



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
(AGROECOLOGIA)

ASPECTOS COMPORTAMENTAIS NA CRIAÇÃO DE INSETOS ENVOLVIDOS
NO CONTROLE BIOLÓGICO DA *Diatraea flavipennella*

ROBERTO BALBINO DA SILVA

BANANEIRAS – PB

2019

ROBERTO BALBINO DA SILVA

**ASPECTOS COMPORTAMENTAIS NA CRIAÇÃO DE INSETOS ENVOLVIDOS
NO CONTROLE BIOLÓGICO DA *Diatraea flavipennella***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (Agroecologia) do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias (Agroecologia).

Área de Concentração: Ciências Agrárias, Indicadores e Sistema de Produção Sustentável.

Orientador: Prof. Italo de Souza Aquino Ph.D

Co-orientador: Prof. Dr. Geovergue Rodrigues de Medeiros

BANANEIRAS – PB

2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586a Silva, Roberto Balbino da.

ASPECTOS COMPORTAMENTAIS NA CRIAÇÃO DE INSETOS
ENVOLVIDOS NO CONTROLE BIOLÓGICO DA *Diatraea*
flavipennella / Roberto Balbino da Silva. - João
Pessoa, 2019.

52 f.

Orientação: Italo de Souza Aquino.

Coorientação: Geovergue Rodrigues de Medeiros.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCHSA.

1. Ciclo biológico. 2. *Cotesia flavipes*. 3. *Diatraea*
saccharalis. 4. Produção massal. I. Aquino, Italo de
Souza. II. Medeiros, Geovergue Rodrigues de. III.
Título.

UFPB/CCHSA-BANANEIRAS

ROBERTO BALBINO DA SILVA

**ASPECTOS COMPORTAMENTAIS NA CRIAÇÃO DE INSETOS ENVOLVIDOS
NO CONTROLE BIOLÓGICO DA *Diatraea flavipennella***

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (Agroecologia) do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, como parte obrigatória das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias (Agroecologia).

Aprovada em: 27 de Novembro 2019.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Italo de Souza Aquino, Ph.D. (Depto. Ciência Animal – CCHSA, UFPB)
Orientador

Prof. Dr. Geovergue Rodrigues de Medeiros (Depto. Produção Animal, INSA)
Co-orientador

Prof. Dr. Péricles de Farias Borges (Depto. Ciências Fund. e Sociais – CCA, UFPB)
Examinador

Prof. Dr. Alex da Silva Barbosa (Depto. Agricultura – UFPB, CCHSA)
Examinador

Bananeiras – PB

2019

Dedico este trabalho aos meus pais, Leticia e Pedro, ao meu filho Miguel, à Livia, minha querida esposa, e aos meus irmãos Rejane, Robenilson e Rogéria.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente, a Deus, por me dar forças ao longo do caminho, pois muitas vezes me senti fraco diante dos obstáculos enfrentados, mas Ele, através de seus misteriosos caminhos, me mostrou sinais de que não podemos desistir daquilo que sonhamos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (Agroecologia) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), pela oportunidade da realização do curso de Mestrado.

À Associação de Plantadores de Cana da Paraíba (ASPLAN), pelo apoio e compreensão nos dias de aula que ficava ausente do trabalho.

Ao Presidente da ASPLAN José Inácio, ao Diretor e Vice Diretor do Departamento Técnico Francisco Sequeira e Pedro Neto, ao Coordenador do Departamento Técnico Luis Augusto e todos que fazem parte da administração da ASPLAN, muito obrigado.

Ao professor Dr. Italo de Souza Aquino pela orientação, paciência, ensinamentos, auxílio e amizade durante o curso.

Aos professores da Banca Dr. Péricles de Farias Borges, pelo grande auxílio na estatística, Dr. Alex da Silva Barbosa e Dr. Geovergue Rodrigues de Medeiros pelo apoio e compreensão.

Aos professores e pesquisadores do Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias (Agroecologia) George Beltrão (Estatística), Italo Aquino (Seminário e Metodologia da Pesquisa), Thiago de Sousa Melo (Softwares Estatísticos), Marcos Barros (Processos Trofobióticos de Proteção de Plantas), Alexandre Eduardo (Fundamentos da Agroecologia), Manoel Alexandre (Processo de Conservação de Solo e água), Solange de Souza (Certificação de Produtos Orgânicos), a todos meu muito obrigado, e as demais Professores pela colaboração com o Programa. Ao professor Marcos Barros de Medeiros, que foi fundamental nessa conquista.

À equipe do Laboratório de Produção de Controladores Biológicos da ASPLAN (LPCBA), Livia, Robenilson, Alcides, Oziene, Ivone, Wilma, Erinaldo, Antônio, Diego, Edson, Karla Elianoura, Danilo e José de Souza (campo), pela realização do trabalho e compreensão nas análises.

À Livia Marques, por sempre estar presente nos momentos de felicidade e aflição durante o curso de Mestrado.

Aos familiares, primos, tios, irmãos, amigos, que acompanharam essa conquista e todos do Sítio Volta.

À Oziene Vicente e os estagiários Emanuel, Gabriel e Estefany que colaboraram na montagem dos experimentos.

Ao Vamberto e ao Vander pelo apoio e incentivo durante o processo classificatório.

À turma de Pós-Graduação de 2017.1, Alexsandra, Vitor, Jair, Tatiane, André, Ivanildo, inclusive aos participantes da cadeira Processo Trofobióticos de Proteção de Plantas, em cuja oportunidade cursava como aluno especial, ministrada pelo Dr Marcos Barros de Medeiro, grande professor e amigo. Grato pelos ensinamentos.

Aos amigos das turmas de Pós-Graduação de 2018.1: Ivan, Fabiana, Tiago, David (Sossego), Stefano, Sara e Ana Paula. 2018.2: Milene, Josinaldo, Moises, Erica, Jazy e Amanda. 2019.1 Tulio, Moises, Manuela, Paulo, João Henrique, Cid, Lillyane, Marcos, Luciano, Carlos, Jany, Giu Salviano, G Karen, pelos bons momentos que passamos juntos e pelo auxilio sempre que necessário.

Aos amigos Ivan e Josinaldo pelos finais de semana estudando estatística, grato pela amizade e companheirismo.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, sou grato!

“Na natureza nada se cria, nada se perde,
tudo se transforma”.

Antoine Lavoisier

RESUMO

A Paraíba é proeminente na produção de cana-de-açúcar, sendo o terceiro estado com maior impacto produtivo no Nordeste. Na safra 2018/2019, o estado processou 5.675.107,870 milhões de toneladas destinadas à produção de 118 mil toneladas de açúcar e de 382 mil m³ de etanol. Dentre os múltiplos aspectos que perpassam pela cultura da cana-de-açúcar, esse estudo privilegia o controle biológico, mais precisamente o ciclo biológico e os aspectos comportamentais de *Cotesia flavipes* e *Diatraea saccharalis* produzidas em laboratório, no litoral norte paraibano. Os experimentos da pesquisa foram desenvolvidos no Laboratório de Produção Massal de Controle Biológico (LPMCB) da Associação de Plantadores de Cana da Paraíba (ASPLAN), em Mamanguape, no litoral norte da Paraíba. Em relação aos insetos *C. flavipes* foram mensuradas a duração de ovo-larva; a duração de pupa; o quantitativo de adultos; a quantidade de casulos por lagarta; a viabilidade de pupas; a razão sexual nas três temperaturas (21, 25 e 29°C) e a eficiência entre manipuladores masculino e feminino. No tocante às variáveis comportamentais do hospedeiro da praga *D. saccharalis*, foram observados o ciclo biológico da *D. saccharalis* do ovo-adulto, a viabilidade de larvas e pupas, e razão sexual dos adultos e a quantidade de larvas por casais. Na primeira etapa, correspondente à avaliação do ciclo biológico de vida ovo-adulto, o experimento utilizou 34 casais selecionados aleatoriamente da criação comercial do laboratório, acomodados de modo individualizado. Na segunda etapa, para diagnosticar a viabilidade de larva-pupa, larva-adulto e pupa-adulto, bem como a razão sexual dos adultos de *D. saccharalis*, foram coletadas 600 larvas durante cinco semanas, sendo 120 unidades semanais. Na terceira etapa, em relação às avaliações do experimento para mensurar a quantidade de larvas por casais, fez-se necessário executar quatro tratamentos com 10 repetições cada um, sendo utilizado um casal adulto de inseto por câmara de acasalamento. Realizou-se uma análise de variância e a média comparada pelo programa estatístico do teste de *Student-Newlman-Keuls* conhecido por *Cloud Radio Access Networks* (CRAN), versão 2019. Nos resultados obtidos no presente estudo, os aspectos comportamentais de parasitoides produzidos em laboratório apresentam diferenças entre as temperaturas controladas. Concluindo que a amostra de parasitoide apresenta qualidade satisfatória para os parâmetros analisados e que a temperatura é um fator importante para prolongar ou diminuir o ciclo de vida de *C. flavipes* e *D. saccharalis*.

Palavras-chave: Ciclo biológico. *Cotesia flavipes*. *Diatraea saccharalis*. Produção massal.

ABSTRACT

Paraíba is prominent in the sugarcane production, being the third state with highest productive impact in the Northeast. In the 2018/2019 harvest, the state processed 5,675,107.870 million tons destined to the production of 118 thousand tons of sugar and 382 thousand m³ of ethanol. Among the multiple aspects that permeate the sugarcane culture, this study focus on the biological control, more precisely the biological cycle and behavioral aspects of *Cotesia flavipes* and *Diatraea saccharalis* produced in laboratory, on the Paraíba north coast. The research experiments were carried out at the Mass Production of Biological Control Laboratory (LPMCB) of the Paraíba Sugarcane Growers Association (ASPLAN), in Mamanguape, the north coast of Paraíba. Regarding the *C. flavipes* insects there were measured the egg-larva duration; the pupa duration; the quantitative of adults; the number of cocoons per caterpillar; the pupae viability; the sex ratio at the three temperatures (21, 25 and 29°C) and the efficiency among male and female handlers. Regarding the *D. saccharalis* pest host behavioral variables, it was observed the *D. saccharalis* egg-adult biological cycle, the larvae and pupae viability, adult sex ratio and the number of larvae per couple. In the first stage, corresponding to the egg-adult life biological cycle evaluation, the experiment used 34 couples randomly selected from the laboratory commercial creation, individually accommodated. In the second stage, to diagnose the larva-pupa, larva-adult and pupa-adult viability, as well as the *D. saccharalis* adult sex ratio, 600 larvae were collected during five weeks, 120 units per week. In the third stage, regarding the experiment evaluations to measure the number of larvae per couple, it was necessary to perform four treatments with 10 repetitions each, using one adult couple of insects per mating chamber. As analysis of variance was performed and the average was compared through the statistical program of the Student Newlman Keuls Test – Cloud Radio Access Networks (CRAN) version 2019. In the results obtained by the study, the laboratory-produced parasitoids behavioral aspects present differences among the controlled temperatures. Concluding that the parasitoid sample presents satisfactory quality to the analyzed parameters and that temperature is an important factor to extend or reduce the *C. flavipes* and *D. saccharali* life cycle.

Keywords: Biological cycle. *Cotesia flavipes*. *Diatraea saccharalis*. Mass production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Resultados obtidos do ciclo de vida de <i>Cotesia flavipes</i> em temperaturas distintas	22
Figura 2.1 – Eficiência de <i>Cotesia flavipes</i> adulto armazenado em geladeira (CV=5,92; $p=0,0001$)	25
Figura 3.1 – Eficiência de <i>Cotesia flavipes</i> em geladeira com descanso (CV = 7,9; $p = 0,0001$)	26
Figura 4.1 – Média percentual da eficiência de inoculação por gênero dos trabalhadores	27
Figura 5.1 – Média percentual da eficiência de inoculação em função do gênero	30
Figura 1.2 – Longevidade ovos, larvas e pupas de <i>Diatraea Saccharalis</i> (CV% =0; p (RL) = 0,0001).....	38
Figura 2.2 – Longevidade fêmeas e machos de <i>Diatraea saccharalis</i> (CV%=11,13; p (RL)= 0,0001)	39
Figura 3.2 – Média de viabilidade larva/pupa, larva/adulto e pupa/adulto <i>Diatraea saccharalis</i>	42
Figura 4.2 – Quantidade média de larvas por casal <i>Diatraea saccharalis</i> (CV%=39,94; $p=0,04$	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Influência da temperatura na biologia da <i>Cotesia flavipes</i>	22
Tabela 2.1 – Percentual de adultos de <i>Cotesia flavipes</i> vivos em função de temperatura e tempo	23
Tabela 3.1 – Média mensal de <i>Cotesia flavipes</i> por embalagem (copo) e a razão sexual	24
Tabela 1.2 – Longevidade de <i>Diatraea saccharalis</i> para cada fase de desenvolvimento	40
Tabela 2.2 – Viabilidade <i>Diatraea saccharalis</i> em cada fase de desenvolvimento e razão sexual	41

LISTA DE SIGLAS

ABCBio	Associação Brasileira das Empresas de Controle Biológico
ANOVA	Análise de Variância
ASPLAN	Associação de Plantadores de Cana da Paraíba
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CRAN	Cloud Radio Access Networks
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
IAA	Instituto de Açúcar e Alcool
LPMCB	Laboratório de Produção Massal de Controle Biológico
PLANALSUCAR	Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar
PPGCAG	Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias
RL	Regressão Linear
UFPB	Universidade Federal da Paraíba

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	13
CAPÍTULO 1 – ASPECTOS COMPORTAMENTAIS DO PARASITOIDE <i>Cotesia flavipes</i> PRODUZIDO EM LABORATÓRIO NO LITORAL NORTE PARAIBANO...	15
1.1 INTRODUÇÃO	16
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	17
1.2.1 Influência da temperatura na biologia e no ciclo de vida de <i>Cotesia flavipes</i>	18
1.2.2 Longevidade de <i>Cotesia flavipes</i> adultos	19
1.2.3 Razão sexual e quantidade de <i>Cotesia flavipes</i> por copo	19
1.2.4 Armazenamento de <i>Cotesia flavipes</i> adultos em baixas temperaturas	19
1.2.5 Eficiência de armazenamento de <i>Cotesia flavipes</i> na geladeira, com descanso antes do parasitismo	20
1.2.6 Eficiência de inoculação entre gêneros de <i>Cotesia flavipes</i>	21
1.2.7 Perspectiva de Análise dos dados	21
1.3 RESULTADOS	21
1.3.1 Influência da temperatura na biologia e no ciclo de vida de <i>Cotesia flavipes</i>	21
1.3.2 Longevidade de adulto de <i>Cotesia flavipes</i>	23
1.3.3 Razão sexual e quantidade de <i>Cotesia flavipes</i> por copo	24
1.3.4 Armazenamento de <i>Cotesia flavipes</i> adultos em baixas temperaturas	25
1.3.5 Eficiência de armazenamento de <i>Cotesia flavipes</i> na geladeira com temperatura 3°C, com descanso antes do parasitismo	26
1.3.6 Eficiência de inoculação entre gêneros	27
1.4 DISCUSSÃO	28
1.5 CONCLUSÃO	31
REFERÊNCIAS	32
CAPÍTULO 2 – ASPECTOS COMPORTAMENTAIS DO HOSPEDEIRO <i>Diatraea saccharalis</i> PRODUZIDAS EM LABORATÓRIO NO LITORAL PARAIBANO	35
2.1 INTRODUÇÃO	36
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	37
2.3 RESULTADOS	39
2.4 DISCUSSÃO	44
2.5 CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS.....	48
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS	52

INTRODUÇÃO GERAL

Nas perspectivas histórica, econômica e cultural, o cultivo de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) representa um produto agrícola importante para o Brasil no cenário internacional do agronegócio, figurando entre os maiores produtores (BOTELHO *et al.*, 1980). Por ser um produto destinado à alimentação humana, tornou-se alvo de disputa e poder. Segundo a Associação de Plantadores de Cana da Paraíba (ASPLAN), em estudo publicado em 2014, essa cultura encontrou lugar ideal na Paraíba. A introdução de cana-de-açúcar na Paraíba foi em 1587, com a instalação do primeiro engenho da cultura instalado em Santa Rita, na região metropolitana de João Pessoa. A cana-de-açúcar representou, até a primeira metade do século XIX, um papel relevante na economia da regional e, a partir do ano de 1920, os antigos engenhos foram substituídos por usinas de açúcar e destilaria de álcool (ASPLAN, 2014). De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a Paraíba é destaque na produção de cana-de-açúcar, a tal ponto que é o terceiro estado com maior impacto produtivo no Nordeste (CONAB, 2019). Na safra 2018/2019, a Paraíba processou 5.675.107,870 milhões de toneladas, sendo destinadas à produção de açúcar, com 118 mil toneladas e de etanol com 382 mil m³ (ASPLAN, 2019; UNICA, 2019).

A justificativa da realização dessa pesquisa no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (PPGCAG) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), na área de Agroecologia, está atrelada à perspectiva histórico-econômica e cultural da produção de cana-de-açúcar. A produção de cana-de-açúcar é afetada em virtude da ação biológica de insetos que usam as plantações como alimento (GALLO *et al.*, 2002). Dentre as espécies de insetos consideradas pragas ao cultivo dessa cultura, destaca-se a broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis*, objeto de estudo de várias pesquisas realizadas em prol do controle desse lepidóptero. Das 21 espécies de *Diatraea* do continente americano, apenas *D. saccharalis* e *D. flavipennela* (Box, 1931) (Lepidoptera: Crambidae) possuem importância econômica no cultivo da cana-de-açúcar, sendo essa última com predominância na região Nordeste e no estado do Rio de Janeiro (MENDONÇA, 1996).

Sustentabilidade, produtividade e agroecologia representam um terreno fértil à interdisciplinaridade entre biologia e agropecuária em prol de resultados científicos sobre o controle biológico de pragas recorrente no cultivo de cana-de-açúcar. No controle químico, o uso de pesticidas tem baixa eficácia em função das lagartas sobreviverem no interior dos colmos das plantas. Por outro lado, no controle biológico, inimigos naturais combatem a *D. saccharalis* na cultura canavieira – predadores, parasitoides e alguns microrganismos

entomopatogênicos (SANTOS, 2018). O controle biológico de pragas representa um diferencial no mundo comercial competitivo, economicamente globalizado e tecnologicamente estruturado. Nesse sentido, a certificação de práticas sustentáveis à produção agrícola de cana-de-açúcar traz reputação positiva ao agronegócio e agrega valor. Pois, o meio ambiente e a insalubridade do ambiente de trabalho com controle químico de pragas representam um desafio ao engenheiro agrícola que atua nesse setor mercadológico da agroecologia (NAVA; PINTO; SILVA, 2009).

O controle biológico pode ocorrer de quatro modos: artificial (acréscimo de parasitoides, patogênicos e predadores); clássico (introdução de parasitoides e predadores através de colonização, importação e soltura); natural (controle natural no local por meio do equilíbrio de pragas ou agentes nativos); aplicado (criação em larga escala nos laboratórios especializados e comercializados, também denominados de inseticidas biológicos). O uso desses métodos de controle biológico favorece o aprimoramento do produto agrícola, evitando a incidência de resíduos nos alimentos, reduzindo os impactos ambientais e à saúde humana. De fato, o controle biológico é inflamado na atualidade, em função da demanda por produtos agrícolas com menos agrotóxicos (PARRA *et al.*, 2002).

No Brasil, a vespa *C. flavipes* é empregada desde a década de 1970 no controle biológico aplicado à broca da cana-de-açúcar – *D. saccharalis*. Para tanto, o aprimoramento metodológico da criação massal é essencial, tal como ocorreu nos laboratórios da Copersucar e do Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar (PLANALSUCAR), sendo posteriormente seguidos por várias usinas açucareiras e laboratórios particulares (BOTELHO *et al.*, 1980). As colônias de *C. flavipes* nas biofábricas brasileiras foram fundadas com a introdução de indivíduos “selvagens” de Trindade e Tobago nos anos de 1960, não havendo relato de novas introduções. Nas regiões produtoras de cana-de-açúcar, através do Instituto de Açúcar e Alcool (IAA) em conjunto com o PLANALSUCAR, a adaptação e aperfeiçoamento da metodologia de produção elevou o desempenho da produção em laboratório e no campo (BOTELHO; MACEDO, 2002). Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Controle Biológico (ABCBio), apesar da existência de, aproximadamente, 20 empresas e 30 usinas que produzem e comercializam *C. flavipes* no Brasil (ABCBio, 2018), as populações são oriundas de indivíduos aparentados e ancestrais comuns – endogâmicas (GRIFFITHS *et al.*, 2008; SANTOS, 2018). Na Paraíba, desde 1993 ocorre a produção de *C. flavipes* através da ASPLAN em parceria com o extinto PLANALSUCAR (ABCBio, 2018). Nesse sentido, esse estudo privilegia o ciclo biológico e os aspectos comportamentais de *C. flavipes* e *D. saccharalis* produzidas em laboratório no litoral norte paraibano.

CAPÍTULO 1 – ASPECTOS COMPORTAMENTAIS DO PARASITOIDE *Cotesia flavipes* PRODUZIDO EM LABORATÓRIO NO LITORAL NORTE PARAIBANO

Roberto Balbino da Silva
 Italo de Souza Aquino
 Geovergue Rodrigues de Medeiros
 Péricles de Farias Borges
 Alex da Silva Barbosa

RESUMO

Dentre os múltiplos aspectos que perpassam pelo controle biológico e sustentável na cultura da cana-de-açúcar, este estudo privilegia os aspectos comportamentais de *Cotesia flavipes* produzidas em laboratório no litoral norte paraibano, mais especificamente no município de Mamanguape, com o objetivo de avaliar o comportamento da produção em laboratório para melhor desempenho em campo. Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Produção Massal de Controle Biológico (LPMCB) da Associação de Plantadores de Cana da Paraíba (ASPLAN) e realizados em delineamento inteiramente casualizado, em salas climatizadas com temperaturas de 21, 25 e 29 °C, umidade relativa do ar variando de 70±10% e fotofase de 12 horas. Foram utilizadas 34 lagartas (repetição) para cada temperatura, avaliando-se as seguintes variáveis biológicas: durações de ovo-larva; duração de pupa; adultos; quantidade de casulos por lagarta, viabilidade de pupas; razão sexual nas três temperaturas e a eficiência entre manipuladores masculino e feminino. Os resultados obtidos no presente estudo enaltecem que os aspectos comportamentais de parasitoides produzidos em laboratório apresentam diferenças entre as temperaturas controladas. Infere-se que a amostra de parasitoide apresenta padrões aceitáveis para os parâmetros analisados.

Palavras-chave: Aspectos comportamentais. Cana-de-açúcar. Controle biológico. Produção massal.

ABSTRACT

Among the multiple aspects that permeate the biological and sustainable control in the sugarcane culture, this study focus on the behavioral aspects of the laboratory-produced *Cotesia flavipes* in the north coast of Paraíba, more precisely in the city of Mamanguape, with the purpose to evaluate the laboratory produced behavior for better field performance. The experiments were carried out at the Mass Production of Biological Control Laboratory (MPBCL) of the Paraíba Sugarcane Growers Association (PSGA) and performed in a completely randomized design, in rooms with a controlled Temperature of 21, 25 and 29°C, relative air humidity ranging from 70±10% and 12 hours photophase. 34 Caterpillars (repetition) were used for each temperature, evaluating the following biological variables: egg-larva duration; pupae duration; adults; number of cocoons per caterpillar; pupae viability; sex ratio at the three temperatures and efficiency among male and female manipulators. The results obtained in the research emphasize that the behavioral aspects of laboratory-produced parasitoids presents difference among the controlled temperatures. It is inferred that the parasitoid sample presents acceptable standards for the analyzed parameters.

Keywords: Behavioral aspects. Sugarcane. Biological control. Massal production.

1.1 INTRODUÇÃO

No cenário internacional, o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar, com uma produção estimada em 620.832 milhões de toneladas na safra 2018/2019. Sendo que, na região Norte-Nordeste, a produção de cana-de-açúcar foi de aproximadamente 47.707 milhões de toneladas, representando cerca de 8% de toda a produção nacional (UNICA, 2019). No Nordeste, a Paraíba é destaque na produção de cana-de-açúcar, estando em terceiro lugar, cujo estado de Alagoas detém a maior produção de cana e Pernambuco em segundo lugar (CONAB, 2019). Na safra 2018/2019, a Paraíba processou 5.675.107,870 milhões de toneladas, sendo destinadas à produção de açúcar, com 118 mil toneladas e para etanol com 382 mil m³ (ASPLAN, 2019; UNICA, 2019).

A cana-de-açúcar é fonte de alimento para mais de 80 espécies de insetos, cuja *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) é a principal praga à cultura (PINTO; GARCIA; BOTELHO, 2006). Porém, das 21 espécies de *Diatraea* no continente americano, apenas *D. saccharalis* e *D. flavipennela* (Box, 1931) (Lepidoptera: Crambidae) possuem importância econômica, sendo essa última com predominância na região Nordeste e no estado do Rio de Janeiro (MENDONÇA *et al.*, 1996). Quanto ao controle biológico da *D. saccharalis*, cabe evidenciar que (Cameron, 1891) (*Hymenoptera: Braconidae*) é uma alternativa para substituir o controle químico contra a broca. De fato, a utilização de *C. flavipes* é inerente aos programas de redução da densidade populacional de algumas espécies de lepidópteros-praga, particularmente da família Crambidae (POLASZEK; WALKER, 1991; PARRA *et al.*, 2002; CRUZ, 2007). No âmbito internacional, o agronegócio tem a responsabilidade de preservar o meio ambiente e, através dos avanços tecnológicos alcançados pela entomologia brasileira, tem possibilitado a multiplicação do parasitoide *C. flavipes* desde 1974, cujo estado de Alagoas foi pioneiro.

A relevância dessa pesquisa está atrelada ao fato da utilização de uma grande extensão de área no cultivo da cana-de-açúcar no Brasil, com aproximadamente 10,9 milhões de hectares plantados, o estado da Paraíba se destaca no Nordeste com aproximadamente 119 mil hectare plantadas (CONAB, 2019). Em geral, os laboratórios produtores de *C. flavipes* não seguem um protocolo de controle de qualidade para criação massal, cujos parâmetros avaliados para mensurar a qualidade do inseto são restritos às mobilidades dos adultos (capacidade de voo), à razão sexual e à coloração das massas das pupas produzidas (BUG AGENTES BIOLÓGICOS, 2016). A variabilidade genética das populações é importante ao

controle biológico, porém, este conhecimento é somente teórico, tendo poucos trabalhos realizados em nível de campo (SMANIOTTO, 2016).

Para Wajnberg (2010), atributos comportamentais de variação genética intraespecífica interferem diretamente na eficácia do controle biológico, demonstrando a importância da variabilidade genética para agentes no controle biológico, pois a eficácia da atuação do parasitoide diz respeito à capacidade de localizar e atacar o hospedeiro, objetivando que a maioria dos hospedeiros seja parasitada (VAN LENTEREN, 2010). Esta variabilidade genética é afetada em função da produção dos parasitoides em laboratório de forma massal para liberação em campo, representando um obstáculo à manutenção da qualidade na criação (PREZOTTI *et al.*, 2004).

Os estudos acerca do controle de qualidade de *C. flavipes* costumam ser realizados em insetários das usinas de cana-de-açúcar, baseando-se em vigor e aspectos das massas (casulos), razão sexual e agressividade do inseto adulto (PREZOTTI *et al.*, 2002). Os testes conduzidos para avaliação da qualidade de *C. flavipes*, para Hivizi *et al.* (2009) privilegia parasitismo e fecundidade, emergência e razão sexual, longevidade de adulto e sobrevivência em diferentes temperaturas.

A partir desse prisma delineado da cultura de cana-de-açúcar e das iniciativas científicas de controle biológico de pragas, essa pesquisa objetiva avaliar aspectos comportamentais e ciclo de vida de *C. flavipes* produzidas em laboratório em prol do controle biológico da *D. saccharalis*.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Produção Massal de Controle Biológico (LPMCB), da Associação de Plantadores de Cana da Paraíba (ASPLAN), no litoral norte da Paraíba, em Mamanguape, com latitude 6°33' 39.68'' Sul e de longitude 35°8' 5.210'' Oeste.

Para efeito de pesquisa, a mensuração das massas – conjunto de pupas em casulos agrupados por fios de seda de *Cotesia flavipes* criada em lagartas de *Diatraea saccharalis* de uma criação comercial – diz respeito ao uso da dieta artificial de Hensley e Hammond (1968), com modificações proposta por Parra e Mishfedt (1992) e diretrizes da ASPLAN.

1.2.1 Influência da temperatura na biologia e no ciclo de vida de *Cotesia flavipes*

Os indivíduos de população de *C. flavipes* foram obtidos a partir da criação comercial de lagartas de *D. saccharalis* em potes plásticos com 6,5 cm de diâmetro e 8 cm de altura, fechados com papel filtro, cujo orifício na tampa permite a saída individual para o parasitismo nas lagartas de *D. saccharalis* colocadas próximas ao orifício. Após 8 horas da emergência de *C. flavipes* e a partir do 4º (quarto) instar de desenvolvimento, as lagartas de *D. saccharalis* foram oferecidas para o parasitismo e, em seguida, colocadas individualmente por caixas entomológicas com 6,5 cm de diâmetro e 2 cm de altura, contendo dieta de realimentação para o desenvolvimento de *C. flavipes*.

Os experimentos foram realizados de modo casualizado, em salas climatizadas com temperatura de 21, 25 e 29°C, umidade relativa do ar variando de 70±10% e fotofase de 12 horas. Foram utilizadas 34 lagartas (repetição) para cada temperatura.

Em cada temperatura foram avaliadas variáveis biológicas: durações de ovo-larva; duração de pupa; adultos; quantidade de casulos por lagarta; viabilidade de pupas; e a razão sexual. Ao iniciarem a fase de pupa (24 horas), as larvas de *C. flavipes* foram transferidas para potes plásticos de 100 ml com tampas para seu desenvolvimento completo, permanecendo até a morte.

Em cada fase – ovo-larva, pupa e adultos – as larvas foram avaliadas uma vez por dia e, após a morte, foram contabilizadas a razão sexual e a viabilidade de pupa. A separação por sexo foi baseada em características morfológicas das antenas, sendo menores nas fêmeas (WILKINSON, 1928). A coloração diferencia as pupas que deram origem a adultos, pois a emergência apresenta coloração mais escura em comparação às pupas que deram origem a adultos.

Em relação à emergência de *C. flavipes* por massa, os lotes da linha de produção foram separados aleatoriamente, cuja amostra é compatível com os resultados obtidos para fêmeas e machos no ciclo de vida. E, decorridos aproximadamente 12 dias, os lotes foram transferidos à sala de revisão para coletas de massa com pinças, em copos plásticos com tampa de 100 ml.

As massas foram colocadas em tubo de fundo chato com 8 cm de altura e 3 cm de largura, fechado com papel filtro e cola, considerando um tubo com uma massa (repetição), sendo 34 repetições para cada tratamento em salas climatizadas com as temperaturas controladas em 21, 25 e 29°C.

Após as emergências das *C. flavipes*, as mesmas permaneceram nestas condições até a morte e início das análises. Após a morte dos insetos foi possível mensurar o total de casulos

por massa (viabilidade) e os insetos emergidos. A diferenciação de pupas que deram origem a adultos ocorreu em função da abertura feita pelo parasitoide no casulo e sua coloração – clara com emergência e escura sem a emergência de adultos.

1.2.2 Longevidade de *Cotesia flavipes* adultos

Para determinar a longevidade de adultos de *C. flavipes* foram coletadas as massas nos lotes da linha de produção, individualizados em potes plásticos de 100 ml, colocados em salas climatizadas até a emergência dos adultos. Em seguida transferidos às temperaturas de 21, 25 e 29°C, com umidade relativa do ar em 70±10% e fotofase de 12 horas. Isto porque cada temperatura representa um tratamento com 34 repetições (massa/pote).

As avaliações ocorreram em intervalos de 8 e 16 horas, respectivamente, com tempos na duração dos experimentos em 24, 32, 48, 56, 72 e 80 horas, sendo realizadas revisões às 7h da manhã e às 16h da tarde para avaliar a sobrevivência dos insetos em cada temperatura.

1.2.3 Razão sexual e quantidade de *Cotesia flavipes* por copo

Seguindo os procedimentos para a obtenção da “massa”, os experimentos foram realizados de janeiro a junho de 2019, analisando-se mensalmente seis copos plásticos de 100 ml contendo 25 “massas” cada, sendo seis repetições para cada tratamento (mês), acomodados entre 5 e 7 dias em salas climatizadas com temperatura de 25°C, até a emergência completa dos adultos.

Em seguida foi utilizado etanol embebido em algodão e colocados na tampa, através de um orifício para forçar a morte. As fêmeas e os machos foram separados para contabilizar a quantidade de insetos por copo em cada repetição, utilizando uma bandeja plástica (40 cm x 20 cm), pinças, lápis e papel para anotar as quantidades do parasitoide.

1.2.4 Armazenamento de *Cotesia flavipes* adultos em baixas temperaturas

Foram testados adultos de *C. flavipes* após oito horas de emergido para assegurar a cópula, em temperatura de 3 a 6°C respectivamente. Foram confinados sete copos com 10 massas cada um, armazenados em geladeira de marca Consul® 480 litros. Para avaliar a capacidade de parasitar de *C. flavipes*, utilizou-se os tempos de armazenamento em geladeira por 16, 24, 40, 48, 64, 72 e 80 horas.

Em seguida foi retirado um copo contendo adultos de *C. flavipes* para determinada hora da análise, mantidas em sala climatizada em 21°C por 30 minutos. Posteriormente transferido para sala de inoculação climatizada em 26°C e, em seguida, as *C. flavipes* saíram pela abertura de um orifício na tampa do copo para parasitar a lagarta de *D. saccharalis* – uma por lagarta.

As lagartas parasitadas foram mantidas em sala climatizada com 28°C até a formação das massas, agrupadas em seis *C. flavipes* por placa acrílica, com dieta de realimentação, totalizando sete repetições por cada tratamento. Após 24 horas da formação das massas, os insetos foram retirados com pinça e colocados em copos plásticos até seu desenvolvimento completo.

Em relação à avaliação da capacidade de parasitar, contabilizaram-se as lagartas que deram origem a massa em relação às que se transformaram em pupa. Por sua vez, para o tempo de armazenagem de adultos, manteve-se uma testemunha, com adultos de *C. flavipes* acomodados em sala climatizada em 26°C e, após oito horas de emergir, foram oferecidas a lagarta de *D. saccharalis*, nas mesmas condições após o armazenamento dos copos em geladeira.

1.2.5 Eficiência de armazenamento de *Cotesia flavipes* na geladeira em temperatura de 3°C, com descanso antes do parasitismo

Para avaliar a capacidade de parasitar, depois de armazenadas em geladeira por 16, 24, 40, 48, 64, 72 e 80 horas, os ensaios para analisar a sobrevivência, capacidade de parasitar e eficiência de adultos de *C. flavipes* seguiram os tempos de descanso fora da geladeira com 8 e 16 horas, cujos adultos dos copos retirados da geladeira pela manhã eram submetidos a parasitar a lagarta de *D. saccharalis* à tarde do mesmo dia. Enquanto que nos copos retirados à tarde, os adultos foram submetidos a parasitar na manhã seguinte.

Um copo da geladeira era retirado em cada tempo de avaliação (16, 24, 40, 48, 64, 72 e 80 horas), com os adultos mantidos por 8 ou 16 horas em temperatura ambiente de 26°C. Em seguida analisados visualmente para identificar se estavam vivos e, posteriormente, submetidos a parasitar a lagarta de *D. saccharalis*.

Após o parasitismo, as lagartas ficaram em placas acrílicas com 8 cm de diâmetro por 2 cm de altura, em sala climatizada com 28°C, por um período de aproximadamente 14 dias para verificar a eficiência, sendo usada a dieta artificial de Hensley e Hammond (1968), modificada por Parra e Mishfedt (1992) e alterada por diretrizes da ASPLAN.

1.2.6 Eficiência de inoculação entre gêneros de *Cotesia flavipes*

Para verificar possíveis ocorrências de variações de eficiência na inoculação entre os manipuladores na produção comercial do parasitoide *C. flavipes*, uma lagarta é oferecida para cada fêmea de *C. flavipes*, sendo avaliados os manipuladores de ambos os sexos (masculino/feminino) no período de 15 meses – maio 2018 a julho 2019.

A avaliação da eficiência nos lotes com 3.600 lagartas inoculadas por *C. flavipes* ocorreu em caixa entomológicas, com grupos de seis à base da dieta de realimentação (pedaço de 1 cm³ por caixa), transferidos para sala de lagartas inoculadas com temperatura de 28°C, permanecendo por até 14 dias para realizar a revisão.

As lagartas que deram origem as massas foram contabilizadas em lagartas mortas e pupa, obtendo-se a eficiência ao final de cada revisão de lote, através da divisão do total de lagarta que deram origem à massa pelo total de lagartas inoculadas. A média final de cada mês foi utilizada como sendo uma repetição de ambos os manipuladores.

1.2.7 Perspectiva de Análise dos dados

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) e Bartlett, (SNEDECOR; COCHRAN, 1989), quanto à normalidade e à homogeneidade de variâncias, respectivamente. Os dados de longevidade de *C. flavipes* armazenada em geladeira e do seu ciclo de vida foram submetidos a uma análise descritiva. Para os dados de longevidade foram utilizadas as percentagens de sobrevivência, enquanto o número de dias de cada estágio do ciclo de vida do animal foi usado para obter os dados de ciclo de vida.

Os demais dados coletados foram submetidos à análise estatística mediante a análise de variância e, em casos com diferença significativa ($p \leq 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls, com 5% de probabilidade. Para todos os testes, utilizou-se programa estatístico *Cloud Radio Access Networks* (CRAN), versão 2019.

1.3 RESULTADOS

1.3.1 Influência da temperatura na biologia e no ciclo de vida de *Cotesia flavipes*

Os dados referentes à influência da temperatura na biologia da *C. flavipes* nos três tratamentos e nas cinco variáveis pesquisadas estão dispostos na Tabela 1.1:

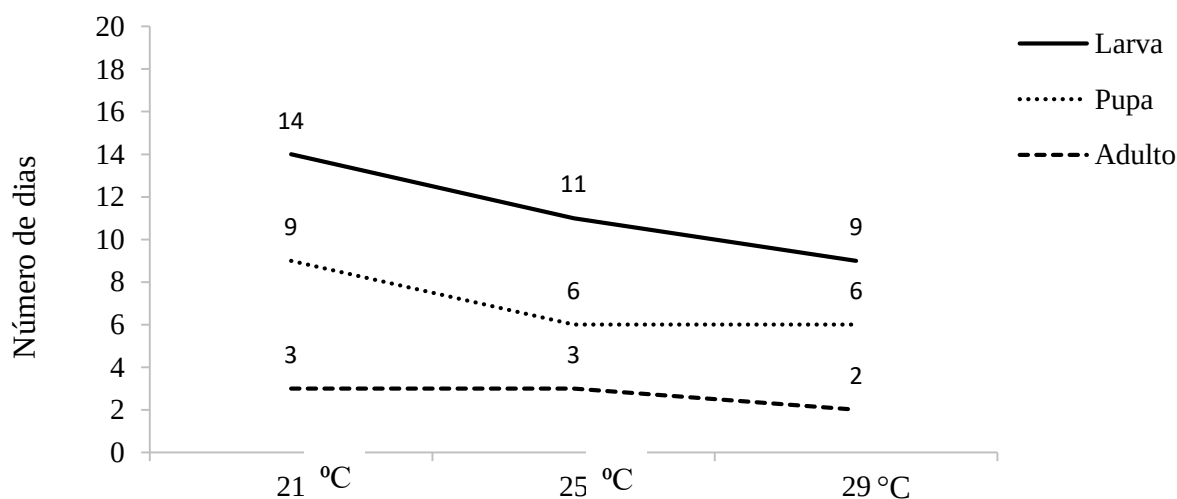
Tabela 1.1 – Influência da temperatura na biologia da *Cotesia flavipes*

Variáveis ± Erro Padrão					
Temperatura	Casulos	Emergidos	Não Emergidos	Fêmeas	Machos
21	83,12±5,63 ^a	74,09±5,78 ^a	9,03±1,43 ^a	54,97±6,09 ^a	19,12±3,91 ^b
25	85,62±5,18 ^a	78,88±5,11 ^a	6,74±0,82 ^a	58,59±5,74 ^a	20,29±4,00 ^b
29	93,32±5,58 ^a	90,29±5,78 ^a	3,12±0,59 ^b	58,03±6,37 ^a	32,26±4,36 ^a
CV%	36,52	40,03	93,30	61,02	99,17
P	0,350	0,095	0,004	0,797	0,033

^{ab}= Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Student-Newlman-Keuls; CV%= Coeficiente de variação. (tratamento 1= 21 °C; 2 = 25 °C; e 3 = 29 °C). p=probabilidade. (Temperatura = Tratamento)

Em relação à influência da temperatura na biologia de *C. flavipes*, as variáveis foram analisadas em quatro categorias: (i) total de casulos por inseto, (ii) total de emergência por massa de casulo, (iii) total de casulo que os adultos não emergiram, (iv) fêmea e macho, através de três temperaturas distintas: 21, 25 e 29°C (Tabela 1.1). Em todas as médias foram calculados seus respectivos erros padrões.

Na temperatura de 21°C, apenas 10,86% dos casulos não eclodiram. Dentre os parasitoides eclodidos, a maioria é fêmea (74,19%). Quanto à temperatura de 25°C, de uma população de 85,62 casulos, em torno de 78,88 eclodiram (92,12%), enquanto 6,74 não eclodiram (7,88%). Dentre os parasitoides que eclodiram, a maioria é fêmea (74,28%) e a minoria macho (25,72%). No tocante à temperatura de 29°C, dentre os 93,32 casulos, a eficiência de eclosão foi de 96,75% (90,29 casulos), ou seja, apenas 3,25% não eclodiram (3,12 casulos). Dentre os parasitoides que eclodiram, um total de 58,03 são fêmeas (64,27%), enquanto 32,26 são machos (35,73%). Nesse sentido, a Figura 1.1 ilustra a relação da temperatura com o ciclo de vida de *C. flavipes*, dispostos na Tabela 1.1.

**Figura 1.1** – Resultados obtidos do ciclo de vida de *C. flavipes* em temperaturas distintas

Observa-se que o aumento da temperatura interfere diretamente no tempo de vida da *C. flavipes* (Figura 1.1), pois em todas as fases (larva, pupa e adulto) ocorre redução no número de dias, sendo mais acentuada dentre as larvas, em virtude de apresentar um ciclo de 14 dias em 21°C e 9 dias com 29°C. Contudo, com menor oscilação entre os adultos, três dias a 21 e 25°C e dois dias a 29°C. Pois, no caso das pupas a variação ocorre entre as temperaturas de 21 e 25°C, mantendo-se constante entre 25 e 29°C.

Os resultados decorrentes da análise de emergência de *C. flavipes* por massa, tendo como base a amostra de fêmeas e machos resultante do ciclo de vida (Tabela 1.1), verifica-se que não houve variação. Isto é, os resultados entre o ciclo de vida e a emergência por massa foram idênticos.

1.3.2 Longevidade de adulto de *Cotesia flavipes*

Na temperatura de 21°C, quanto à sobrevivência dos insetos, verifica-se que até 72 horas, a maioria da amostra permanece viva (64,71%), sendo que das 24 às 56 horas toda a população de parasitoide estava viva (100%). Mas, a partir das 80 horas de experimento, ainda na temperatura de 21°C, o percentual de adultos sobreviventes decai para 35,29% de sobreviventes (Tabela 2.1). A temperatura de 25°C, considerando-se as demais temperaturas, representa o resultado intermediário com sobrevivências dos adultos de 100% até 56 horas, reduzindo para 41,18% após 72 horas e, em seguida, com 80 horas de longevidade, não há nenhum adulto vivo (Tabela 2.1). Por fim, à temperatura de 29°C, todos os insetos estavam vivos até 32 horas e apresentaram uma queda acentuada de sobreviventes a partir das 48 horas com 15,65%, às 56 horas com 2,94% e com 72 e 80 horas, a mortalidade de 100% de todos os parasitoides adultos (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 – Percentual de adultos de *Cotesia flavipes* vivos em função de temperatura e tempo

Temperatura	Horas/Percentagem de Animais Vivos					
	24h	32h	48h	56h	72h	80h
21 °C	100%	100%	100%	100%	64,71%	35,29%
25 °C	100%	100%	100%	100%	41,18%	0,00%
29 °C	100%	100%	17,65%	2,94%	0,00%	0,00%

De acordo com a Tabela 2.1, dentre as três temperaturas pesquisadas, em relação à longevidade de adulto *C. flavipes*, a população de parasitoides adultos apresenta os melhores

índices aos 21°C e, por outro lado, a maior taxa de mortalidade corresponde à temperatura de 29°C.

1.3.3 Razão sexual e quantidade de *Cotesia flavipes* por copo (embalagem)

De janeiro a junho de 2019, nos ensaios com a população de *C. flavipes* para especificar a razão sexual e mensurar o quantitativo de parasitoide por copo, o resultado obtido no mês de março apresenta a menor população durante todo o período da pesquisa. A explicação para a redução da amostra remete à possível contaminação de alguns ingredientes da dieta. Isto porque, no mês de março a amostra permanece abaixo de 1.500 insetos, mais precisamente com 1.399,33 parasitoides.

Por outro lado, nos demais meses da pesquisa, o universo é superior a 1.500 *C. flavipes*: janeiro com 1.805,67 (1.249,83 fêmeas e 555,67 machos); junho com 1.735,17 (1.155,67 fêmeas e 578,33 machos); fevereiro com 1.656,83 (1.169,00 fêmeas e 488,00 machos); abril com 1.722,00 (1.184,67 fêmeas e 537,33 machos); maio com 1.610,33 (1.130,83 fêmeas e 471,83 machos).

Para uma melhor visualização dos dados obtidos, a Tabela 3.1 mensura a população de *C. flavipes* e estabelece a relação percentual de insetos entre machos e fêmeas.

Tabela 3.1 – Média mensal de *Cotesia flavipes* por embalagem (copo) e a razão sexual

Período	Variáveis ± Erro Padrão				
	Copo	Fêmea	Macho	% Macho	% Fêmea
Janeiro	1805,67±85,65 ^a	1249,83±108,26 ^a	555,67±37,36 ^{ab}	31,29±2,77 ^a	68,71±2,77 ^a
Fevereiro	1656,83±106,12 ^a	1169,00±92,59 ^a	488,00±44,92 ^{ab}	29,60±2,54 ^a	70,40±2,54 ^a
Março	1399,33±110,24 ^a	1024,17±69,46 ^a	375,17±65,38 ^b	26,32±2,98 ^a	73,68±2,98 ^a
Abril	1722,00±90,44 ^a	1184,67±75,45 ^a	537,33±43,58 ^{ab}	31,25±1,92 ^a	68,75±1,92 ^a
Maio	1610,33±109,97 ^a	1130,83±119,44 ^a	471,83±39,14 ^{ab}	29,93±3,38 ^a	70,07±3,38 ^a
Junho	1735,17±111,14 ^a	1155,67±100,30 ^a	578,33±26,57 ^a	33,70±1,73 ^a	66,30±1,73 ^a
CV%	15,21	20,37	21,70	21,12	9,20
P	0,121	0,697	0,036	0,51	0,51

^{ab} = Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem pelo teste de *Student-Newlman-Keuls*; CV%= Coeficiente de variação. (Período = Tratamento)

A Tabela 3.1 evidencia que a maioria dos parasitoides *C. flavipes* é fêmea, aproximadamente 70% da amostra, sendo inferior em janeiro (68,71%), abril (68,57%) e junho (66,30%); enquanto em fevereiro (70,40%), março (73,68%) e maio (70,07%) apresentou índices superiores a 70%.

1.3.4 Armazenamento de adultos de *Cotesia flavipes* em baixas temperaturas

Para obter o índice de eficiência de inoculação após ficar armazenado em geladeira, sem descanso do parasitoide *C. flavipes* na temperatura ambiente, no decorrer das 80 horas o experimento mensurou o percentual de eficiência de inoculação, em baixas temperaturas, sendo o intervalo de 0 hora (88,40%) a testemunha, para efeito de comparação. O melhor resultado obtido com o armazenamento foi em 16 horas (86,71%), próximo aos valores encontrados na testemunha e, de modo contrário, o menor percentual foi com 80 horas (43,86%).

Até 48 horas, a amostra permaneceu acima do valor de referência (70%) de eficiência, através da razão de massa obtida em função do total de lagartas inoculadas: 16 horas (86,71%), 24 horas (80,43%), 40 horas (72,71%) e 48 horas (74,60%), por outro lado, manteve-se abaixo de 70% com 64 horas (56%) e 72 horas (62%).

A Figura 2.1 apresenta os percentuais de eficiência de inoculação com adulto de *C. flavipes* armazenados em baixas temperaturas (3°C), em ensaios com oito intervalos de tempo distintos (0, 16, 24, 40, 48, 64, 72 e 80 horas).

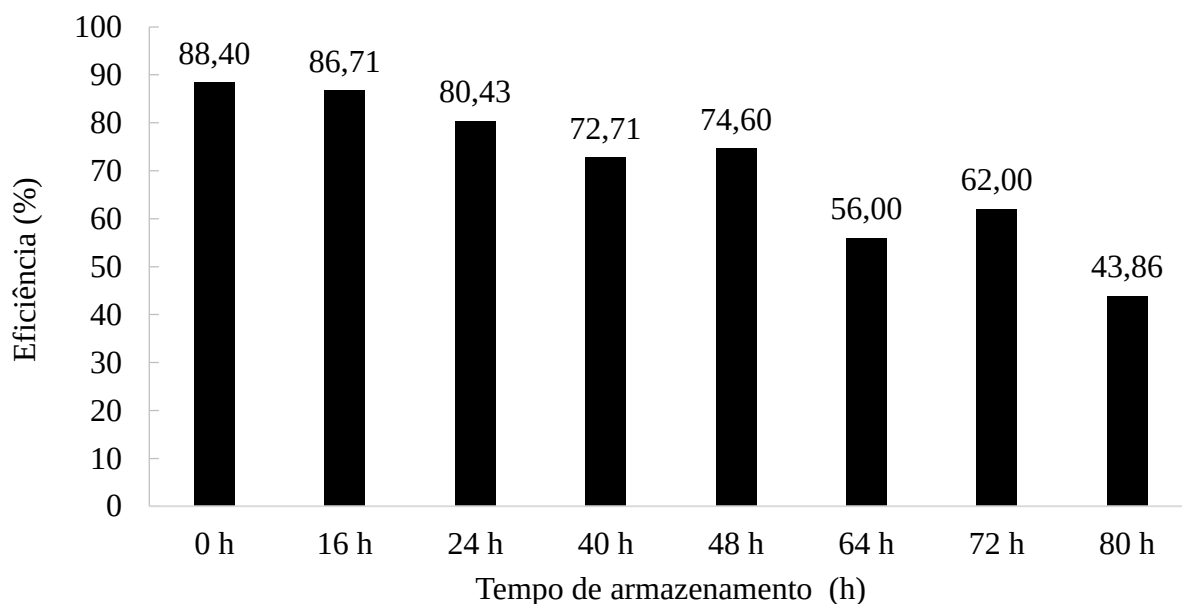


Figura 2.1 – Eficiência de *C. flavipes* adulto armazenado em geladeira (CV=5,92; $p=0,0001$)

A partir da Figura 2.1, com o passar das horas, verifica-se que o percentual de eficiência diminui, com exceção de dois intervalos de tempo: 48 horas (74,60%) e 72 horas

(62,00%), apresentando uma pequena elevação em relação às 40 horas (72,71%) e às 64 horas (56,00%).

Cabe destacar que, em decorrência do valor de referência ser estipulado em 70%, torna-se inviável manter os insetos vivos, por mais de 48 horas para inoculação em larva de *D. saccharalis* no laboratório ou liberação em campo, mesmo que armazenados em geladeira.

1.3.5 Eficiência no armazenamento de *Cotesia flavipes* em geladeira, com descanso antes do parasitismo

Em relação à eficiência de armazenamento da parasitoide *C. flavipes* na geladeira, com descanso antes do parasitismo, a mensuração dos dados da pesquisa ocorre em oito intervalos de tempo. Os resultados obtidos em 0, 16, 24, 40 e 48 horas apontam que o índice de eficiência está acima de 70% (valor de referência), enquanto em 64, 72 e 80 horas a eficiência do armazenamento está abaixo de 70%.

No armazenamento em geladeira, a eficiência com descanso de *C. flavipes* está classificada como sendo inferior a 70% em: “a” (16/8 horas), “ab” (0 hora), “b”(24/16 horas) e “c” (40/8 horas – 48/16 horas); e superior a 70% em: “d” (64/8 horas), “e” (72/16 horas) e “f” (80/8 horas) (>70%). Até às 24 horas, a eficiência atinge os índices em torno dos 80%. Os resultados obtidos acerca da eficiência no armazenamento *C. flavipes* em geladeira, com descanso em temperatura ambiente, encontram-se na Figura 3.1:

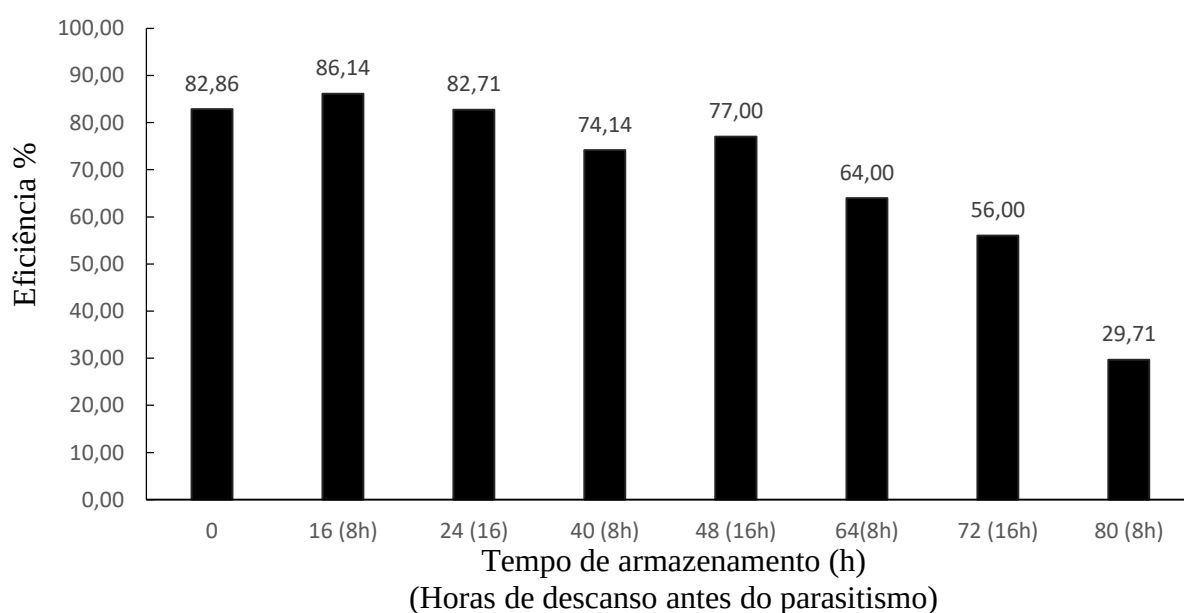


Figura 3.1 – Eficiência de *C. flavipes* em geladeira com descanso (CV = 7,9; $p = 0,0001$)

De modo incomum, o maior índice de eficiência está registrado com 16 horas (86,14%), enquanto a testemunha (0 hora) tem eficiência de 82,86 % (Figura 3.1). Como também, com 48 horas a eficiência é de 77,00%, estando acima dos 74,14% registrado com 40 horas. Ou seja, recomenda-se o armazenamento de adultos *C. flavipes* em baixas temperaturas por até 48 horas e com descanso de até 16 horas, sem perder sua qualidade e com capacidade de parasitar larvas de *Diatraea spp.*

1.3.6 Eficiência de inoculação entre gêneros

A eficiência de inoculação entre os gêneros masculino e feminino de *C. flavipes* apresenta índices variados, cujas manipuladoras do sexo feminino obtêm melhores resultados, mantendo-se em torno de 72%, com ápice em 75,90%. Dentre os insetos do sexo masculino, por sua vez, a eficiência de inoculação está próxima de 70%, com valor máximo de 73,30%.

De modo complementar, ao calcular a média dos resultados obtidos entre os manipuladores masculinos e femininos, a eficiência de inoculação permanece acima de 70%, mas os colaboradores do sexo feminino apresentaram melhor nível de eficiência (71,94%), durante o período do experimento.

A Figura 4.1 apresenta os percentuais obtidos acerca da eficiência de inoculação em função do sexo do inoculador – macho e fêmea.

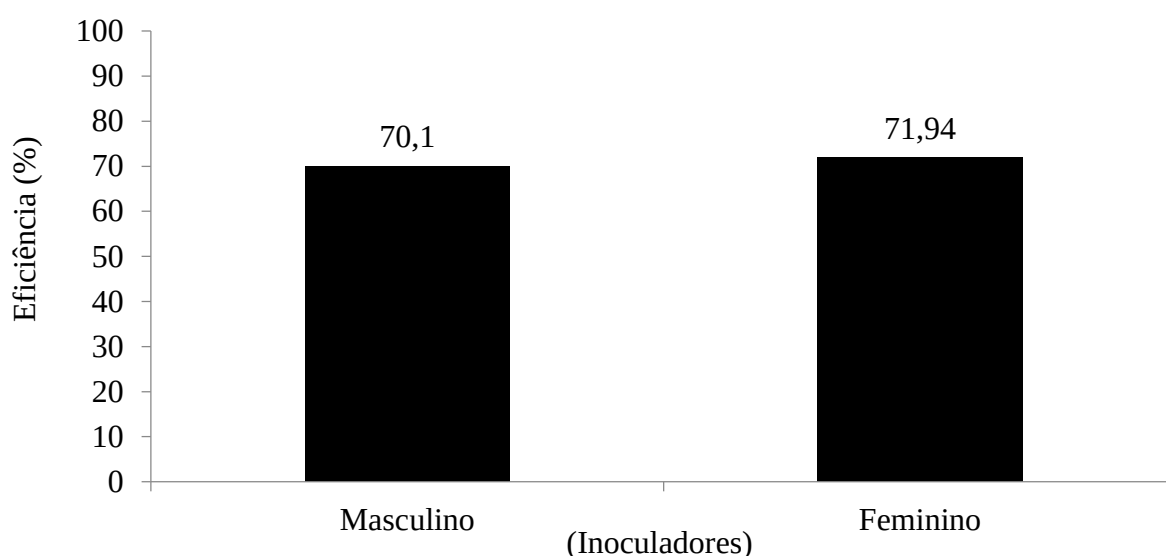


Figura 4.1 – Média percentual da eficiência de inoculação por gênero dos trabalhadores

De acordo com a Figura 4.1, observa-se que a média percentual da eficiência de inoculação em função do sexo do inoculador não difere significativamente, com variação em torno de 1,84% entre os gêneros: masculino (70,10%) e feminino (71,94%).

1.4 DISCUSSÃO

No Brasil, o controle biológico tem sido objeto de estudo e de testes científicos que evidenciam a eficiência no campo agropecuário. Inclusive no tocante ao plantio da cana-de-açúcar, com algumas espécies de parasitoides são produzidas em laboratório e comercializadas. Na literatura há sugestões de testes para comprovações e métricas de aspectos comportamentais das *C. flavipes* produzidas em laboratório por diferentes biofábricas e apresentam variações na qualidade de suas populações. Nos resultados obtidos no presente estudo, os aspectos comportamentais de parasitoides produzidos em laboratório apresentaram diferenças entre as temperaturas controladas.

Quanto à influência da temperatura na biologia e no ciclo de vida de *C. flavipes*, os experimentos foram testados em temperaturas de 21, 25 e 29°C, a umidade relativa do ar variando de 70±10% e fotofase de 12 horas, através do uso de 34 lagartas (repetição) para cada temperatura, avaliando-se os seguintes parâmetros biológicos: durações de ovo-larva; duração de pupa; adultos; quantidade de casulos por lagarta; viabilidade de pupas; e a razão sexual.

O melhor desempenho obtido foi na temperatura de 25°C, com eficiência de eclosão em 92,12%, tal evidência corrobora com os posicionamentos de Pádua, Parra e Haddad (1994), ao constatar que no parasitoide *C. flavipes*, o número de descendentes oscila com a temperatura, obtendo-se mais indivíduos adultos a uma temperatura de 25°C. Como também, assemelha-se à observação de Angilletta (2009), por considerar que a temperatura pode afetar no ciclo de vida do inseto: distribuição, colonização, sobrevivência, abundância e comportamento. Isto é, a temperatura interfere em muitos aspectos ecológicos e no desenvolvimento de parasitoides (WALTHER *et al.*, 2002).

Analisando os dados de emergência por massa, quando comparada à temperatura de 21°C, observa-se que a faixa de temperatura de 25 a 29°C proporcionou uma maior porcentagem de emergência, sendo ideal à viabilidade de pupas. Diferenciando-se dos resultados obtidos por Pádua, Parra e Haddad (1994), ao observarem que permanece constante de 22 a 30°C, ou seja, a faixa térmica ideal de desenvolvimento de *C. flavipes* observada neste trabalho é diferente dos resultados de Pádua, Parra e Haddad (1994), sendo de 25 a 29 °C.

Em relação ao quantitativo de machos e fêmeas, verificou-se a predominância de fêmeas nos três tratamentos, sendo mais acentuada nas temperaturas de 21 e 25°C. Isto é, com a temperatura em 29°C a variação entre machos e fêmeas diminuiu. Portanto, a temperatura interfere na quantidade de machos e fêmeas entre os parasitoides, representando uma variável relevante ao controle biológico. Segundo a literatura, um número maior de fêmeas emergidas favorece a eficiência do controle e qualidade (FAVERO, 2009; HEIMPEL; LUNDGREN, 2000), em virtude de machos não fazer o parasitismo (PANDEY; TRIPATHI, 2008; ZANUNCIO *et al.*, 2008). De fato, o aumento da temperatura interfere diretamente no tempo de vida da *C. flavipes*, pois em todas as fases (larva, pupa e adulto) há diminuição no número de dias do ciclo de vida, sendo mais acentuada dentre as larvas. Esta oscilação decorre das taxas metabólicas das populações de parasitoides, pois o metabolismo é suscetível a alterações em interferência da temperatura do ambiente em que o inseto se desenvolve (IRLICH *et al.*, 2009).

Por sua vez, em relação à longevidade de adultos da amostra pesquisada, a temperatura influência na longevidade (horas vivos) e no percentual de animais vivos, cuja população de parasitoides adultos apresentou os melhores índices aos 21°C e, por outro lado, a maior taxa de mortalidade corresponde à temperatura de 29°C. Desse modo, observa-se uma semelhança com os dados da fase de pupa observados por Pádua, Parra e Haddad (1994) e por Boiça Jr, Lara e Bellodi (1997), ao constatarem que o aumento da temperatura diminui o ciclo de vida e, inclusive, segundo Botelho e Macedo (2002), a temperatura exerce forte influência na capacidade de busca e na sobrevivência de *C. flavipes*, evitando-se liberações nos horários mais quentes do dia.

Quanto à razão sexual e quantidade de *C. flavipes* por copo, os resultados obtidos evidenciam que a maioria dos parasitoides é fêmea, aproximadamente 70% dos parasitoides, sendo inferior em janeiro (68,71%), abril (68,57%) e junho (66,30%). Enquanto em fevereiro (70,40%), março (73,68%) e maio (70,07%) os resultados obtidos permaneceram acima dos 70%. Isto é, obteve-se melhores índices que os resultados obtidos por Carvalho *et al* (2009), que verificaram uma relação sexual de 0,65 (65%) fêmeas.

Cabe destacar que no mês de março ocorreu uma baixa na quantidade de insetos em função da alimentação das lagartas, pois o farelo da dieta estava contaminado, representando a menor população do estudo, com 1.399,33 parasitoides por copo. Por outro lado, nos restantes dos meses da pesquisa, obteve-se um universo superior a 1.500 insetos. Esse dado corrobora com Araújo (1987), ao inferir que foram encontrados, em média, 1.500 parasitoides por copo. Nesse sentido, no tocante à produção massal de *C. flavipes*, observa-se a necessidade de

liberação assim que emergem os adultos, devido a sua curta longevidade. Ora, as pupas podem ser armazenadas antes da emergência dos adultos, com isso, fazem-se necessários estudos sobre tempo, temperatura e viabilidade com o armazenamento para aprimorar essa criação massal.

No armazenamento em geladeira com temperatura de 3°C, os resultados nessa pesquisa evidenciam que até 48h as amostras permanecem acima do valor de referência (70%) de eficiência: 16 horas (86,71%), 24 horas (80,43%), 40 horas (72,71%) e 48 horas (74,60%), por outro lado, mantiveram-se abaixo de 70% com 64 horas (56%), 72 horas (62%) e 80 horas (43,86%). Tais resultados assemelham-se ao estudo de Carvalho *et al.* (2008), pois em seu estudo concluiu que até cinco dias é possível armazenar pupas recém-formadas do parasitoide em baixa temperatura, sem ocorrer diminuição do percentual de eficiência.

À eficiência de armazenamento da parasitoide *C. flavipes* na geladeira, com descanso em temperatura ambiente antes do parasitismo, os resultados apontam que em 0 hora (testemunha), 16, 24, 40 e 48 horas o índice está acima de 70% (valor de referência), enquanto em 64, 72 e 80 horas a eficiência do armazenamento está abaixo de 70%. Sendo que a maior redução da eficiência ocorreu entre 72 e 80 horas, oscilando de 56% para 29,71%. Portanto, tais resultados discordam da pesquisa de Ivan *et al.* (2010), ao concluíram que até 72 horas a qualidade do parasitoide e de seus descendentes não é afetada.

Comparando a eficiência de inoculação entre gênero masculino e feminino, a pesquisa corrobora com os dados obtidos por Botelho e Macedo (2002), ao constarem que a mão de obra deve ser do sexo feminino. Para tanto, os manipuladores do sexo feminino obtêm uma melhor média (71,94%), acima dos resultados com os manipuladores do sexo masculino (70,1%). Porém, estatisticamente, as médias foram semelhantes, sendo todas “a”, com menor eficiência para o sexo masculino (64,6%).

1.5 CONCLUSÃO

Este estudo permite concluir que:

1. A temperatura tem influência na biologia da *Cotesia flavipes*;
2. A longevidade de adultos de *C. flavipes* é maior quando submetidos a uma temperatura de 21°C;
3. A quantidade de insetos por copo é de 1.500, resulta em uma razão sexual de 70% para fêmea;
4. O armazenamento de adultos de *C. flavipes* em baixas temperaturas, sem descanso antes do parasitismo, torna a eficiência de inoculação inviável a partir de 48 horas, com a eficiência de parasitismo < 70%;
5. O armazenamento de adultos de *C. flavipes* em baixas temperaturas, com descanso de 16 horas antes do parasitismo, é recomendado para um intervalo de tempo de até 48 horas, tendo índice de eficiência > 70% de parasitismo;
6. A eficiência de inoculação entre manipuladores em laboratório é ligeiramente superior para o sexo feminino (1,84%).

REFERÊNCIAS

- ANGILLET, M.J. **Thermal adaptation**: a theoretical and empirical synthesis. Oxford: Oxford University Press, 2009. Disponível em: <<https://asu.pure.elsevier.com/en/publications/thermal-adaptation-a-theoretical-and-empirical-synthesis>>. Acesso em: 30 jul 2019.
- ARAÚJO, J.R. **Guia prático para criação da broca da cana-de-açúcar e de seus parasitoides em laboratório**, Piracicaba, SP: PLANALSUCAR, 1987.
- ASSOCIAÇÃO DE PLANTADORES DE CANA DA PARAÍBA – ASPLAN. **Balanco final da safra 2018/19 de cana-de-açúcar mostra que a Paraíba manteve média de produção**, 2019. Disponível em: <<http://www.asplanpb.com.br>> Acesso em: 30 jul 2019
- BOICA JR., A.L.; LARA, F.M.; BELLODI, M.P.. Influência de variedades de cana-de-açúcar, incorporadas em dieta artificial, no desenvolvimento de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) e no seu parasitismo por *Cotesia flavipes* (Cam.). **An. Soc. Entomol. Bras.**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 537-542, dez. 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-80591997000300017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 09 ago 2019.
- BOTELHO, P.S.M.; MACEDO, N.. *Cotesia flavipes* para o controle de *Diatraea saccharalis*. In: PARRA et al (Ed.). **Controle biológico no Brasil**: Parasitóides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. p. 409-425.
- BUG AGENTES BIOLÓGICOS. **Parasitoides**, 2016. Disponível em: <<http://bugagentesbiologicos.com.br/site/index.php/parasitoides/>>. Acesso em: 30 set 2019.
- CARVALHO, C.M. et al. Rendimento de açúcar e álcool da cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n. 1, p.72-77, mar. 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/237023230_Rendimento_de_acucar_e_alcool_da_cana-de-acucar_submetida_a_diferentes_niveis_de_irrigacao>. Acesso em: 30 jul 2019.
- Resposta dos parâmetros tecnológicos da terceira folha de cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, p.337-342, 2008.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira da cana-de-açúcar – Safra 2018/19, **Primeiro levantamento**, v. 5, n. 1, Brasília, mai. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/17727_4e54c5103a0ab4a15529e35307c79b2e>. Acesso em: 12 jul. 2019
- CRUZ, I. **A broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis*, em milho, no Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. (Circular técnica, 90). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/476711>>. Acessado em: 05 ago 2019.
- FÁVERO, K. **Biologia e técnicas de criação de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Diatraea***

saccharalis (Lepidoptera: Crambidae). 2009. 63f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal da Grande Dourados, MS.

HEIMPEL; LUNDGREN. Sex ratios of commercially reared biological control agents. **Biological Control**, v. 19, n. 1, p. 77-93, 2000. Disponível em: <doi:10.1006/bcon.2000.0849>. Acesso em: 30 set 2019.

HENSLEY, S.D.; HAMMOND, A.H.. Laboratory techniques for rearing the sugarcane borer on an artificial diet. **Journal of Economic Entomology**, v. 61, n. 6, p. 1742-1743, 1968. Disponível em: <DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/jee/61.6.1742>>. Acesso em: 30 set 2019.

HIVIZI, C.L. et al. Controle de qualidade do parasitoide *Cotesia flavipes*. In: BUENO, V.H.P. (Ed.). **Controle Biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. Lavras, MG: Editora UFLA, 2009. p. 371-379.

IRLICH, U.M. et al. Insect rate-temperature relationships: Environmental variation and the metabolic theory of ecology. **The American Naturalist**, Chicago Press. v. 174, n. 6, p. 819-835, 2009. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/10.1086/6479042009>>. Acesso em: 30 set 2019.

IVAN, E.A.F. et al. Número de pontos de liberação de *Cotesia flavipes* influenciando o parasitismo de lagartas de *Diatraea saccharalis* em canavial. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 12, São Paulo, 2010. **Anais...** São Paulo: Instituto Biológico, 2011. p.385. (CD-ROM).

MENDONÇA, A.F. et al. Broca comum da cana-de-açúcar. In: MENDONÇA, A.F. (org). **Pragas da cana-de-açúcar**. Maceió: Insetos & Cia, 1996. p. 49-82.

PÁDUA, L.E.M.; PARRA, J.R.P.; HADDAD, M.L.. Efeito da temperatura e umidade relativa do ar na biologia de *Cotesia flavipes* (Cameron). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal v. 23, n. 1, p. 105-114, 1994.

PANDEY, A.K.; TRIPATHI, C.O.M.. Effect of temperature on the development, fecundity, progeny sex ratio and life-table of *Campoletis chloridae*, an endolarval parasitoid of the pod borer, *Helicoverpa armigera*. **BioControl**, v. 53, n. 3, p. 461-47, 2008. Disponível em: <DOI 10.1007/s10526-007-9083-32008>. Acesso em: 30 set 2019.

PARRA, J.R.P. et al. **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores.** São Paulo: Manole, 2002.

PARRA, J.R.P.; MISHFEDT, L.J.. Comparison of artificial diets for rearing the sugarcane borer, In: ANDERSON, T.E; LEPLA, N.C. (eds.), **Advances in Insect Rearing for Research and Pest Management**. Westview Press, 1992. p. 195-209.

PINTO, A.S., GARCIA, J.F.; BOTELHO, B.S.M.. Controle Biológico da cana de açúcar. In: PINTO, A. S. et al (Eds). **Controle Biológico de Pragas na Prática**. Piracicaba, SP: PLANALSUCAR, 2006. p. 287.

POLASZEK, A.; WALKER, A.K.. The *Cotesia flavipes* species complex: parasitoids of cereal stemborers in the tropics. **Redia**, n. 74, p. 335–341, 1991.

PREZOTTI, L. et al.. Controle de qualidade em criações massais de parasitoides e predadores. In: PARRA, J.R.P. et al. (ed). **Controle Biológico no Brasil: Parasitoides e Predadores**. São Paulo: Manole, 2002. Cap. 17, p.295-308.

Effect of the size of the founder population on the quality of sexual populations of *Trichogramma pretiosum*, in laboratory. **Biological Control**, v. 30, n. 2, p. 174-180, 2004.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B.. An analysis of variance test for normality: complete samples. **Biometrika**, v.52, n.3/4, p.591-611, 1965.

SMANIOTTO, G. **Variabilidade de parâmetros biológicos e genéticos de *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae) no Brasil**. 2016. 72f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Pelotas, RS.

SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. **Statistical methods**. 8th.ed. Iowa: Iowa State University Press, 1989.

UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO – UNICA. **A indústria da cana-de-açúcar: Etanol, açúcar e bioeletricidade**. 2019. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br/>>. Acesso em: 30 set 2019.

VAN LENTEREN, J.C., Controle de qualidade de agentes de controle biológico produzidos massalmente: conhecimento, desenvolvimento e diretrizes. In: BUENO, V.H.P. (Ed.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. Lavras: Editora UFLA, 2010. p. 21-45.

WAJNBERG, E. Genetics of the behavioral ecology of egg parasitoids. In: CÔNSOLI, F.L., PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, A. **Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on *Trichogramma***. New York: Springer, cap. 5, 2010. p. 149-166.

WALTHER, G. et al., Ecological responses to recent climate change. **Nature**, v. 416, n. 6879, p. 389-395, 2002.

WILKINSON, D.S.. A revision of the Indo-Australian species of the genus *Apanteles* (Hym.: Braconidae). Part I. **Bulletin of Entomological Research**. Cambridge, v.19, n. 1, p. 79-105, 1928.

ZANUNCIO, J.C. et al. *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). **The Coleopterists Bulletin**, v. 62, n. 1, p. 64-66, 2008.

CAPÍTULO 2 – ASPECTOS COMPORTAMENTAIS DO HOSPEDEIRO *Diatraea saccharalis* PRODUZIDAS EM LABORATÓRIO NO LITORAL PARAIBANO

Roberto Balbino da Silva
 Italo de Souza Aquino
 Geovergue Rodrigues de Medeiros
 Péricles de Farias Borges
 Alex da Silva Barbosa

RESUMO

A expansão no cultivo da cana-de-açúcar atrai vários insetos-praga, representando um fator limitante à cultura canavieira no Brasil. O objetivo da pesquisa foi analisar as variáveis comportamentais da praga da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis*, produzida em laboratório. Os experimentos foram desenvolvidos em três etapas, de modo inteiramente casualizado, ocorrendo no Laboratório de Produção Massal de Controle Biológico (LPMCB) da Associação de Plantadores de Cana da Paraíba (ASPLAN), localizado no município de Mamanguape, Paraíba. Na primeira etapa, correspondente à avaliação do ciclo biológico de vida ovo-adulto, o experimento utilizou 30 casais selecionados aleatoriamente da criação comercial do laboratório, sendo acomodados de modo individualizado. Na segunda etapa, para diagnosticar a viabilidade de larva-pupa, larva-adulto e pupa-adulto e, bem como, a razão sexual dos adultos de *D. saccharalis*, foram coletadas 600 larvas durante cinco semanas, sendo 120 unidades por semana. Na terceira etapa, em relação às avaliações do experimento para mensurar a quantidade de larvas por casais, fez-se necessário executar quatro tratamentos com 10 repetições cada um, sendo utilizado um casal adulto de inseto por câmara de acasalamento. Em todas as fases estudadas, os resultados destacam que a viabilidade apresenta índices satisfatórios, acima de 90%. Na razão sexual dos adultos, as fêmeas são maioria. Na oviposição, a quantidade média obtidas de larva por casal foi de 243 indivíduos. Concluindo que a temperatura é um fator importante para prolongar ou diminuir o ciclo de vida da *D. saccharalis*.

Palavras-chave: Broca da cana-de-açúcar. Ciclo biológico. Produção em laboratório.

ABSTRACT

The expansion in sugarcane cultivation attracts several pest-insects, representing a limiting factor to the sugarcane production culture in Brazil. The objective of this research was to analyze the behavioral variables of the sugarcane pest, *Diatraea saccharalis*, produced in laboratory. The experiments were carried out in three stages, in a completely randomized way, at the Mass Production of Biological Control Laboratory (LPMCB) of the Paraíba Sugarcane Growers Association (ASPLAN), located in the city of Mamanguape, Paraíba. In the first stage, corresponding to the egg-adult life biological cycle evaluation, the experiment used 30 couples randomly selected from the laboratory commercial creation, individually accommodated. In the second stage, to diagnose the larva-pupa, larva-adult and pupa-adult viability, as well as the *D. saccharalis* adult sex ratio, 600 larvae were collected during five weeks, 120 units per week. In the third stage, regarding the experiment evaluations to measure the number of larvae per couple, it was necessary to perform four treatments with 10 repetitions each, using one adult couple of insects per mating chamber. In all the considered stages, the results highlight that the viability presents satisfactory rates, above 90%. In the adult sex ratio, females are majority. In oviposition, the average number of larvae obtained per couple was 243 individuals. Concluding that temperature is an important factor to prolong or reduce the life cycle of *D. saccharalis*.

Keywords: Biological cycle. Laboratory production. Sugarcane drill.

2.1 INTRODUÇÃO

Na era da Agricultura 4.0, a humanidade vivencia os desdobramentos da Revolução Industrial e da Era Digital, com a absolvição de seus impactos positivos e nocivos, cujas consequências e influências afetam a vida humana na Terra. Dentre as múltiplas culturas agrícolas, o cultivo de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L) encontra raízes históricas no âmbito macroeconômico nacional. Da extração das matérias primas ao controle biológico, a engenharia agrícola precisa dar conta de questões ambientais e de aspectos da saúde dos trabalhadores envolvidos nesse processo logístico, extrativista, corporativista e empresarial (BAGLIANO, 2012).

O controle biológico de pragas representa um diferencial no mundo comercial competitivo, economicamente globalizado e tecnologicamente estruturado. Nesse sentido, a certificação de práticas sustentáveis à produção agrícola de cana-de-açúcar traz reputação positiva ao agronegócio e agrega valor. Pois, o meio ambiente e a insalubridade do ambiente de trabalho com controle químico de pragas representam um desafio ao engenheiro agrícola que atua nesse setor mercadológico da agroecologia.

No Brasil, os aparatos tecnológicos e jurídicos tendem a privilegiar ações que reduzam os impactos ambientais, os acidentes de trabalho e a insalubridade do ambiente de trabalho do cultivo de cana-de-açúcar, representando um produto agrícola que tem uma relação intrínseca com o Brasil, inclusive com o Nordeste.

Por ser um produto destinado à alimentação humana, a cana-de-açúcar e seus derivados são alvo de disputa e poder. Na Paraíba, de acordo com dados da Associação de Plantadores de Cana da Paraíba (ASPLAN, 2019), essa cultura encontrou condições geográficas e climáticas que favorecem seu manejo. Cabe destacar que no cenário internacional, o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar, com uma produção estimada em 620.832 milhões de toneladas na safra 2018/2019. Na região Norte-Nordeste, nesse mesmo período, a produção de cana-de-açúcar, foi de aproximadamente 47.707 milhões de toneladas, representando cerca de 8% de toda a produção nacional (UNICA, 2019).

Em relação à Paraíba, o surgimento da produção de cana-de-açúcar pode ser datado em 1587, cujo engenho pioneiro foi instalado em Santa Rita, na região metropolitana de João Pessoa. Na metade do século XIX, esse produto agrícola desempenhava um papel relevante na economia paraibana e, por volta de 1920, os antigos engenhos foram substituídos por usinas de açúcar e destilaria de álcool (ASPLAN, 2019).

A justificativa da realização dessa pesquisa perpassa pela expansão no cultivo da cana-de-açúcar, atraindo vários insetos-praga como fator limitante ao cultivo na Paraíba. Pois há mais de 80 espécies de insetos que tem nesse produto agrícola a sua fonte de alimento, sendo a *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (*Lepidoptera: Crambidae*) a principal praga que ataca a cultura (PINTO; GARCIA; BOTELHO, 2006).

De fato, para além do controle químico das pragas que afetam negativamente a produtividade da cana-de-açúcar, a sustentabilidade no cultivo desse produto agrícola representa uma alternativa para evitar ou prevenir o ataque da *D. saccharalis* – broca da cana-de-açúcar. A utilização contínua de pesticidas tem baixa eficácia, pois as lagartas não são atingidas pelo produto no interior dos colmos das plantas (SANTOS, 2018).

Nesse cenário delineado do cultivo de cana-de-açúcar, através do ciclo biológico, da longevidade de machos e fêmeas, viabilidade da postura a partir da quantidade de larvas por casais e a porcentagem de emergência de pupa, esse estudo tem o objetivo de analisar as variáveis comportamentais do hospedeiro *D. saccharalis* produzidas em laboratório no litoral paraibano.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Na pesquisa, os insetos de *D. saccharalis* são provenientes do Laboratório de Produção Massal de Controle Biológico (LPMCB) da Associação de Plantadores de Cana da Paraíba (ASPLAN), localizado no município de Mamanguape, Paraíba. Na linha de produção do laboratório, a população de *D. saccharalis* é alimentada com dieta artificial de Hensley e Hammond (1968) e modificada por Parra e Mishfedt (1992) e pela ASPLAN (2019). Para efeito de pesquisa, a partir do experimento realizado foi possível observar e analisar os seguintes parâmetros: (i) ciclo biológico da *D. saccharalis* do ovo-adulto, (ii) viabilidade de larvas e pupas, e razão sexual dos adultos, (iii) quantidade de larvas por casais de *D. saccharalis* durante sua vida.

Quanto à metodologia utilizada no experimento em laboratório para a criação da *D. saccharalis*, fundamenta-se na proposta metodológica de Nardim (2004), inoculando os ovos em frascos com dieta artificial, transferida para sala climatizada de desenvolvimento, com temperatura controlada em 29°C. Após o período de aproximadamente 15 dias, os ovos foram transferidos para caixas entomológicas, com dieta artificial para continuar o desenvolvimento, ficando nessa situação por 10 dias.

Após a transformação dos ovos em pupas, a amostra de *D. saccharalis* foi transferida às caixas plásticas (45 x 25 x 6 cm) com tampa e papel filtro, permanecendo por seis dias, até os adultos emergirem. Os 80 insetos adultos (35 fêmeas e 45 machos) foram colocados em câmaras de PVC (21 x 10 cm) revestida com papel sulfite, em sala climatizada a 21°C, para o acasalamento e oviposição. No dia seguinte, as câmaras foram revisadas e os ovos desinfetados com formol e sulfato de cobre a 1% e, após secos, foram acomodados em saco estéril com algodão. Após cinco dias foram colocados 250 ovos inoculados em garrafas contendo o alimento (dieta).

Na primeira etapa, correspondente à avaliação do ciclo biológico de vida ovo-adulto da *D. saccharalis*, o experimento utilizou 30 casais selecionados aleatoriamente da criação comercial do laboratório, sendo acomodados de modo individualizado, ou seja, um casal por câmara de tubo de PVC (12 x 5 cm) revestida com papel sulfite e acomodada em salas climatizadas com três temperaturas distintas: 21, 25 e 29 °C, sendo que cada casal corresponde a uma repetição, bem como cada temperatura representa um tratamento. Isto é, realizou-se 10 repetições para cada uma das temperaturas pesquisadas.

Na segunda etapa, para diagnosticar a viabilidade de larva-pupa, larva-adulto e pupa-adulto e, bem como, a razão sexual dos adultos de *D. saccharalis*, foram coletadas 600 larvas durante cinco semanas, sendo 120 unidades semanais. Ou seja, o experimento foi realizado em cinco tratamentos, sendo um tratamento por semana com 120 larvas, com amostra recorrente de lotes da produção comercial do laboratório. Cabe destacar que foram utilizadas 12 larvas por placa Petri, correspondendo a uma repetição por placa, totalizando 10 repetições para cada tratamento executado em sala climatizada com temperatura de aproximadamente 28°C, fotofase de 12 horas, cujas avaliações eram repetidas diariamente para identificar as três variáveis: viabilidade de larva-pupa, larva-adulto e pupa-adulto, razão sexual e mortalidade.

Por sua vez, na terceira etapa, em relação às avaliações do experimento para mensurar a quantidade de larvas por casais de *D. saccharalis*, executou-se quatro tratamentos com 10 repetições cada um, sendo utilizado um casal adulto de inseto por câmara de acasalamento, totalizando 400 casais de *D. saccharalis*.

Por fim, no tocante à perspectiva de análise dos dados, quanto à normalidade e à homogeneidade de variâncias, o experimento foi submetido ao teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) e Bartlett (SNEDECOR; COCHRAN, 1989). Os dados de longevidade de *D. saccharalis*, mais precisamente em relação aos ovos, às larvas, às pupas e aos insetos adultos (fêmea e macho) foram submetidos à análise estatística e à análise de variância, sendo aplicado o modelo de regressão linear, em virtude da ocorrência de diferença

significativa ($p \leq 0,05$). Contudo, os modelos escolhidos apresentam os maiores valores de R^2 , cujo experimento é considerado inteiramente casualizado, sendo utilizado um programa estatístico *Cloud Radio Access Networks* (CRAN).

2.3 RESULTADOS

Os dados obtidos nesse experimento são originários da linha de produção do LPMCB da ASPLAN, localizado no litoral norte paraibano, cujos resultados observados e analisados foram: ciclo biológico do ovo-adulto, viabilidade de larvas e pupas, razão sexual dos adultos e quantidade de larvas por casais durante sua vida. A Figura 1.2 ilustra os resultados obtidos para mensurar o quantitativo de dias da longevidade de ovos, larvas e pupas de *D. saccharalis* em três temperaturas distintas: 21, 25 e 29°C:

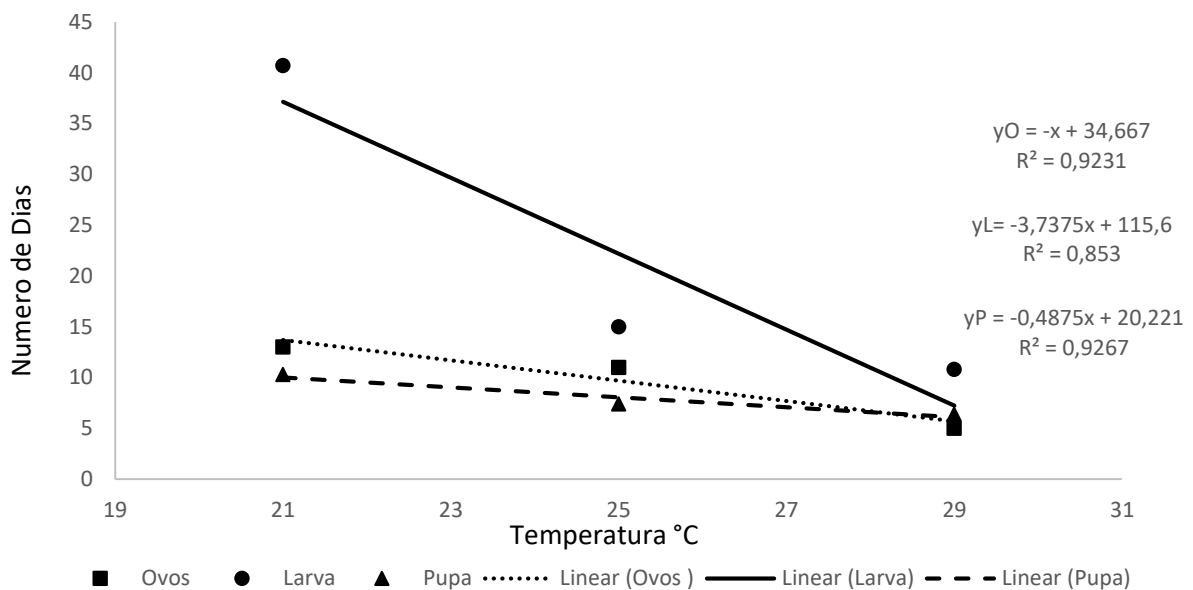


Figura 1.2 – Longevidade ovos, larvas e pupas de *D. Saccharalis* (CV% =0; p (RL) = 0,0001)

Em relação aos dados ilustrados na Figura 1.2, verifica-se que foram realizados experimentos em temperaturas distintas: 21, 25 e 29°C, mas com o mesmo intervalo (4°C). Desse modo, cada fonte proporcionou um resultado específico, cujo comportamento padrão dos dados resulta um modelo de regressão linear. Isto é, uma regressão simples na qual os resultados diminuíram em função da fonte – temperatura.

De acordo com a mensuração da temperatura de 21°C, a longevidade dos ovos de *D. saccharalis* foi de 13 dias, diferentemente do resultado obtido na temperatura de 25°C com 11 dias e, também, diferencia-se da longevidade na temperatura de 29°C com apenas cinco dias.

Isto porque, a temperatura interfere diretamente na longevidade de ovos de *D. saccharalis*, cuja queda no resultado foi mais acentuada em 29°C, pois o aumento da temperatura diminui o tempo de vida dos respectivos ovos.

Por sua vez, em relação à longevidade de larvas de *D. saccharalis* submetidos aos tratamentos nas temperaturas pesquisadas, cabe evidenciar que na temperatura de 21°C o experimento constatou que 60% da amostra obteve o resultado de 40 dias da longevidade de larvas de *D. saccharalis*, com variação de 39 a 43 dias e, portanto, média geral de 40,7 dias. Ao avaliar a longevidade de larvas de *D. saccharalis* em 25°C, observa-se que 60% das repetições apresentaram o resultado de 15 dias (média geral), oscilando de 14 a 16 dias. Por fim, na temperatura de 29°C, obteve-se 11 dias em 60% das repetições, variando entre 10 e 12 dias, com média de 10,8 dias. Isto é, a elevação da temperatura diminui o número de dias de longevidade das larvas de *D. saccharalis*.

Os resultados obtidos em relação ao número de dias de longevidade da pupa de *D. saccharalis*, evidenciam uma redução em decorrência da temperatura. De fato, em 21°C o experimento obteve 80% das repetições com um quantitativo de 10 dias, com único ápice em 12 dias e média geral em 10,3 dias. Ao ser submetido à temperatura de 25°C a maioria da amostra (70%) apresentou o resultado de sete dias, chegando à marca de nove dias em uma única repetição, cuja média geral marca 7,4 dias de longevidade da pupa de *D. saccharalis*. Enquanto que, a 29 °C, os dados obtidos evidenciam que 70% das amostras atingiram seis dias, inclusive uma repetição obteve oito dias, com média geral de 6,4 dias de longevidade de pupa.

No tocante ao número de dias da longevidade da fêmea e macho de *D. saccharalis*, os resultados obtidos estão delineados na Figura 4.2:

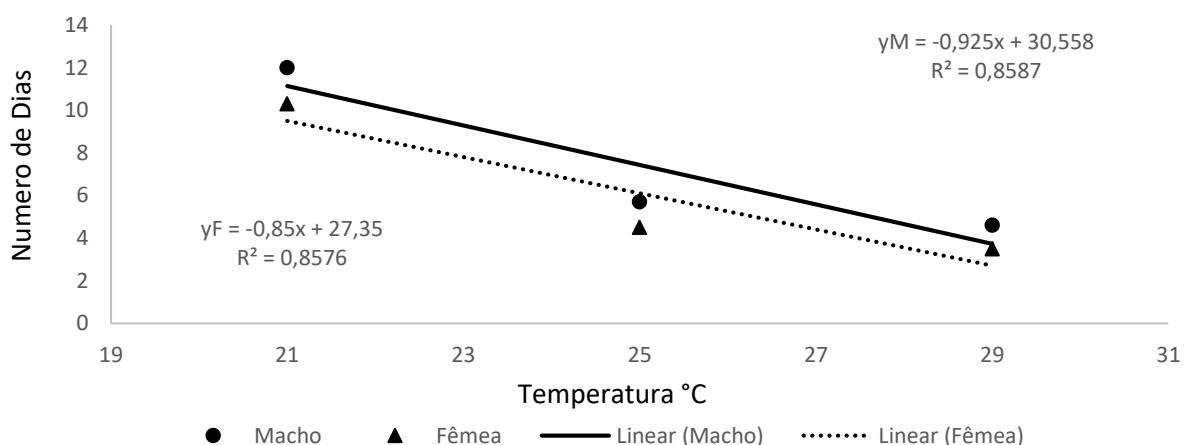


Figura 2.2 – Longevidade fêmeas e machos de *D. saccharalis* (CV%=11,13; p (RL)=0,0001)

De acordo com os dados demonstrados na Figura 2.2, observa-se que a regressão foi mais acentuada entre as temperaturas de 21 e 25°C, pois nesse primeiro intervalo de 4°C ocorreu uma queda de aproximadamente 50% da longevidade de fêmea de *D. saccharalis* (cinco dias). Na temperatura de 21°C houve quatro marcações distintas (1/10, 2/11, 3/12 e 4/13 dias). Desse modo, verifica-se que, dentre a amostragem, a maioria das repetições nesse tratamento atingiu o quantitativo de longevidade com 13 dias (40%), com média geral de 12 dias.

No experimento a 25°C, constata-se que houve três resultados singulares (4/5, 3/6 e 2/7 dias), de tal modo que a média geral foi de 5,7 dias, pois a maioria (40%) da amostragem marcou cinco dias de longevidade das fêmeas. Por fim, na temperatura de 29°C, os resultados foram reduzidos em cinco dias (60%) e quatro dias (40%), com média geral em 4,6 dias.

De modo similar, em relação ao número de dias da longevidade dos machos de *D. saccharalis*, cujos melhores índices apontam para a temperatura de 21°C, pois apesar de ter ocorrido três números de longevidade (1/9, 5/10 e 4/11 dias), a maioria das repetições (50%) atingiu o quantitativo de 10 dias, com média geral em 10,3 dias.

Na temperatura de 25°C, os resultados obtidos apontam duas marcações, dividindo igualmente a amostra em cinco dias (50%) e quatro dias (50%), com média geral em 4,5 dias. E, de modo semelhante, a 29°C, 50% da amostra obtiveram três dias e a outra metade dos machos (50%) conseguiu a longevidade de quatro dias, mas com média geral em 3,5 dias.

Acerca dos aspectos referentes ao ciclo da *D. saccharalis* de ovo a adulto, inclusive das diferenças nos resultados obtidos da razão sexual (fêmea e macho), a Tabela 1.2 resume o experimento.

Tabela 1.2 – Longevidade de *Diatraea saccharalis* para cada fase de desenvolvimento

Temperaturas	Dias $\pm$ Erro Padrão					
	Ovos	Larvas	Pupas	Adulto	Fêmea	Macho
21	13 $\pm$ 0,0 ^a	40,7 $\pm$ 0,4 ^a	10,3 $\pm$ 0,2 ^a	11,15 $\pm$ 0,2 ^a	12 $\pm$ 0,3 ^a	10,3 $\pm$ 0,2 ^a
25	11 $\pm$ 0,0 ^b	15 $\pm$ 0,2 ^b	7,4 $\pm$ 0,2 ^b	5,1 $\pm$ 0,1 ^b	5,7 $\pm$ 0,3 ^b	4,5 $\pm$ 0,2 ^b
29	5 $\pm$ 0,0 ^c	10,8 $\pm$ 0,2 ^c	6,4 $\pm$ 0,2 ^c	4,05 $\pm$ 0,1 ^c	4,6 $\pm$ 0,2 ^c	3,5 $\pm$ 0,2 ^c
CV%	0	4,4	8,6	7,05	11,13	9,51
p	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

^{abc}= Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem pelo teste de SNK a 5%, CV%= Coeficiente de variação; EPM= Erro padrão da média; p=probabilidade.

De acordo com a Tabela 1.2, observa-se que, em decorrência do aumento da temperatura, a longevidade diminuiu em todas as fases do experimento (ovo, larva, pupa e adulto). Na fase de ovos, a longevidade de *D. saccharalis* obteve os seguintes resultados: 13

dias em 21°C, 11 dias em 25°C e cinco dias em 29°C. Enquanto as larvas obtiveram: 40,7 dias em 21°C, 15 dias em 25°C e 10 dias em 29°C.

Por sua vez, em relação às pupas, os resultados apontam: 10,3 dias em 21°C, 7,4 dias em 25°C e 6,4 dias em 29°C. Porém, na fase adulta, os dados destacam que a longevidade em 21°C é de 11,15 dias, em 25°C atinge 5,10 dias e em 29°C com 4,05 dias. Mas, ao analisar os resultados dentre os adultos através da razão sexual (fêmea e macho), obteve-se em 21°C a longevidade de 12 dias (fêmeas) e 10,3 dias (machos), em 25°C com 5,7 dias (fêmea) e 4,5 dias (machos), sendo que a 29°C tem 4,6 dias (fêmeas) e 3,5 dias (machos). De fato, as fêmeas apresentam longevidade maior que os machos, ou seja, sobrevivem por mais dias.

Contudo, para analisar a viabilidade de larva-pupa, larva-adulto e pupa-adulto, e a razão sexual, macho/fêmea, dos adultos de *D. saccharalis*, a Tabela 2.2 apresenta a porcentagem de viabilidade para cada uma dessas fases de desenvolvimento e razão sexual.

Tabela 2.2 – Viabilidade *Diatraea saccharalis* em cada fase de desenvolvimento e razão sexual

Lote	Larva/pupa	Viabilidade de larva e pupa, e razão sexual			
		Larva/adulto	Pupa/adulto	Fêmea	Macho
1	93,33±2,57 ^a	86,67±4,33 ^a	92,87±3,89 ^a	58,43±6,51 ^a	41,57±6,51 ^a
2	91,67±2,71 ^a	87,50±4,29 ^a	94,91±2,90 ^a	53,63±3,53 ^a	46,37±3,53 ^a
3	94,17±1,93 ^a	90,00±3,90 ^a	95,72±3,90 ^a	59,22±3,22 ^a	40,78±3,22 ^a
4	94,17±2,29 ^a	90,83±2,88 ^a	96,69±2,78 ^a	49,66±6,93 ^a	50,34±6,93 ^a
5	78,33±5,89 ^b	58,33±7,87 ^b	73,32±7,95 ^b	56,56±5,91 ^a	43,44±5,91 ^a
CV%	12,08	20,27	17,47	33,93	42,31
p	0,0001	0,0001	0,0001	0,723	0,723

^{ab}= Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem pelo teste de SNK a 5%, CV%= Coeficiente de variação; ±EPM= Erro padrão da média; p=probabilidade.

De acordo com a Tabela 2.2, quanto à viabilidade de *D. saccharalis* nas respectivas fases de desenvolvimento – larva/pupa, larva/adulto, pupa/adulto – e, bem como, o percentual de machos e fêmea – razão sexual, para saber a porcentagem de cada fase e por gênero, constata-se a viabilidade da *D. saccharalis* através de cinco lotes. No experimento, dentre os resultados obtidos, as fases larva/pupa e pupa adulto conseguiram alcançar melhores percentuais de viabilidade, enquanto que, a fase larva/adulto manteve o percentual ligeiramente abaixo.

A partir dos resultados obtidos nos cinco lotes, a fase pupa/adulto apresenta melhor média percentual 90,70% de viabilidade: lote 1 = 92,87%; lote 2 = (94,91%); lote 3 = (95,72%); lote 4 = 96,69% e, com menor viabilidade, o lote cinco com apenas 73,32%.

Na fase larva/pupa a média percentual é de 90,33%, com maior percentual nos lotes três e quatro, 94,17% em ambos, cabe destacar que apenas o lote cinco obteve uma média geral abaixo de 90%, isto é, com 78,33%.

Na fase larva/adulto, a média obtida é de 82,67%, apenas os tratamentos três e quatro com 90%, cujo lote cinco tem o menor índice (58,33%). Portanto, nas três fases de desenvolvimento da *D. saccharalis*, os lotes três e quatro têm melhores resultados de viabilidade, como também em todas as fases, o lote cinco está abaixo dos demais.

De modo ilustrativo, a Figura 3.2 apresenta a média percentual de viabilidade das três fases de desenvolvimento da *D. saccharalis* analisadas nos cinco lotes do experimento.

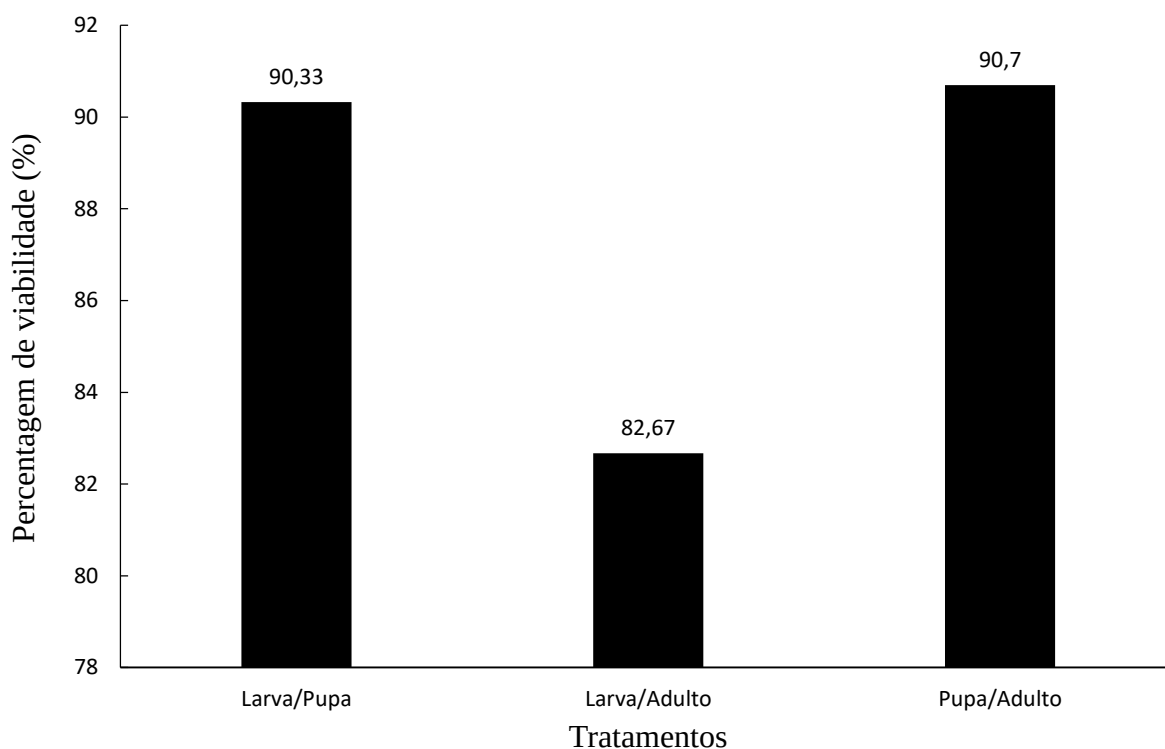


Figura 3.2 – Média de viabilidade larva/pupa, larva/adulto e pupa/adulto *D. saccharalis*

De acordo com a Figura 3.2, quanto à viabilidade por casais de *D. saccharalis* nos cinco lotes, a quantidade média de larvas que se desenvolveram em pupa atinge o índice de 90,33%, dos quais 90,70% das pupas se transformaram em adultos. Ou seja, de acordo com a média percentual dos cinco lotes, 82,67% das larvas se transformaram em adultos.

Nesse experimento com 400 casais de *D. saccharalis*, em relação à quantidade média de larvas por casais de *D. saccharalis* durante sua vida, executado em quatro tratamentos com 10 repetições cada um, o resultado obtido pode ser visualizado na Figura 4.2:

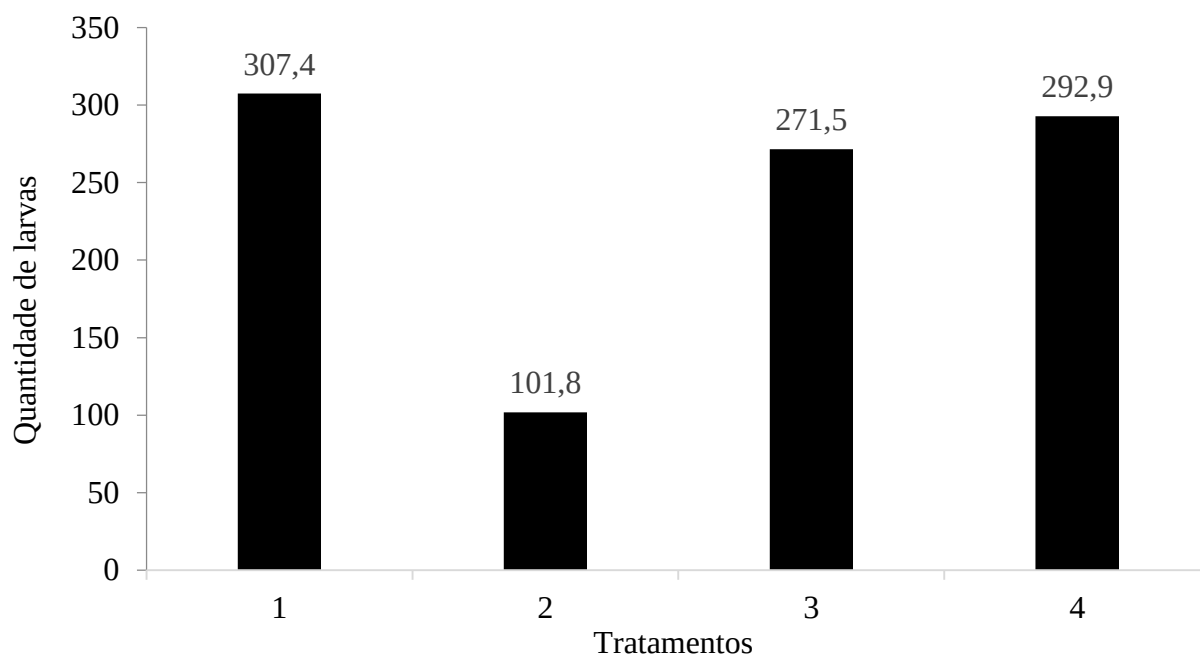


Figura 4.2 – Quantidade média de larvas por casal *Diatraea saccharalis* (CV% = 39,94; $p = 0,049$)

De acordo com a Figura 4.2, no Tratamento 1 (lote), os casais têm a melhor média (307,4 larvas), seguido do Tratamento 4 (lote) com 292,9 larvas e do Tratamento 3 (lote) com 271,5 larvas, enquanto o Tratamento 2 (lote) com 101,8 larvas tem a menor quantidade média de larvas por casal de *D. saccharalis*. Nesses quatro tratamentos, a quantidade média de larvas obtidas é de 243,4 larvas por casal.

2.4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na pesquisa realizada com a amostra de *D. saccharalis* da linha de produção do LPMCB da ASPLAN localizado em Mamanguape, no litoral norte paraibano, cujos dados analisados foram em relação ao ciclo biológico do ovo-adulto, à viabilidade de larvas e pupas, e razão sexual dos adultos e à quantidade de larvas por casais durante sua vida.

Para mensurar o quantitativo de dias da longevidade dos ovos de *D. saccharalis*, foram realizados experimentos em intervalos de 4°C. Com 21, 25 e 29°C, a longevidade dos ovos de *D. saccharalis* foi, respectivamente, de 13, 11 e 5 dias – um modelo de Regressão Linear (RL), pois os resultados diminuíram em função do aumento da temperatura. Portanto, corrobora com os estudos de Botelho e Macedo (2002), ao constatarem que a eclosão das larvas ocorre entre 7 e 15 dias, variando significativamente em função da temperatura.

No experimento, a longevidade de larvas de *D. saccharalis*, com temperatura de 21°C, apresentou resultados bem parecidos com Gallo *et al.* (2002), ao afirmarem que o ciclo biológico total dura, em geral, mais de 40 dias.

Os resultados obtidos em relação à longevidade da pupa evidenciam uma redução no número de dias em decorrência da temperatura. De fato, em 21°C o experimento obteve 80% das repetições com um quantitativo de 10 dias, com único ápice em 12 dias e média geral em 10,3 dias. Corroborando com os resultados obtidos no estudo de Rando *et al.* (2016), ao obterem uma média de 10 dias de longevidade nos experimentos pesquisados.

Ao ser submetido às temperaturas de 25 e 29°C, a maioria dos dados obtidos evidencia que a longevidade de pupas atingiu resultados com médias em 7,4 e 6,4 dias, respectivamente. Isto é, contrariando os resultados sugeridos por Lima (2011), ao relatar que esta fase deveria ter a longevidade em torno de nove dias.

No tocante ao número de dias da longevidade da fêmea de *D. saccharalis*, os resultados obtidos na temperatura de 21°C teve média geral de 12 dias, assemelhando-se à obtida nos estudos de Rando *et al.* (2016), ao relatarem que o maior resultado de longevidade dos adultos permanece em torno de nove dias. Diferentemente do experimento a 25°C, com média geral de 5,7 dias, e na temperatura de 29°C com média geral em 4,6 dias, ou seja, em ambas as temperaturas, os resultados estão abaixo dos índices recomendados na literatura.

De modo similar, em relação ao número de dias da longevidade dos machos de *D. saccharalis*, os resultados obtidos em temperaturas controladas a 21, 25 e 29°C, evidenciam um padrão linear de regressão em função do aumento da temperatura, cujos melhores índices apontam para a temperatura de 21°C, com média geral em 10,3 dias, tal como obteve Lima (2011), ao relatar longevidade superior a nove dias.

Acerca dos aspectos referentes ao ciclo da *D. saccharalis* de ovo a adulto, inclusive das diferenças nos resultados obtidos da razão sexual (fêmea e macho), observa-se que, em decorrência do aumento da temperatura, a longevidade diminuiu em todas as fases do experimento (ovo, larva, pupa e adulto), tal como demonstraram Rando *et al.* (2016). Mas, na fase adulta, os dados destacam que a longevidade em 21°C é de 11,15 dias, sendo de 12 dias para fêmeas e 10,3 dias para os machos, familiarizando-se com os resultados de Veiga *et al.* (2013).

Em relação à viabilidade dos lotes analisados, a média percentual dos cinco lotes é de 82,67% das larvas transformadas em adultos, assemelhando-se aos resultados obtidos nos estudos de Araújo (1987), com 70% de emergência de adultos da *D. saccharalis*.

No experimento, em relação à quantidade média de larvas por casais de *D. saccharalis* durante sua vida, o resultado obtido evidencia que a quantidade média de larvas é de 243,4 amostras, mantendo-se inferior aos resultados publicados por Lima (2011) e Veiga *et al.* (2013), em condições de laboratório, talvez em virtude de nuances relativas à adequação de dietas em laboratórios. Porém, tal resultado corrobora com Botelho e Macedo (2002), ao relatarem que uma fêmea oviposita entre 200 e 400 ovos.

2.5 CONCLUSÃO

Nas condições em que o experimento foi realizado, infere-se que:

1. A *Diatraea saccharalis* apresenta-se como hospedeiro viável na produção massal de *Cotesia flavipes* em programas de controle biológico, principalmente em relação à longevidade, razão sexual e quantidade de larva por casal, servindo como norteamento para tomada de decisão em condições de campo;
2. A temperatura é um fator importante para prolongar ou diminuir o ciclo de vida da *D. saccharalis*;
3. A *D. saccharalis* apresenta alta viabilidade larval como hospedeira, com média de larvas viáveis de 243 indivíduos por casal, e a população apresenta razão sexual de adultos preponderante para as fêmeas.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J.R. **Guia prático para criação da broca da cana-de-açúcar e de seus parasitoides em laboratório**, Piracicaba, SP: PLANALSUCAR, 1987.

ASSOCIAÇÃO DE PLANTADORES DE CANA DA PARAÍBA – ASPLAN. **Balanço final da safra 2018/19 de cana-de-açúcar mostra que a Paraíba manteve média de produção**, 2019. Disponível em: <<http://www.asplanpb.com.br>> Acesso em: 30 jul 2019.

BAGLIANO, R. V. Principais organismos utilizados como bioindicadores relatados com uso de avaliadores de danos ambientais. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v.2 n.1, 2012.

BOTELHO, P.S.M.; MACEDO, N.. *Cotesia flavipes* para o controle de *Diatraea saccharalis*. In: PARRA et al (Ed.). **Controle biológico no Brasil: Parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 409-425.

GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. 10 ed. Piracicaba, SP: FEALQ, 2002.

HENSLEY, S.D.; HAMMOND, A.H.. Laboratory techniques for rearing the sugarcane borer on an artificial diet. **Journal of Economic Entomology**, v. 61, n. 6, p. 1742-1743, 1968. Disponível em: <DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/jee/61.6.1742>>. Acesso em: 30 set 2019.

LIMA, N. C.. **A Formação dos Preços do Etanol Hidratado no Mercado Brasileiro de Combustíveis**. 2011, 218fs. Tese (Doutorado em Administração). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Universidade de São Paulo (USP), 2011.

NARDIN, R.R. **Protocolo de laboratório para a produção de *Cotesia flavipes* e *Diatraea saccharalis***. Itapira, SP: FEALQ, 2004.

PARRA, J.R.P.; MISHFEDT, L.J.. Comparison of artificial diets for rearing the sugarcane borer, In: ANDERSON, T.E; LEPLA, N.C. (eds.), **Advances in Insect Rearing for Research and Pest Management**. Westview Press, 1992. p. 195-209.

PINTO, A.S., GARCIA, J.F.; BOTELHO, B.S.M.. Controle Biológico da cana de açúcar. In: PINTO, A. S. et al (Eds). **Controle Biológico de Pragas na Prática**. Piracicaba, SP: PLANALSUCAR, 2006. p. 287.

RANDO, J.S. et al. Marcação de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) com Diferentes Corantes em Dieta Artificial. **Entomo Brasilis**, v. 9, n. 1, 2016. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5470572.pdf>>. Acesso em: 30 set 2019.

SANTOS, R.F.. **Qualidade do parasitoide *Cotesia flavipes* Cameron, 1891 (Hymenoptera: Braconidae) produzido por biofábricas de diferentes regiões do Brasil**. 2018. 76 f. Tese (Doutorado) – Curso de Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias- Unesp, Jaboticabal, 2018. Cap. 3. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/157433>>. Acesso em: 22 ago. 2019.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B.. An analysis of variance test for normality: complete samples. **Biometrika**, v.52, n.3/4, p.591-611, 1965.

SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. **Statistical methods**. 8th.ed. Iowa: Iowa State University Press, 1989.

UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO – ÚNICA. **A indústria da cana-de-açúcar: Etanol, açúcar e bioeletricidade**. 2019. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br/>>. Acesso em: 30 set 2019.

VEIGA, A.C.P. et al. Quality control of *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae) from different Brazilian biofactories. **Biocontrol Science and Technology**, v. 23, p. 665-673, 2013.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os múltiplos aspectos que perpassam pela cultura canavieira, esse estudo privilegiou o controle biológico da broca da cana-de-açúcar, em função do ciclo biológico e dos aspectos comportamentais de *Cotesia flavipes* e *Diatraea saccharalis* produzidas no LPMCB da ASPLAN, no litoral norte paraibano.

No tocante à *C. flavipes*, analisou-se o ciclo de vida e a emergência por massa, longevidade de adulto, razão sexual e quantidade por embalagem (copo), armazenamento de adultos em baixas temperaturas, eficiência de armazenamento na geladeira, com descanso antes do parasitismo e de inoculação entre gêneros (masculino e feminino). Quanto à *D. saccharalis*, apreciou-se o ciclo biológico do ovo-adulto, viabilidade de larvas e pupas, e razão sexual dos adultos, bem como a quantidade de larvas por casais durante sua vida.

Nas condições em que o experimento foi realizado, infere-se que as *D. saccharalis* apresentam índices de qualidade nas condições de viabilidade, longevidade, razão sexual e quantidade de larva por casal, servindo como norteamento para tomada de decisão em condições de campo.

Os resultados apontam que a temperatura é um fator importante para prolongar ou diminuir o ciclo de vida da *D. saccharalis*, cuja temperatura ideal gira em torno de 21°C. Em todas as fases estudadas, a viabilidade da *D. saccharalis* apresenta índices satisfatórios, acima de 90%. Na razão sexual dos adultos, as fêmeas apresentaram 56%, ou seja, é maioria. Na oviposição, a quantidade média de larva por casal foi de 243 indivíduos.

De fato, os resultados obtidos enaltecem a qualidade satisfatória de liberação em campo para o parasitoide *C. flavipes*, com a finalidade de atuar no controle biológico da *D. flavipennella*. Nesse sentido, em relação ao ciclo de vida, à emergência por massa e à razão sexual, as amostras revelaram melhor resultado na temperatura de 25°C. Quanto à longevidade de adultos nas temperaturas de 21 e 25°C, o resultado obtido foi idêntico – 100% dos insetos vivos com 56 horas.

Enquanto para a razão sexual e quantidade de insetos por copo, os lotes analisados foram uniformes, com razão sexual próxima aos 70%, e a quantidade de insetos por copo acima de 1.500 indivíduos. No tocante ao armazenamento de adultos de *C. flavipes* em baixas temperaturas (3°C), os insetos podem ficar por até 48 horas sem afetar sua qualidade, tanto para multiplicação em laboratório quanto para liberação em campo.

Contudo, ao comparar os insetos armazenados em baixas temperaturas (3°C), com descanso em temperatura ambiente, os resultados foram semelhantes no ensaio sem descanso. No tocante à mão de obra para inoculação entre gêneros, os colaboradores do sexo feminino apresentam melhor eficiência em relação ao do sexo masculino.

REFERÊNCIAS

- ANGILLETTA, M.J. **Thermal adaptation**: a theoretical and empirical synthesis. Oxford: Oxford University Press, 2009. Disponível em: <<https://asu.pure.elsevier.com/en/publications/thermal-adaptation-a-theoretical-and-empirical-synthesis>>. Acesso em: 30 jul 2019.
- ARAÚJO, J.R. **Guia prático para criação da broca da cana-de-açúcar e de seus parasitoides em laboratório**, Piracicaba, SP: PLANALSUCAR, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE CONTROLE BIOLÓGICO – ABCBIO. **A biodefesa na agricultura brasileira**: principais agentes biológicos, 2018. Disponível em: <http://www.abcbio.org.br/abcbioa-biodefesa-na-agricultura-brasileira>. Acesso em: 30 set 2019.
- ASSOCIAÇÃO DE PLANTADORES DE CANA DA PARAÍBA – ASPLAN. **Balanço final da safra 2018/19 de cana-de-açúcar mostra que a Paraíba manteve média de produção**, 2019. Disponível em: <<http://www.asplanpb.com.br>> Acesso em: 30 jul 2019.
- BAGLIANO, R. V. Principais organismos utilizados como bioindicadores relatados com uso de avaliadores de danos ambientais. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v.2 n.1, 2012.
- BOICA JR., A.L.; LARA, F.M.; BELLODI, M.P.. Influência de variedades de cana-de-açúcar, incorporadas em dieta artificial, no desenvolvimento de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) e no seu parasitismo por *Cotesia flavipes* (Cam.). **An. Soc. Entomol. Bras.**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 537-542, dez. 1997 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-80591997000300017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 09 ago 2019.
- BOTELHO, P.S.M.; MACEDO, N. *Cotesia flavipes* para o controle de *Diatraea saccharalis*. In: PARRA et al (Ed.). **Controle biológico no Brasil**: Parasitóides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. p. 409-425.
- BUG AGENTES BIOLÓGICOS. **Parasitoides**, 2016. Disponível em: <<http://bugagentesbiologicos.com.br/site/index.php/parasitoides/>>. Acesso em: 30 set 2019.
- CARVALHO, C.M. et al. Rendimento de açúcar e álcool da cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n. 1, p.72-77, mar. 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/237023230_Rendimento_de_acucar_e_alcool_da_cana-de-acucar_submetida_a_diferentes_niveis_de_irrigacao>. Acesso em: 30 jul 2019.
- Resposta dos parâmetros tecnológicos da terceira folha de cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, p.337-342, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira da cana-de-açúcar – Safra 2018/19, **Primeiro levantamento**, v. 5, n. 1, Brasília, mai. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/17727_4e54c5103a0ab4a15529e35307c79b2e>.

Acesso em: 12 jul. 2019

CRUZ, I. **A broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis*, em milho, no Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. (Circular técnica, 90). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/476711>>. Acessado em: 05 ago 2019.

FÁVERO, K. **Biologia e técnicas de criação de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae)**. 2009. 63f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal da Grande Dourados, MS.

GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. 10 ed. Piracicaba, SP: FEALQ, 2002.

HEIMPEL; LUNDGREN. Sex ratios of commercially reared biological control agents. **Biological Control**, v. 19, n. 1, p. 77-93, 2000. Disponível em: <[doi:10.1006/bcon.2000.0849](https://doi.org/10.1006/bcon.2000.0849)>. Acesso em: 30 set 2019.

GRIFFTHS, A.J.S. et al. **Introdução à genética**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2008.

HENSLEY, S.D.; HAMMOND, A.H.. Laboratory techniques for rearing the sugarcane borer on an artificial diet. **Journal of Economic Entomology**, v. 61, n. 6, p. 1742-1743, 1968. Disponível em: <[DOI: http://dx.doi.org/10.1093/jee/61.6.1742](http://dx.doi.org/10.1093/jee/61.6.1742)>. Acesso em: 30 set 2019.

HIVIZI, C.L. et al. Controle de qualidade do parasitoide *Cotesia flavipes*. In: BUENO, V.H.P. (Ed.). **Controle Biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. Lavras, MG: Editora UFLA, 2009. p. 371-379.

IRLICH, U.M. et al. Insect rate-temperature relationships: Environmental variation and the metabolic theory of ecology. **The American Naturalist**, Chicago Press. v. 174, n. 6, p. 819-835, 2009. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/10.1086/6479042009>>. Acesso em: 30 set 2019.

IVAN, E.A.F. et al. Número de pontos de liberação de *Cotesia flavipes* influenciando o parasitismo de lagartas de *Diatraea saccharalis* em canavial. In: Simpósio de Controle Biológico, 12, São Paulo, 2010. **Anais...** São Paulo: Instituto Biológico, 2011. p. 385. (CD-ROM).

LIMA, N. C.. **A Formação dos Preços do Etanol Hidratado no Mercado Brasileiro de Combustíveis**. 2011, 218fs. Tese (Doutorado em Administração). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Universidade de São Paulo (USP), 2011.

MENDONÇA, A.F. et al. Broca comum da cana-de-açúcar. In: MENDONÇA, A.F. (org). **Pragas da cana-de-açúcar**. Maceió: Insetos & Cia, 1996. p. 49-82.

NARDIN, R.R. **Protocolo de laboratório para a produção de *Cotesia flavipes* e *Diatraea saccharalis***. Itapira, SP: FEALQ, 2004.

NAVA, D.E.; PINTO, A.S.; SILVA, S.D.A. **Controle biológico da broca da cana-de-açúcar**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 28p. (Documentos/ Embrapa Clima Temperado, 287)

PÁDUA, L.E.M.; PARRA, J.R.P.; HADDAD, M.L. Efeito da temperatura e umidade relativa do ar na biologia de *Cotesia flavipes* (Cameron). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal v. 23, n. 1, p. 105-114, 1994.

PANDEY, A.K.; TRIPATHI, C.O.M. Effect of temperature on the development, fecundity, progeny sex ratio and life-table of *Campoletis chloridae*, an endolarval parasitoid of the pod borer, *Helicoverpa armigera*. **BioControl**, v. 53, n. 3, p. 461-47, 2008. Disponível em: <DOI 10.1007/s10526-007-9083-32008>. Acesso em: 30 set 2019.

PARRA, J.R.P. et al. **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores.**: São Paulo: Manole, 2002.

PARRA, J.R.P.; MISHFEDT, L.J. Comparison of artificial diets for rearing the sugarcane borer, In: ANDERSON, T.E; LEPLA, N.C. (eds.), **Advances in Insect Rearing for Research and Pest Management**. Westview Press, 1992. p. 195-209.

PINTO, A.S., GARCIA, J.F.; BOTELHO, B.S.M. Controle Biológico da cana de açúcar. In: PINTO, A. S. et al (Eds). **Controle Biológico de Pragas na Prática**. Piracicaba, SP: PLANALSUCAR, 2006. p. 287.

POLASZEK, A.; WALKER, A.K. The *Cotesia flavipes* species complex: parasitoids of cereal stemborers in the tropics. **Redia**, n. 74, p. 335–341, 1991.

PREZOTTI, L. et al. Controle de qualidade em criações massais de parasitoides e predadores. In: PARRA, J.R.P. et al. (ed). **Controle Biológico no Brasil: Parasitoides e Predadores**. São Paulo: Manole, 2002. Cap. 17, p.295-308.

Effect of the size of the founder population on the quality of sexual populations of *Trichogramma pretiosum*, in laboratory. **Biological Control**, v. 30, n. 2, p. 174-180, 2004.

RANDO, J.S. et al. Marcação de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) com Diferentes Corantes em Dieta Artificial. **Entomo Brasilis**, v. 9, n. 1, 2016. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5470572.pdf>>. Acesso em: 30 set 2019.

SANTOS, R.F. **Qualidade do parasitoide *Cotesia flavipes* Cameron, 1891 (Hymenoptera: Braconidae) produzido por biofábricas de diferentes regiões do Brasil**. 2018. 76 f. Tese (Doutorado) – Curso de Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias- Unesp, Jaboticabal, 2018. Cap. 3. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/157433>>. Acesso em: 22 ago. 2019.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B.. An analysis of variance test for normality: complete samples. **Biometrika**, v.52, n.3/4, p.591-611, 1965.

SMANIOTTO, G. **Variabilidade de parâmetros biológicos e genéticos de *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae) no Brasil**. 2016. 72f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Pelotas, RS.

SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. **Statistical methods**. 8th.ed. Iowa: Iowa State University Press, 1989.

UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO – UNICA. **A indústria da cana-de-açúcar: Etanol, açúcar e bioeletricidade**. 2019. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br/>>. Acesso em: 30 set 2019.

VAN LENTEREN, J.C., Controle de qualidade de agentes de controle biológico produzidos massalmente: conhecimento, desenvolvimento e diretrizes. In: BUENO, V.H.P. (Ed.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. Lavras: Editora UFLA, 2010. p. 21-45.

VEIGA, A.C.P. et al. Quality control of *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae) from different Brazilian biofactories. **Biocontrol Science and Technology**, v. 23, p. 665-673, 2013.

WAJNBERG, E. Genetics of the behavioral ecology of egg parasitoids. In: CÔNSOLI, F.L., PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, A. **Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on *Trichogramma***. New York: Springer, cap. 5, 2010. p. 149-166.

WALTHER, G. et al., Ecological responses to recent climate change. **Nature**, v. 416, n. 6879, p. 389-395, 2002.

WILKINSON, D.S. A revision of the Indo-Australian species of the genus *Apanteles* (Hym: Braconidae). Part I. **Bulletin of Entomological Research**. Cambridge, v.19, n. 1, p. 79-105, 1928.

ZANUNCIO, J.C. et al. *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). **The Coleopterists Bulletin**, v. 62, n. 1, p. 64-66, 2008.