. 4, p. 415-420, 2011.

SILVA, J. Nova praga ataca a cana-de-açúcar. **Canavieiro Paulista**, São Paulo, n. 110, p. 9, 2008.

SINGH, P.A. General purpose laboratory diet mixture for rearing insects. **Insect Science and its Application**. Oxford, v. 4, p. 357-362, 1983.

SPAROVEK, G.; BERNDDES, G.; BARRETTO, A.; MARTINS, S.P.; MAULE, R.; BURGI, R.; SMORIGO, J. **Polos de produção de energia, alimento e cidadania: conceito e aplicação em políticas públicas**. Piracicaba: GAJ Editora e Comunicação, 2009. 108 p.

STAVENGAL, D.G.; GIRALDO, M.A.; LEERTOUWER, H.L. Butterfly wing colors: glass scales of *Graphium sarpedon* cause polarized iridescence and enhance blue/green pigment coloration of wing membrane. **The Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 213, n. 10, p. 1731-1739, 2010.

STOCKEL, J.; PEYPELUT, L. Importance of protandry in effectiveness of using pheromone traps to estimate the numerical importance of males of the european corn-borer *Ostrinia-Nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae). **Oecologia Applicata**, Paris, v. 5, n. 3, p. 235-243, 1984.

SWEENEY, A.; JIGGINS, C.; JOHNSEN, S. Polarized light as a butterfly mating signal. **Nature**, London, v. 423, n. 1, p. 31-32, 2003.

TABATA, J.; ISHIKAWA, Y. Genetic basis to divergence of sex pheromone in two closely related moths, *Ostrinia scapularis* e *O. zealis*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 31, p. 1111-1124, 2005.

TILLMAN, J.A.; SEYBOLD, S.J.; JURENKA, R.A.; BLOMQUIST, G.J. Insect pheromones: an overview of biosynthesis and endocrine regulation. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, Oxford, v. 29, p. 481-514, 1999.

VILELA, E.F.; DELLA LUCIA, T.M.C. Introdução aos semioquímicos e terminologia. In: _____. (Ed). **Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas**. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2001. p. 9-12.

VILLAS BOAS, A.M. The effect of insecticide subdoses on *Beauveria bassiana* fungus and on bores of sugar-cane. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 34, n. 2, p. 287-302, 1991.

VILLAS BOAS, A.M.; ALVES, S.B. Patogenicidade de *Beauveria spp.* e seu efeito associado ao inseticida monocrotofós sobre *Castnia licus* (Drury, 1770) (Lepidoptera: Castniidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 17, n. 2, p. 305-332, 1988.

XU, Z.; CAO, G-C.; DONG, S-L. Changes of sex pheromone communication systems associated with tebufenozide and abamectin resistance in diamondback moth, *Putella xylostella*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 36, p. 526-534, 2010.

ZARBIN, P.H.G. Extração, isolamento e identificação de substâncias voláteis de insetos. In: VILELA, E.F.; DELLA LUCIA, T.M.C. **Feromônios de insetos**: biologia, química e emprego no manejo de pragas. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos, 1987. p. 45-50.

ZARBIN, P.H.G.; RODRIGUES, M.A.C.M.; LIMA, E.R. Feromônios de insetos: tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 2151-2158, 2009.