

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS

PAULO HENRIQUE TAVARES SANTOS FARIAS

**Resistência de acessos do complexo *Saccharum* à broca pequena *Diatraea saccharalis*
(Fab. 1794) (Lepidoptera: Crambidae) e sua interferência no parasitoide *Cotesia flavipes*
(Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae)**

Rio Largo, AL
2023

PAULO HENRIQUE TAVARES SANTOS FARIAS

Resistência de acessos do complexo *Saccharum* à broca pequena *Diatraea saccharalis* (Fab. 1794) (Lepidoptera: Crambidae) e sua interferência no parasitoide *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Doutor em Proteção de Plantas.

Orientador: Dr. Elio Cesar Guzzo

Rio Largo, AL
2023

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

F224r Farias, Paulo Henrique Tavares Santos.

Resistência de acessos do complexo *Saccharum* à broca pequena *Diatraea saccharalis* (Fab. 1794) (Lepidoptera: Crambidae) e sua interferência no parasitoide *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae). / Paulo Henrique Tavares Santos Farias. – 2023.

75f.: il.

Orientador: Elio Cesar Guzzo.

Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) – Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2023.

Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar. 2. Intensidade de Infestação. 3. Broca pequena do colmo.
I. Título.

CDU: 633.61

Folha de Aprovação

PAULO HENRIQUE TAVARES SANTOS FARIAS

**Resistência de acessos do complexo *Saccharum* à broca pequena *Diatraea saccharalis*
(Fab. 1794) (Lepidoptera: Crambidae) e sua interferência no parasitoide *Cotesia flavipes*
(Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae)**

Tese submetida à banca avaliadora para
defesa pública, como requisito para
conclusão do Doutorado em Proteção de
Plantas, da Universidade Federal de
Alagoas e aprovada no dia 24 de fevereiro
de 2023.



Dr. Elio Cesar Guzzo – Embrapa Tabuleiros Costeiros, UEP Rio Largo, AL.
(Orientador)

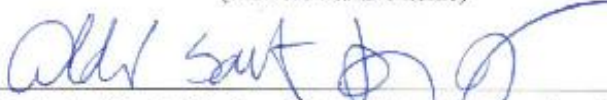
Banca examinadora:



Profa. Dra. Mariana de Oliveira Breda – Campus de Engenharias e Ciências Agrárias,
Universidade Federal de Alagoas (CECA/ UFAL).
(Membro titular interno)



Profa. Dra. Alice Maria Nascimento de Araújo – Campus de Engenharias e Ciências Agrárias,
Universidade Federal de Alagoas (CECA/ UFAL).
(Membro titular externo)



Dr. Aldomário Santo Negrizoli Junior – Embrapa Tabuleiros Costeiros, UEP Rio Largo, AL.
(Membro titular externo)

A Deus e a meu filho,
Dedico

AGRADECIMENTOS

Para que eu fosse aprovado em uma seleção de pós-graduação, em 2019, no nível de doutorado, precisei do apoio de muitas pessoas, que ao longo dos meus 30 anos, não apenas concederam-me uma educação formal, mas ensinaram-me sobre valores, sentimentos, vida. Com elas sorri, chorei, compartilhei momentos bons, outros nem tanto, fui-me construindo e, graças a cada uma, hoje tenho minha identidade.

Se nesses agradecimentos não cabe o nome de todos, carrego comigo, e com profunda gratidão a vocês, que nunca mediram esforços para que minhas escolhas prevalecessem e meus sonhos não permanecessem na ilusão, mas perseveraram comigo, quando dizia o que queria ser, e agora cada vez mais perto: Serei um doutor!

Nesse caminho, repleto de estações, gostaria de expressar de modo muito particular, na presente tese, aqueles que foram grandes colaboradores na elaboração deste trabalho.

A Deus, que, na potência de Seu Espírito, renova todas as coisas, desfaz meu cansaço e restaura as minhas forças e à Nossa Senhora, pelo afetuoso amparo materno.

Aos meus pais, Francisco Farias e Glória Tavares, chão firme para meus pés e faróis acesos, sempre a iluminar meu caminho. Obrigado por estarem tão presentes, seja pelo apoio, ou por chegarem junto mesmo nas árduas tarefas do doutorado. Amo vocês!

Ao meu irmão Luís Eduardo Tavares, grande exemplo de superação na conquista de seus ideais. Amo você!

À minha esposa, bem mais precioso que o curso de doutorado me proporcionou. A você que escolhi para estar a meu lado, como companheira, amante e confidente. Amo você, Karen Oliveira de Menezes!

Ao meu filho, Pedro Henrique, cuja ingenuidade floresce paz, alegria e os mais belos sentimentos que podem existir em um lar! Papai ama você e estará sempre a seu lado!

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos, fundamental para a conclusão deste curso.

À Universidade Federal de Alagoas, que me acolheu desde minha graduação e se tornou minha segunda casa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas (PPGPP), pela formação de profissionais em nossa Alagoas. Desejo vida longa! Aqui também gostaria de agradecer a cada professor que faz o programa acontecer e a todo o corpo discente que dá rosto e voz ao PPGPP.

Ao Dr. Elio Cesar Guzzo, meu orientador, pela amizade sincera, e suas preciosas considerações. Ao senhor, sou grato pela chance de, mesmo sem me conhecer, ter me aceitado ainda no mestrado, e pelo privilégio de deixar-me trabalhar com o que eu queria. Saiba que o tenho como referência!

Aos grandes amigos Anderson Sabino, Djison Silvestre e Renata Lima, pela amizade fraterna e valiosas contribuições nas análises estatísticas deste estudo.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), pela estrutura física e equipamentos utilizados nos bioensaios.

À empresa Fitoagro Controle Biológico Ltda., pelo fornecimento dos insetos sempre que necessário, por todo apoio para com esta pesquisa, bem como pela disponibilidade de contingente humano e material.

Ao Sr. Luís Antônio, pelos ensinamentos, disponibilidade e solicitude em conceder experiência e materiais para os testes. Seu apoio foi fundamental para a realização desses ensaios.

À banca examinadora, pelas correções, sugestões e considerações quanto à melhoria do presente estudo.

Aos colegas de curso, principalmente a turma de 2019.1, com quem convivi e porque tornaram o fardo que carregávamos mais leve. Romário Guimarães; Elmadã Gonzaga; Helloá Costa; Taciana Ferreira; Maria Jussara; Joais Silva; Thomaz Nunes; Thiago Lima. Vocês são fantásticos!

*“No mundo tereis aflições.
Mas, tende coragem! Eu venci o mundo!”
(Jo, 16:33)*

RESUMO GERAL

A cana-de-açúcar *Saccharum* spp. (Poaceae), em toda sua fenologia, é infestada por insetos broqueadores, que se constituem pragas-chave para a cultura. Assim, a determinação de variedades resistentes a esses insetos torna-se fundamental para seu manejo em sistemas de produção. O presente estudo apresenta por objetivo identificar resistência em treze genótipos do complexo *Saccharum* a *Diatraea saccharalis* (Fab. 1794) (Lepidoptera: Crambidae). Os genótipos foram cultivados em casa de vegetação, distribuídos ao acaso e repetidos seis vezes. Os acessos comerciais RB92579, SP791011 e VERTIX foram utilizados como testemunhas em todos os testes realizados. Aos 120 após o transplante das mudas, fixaram-se no limbo foliar cartelas contendo massas de aproximadamente 80 ovos de *D. saccharalis*. A avaliação ocorreu 30 dias após a infestação, através da contagem do número total de entrenós e o número de entrenós brocados, determinando-se a intensidade de infestação. Os dados foram transformados em arco seno $\sqrt{(x/100)}$, e as médias submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Em laboratório, realizou-se a biologia e construção da tabela de vida de fertilidade de *D. saccharalis* em dieta artificial com o pó de cada um dos genótipos avaliados. Assim, foram preparadas 16 dietas, uma para cada genótipo e testemunhas. Cada recipiente contendo dieta artificial recebeu aproximadamente 80 ovos viáveis. As lagartas foram criadas por 14 dias e depois colocadas em placas de Petri até a formação de pupas, aguardando-se a emergência dos adultos. Formaram-se 10 casais com insetos da mesma idade para cada tratamento. Os parâmetros biológicos foram comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os dados da biologia da broca pequena foram utilizados para a construção da tabela de vida de fertilidade. Também, estudou-se a biologia de *C. flavipes*. Para isso, lagartas de *D. saccharalis* oriundas da criação com os genótipos avaliados, foram parasitadas com fêmeas copuladas do parasitoide. Determinou-se a duração do período de ovo a pupa, período de desenvolvimento de pupa a adulto, quantidade de adultos emergidos, razão sexual e porcentagem de parasitismo. Os dados obtidos foram transformados em $\sqrt{(x+1)}$ e os resultados comparados pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Como resultados para o teste realizado em casa de vegetação, os genótipos codificados como E1, A1, C2 e F1 apresentaram as maiores intensidades de infestação, não sendo considerados bons doadores de genes em programas de melhoramento de cana-de-açúcar visando a resistência à praga. A variabilidade dos genótipos do Complexo *Saccharum* avaliados foi observada no teste de biologia e tabela de vida de *D. saccharalis*, uma vez que os tratamentos afetaram o desenvolvimento do inseto, alterando sua biologia. Os genótipos de cana-de-açúcar usados no presente estudo também alteraram a biologia de *C. flavipes*, contudo, há compatibilidade entre o método de controle por resistência de plantas e o biológico com o parasitoide larval.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar. Intensidade de Infestação. Broca pequena do colmo.

ABSTRACT

The sugarcane *Saccharum* spp. (Poaceae), in all its phenology, is infested by boring insects that are key pests for the crop. Thus, the determination of varieties resistant to these insects becomes essential for their management in production systems. The present study aims to identify resistance in thirteen genotypes of the *Saccharum* Complex to *Diatraea saccharalis* (Fab. 1794) (Lepidoptera: Crambidae). The genotypes were cultivated in a greenhouse, randomly distributed and replicated six times. The commercial accessions RB92579, SP791011 and VERTIX were used as controls in all tests performed. At 120 days after transplanting the seedlings, cards containing masses of approximately 80 eggs of *D. saccharalis* were attached to the leaf blade. The evaluation took place 30 days after infestation, by counting the total number of internodes and the number of bored internodes, determining the intensity of infestation. The data were transformed into $\arcsin \sqrt{(x/100)}$, and the averages were subjected to analysis of variance and compared using the Scott-Knott test at 5% probability. Small borer biology data were used to construct the fertility life table. The biology of *C. flavipes* was also studied. For this purpose, caterpillars of *D. saccharalis* reared on the studied genotypes were parasitized with copulated females of the parasitoid. The duration of the period from egg to pupa, period of development from pupa to adult, number of emerged adults, sex ratio and percentage of parasitism were determined. The data obtained were transformed into $\sqrt{(x+1)}$ and the results compared by the Scott-Knott test at 5% significance level. As results for the test carried out in a greenhouse, the genotypes coded as E1, A1, C2 and F1 showed the highest infestation intensity, not being considered as good gene donors in sugarcane breeding programs for resistance to the pest. The variability of the evaluated *Saccharum* complex genotypes was observed in the biology test and life table of *D. saccharalis*, since the treatments affected the insect development, altering its biology. The sugarcane genotypes used in the present study also altered the biology of *C. flavipes*, however, there is compatibility between the host plant resistance and the biological control methods.

Keywords: Sugarcane. Infestation Intensity. Small stem borer.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Codificação dos genótipos de cana-de-açúcar utilizados na avaliação de resistência à broca do colmo <i>D. saccharalis</i>	48
Tabela 2. Intensidade de infestação em diferentes genótipos de cana-de-açúcar cultivados em casa de vegetação.....	51
Tabela 3. Composição das dietas artificiais de alimentação e realimentação de <i>D. saccharalis</i>	61
Tabela 4. Período de desenvolvimento e peso das fases imaturas (média± EP) de <i>D. saccharalis</i> criadas em dieta artificial contendo diferentes genótipos de cana-de-açúcar. Temperatura 25 ± 1 °C, UR 70 ± 10% e fotofase de 12 horas. Rio Largo, AL, 2023.....	65
Tabela 5. Razão sexual e longevidade de adultos (média± EP) de <i>D. saccharalis</i> criadas em dieta artificial contendo diferentes genótipos de cana-de-açúcar. Temperatura 25 ± 1 °C, UR 70 ± 10% e fotofase de 12 horas. Rio Largo, AL, 2023.....	66
Tabela 6. Longevidade de machos e fêmeas, fecundidade e fertilidade (média± EP) de <i>D. saccharalis</i> criadas em diferentes genótipos de cana-de-açúcar incorporados em dieta artificial. Temperatura 25 ± 1 °C, UR 70 ± 10% e fotofase de 12 horas. Rio Largo, AL, 2023.	67
Tabela 7. Parâmetros de tabela de vida e fertilidade de <i>Diatraea saccharalis</i> em diferentes genótipos de cana-de-açúcar incorporados em dieta artificial.....	68
Tabela 8. Média (± E.P.) dos períodos de desenvolvimento de <i>C. flavipes</i> , ovo-pupa, pupa a adulto e parasitismo. Temperatura de 25 ± 1 °C, umidade relativa de 70 ± 10% e 12 horas de fotofase.	71
Tabela 9. Média (± E.P.) dos períodos de desenvolvimento de <i>C. flavipes</i> , número de machos e fêmeas emergidos, quantidade total de insetos para cada tratamento e razão sexual de <i>C. flavipes</i> . Temperatura de 25 ± 1 °C, umidade relativa de 70 ± 10% e 12 horas de fotofase....	72

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 A cana-de-açúcar e sua versatilidade na indústria	15
2.2 O estabelecimento da cultura canavieira	16
2.3 Botânica, taxonomia e variabilidade genética da cana-de-açúcar	18
2.4 Cultivo e fenologia	19
2.5 Insetos associados à cultura	21
2.6 Aspectos bioecológicos dos insetos broqueadores	22
2.6.1 As brocas pequenas do colmo	22
2.6.2 Broca gigante.....	24
2.6.3 Broca peluda.....	25
2.7 Injúrias e danos econômicos causados à cana-de-açúcar	26
2.8 Monitoramento e manejo integrado de pragas (MIP) em cana-de-açúcar	26
2.8.1 Controle biológico.....	28
2.8.2 Controle químico.....	29
2.8.3 O controle por resistência de plantas.....	30
2.8.3.1 Antibiose	32
2.8.3.2 Antixenose.....	32
2.8.3.3 Tolerância.....	33
REFERÊNCIAS	34
3 AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ACESSOS DO COMPLEXO <i>Saccharum A</i>	
<i>Diatraea saccharalis</i> (FABR., 1794) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE).....	45
RESUMO.....	45
ABSTRACT	46
3.1 INTRODUÇÃO	47
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	48
3.2.1 Caracterização dos genótipos utilizados	48
3.2.2 Preparação das mudas e plantio	48
3.2.3 Obtenção dos insetos	49
3.2.4 Condução experimental	49
3.2.5 Desenho experimental e análise estatística	50
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
3.4 CONCLUSÃO.....	53

REFERÊNCIAS	53
4 TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE DE <i>Diatraea saccharalis</i> (FABR., 1794) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) E BIOLOGIA DE <i>Cotesia flavipes</i> (CAMERON, 1891) (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) EM GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	56
RESUMO.....	56
ABSTRACT	57
4.1 INTRODUÇÃO	58
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	59
4.2.1 Local e instalações do experimento	59
4.2.2 Caracterização dos acessos do complexo <i>Saccharum</i>	60
4.2.3 Obtenção dos insetos	60
4.2.4 Preparação do pó da cana-de-açúcar para incorporação nas dietas	60
4.2.5 Preparação das dietas de alimentação e realimentação	60
4.2.6 Biologia de <i>D. saccharalis</i> em dietas artificias	62
4.2.7 Tabela de vida de fertilidade de <i>D. saccharalis</i>	63
4.2.8. Biologia de <i>C. flavipes</i>	64
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
4.3.1 Biologia e tabela de vida de fertilidade de <i>D. saccharalis</i> alimentada com diferentes genótipos de cana-de-açúcar	64
4.3.2 Interferência dos acessos do Complexo <i>Saccharum</i> na biologia de <i>C. flavipes</i>	70
4.4 CONCLUSÃO.....	74
REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO GERAL

A cana-de-açúcar *Saccharum* spp. (Poaceae) é alvo de pragas-chave durante toda sua fenologia, chamando atenção o grupo dos broqueadores, insetos de hábito endofítico, que causam prejuízos severos. Dentre os organismos que fazem parte deste grupo, a broca do colmo, *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera: Crambidae) apresenta importância econômica pelas injúrias que ocasiona à cultura no campo, provocando perdas de produtividade com redução na longevidade do canavial e no rendimento do produto na indústria ((RENZI et al. 2019).

Este inseto é cosmopolita e ocasiona perdas à produtividade dos canaviais através dos danos diretos, pelas galerias que provocam no interior dos colmos, e indiretos, através dos orifícios que fazem para penetrar na planta, facilitando a colonização dos tecidos vegetais por patógenos, principalmente fungos dos gêneros *Fusarium* e *Colletotrichum*, agentes etiológicos de podridões (CRUZ, 2007; CHEAVEGATTI-GIANOTTO et al., 2011). Os prejuízos econômicos na produção de cana-de-açúcar decorrentes do ataque dessa praga giram em torno de 9,4 bilhões de reais por ano (ARRIGONI, 2018).

Atualmente, o controle destas pragas nos canaviais, se estabelece basicamente através dos métodos químico, biológico e físico. No Brasil, são registrados 62 produtos químicos, à base dos grupos antranilamida, benzoilureia, pirazol, dentre outros. O controle biológico se estabelece principalmente através do parasitoide *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae), criado massalmente para liberações em campo. Já para o controle físico, recomenda-se o uso de armadilhas luminosas, com eficiência de até 87% no controle de *D. saccharalis* (AGROFIT, 2023).

O controle com *C. flavipes* tem se mostrado mais promissor desde que foi introduzido no Brasil. Garcia; Botelho (2016) consideraram que o aumento do uso do parasitoide larval ocasionou uma redução no Índice de Intensidade de Infestação Final (IIF) em São Paulo, de 10% para 2%, reduzindo as perdas anuais de 100 milhões para 20 milhões de dólares. Dentre os fatores que levam ao sucesso do método, estão a avidez com que os inimigos naturais procuram seu hospedeiro, e o hábito comportamental da praga, de se abrigar no interior do colmo, que dificulta a ação dos produtos químicos. Contudo, mesmo que os métodos de controle descritos apresentem eficiência, surtos populacionais da praga são comumente

registrados, não dispensando a busca por outros métodos de controle que possam ser incorporados nos sistemas de produção.

A resistência de plantas a pragas surge neste cenário como um método alternativo e eficiente, além de trazer inúmeros benefícios, sobretudo à luz dos preceitos da sustentabilidade, como não deixar poluentes no ambiente; não intoxicar operadores; não gerar resíduos nos alimentos; não eliminar os polinizadores; não produzir desequilíbrios indesejáveis na cadeia trófica do agroecossistema; não apresentar custo adicional com adoção de agrotóxicos e promover ação ininterrupta contra a praga-alvo (VENDRAMIM; GUZZO, 2009; 2011; GUZZO et al., 2023).

Apesar de a resistência de plantas apresentar grande eficácia contra as pragas quando usada de forma isolada, como único método de controle no ambiente agrícola, ainda pode estar associada a outros métodos prescritos no Manejo Integrado de Pragas (MIP) (VENDRAMIM; CASTIGLIONI-ROSALES, 2019; GUZZO et al., 2023), como por exemplo, o controle biológico, que já é uma realidade nas regiões canavieiras, aumentando ainda mais a eficiência no controle da praga (VENDRAMIM, 2008), ou mesmo o controle químico, por meio da aplicação de produtos registrados.

Neste sentido, o uso de variedades que apresentem característica de resistência pode ser mais uma forma de manejo de *D. saccharalis*, tornando-se uma ferramenta potencial e complementar aos métodos tradicionais existentes. Assim, o presente trabalho apresenta por objetivo identificar resistência em treze genótipos de cana-de-açúcar, através da Intensidade de Infestação (%) em casa de vegetação, da biologia de *D. saccharalis* em dietas contendo os respectivos genótipos e sua interferência no parasitismo de *C. flavipes*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cana-de-açúcar e sua versatilidade na indústria

Ainda sem o conhecimento da versatilidade que a cana-de-açúcar poderia apresentar, os árabes descobriram seu potencial para a fabricação do açúcar e, somente isso, fez com que esta gramínea assumisse amplitude geográfica marcante, despertando o interesse econômico em grande parte do mundo. Hoje, é cultivada não somente para a produção do açúcar, mas de biocombustível e energia, além de autossustentar sua produção com os subprodutos gerados por seu processamento na indústria (VALÉRIO, 2021).

Tradicionalmente, da cana-de-açúcar se obtêm o açúcar e o etanol, proveniente da fermentação e destilação do caldo. Nos dias atuais, essa planta vem sendo muito cobiçada também pela cogeração de energia elétrica, a partir da biomassa. Contudo, a rentabilidade de seu cultivo não está somente nos produtos que dela podem ser extraídos, mas no seu reaproveitamento total, tanto na indústria quanto no campo, em fase de produção (MIRANDA-STALDER; BURNQUIST, 2019).

A indústria açucareira no Brasil é dependente da cana-de-açúcar, visto que esta planta se estabeleceu como a matéria prima oficial para produção de açúcar em quantidades comerciais desde a época colonial (ARAÚJO; ARAÚJO SOBRINHO, 2020). O Brasil é o maior produtor mundial, batendo recordes consecutivos de produção. Na safra 2021/2022, porém, verificou-se redução na produção do açúcar, decorrente de baixas precipitações e ocorrências de geadas na região Sudeste, o que resultou em danos aos canaviais e, consequentemente, no encerramento da safra antes do previsto. Em contrapartida, Alagoas produziu 1,9 milhão de toneladas de açúcar, registrando um aumento de 30,1% em relação à safra anterior (CONAB, 2021).

O etanol de primeira geração advindo do setor sucroalcooleiro se estabeleceu como uma medida alternativa para a produção de energia limpa (ANTERO et al., 2019). Atualmente, o etanol de segunda geração, ou de celulose, vem conquistando cada vez mais espaço no cenário global. O álcool celulósico é extraído das fibras da cana-de-açúcar, depois de processadas para extração do caldo, ou mesmo da palha, que se liquefaz sob ação de ácidos ou enzimas específicas em um processo bioquímico chamado hidrólise (CARVALHO JUNIOR et al., 2008). Segundo Lorenzi; Andrade (2019), há projeções de que, a partir de 2030, o etanol de segunda geração torne-se um paradigma no setor sucroenergético.

A geração de energia a partir da biomassa conquista cada vez mais apreço no mundo contemporâneo, por atender os princípios da sustentabilidade, pois, em sua produção, os benefícios ao ambiente se sobressaem aos danos ocasionados ao mesmo. Além disso, diminui a dependência no uso de combustíveis fósseis, que são finitos e mais poluentes. Outras vantagens ainda são verificadas, como o controle de emissão de CO₂ à atmosfera, geração de emprego, fornecimento de energia para comunidades rurais, ciclagem de nutrientes, dentre outros (AREIAS; CRUZ JÚNIOR; YAMAJI, 2020).

A torta de filtro é um dos subprodutos reaproveitados pela indústria canavieira. Trata-se de um composto orgânico oriundo da mistura entre a fibra processada nas moendas e a borra acumulada pela decantação do caldo. Esse material passa por um processo de filtração, como sugere seu nome, posteriormente é prensado para compactação e utilizado como fertilizante mineral de baixo custo. É rico, sobretudo em nitrogênio, fósforo e potássio, proporcionando melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, principalmente relacionadas às trocas de cátions (MIALICHI JÚNIOR et al., 2020).

A vinhaça é o efluente que sobra após o processo de destilação para a produção do álcool na indústria. De odor fétido, esse subproduto poderia ser altamente poluente se despejado em mananciais e leitos de água, devido à grande concentração de matéria orgânica em sua composição, todavia, torna-se valioso como fonte de adubo mineral para as plantas no campo, sendo utilizada pelas próprias usinas (PEREIRA; ROSA-MAGRI, 2021). Dos benefícios do uso da vinhaça, registra-se a fertilização do solo com os macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio, e micronutrientes como cálcio e magnésio (BAFFA; FREITAS; BRASIL, 2009; SEIXAS; GIMENES; FERNANDES-MACHADO, 2016).

O notório reaproveitamento dos subprodutos e o equilíbrio no balanço energético na indústria sucroenergética fomenta ainda mais a exploração no setor. Assim, é indispensável a inovação tecnológica em todas as etapas de produção, como o plantio, manejo da cultura, e mecanização, no campo ou na indústria, seja para suprir às demandas do mercado consumidor, para a garantia do retorno dos investimentos dos produtores ou para a manutenção da sustentabilidade nos agroecossistemas (ANTERO et al., 2019).

2.2 O estabelecimento da cultura canavieira

Com distribuição cosmopolita, registros evidenciam que suas espécies ancestrais são oriundas do Sudeste Asiático, de onde foram disseminadas pelo Oceano Pacífico até Indochina, Arquipélago da Malásia, Bengala e Índia. Os árabes foram os responsáveis por

torná-la amplamente difundida na região do Mediterrâneo, despertando o interesse de portugueses e espanhóis que a introduziram nas ilhas de Cabo Verde, Canárias, Madeira e São Tomé, e na África Ocidental (FIGUEIREDO et al., 2011).

Sua introdução em terras brasileiras também é creditada aos colonizadores portugueses, datando do início do século XVI. Durante sua expedição às terras do Novo Mundo, Martim Afonso de Sousa, teria trazido as primeiras mudas de cana-de-açúcar da Ilha da Madeira, em Portugal. Sua implantação no Brasil ocorreu primeiramente em duas regiões distintas: no Nordeste, na Capitania de Pernambuco, onde o cultivo se destacou de imediato, com bons resultados de produção, e, no Sudeste, na Capitania de São Vicente, que não prosperou de imediato, sobretudo, pelos constantes ataques contrabandistas (ARAÚJO; ARAÚJO SOBRINHO, 2020).

Não tardou para que os canaviais mudassem a paisagem na colônia, tornando-se o principal produto a ser explorado. Após o declínio do pau-brasil, a cana-de-açúcar representou o segundo ciclo econômico da coroa portuguesa no Brasil durante os séculos XVI e XVII, período consagrado na história nacional como o “Ciclo do Açúcar” (ROSILLO-CALLE; BEZZON, 2005).

Ao final do século XVI, os estados de Pernambuco e Bahia já haviam estabelecido a cultura especialmente na região da Zona da Mata e no Recôncavo Baiano, respectivamente, e contabilizavam juntos mais de 100 engenhos em toda a região (VIEIRA, 2017). A rápida adaptação da cultura no Brasil fez com que o país liderasse até 1650 a produção mundial de açúcar, com grandes exportações para o mercado europeu (MOZAMBANI et al., 2006).

O cultivo então se fortaleceu na região Sudeste, principalmente no estado de São Paulo, onde os imigrantes vindos da Europa contribuíram para o desenvolvimento industrial, incitando a indústria metalúrgica na região, fundamental na construção de usinas cada vez mais modernas, na fundação de cidades e no aquecimento da economia local (ROSILLO-CALLE; BEZZON, 2005).

A cana-de-açúcar no panorama historiográfico nacional, desde sua implantação em *plantation*, até os dias de hoje, com grande participação no abastecimento do mercado internacional, é parte predominante da formação social, territorial e da identidade cultural do povo brasileiro (ARAÚJO; ARAÚJO SOBRINHO, 2020; MATOS; SANTOS; EICHLER, 2020).

Não diferente ocorre com o estado de Alagoas, que sustenta as marcas do cultivo da cana-de-açúcar como herança sociocultural em sua trajetória geopolítica, podendo ser comprovada a importância desta cultura agrícola no próprio pavilhão estadual, em que uma planta de cana-de-açúcar orna a destra do brasão de armas, projetado pelo professor Théo Brandão, e instituído pela Lei nº 2.628 de 23 de setembro de 1963, como a bandeira oficial de Alagoas (ESTADO DE ALAGOAS, 2022).

Outra característica imponente e duradoura, ainda como resquício histórico da tradição canavieira no estado, foi a construção de um centro urbano que mais tarde viria a ser a capital alagoana. Uma das teorias que explicam o povoamento na região da atual Maceió, se apropria de um engenho de cana-de-açúcar, de nome indígena “Massayo” que traduzido do tupi guarani, quer dizer “aquele que tapa o alagadiço”, em referência ao riacho que corria nas proximidades e deixava a terra molhada, hoje o poluído Riacho Salgadinho. Dados históricos evidenciam o referido engenho na região central da cidade, próximo à atual Catedral Arquidiocesana de Nossa Senhora dos Prazeres (MELO, 2019).

2.3 Botânica, taxonomia e variabilidade genética da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma planta semiperene, cultivada como anual, sendo cortada anualmente para se colher o colmo (caule da planta), rico em fibras e sacarose. Portanto, para o melhor aproveitamento destes recursos, o setor produtivo a colhe ainda na fase vegetativa, antes que ela emita o pendão floral para a fase reprodutiva (GILBERT et al., 2006). Dessa forma, a longevidade do cultivo pode chegar, em média, a seis anos com cinco cortes, a depender da variedade genética da planta, e dos fatores agronômicos, como manejo de pragas e doenças, tecnologia de colheita e dos tratamentos culturais implementados (SILVA et al., 2007).

As características botânicas da cana-de-açúcar são marcantes, sobretudo o hábito do perfilhamento na fase inicial do desenvolvimento. Do ponto de vista morfológico, pode-se registrar sua inflorescência terminal, do tipo panícula, o crescimento do caule em colmos, rico em fibras, as folhas com lâminas de sílica em suas bordas e bainha aberta. Por se tratar de uma planta de metabolismo C4, se adapta facilmente em regiões tropicais, ou que recebem boa iluminação e apresentam temperaturas elevadas (RODRIGUES, 1995; ALENCAR, 2012).

Com relação à sua taxonomia, pertencente à família Poaceae, apresentando características similares às demais gramíneas, como raiz fasciculada e folhas com nervuras paralelas à nervura principal, sendo classificada no gênero *Saccharum*. Atualmente, é comum

o cultivo de híbridos multiespecíficos, principalmente das espécies *S. officinarum*, *S. spontaneum*, *S. robustum*, *S. sinense* e *S. barberi*, recebendo assim, a designação *Saccharum* spp. (TOPPA et al., 2010; CHEAVEGATTI-GIANOTTO et al., 2011).

O melhoramento genético, conferiu características agrônômicas através de cruzamentos destas plantas, permitindo o desenvolvimento de inúmeras variedades, cada vez mais apreciadas para cultivos comerciais. A intenção de cruzar as variedades ocorre devido à passagem dos genes com características desejáveis à sua progênie (CHEAVEGATTI-GIANOTTO et al., 2011).

A espécie *S. officinarum*, embora caracterizada como suscetível a doenças como mosaico, gomose e queimadura das folhas, mostra-se resistente ao carvão da cana-de-açúcar, além de conferir aos híbridos, capacidade de rebrota na soqueira, aumento do número de perfilhos da planta e resistência ao estresse hídrico. Da mesma forma, a espécie, *S. spontaneum*, embora apresente diversidade morfológica, também é apreciada pelas características de rigidez e aumento do número de perfilhos, conferindo vigor aos descendentes (CHEAVEGATTI-GIANOTTO et al., 2011).

A espécie *S. robustum* recebe apreço por ser uma planta silvestre, e assim, manter algumas características naturais que dificultam a infestação de insetos, como o alto teor de fibras, rigidez e colmos mais robustos em detrimento ao teor de sacarose. Essa espécie é proveniente do cruzamento natural entre *S. spontaneum* e os gêneros *Erianthus*, *Sclerostachya* e *Miscanthus* (CHEAVEGATTI-GIANOTTO et al., 2011).

Outras espécies de gramíneas consideradas vulgarmente cana-de-açúcar são reconhecidas com mesmo valor das espécies do gênero *Saccharum*, uma vez que participam igualmente no processo do melhoramento genético da cana-de-açúcar. Nesse contexto, a espécie *Erianthus arundinaceus* (Retzius) Jeswiet destaca-se pelo seu potencial bioenergético e parentesco com a cana-de-açúcar (WANG et al., 2019). Outro gênero que exerce igual importância é *Miscanthus*, planta perene de porte herbáceo, de grande valor na produção de biocombustíveis, e ainda expressa importância ambiental na descontaminação de metais pesados no solo (WANG et al., 2020).

2.4 Cultivo e fenologia

A cana-de-açúcar é cultivada em uma ampla faixa de latitude, desde cerca de 35° N a 30° S, e em altitudes que variam desde o nível do mar a até 1.000 metros, amplamente

distribuída em todo o mundo (RODRIGUES, 1995). Silva; Jeronimo; Lúcio (2008) inferem que não só as condições ambientais podem favorecer uma boa qualidade do canavial, como também a época da colheita, que interfere diretamente na produtividade desse, e a altura do corte, cuja reserva energética acumulada na base do colmo, facilita a rebrota.

Em Alagoas, a monocultura da cana-de-açúcar se estende por toda a extensão territorial do estado, porém, é na faixa dos tabuleiros costeiros e baixadas litorâneas, caracterizadas por solos profundos e de baixa fertilidade natural, que a cultura é mais evidenciada (SANTOS, 2011).

Por se tratar de uma planta perene, o cultivo sofre cortes, mas a soca é conservada para a rebrota. Durante o ciclo da cultura, é comum sua fenologia se desenvolver em fases distintas, que tem início com a brotação e emergência, sucedida pelo perfilhamento, formação e maturação dos colmos (SOUZA et al., 2005).

A fase de brotação ocorre logo após o rompimento da superfície do solo pelas folhas da gema, chamada de colmo primário. Essa fase pode ocorrer entre 20 e 30 dias após o plantio, mas fatores como qualidade da muda, variedade utilizada, condições ambientais e a adubação mineral podem aumentar ou diminuir o tempo de enraizamento e germinação do tolete (BARBOSA et al., 2013).

Após o aparecimento das primeiras folhas, ocorre a fase de perfilhamento, quando a planta emitirá colmos diversos, formando a touceira. Esse processo é regulado por ação de fitormônios, potencializadores do perfilhamento e produtividade, e o processo atinge o auge quando as folhas fecham o dossel, impedindo a incidência de luz no solo (SILVA; CARLIN; PERECIN, 2004; SILVA et al., 2007).

Tendo atingindo o número máximo de perfilhos, a planta segue seu desenvolvimento, passando então para a fase de crescimento dos colmos, na qual se constata o crescimento em altura dos colmos e o armazenamento de açúcar, fatores que são estimulados pela luz, umidade e calor. Nesta fase, também pode-se observar a senescência de folhas mais velhas. Não somente o crescimento aéreo pode caracterizar esta fase, mas, as raízes permanecem em intensa atividade, concentrando-se nos primeiros 40 cm de profundidade, e garantindo a manutenção hídrica e mineral para que a planta possa se desenvolver (MOURA, 2016).

O período de maturação subdivide-se em três, a saber: inicial; do terço médio; e final. A maturação inicial começa juntamente com a fase de crescimento, concentrando açúcar na

base da planta. A maturação do terço médio da planta continua e coincide com a seca das folhas da região mediana. Por fim, estabelecendo seu crescimento, a planta conclui seu processo de maturação, concentrando açúcar na parte superior da planta. O uso de maturadores na cultura tem proporcionado êxito por antecipar o processo de maturação e promover a padronização das plantas para a colheita (CARDOZO; SENTELHAS, 2013; FARIA et al., 2014).

A planta está disponível para colheita após seu período de maturação, uma vez que há a maior concentração de sacarose em seus colmos. No Brasil, por ser um país continental, apresentando ecossistemas de variadas condições climáticas, não se tem uma época padronizada entre os vários cultivos para a colheita. O ciclo de cada variedade, as condições de plantio e de ambiente são fatores limitantes para toda a fenologia (SILVA; JERÔNIMO; LÚCIO, 2008).

2.5 Insetos associados à cultura

A ampliação das áreas de cultivo de cana-de-açúcar de acordo com o escalonamento sazonal em relação às condições de clima e variedades, visando uma maior produção, são fatores associados ao surgimento de pragas, sobretudo insetos que não apresentavam importância econômica, mas que aumentaram seu nível populacional e, dessa maneira, disputam com o homem por alimento (FERREIRA et al., 2008).

Macedo et al. (2012) enfatizam os insetos como os fatores bióticos que mais limitam a produtividade da cultura canavieira, pois, ao acometerem as plantas em toda sua fenologia, provocam injúrias que se convertem em danos econômicos, tornando-se, assim, pragas que podem ser chave ou secundárias.

Existem mais de 80 espécies de insetos-praga registrados na cultura da cana-de-açúcar. Dentre eles, destacam-se as cigarrinhas *Mahanarva fimbriolata* Stal, 1854 e *Mahanarva posticata* Stal, 1855 (Hemiptera: Cercopidae); os bicudos da cana-de-açúcar *Metamasius hemipterus* (L., 1765) e *Sphenophorus levis* (Vaurie, 1978) (Coleoptera: Curculionidae); os cupins *Heterotermes tenuis* Hagen, 1858 (Isoptera: Rhinotermitidae), *Procornitermes triacifer* (Silvestri, 1901), *Neocapritermes parvus* Silvestri, 1901 e *N. opacus* Hagen, 1858 (Isoptera: Termitidae) e o complexo de brocas *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae), broca gigante da cana-de-açúcar, *Telchin licus licus* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Castniidae) e *Hyponeuma taltula* Schaus, 1904 (Lepidoptera: Erebididae) (GALLO et al., 2002; LESLIE, 2007).

O grupo dos broqueadores é constituído basicamente por lepidobrocas, que permanecem a maior parte do estágio larval no interior das plantas e, ao se alimentarem, abrem galerias, as quais desencadeiam inúmeros danos às plantas hospedeiras. Insetos que pertencem a esse grupo são de ocorrência frequente em todo o território nacional, assim como uma ameaça, uma vez que o hábito comportamental de se abrigar dentro do colmo limita a eficiência dos métodos de controle (GARCIA; BOTELHO, 2016).

Os insetos-praga supracitados, desde as cigarrinhas, os insetos habitantes do solo e os broqueadores, além dos danos diretos, ainda proporcionam danos indiretos pela injeção de toxinas, morte das gemas dos toletes, abertura de galerias e favorecimento da colonização por fungos, respectivamente, implicando na redução do *stand* inicial do plantio da cana-de-açúcar (DINARDO-MIRANDA, 2008; GARCIA, 2013).

Concomitantemente aos insetos que podem chegar à condição de praga, ainda podem estar associados ao cultivo de cana-de-açúcar, insetos benéficos, conhecidos como inimigos naturais, pois, não causam prejuízo à cultura, pelo contrário, auxiliam no cultivo, por serem predadores ou parasitoides, reduzindo populações de insetos-praga, para um nível abaixo do dano econômico. Dentre os predadores associados à cana-de-açúcar, estão os insetos da ordem Dermaptera descritos predando outras ordens, como Coleoptera, Lepidoptera e Hemiptera (SILVA; BATISTA, 2018), parasitoides de ovos como *Telenomus* sp. e *Trichogramma* sp., preferencialmente em Lepidoptera (ABREU; ROVIDA; CONTE, 2015), e o parasitoide larval *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae) (PINTO; TRUJILLO, 2019).

2.6 Aspectos bioecológicos dos insetos broqueadores

2.6.1 As brocas pequenas do colmo

As brocas do colmo *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) são, segundo Dinardo-Miranda et al. (2012), as principais pragas da cana-de-açúcar no Brasil. Esses insetos provocam injúrias ao longo de todo o ciclo produtivo da cana-de-açúcar e, segundo Parra et al. (2002), sua ocorrência varia em função da variedade plantada, estação do ano e estágio fenológico da cultura.

As duas espécies que se destacam nesse complexo são *D. saccharalis* e *D. impersonatella* Box, 1931, esta última, de ocorrência predominante no Nordeste do Brasil. Nativa do hemisfério ocidental, *D. saccharalis* possui registros de ocorrência desde o Caribe

até a América do Sul, inclusive em todos os estados do Brasil, causando danos econômicos em gramineas cultivadas com interesse econômico (CHEAVEGATTI-GIANOTTO et al., 2011).

O ciclo biológico dessas mariposas tem início quando fêmeas adultas liberam um feromônio atrativo para o chamamento de machos para o acasalamento. Após a cópula, as fêmeas realizam a postura de massas de ovos que apresentam formato de escamas. Os ovos são achatados, lembrando o aspecto de uma moeda e apresentam uma coloração amarelada, escurecendo próximo à eclosão do primeiro estágio larval (LIMA-FILHO; LIMA, 2001).

Na fase imatura, os insetos recebem o nome popular de lagartas. Quando recém-eclodidas, alimentam-se do parênquima das folhas, convergindo, a seguir, para a bainha foliar, onde sofrem uma primeira ecdise e procuram a região mais tenra do colmo, onde penetram, abrindo galerias transversais e longitudinais no mesmo. Por causa desse comportamento, recebe o nome de broca (BOTELHO; MACEDO, 2002).

As lagartas então atingem o desenvolvimento completo, medindo aproximadamente 25 mm de comprimento. Próximo da pupação, fazem então um orifício para o exterior fechando-o com fios de seda e serragem provida de restos de sua alimentação. Entram na fase de pupa ainda no interior da planta hospedeira, completando ali sua metamorfose. Quando o adulto emerge, este então sai pelo orifício feito anteriormente pela lagarta, reiniciando o ciclo (GALLO et al., 2002).

Na fase larval, há uma distinção morfológica bastante evidente entre as duas principais espécies de *Diatraea*, importante para a identificação de ambas do campo. Enquanto *D. saccharalis* apresenta a cápsula cefálica marrom, *D. impersonatella* apresenta a mesma estrutura de colocação amarelada, além de manchas castanhas e descontínuas sobre o dorso. Na fase adulta, ambas são muito parecidas, dificultando a perfeita identificação a olho nu (FREITAS et al., 2007).

Os insetos adultos apresentam uma longevidade média de aproximadamente cinco a sete dias e uma morfologia muito simples, com asas anteriores de coloração amarelo-palha com manchas escuras e asas posteriores esbranquiçadas. Apresentam dimorfismo sexual à medida que os machos são geralmente menores que as fêmeas, e possuem maior pigmentação nas asas, além de cerdas no último par de pernas (BOTELHO; MACEDO, 2002).

O complexo *Diatraea* spp. apresenta abrangência mundial e, por ser praga-chave para muitas gramíneas, diversos estudos são preconizados, almejando maior eficácia entre os métodos de controle estabelecidos no manejo integrado de pragas (MIP), e o frequente monitoramento determinando a tomada de decisão em relação ao controle (FERNANDES, 2011).

2.6.2 Broca gigante

Telchin licus licus é oriunda de florestas tropicais, registrada pela primeira vez atacando cana-de-açúcar na região do Rio Orinoco, na Venezuela. A primeira ocorrência no Brasil foi observada por Costa Lima, em 1927, na região Nordeste, onde destaca-se, como praga-chave (WADT, 2012).

As condições edafoclimáticas do Nordeste em conjunto com as práticas da irrigação por aspersão, gotejamento ou pivô central, se configuram como ideais para o ciclo biológico da broca gigante, que encontra as melhores condições para se desenvolver durante o plantio de verão (setembro até meados de janeiro), devido à umidade do solo (por práticas de irrigação) e condições de temperatura e luminosidade elevadas. Com isso, a fase imatura pode sobreviver no campo de uma safra para outra (CRAVEIRO, 2009).

As mariposas adultas medem cerca de 35 mm de comprimento e 90 mm de envergadura alar, apresentam-se de coloração escura ou quase preta, com algumas manchas brancas na região apical e uma faixa transversal branca nas asas anteriores. As asas posteriores apresentam uma faixa curva de coloração branca com sete manchas avermelhadas na margem externa. Uma característica que distingue esses lepidópteros é o hábito diurno, com atividades nos períodos mais quentes do dia, geralmente entre as 10:00 e as 14:00 horas, diferindo da maioria das mariposas, que têm hábito crepuscular (MORAES; DUARTE, 2009).

No Nordeste do Brasil, os adultos da broca gigante encontram condições climáticas que favorecem seu desenvolvimento, e costumam aparecer geralmente no verão. As fêmeas ovipositam na base de touceiras, preferencialmente no meio de detritos ou colmos recém-cortados e a postura efetuada varia em quantidade de ovos, entre 50 a 100. Esses ovos são inicialmente rosados e, posteriormente, tornam-se de coloração verde-oliva e alaranjada, em um tamanho aproximado de 4 mm de comprimento com 5 arestas longitudinais, as quais conferem-lhe um aspecto de carambola (ALMEIDA; ARRIGONI, 2009).

O período de incubação dura entre 7 a 14 dias, a partir do qual eclodem as lagartas, que podem medir até 80 mm de comprimento e 12 mm de largura no protórax. São de coloração branca com uma mancha parda irregular no pronoto, a largura é decrescente da parte torácica para a anal, assemelhando-se a larvas de cerambicídeos. O período imaturo varia de 2 até 10 meses, passando por cinco instares (ALMEIDA; DIAS-FILHO; ARRIGONI, 2007; VENZON; PAULA JÚNIOR; PALLINI, 2010). Na fase de pré-pupa, as lagartas confeccionam casulos com a fibra da cana-de-açúcar oriunda de sua alimentação e permanecem confinadas em média de 30 a 45 dias, completando sua fase de pupa com a emergência dos adultos (BOTELHO; GARCIA; MACEDO, 2006).

2.6.3 Broca peluda

Hyponeuma taltula é chamada vulgarmente de broca peluda, devido suas lagartas serem dotadas de longas cerdas distribuídas pelo corpo (MACEDO et al., 2015). Assim como os cupins e as cigarrinhas das raízes, esse inseto se desenvolve no solo, o que torna o seu monitoramento e controle ainda mais difíceis. Para acompanhar seu nível populacional em campo, não há como não destruir as soqueiras e, esperar as primeiras injúrias aparecerem para controlá-la, pode ser tarde demais (DINARDO-MIRANDA, 2008).

A bioecologia de *H. taltula* foi estudada por Macedo; Macedo (2007), considerando uma temperatura de $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, UR de 60% e fotofase de 14 horas. Fêmeas adultas realizam a postura isoladamente no solo, pondo os ovos que permanecem aproximadamente cinco dias em incubação. Deles eclodem as lagartas, fase mais longa do ciclo (média de 53,5 dias), as quais são pragas, provocando injúrias e danos econômicos à cultura. A fase de pupa dura em média 13 dias, período pelo qual emergem os adultos, que apresentam de cinco a seis dias de longevidade.

Cada fêmea apresenta uma fecundidade diária média de 85 ovos, podendo colocar até 425 ovos no final de sua vida. O período de ovo a adulto tem uma duração de aproximadamente 80 dias, fazendo com que haja mais de uma geração da praga por cultivo (MACEDO; MACEDO, 2007).

Traçando-se um breve histórico desta praga, observa-se que os estudos que referenciem a broca peluda ainda são muito incipientes, porém, registros de sua ocorrência datam de um passado recente (ZENKER et al., 2007), os quais descrevem a praga com base nas características morfológica de estágios larvais. Ainda não se encontram produtos

químicos registrados pelo Ministério de Agricultura para seu controle no Brasil (AGROFIT, 2023).

2.7 Injúrias e danos econômicos causados à cana-de-açúcar

Os broqueadores que infestam a cultura canavieira são geralmente insetos da ordem Lepidoptera, popularmente conhecidos como borboletas e mariposas. Esses insetos, aparentemente inofensivos, causam injúrias às plantas, as quais incorrem em danos, classificados como diretos e indiretos (PINTO, 2006).

Os danos diretos provocados pelo complexo de brocas são inerentes à fase larval dos insetos. Nessa etapa do desenvolvimento, as lagartas apresentam o aparelho bucal do tipo mastigador, e se alimentam inicialmente do limbo foliar e, posteriormente, do próprio colmo. Os orifícios de entrada das lagartas são notórios após a infestação. Dentro do colmo os insetos abrem galerias, diminuindo as fibras, e conseqüentemente o peso e a produtividade do canavial. A depender da intensidade das galerias, as plantas ficam mais propensas ao acamamento pelo vento (SANDOVAL; SENÔ, 2010).

Outro dano direto, decorrente da alimentação do inseto é a morte da gema apical da planta, chamado coração morto. Com o ataque, ainda podem se tornar evidentes o enraizamento aéreo e a brotação de gemas laterais, contudo, alguns produtos químicos e com registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), como os comerciais Regente® e Altacor® têm mostrado resultados promissores para a redução da morte da gema apical (OLIVEIRA et al., 2020).

Danos indiretos ainda podem ser observados, tais como a podridão vermelha, sintoma característico da infecção por fungos dos gêneros *Colletotrichum* e *Fusarium*, os quais colonizam os tecidos dos vegetais através do orifício de entrada deixado pelas lagartas após a penetração no colmo. O ataque desses fungos se relaciona à perda da qualidade da cana, uma vez que diminui a pureza do caldo e, assim, o rendimento industrial para produção de álcool e açúcar pela inversão da sacarose (WHITE et al., 2011).

2.8 Monitoramento e manejo integrado de pragas (MIP) em cana-de-açúcar

O aumento em níveis populacionais do complexo de brocas é verificado devido à ampliação de áreas plantadas e o fim das queimadas, com o advento da colheita mecanizada, favorecendo a sobrevivência de formas biológicas da praga em campo e proporcionando novas infestações (PINTO, 2006).

Para se estabelecer MIP em canaviais, o monitoramento é indispensável, garantindo a eficiência dos métodos adotados. Para tanto, recomenda-se que, para *D. saccharalis*, o monitoramento seja iniciado a partir do segundo mês de desenvolvimento do canavial. A partir da observação da existência de formas biológicas da praga em campo, consegue-se mensurar o nível da infestação, o método de controle mais adequado e o momento exato para se efetuar o mesmo (PINTO, 2006).

De acordo com Dinardo-Miranda (2008), para monitorar *D. saccharalis* no campo, devem-se utilizar iscas contendo quatro a cinco fêmeas virgens e água com detergente para reter os machos atraídos. É aconselhável de cinco a oito armadilhas/ha, distribuídas aleatoriamente por todo o talhão a uma altura entre 1,5 e 2,0 m do nível do solo. A cada dois dias, recomenda-se a contagem de insetos coletados e a troca das fêmeas.

A intensidade de infestação pode ser calculada a partir de amostragens destrutivas nas plantas, assim, será o quociente entre o número de entrenós brocados e o número de entrenós totais, sendo o resultado multiplicado por 100 para ser expresso em porcentagem. Segundo esse cálculo, o nível de controle de *D. saccharalis* se estabelece em 1% e, entre 2 a 4%, tem-se o nível de dano econômico. Portanto, o conhecimento sobre o nível de controle para cada praga é primordial, evitando surtos populacionais capazes de acarretar prejuízos financeiros (DINARDO-MIRANDA, 2008; PINTO, 2008).

Gallo et al. (2002) chamam atenção para o ciclo de vida de *Diatraea* spp., que pode chegar a 60 dias, podendo, com isso, existir mais de 5 gerações por ano, justificando a necessidade do levantamento populacional periódico durante toda a fenologia da cana-de-açúcar, além da ação articulada dos mais variadas métodos de manejo possíveis, como o químico, biológico, genético, cultural, dentre outros.

O MIP apresenta efeitos promissores, controlando não só as pragas como também evitando ônus excessivo ao produtor, advindo da perda de sua safra ou da aplicação desnecessária de quaisquer produtos fitossanitários. Contudo, Sampaio et al. (2022) pontuam que, no estado de São Paulo, se adotam as práticas prescritas no MIP em apenas 8% da área plantada com cana-de-açúcar, concluindo que há necessidade de disseminação de preceitos e aplicação de suas estratégias.

2.8.1 Controle biológico

O controle biológico clássico de *D. saccharalis* ocorre por meio do uso da vespa *C. flavipes* cuja eficiência é comprovada, e apoiada nas demais vantagens do uso desse parasitoide larval, tais como a facilidade de criação em massa desse inimigo natural em laboratório e a liberação no campo, que não exige EPIs para a segurança dos trabalhadores, a interrupção do ciclo biológico das brocas, além de não deixar resíduos que possam contaminar os recursos naturais do agroecossistema (SANDOVAL; SENÔ, 2010; PARRA et al., 2021).

Insetos parasitoides de ovos também são usualmente utilizados nesses tipos de controle, a exemplo de espécies de *Trichogramma*, atendendo à mesma finalidade e apresentando as mesmas vantagens citadas anteriormente. Esses organismos, controlam as brocas ainda na fase de ovo (PINTO et al., 2006).

As vespas recém-emergidas de *Trichogramma* devem ser liberadas em campo em três semanas consecutivas, e permanecem no ambiente em um período de aproximadamente seis dias, sendo os três primeiros após a liberação, aqueles de maior ação de parasitismo. Liberações com *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), intercaladas em três semanas consecutivas, com taxas de 150.000 a 175.000 parasitoides/ha, apresentam eficiência elevada no controle de *D. saccharalis* (BROGLIO-MICHELETTI et al., 2007).

Nas últimas décadas, tornou-se notória a ascensão do uso da bactéria *Bacillus thuringiensis* como método de controle para lepidópteros. Essa bactéria, inclusive, consiste em matéria prima para a fabricação de muitas formulações comercializadas como bioinseticidas, de variados nomes fantasia, um dos quais é o Dipel[®], com eficiência registrada para mais de 170 lepidópteros-praga, além de grande aceitação por produtores (POLANCZYK; ALVES, 2003).

Além dos formulados, a ação das proteínas tóxicas de *B. thuringiensis* em insetos impulsionou novos paradigmas para o curso da biotecnologia a partir da década de 1980, com estudos sobre clonagem e caracterização de um gene *Bt* codificador de uma proteína responsável pela atividade entomopatogênica. Nestas circunstâncias, o isolamento do gene *Bt* e sua introdução em tecido vegetal passou a consistir na existência das primeiras gerações de plantas transgênicas resistentes a insetos (BOBROWSKI et al., 2003).

O controle biológico em cana-de-açúcar é usualmente aplicado em mais de um terço das áreas plantadas com essa cultura no Brasil, baseado principalmente em parasitoides. Contudo, estudos apontam a promessa de novas pesquisas na área a fim de caracterizar a ação desses inimigos naturais em condições climáticas diversas e ação destes sobre pragas alimentadas com os mais variados híbridos plantados em escala comercial (NAVA; PINTO; SILVA, 2009).

2.8.2 Controle químico

O uso de inseticidas químicos é também uma ferramenta prescrita no MIP e muito utilizada, pois se mostra eficaz, principalmente por conferir ao produtor uma resposta imediata no controle de pragas. O grande desafio que os agrotóxicos enfrentam diante de questões ambientais e de sustentabilidade, provém de seu uso demasiado, sem prescrição de profissional habilitado, ou por serem de amplo espectro de ação, causando não somente o controle de pragas, mas acarretando em contaminação ambiental e de outros organismos (CAMPOS et al., 2011).

Lopes et al. (2014) enfatizam o polimorfismo genético existente no gênero *Diatraea*, que, unido à pressão de seleção pela aplicação de inseticidas, vem proporcionando a resistência da praga às moléculas químicas existentes. Assim, para manter a longevidade do método de controle com os agrotóxicos, deve-se preconizar a perfeita coerência entre o momento mais adequado para adoção dos mesmos, a tecnologia da aplicação, o período de carência, a seletividade do produto e as outras estratégias de manejo que podem ser usadas em conjunto.

A esse montante de informações, ainda se acrescentam os conhecimentos da praga que se almeja controlar e o produto a ser usado. Nesse contexto, há uma tendência no uso de piretroides, sobretudo por apresentarem uma toxicidade relativamente baixa a mamíferos, rápida ação contra a praga-alvo e baixo poder residual (SANTOS; AREAS; REYES, 2007; LEI et al., 2017).

Em se tratando do complexo de brocas, onde o comportamento de se abrigar no interior dos colmos dificulta a ação de contato de inseticidas, há uma priorização da aplicação sobre lagartas recém-eclodidas, uma vez que nos primeiros instares larvais, elas vivem no limbo foliar. A ação dos produtos sobre lagartas em estágios mais avançados de desenvolvimento é quase nula, assim, mesmo com a adoção do controle químico, os outros

métodos como o biológico e o genético se tornam grandes aliados na otimização do manejo no canavial (CRUZ, 2007).

Mesmo com pouca repercussão na literatura científica, o controle químico da broca do colmo é uma realidade em muitos canaviais, com notória eficiência. Silva; Funichello; Souza (2020), após avaliarem o desempenho de produtos químicos sobre brocas e o açúcar recuperável, inferiram que o inseticida clorantraniliprole (350 g/kg) ocasiona redução na infestação de *Diatraea*, resultando no aumento da produtividade da cana-de-açúcar.

O uso dos produtos químicos, porém, pode ser associado ou intercalado com outros métodos de controle, deixando-o ainda mais eficaz, reduzindo as chances de resistência das pragas às moléculas. Também, medidas que fujam à exclusividade desse método garantem ao Brasil independência da importação de produtos fitossanitários do mercado exterior (PEALEZ et al., 2015).

2.8.3 O controle por resistência de plantas

A resistência de plantas a insetos é uma característica natural, resultado de um processo adaptativo, onde as plantas desenvolveram em sua evolução, estratégias, a fim de escapar da ação de herbivoria. A resistência acontece quando uma planta ou variedade sofre um dano menor que outra, em igualdade de condições, resultando, com isso, um dano econômico menor (SOARES, 2014).

Os tipos de resistência passaram a ser estudados quando pesquisadores verificaram que, na relação estabelecida entre insetos e plantas, algumas dessas desencadeavam alterações na biologia do herbívoro ou mesmo em seu comportamento, em outras, essas alterações eram evitadas pelos insetos, e ainda, um terceiro grupo de plantas não sofria alteração mesmo após a infestação das pragas (BUENO; MENDES; CARVALHO, 2006).

A resistência manifesta-se em maior ou menor grau de acordo com cada organismo, porém, é hereditária e, com isso, abre portas para que os genes que conferem essas características possam ser transmitidos para descendentes a partir de programas de melhoramento genético, almejando-se, na produção comercial dessas variedades, redução do número de insetos-praga no cultivo (BOIÇA JR. et al., 2014).

O melhoramento é uma ferramenta que permite a criação de cultivares com características agrônômicas desejáveis, tanto no que tange à produção, quanto à resistência a

pragas e doenças. Na prática, o incremento do plantio de variedades melhoradas garantiu um aumento de mais de 70 toneladas por hectare na produtividade média de canaviais (MORAIS et al., 2015).

Projeções apontam que, em um futuro breve, as variedades de cana-de-açúcar, além de apresentarem porte ereto, serem ricas em sacarose e mais produtivas, deverão também tolerar os estresses bióticos ocasionados pelas pragas, como por exemplo as cigarrinhas e as brocas. Portanto, a chave do sucesso do plantio dessas variedades promissoras está no estudo e investimento em pesquisas (BASTOS et al., 2015).

A resistência em plantas relaciona-se a mecanismos físicos, morfológicos ou químicos, que servirão de limiar para utilização destas pelos insetos, seja como fonte de alimentação, postura ou abrigo. Esses mecanismos se associam principalmente, na redução de pragas em sistemas de produção agrícola (BLUNDELL et al., 2020). A resistência de plantas a insetos pode se manifestar de três tipos distintos, a saber: antibiose; antixenose e tolerância (VENDRAMIM; GUZZO, 2009; 2011; GUZZO et al., 2023).

O impulsionamento do controle genético coexiste a partir da biotecnologia, que contribui na inserção de genes, conferindo características agrônômicas às plantas, como a resistência ao complexo de brocas. A criação de cultivares transgênicas de cana-de-açúcar assemelha-se a outras culturas como milho, soja e algodão, utilizando a mesma tecnologia Bt, e que dominam os campos de produção (FARIAS et al., 2014).

A ação controladora das plantas transgênicas sobre a fase larval acontece devido à formação de toxinas, a partir da solubilização da proteína Bt no intestino desses organismos imaturos imediatamente após a alimentação. Embora o primeiro caso de transgenia em cana-de-açúcar tenha sido realizado no intuito de obter uma planta tolerante à escassez hídrica, comumente observa-se a introdução de proteínas Cry 1, para o controle de lepidobrocas (CHAUFaux et al., 2001).

No Brasil, a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), órgão vinculado ao Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, liberou em 2017 a produção em escala comercial da cana-de-açúcar transgênica para *D. saccharalis*, além de sua utilização para a produção de açúcar, álcool e biodiesel. Esses organismos geneticamente modificados (OGMs) já são produzidos no país pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), empresa de capital aberto com sede em Piracicaba, SP (CHEAVEGATTI-GIANOTTO et al., 2018).

Mesmo apresentando-se promissor, o uso da biotecnologia pela inserção de genes Bt em cultivares de cana-de-açúcar não dispensa as demais estratégias do MIP (CRISTOFOLETTI et al., 2018), pois há um alerta de possibilidade de rápida evolução da praga em adquirir resistência às proteínas Bt com o seu uso comercial (GIRÓN-PÉREZ et al., 2014).

2.8.3.1 Antibiose

A antibiose é o tipo de resistência que as plantas expressam promovendo um efeito negativo à biologia de seu predador. Os mecanismos que possibilitam essas defesas podem ser diretos, a partir de caracteres morfológicos como tricomas, camada de cera ou lignificação da parede celular, ou indiretos, em resposta a alimentação dos insetos, desencadeado a síntese de metabólitos secundários capazes de afetar o inseto ou sinalizar aos inimigos naturais que a planta está sendo infestada (HAN et al., 2015).

Alguns genótipos de cana-de-açúcar expressam genes capazes de lhes manterem resistentes contra *D. saccharalis* por não fornecer os nutrientes necessários ao desenvolvimento de instares larvais e uma vez no colmo, terá sua biologia comprometida (DINARDO-MIRANDA et al., 2012; PIMENTEL et al., 2017).

Outras, ainda, podem ser resistentes devido à ação de voláteis vegetais, produzidos pelo metabolismo secundário das plantas, e que podem ser induzidos em resposta à infestação de *D. saccharalis*, permitindo que o parasitoide *C. flavipes* utilize (E)-cariofileno como uma pista para localizar o hospedeiro, ferramenta que se associa ao controle biológico (RIFFEL et al., 2021).

2.8.3.2 Antixenose

Peterson; Varella; Higley (2017) afirmam que a antixenose ocorre quando a planta expressa resistência capaz de alterar o comportamento do inseto que passa a não a escolher para sua alimentação, abrigo ou substrato para postura. Essa não preferência ocorre em função de algum fator bioquímico ou morfológico. Sturza et al. (2020) inferem que a não preferência de *D. saccharalis* para a deposição de ovos depende também do grau de maturação e da idade da planta, uma vez que plantas mais velhas são mais resistentes que plantas mais tenras.

Souza et al. (2018), investigando a não preferência para oviposição e alimentação de *D. saccharalis* em 10 cultivares de cana-de-açúcar, através de testes com e sem chance de

escolha, realizados em casa de vegetação e em laboratório, concluíram que a cultivar CTC 15 foi a menos preferida para realização da postura, em contrapartida, foi a mais consumida pelo inseto, inferindo que, por mais que a planta seja portadora da resistência para um fator, não dispensa testes que comprovem ou não, efeitos para os demais.

Dinardo-Miranda et al. (2012), avaliando a preferência de oviposição, verificaram que as cultivares IACSP94-2101 e IACSP96-2042 foram menos preferidas por *D. saccharalis*. Quanto ao número de formas biológicas encontradas no interior dos colmos, a cultivar IACSP94-2094 foi a mais resistente e IACSP96-3060 foi aquela que apresentou o maior número de formas imaturas em seu interior, por isso, a mais suscetível. Segundo os autores, a resistência do tipo antixenose verificada no estudo ocorre devido a concentrações mais altas de substâncias supressoras nas plantas resistentes, não identificadas no estudo.

Antixenose a *D. saccharalis* para alimentação também foi verificada em sorgo, onde brocas não preferiram se alimentar de híbridos com maior teor de lignina na parede celular do vegetal, dificultando seu acesso ao colmo (SOUZA et al., 2021). O impedimento da entrada da lagarta no caule pela existência de uma barreira física, formada pelos constituintes do colmo, como a espessura de cera epicuticular, deposição de lignina, tricomas, dentre outros, contraria o hábito da lagarta de penetrar à planta, deixando-a mais resistente (WARTHA et al., 2022).

Souza et al. (2014), estudando a relação de preferência de *C. flavipes* por lagartas de *D. saccharalis* alimentadas com cultivares resistentes de cana-de-açúcar com e sem chance de escolha, constataram que o método de resistência de plantas não anula o controle biológico, uma vez que as lagartas da broca pequena do colmo foram igualmente preferidas por fêmeas do parasitoide.

2.8.3.3 Tolerância

A tolerância apresenta como característica a capacidade de uma planta em se recuperar, ou não sofrer danos, mesmo após a infestação de uma determinada praga, quando comparada a outras, sob igualdade de condições. Na tolerância, não se observa efeito negativo à biologia do inseto ou mesmo sua repelência, envolvendo apenas a resposta da planta. Nesses termos, a tolerância é o tipo mais sustentável de resistência (PETERSON; VARELLA; HIGLEY, 2017).

Peterson; Varella; Higley (2017) inferem que, na prática, esse é o tipo de resistência mais difícil de mensurar, uma vez que a produção não é limitada apenas por fatores fitossanitários, mas por um conjunto de condições, como genética da cultura, fertilidade do solo, fatores climáticos, dentre outros, dificultando a compreensão dos mecanismos que a compõem. Ainda, a inexistência de informações concretas sobre tolerância provém da falta de interesse em pesquisas, pois é mais vantajoso estudar os efeitos na biologia das pragas, visando seu controle, que os efeitos na biologia das plantas.

Entretanto, pesquisas que apontam a tolerância são realizadas, como forma de identificar as causas dessa resistência. Assim, genótipos de arroz BR IRGA 417 e MTU 15, foram classificados como tolerantes a *D. saccharalis*, considerada pelos autores a causa da resistência a produção de novos perfilhos como forma compensatória de suprir as injúrias ocasionadas pela infestação larval, garantindo a produção da cultura (NASCIMENTO; BARRIGOSSI, 2014).

Embora a tolerância esteja relacionada à planta, o ambiente pode ter grande participação nesse processo. Nestes termos, estudos vêm sendo desenvolvidos na perspectiva da identificação de elementos minerais como indutores de resistência, proporcionando às plantas capacidade de superar os estresses bióticos (CHRISPIM; RAMOS, 2006).

Korndörfer; Pereira; Camargo (2002) asseveram que o silício incorporado à adubação da cana-de-açúcar promove um aumento da produtividade da cultura, por permitir maior eficiência fotossintética, garantindo também a tolerância ao ataque de pragas e doenças, sem sofrer danos. Camargo et al. (2010) averiguaram a ação do mesmo elemento e obtiveram resultados que corroboram com os dos autores anteriores, tanto em relação à produtividade da cultura, quanto à incidência das injúrias provocadas por *D. saccharalis*.

REFERÊNCIAS

ABREU, J.A.S.; ROVIDA, A.F.S.; CONTE, H. Controle biológico por insetos parasitoides em culturas agrícolas no Brasil: revisão de literatura. **Revista UNINGÁ Review**, v. 22, n.2, p. 22-25, 2015.

AGROFIT – **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. 2023. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em <agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 13 de janeiro de 2023.

ALENCAR, K. **Análise do balanço entre demanda por etanol e oferta de cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba, 2012. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo.

ALMEIDA L.C.; ARRIGONI, E.B. Parâmetros biológicos da broca-gigante da cana-de-açúcar, *Telchin licus* (Drury, 1773). **Revista de Agricultura**, v. 84, n. 1, p. 56-61, 2009.

ALMEIDA L.C.; DIAS FILHO, M.M.; ARRIGONI, E.B. Primeira ocorrência de *Telchin licus* (Drury, 1773), a broca-gigante da cana-de-açúcar, no estado de São Paulo. **Revista de Agricultura**, v. 82, n. 2, p. 223-225, 2007.

ANTERO, R.V.P.; SILVA, D.B.; BRUM, S.S.; VALE, A.T. Balanço energético da produção de etanol a partir da cana-de-açúcar e aspectos da produção brasileira atual. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 7, n. 3, p. 399-412, 2019.

ARAÚJO, D.F.C.; ARAÚJO SOBRINHO, F.L. Agricultural culture of sugarcane in Brazil: contribution to the study of rural territories and their contradictions and conflicts. **Geopauta**, v. 4, n. 1, p. 162-183, 2020.

AREIAS, A.A.; CRUZ JÚNIOR, J.C.; YAMAJI, F.M. Biomass as a sustainable energy generation resource. **Scientific Electronic Archives**, v. 13, n. 9, p.120–128, 2020.

ARRIGONI, E.B. Problemas atuais e futuros desafios. **Revista Opiniões**. n. 56. p. 18-19, 2018.

BAFFA, D.C.F., FREITAS, R.G.; BRASIL, R.P.C. O uso da vinhaça na cultura da cana-de-açúcar. **The Nucleus**, n. 1, p. 31-46, 2009.

BARBOSA, A.A.; ARRUDA, F.B.; PIRES, R.C.M.; SILVA, T.J.A.; SAKAI, E. Sugarcane fertigated with vinasse under subsurface drip irrigation in three cycles of cane-ratoon. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 588-594, 2013.

BASTOS, C.S.; RIBEIRO, A.V.; SUINAGA, F.A.; BRITO, S.M.; OLIVEIRA, A.S.; BARBOSA, T.M.; SANTOS, P.J.S.; OLIVEIRA, D.V.V.; TEICHMANN, Y.S.K. Resistência de plantas a insetos: contextualização e inserção no MIP, p. 32-73. In: VISOTTO, L.E.; FERNANDES, F.L.; CARVALHO FILHO, A.; LOPES, E.A.; AQUINO, L.A.; FERNANDES, M.E.S.; GOD. P.I.V.G.; RUAS, R.A.A.; SOUSA JÚNIOR, M. **Avanços Tecnológicos Aplicados à Pesquisa na Produção Vegetal**. Editora da Universidade Federal de Viçosa, 556p, 2015.

BLUNDELL, R.; SCHMIDT, J.E.; IGWE, A.; CHEUNG, A.L.; VANNETTE, R.L.; GAUDIN, A.; CASTEEL, C.L. Organic management promotes natural pest control through altered plant resistance to insects. **Nature Plants**, v. 6, n. 5, p. 483-491, 2020.

BOBROWSKI, V.L.; FIUZA, L.M.; PASQUALI, G.; BODANESE-ZANETTINI, M.H. Genes de *Bacillus thuringiensis*: uma estratégia para conferir resistência a insetos em plantas. **Ciência Rural**. v. 34, n. 1, p. 843-850, 2003.

BOIÇA JÚNIOR, A.L.; SOUZA, B.H.S.; COSTA, E.N.; MORAES, R.F.O.; EDUARDO, W.I.; RIBEIRO, Z.A. Resistência de plantas e produtos naturais e as implicações na interação

inseto-planta. In: BUSOLI, A.C.; SOUZA, L.A.; ALENCAR, J.R.C.; FRAGA, D.F.; GRIGOLLI, J.F.J. **Tópicos em entomologia agrícola**. Gráfica e Editora Multipress, 291-308p, 2014.

BOTELHO, P.S.; GARCIA, J.F.; MACEDO, L.P.M. Outras lagartas que atacam a cana-de-açúcar. In: PINTO, A.S. (Org.). **Controle de pragas da cana-de-açúcar**. Boletim Técnico Biocontrol, [s. n.], p. 25-28, 2006.

BOTELHO, P.S.M.; MACEDO, N. *Cotesia flavipes* para o controle de *Diatraea saccharalis*. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; FERREIRA-CORRÊA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Manole, p. 409-425, 2002.

BROGLIO-MICHELETTI, S.M.F.; PEREIRA-BARROS, J.L.; SANTOS, A.J.N.; CARVALHO, L.W.T.; CARVALHO, L.H.L.; OLIVEIRA, C.J.T. Efeito do número de adultos de *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) liberados em semanas sucessivas, para o controle de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 1, p. 53-58, 2007.

BUENO, L.C. de S.; MENDES, A.N.; CARVALHO, S.P. **Melhoramento genético de plantas**: princípios e conceitos. 2º ed. UFLA. 213 – 219, 2006.

CAMARGO, M.S.; KORNDÖRFER, G.H.; FOLTRAN, D.E.; HENRIQUE, C.M.; ROSSETTO, R. Absorção de silício, produtividade e incidência de *Diatraea saccharalis* em cultivares de cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 937-944, 2010.

CAMPOS, M.R.; PICANÇO, M.C.; MARTINS, J.C.; TOMAZ, A.C.; GUEDES, R.N.C. Insecticide selectivity and behavioral response of the earwig *Doru luteipes*. **Crop Protection**, v. 30, n. 12, p. 1535-1540, 2011.

CARDOZO, P.N.; SENTELHAS, P.C. Climatic effects on sugarcane ripening under the influence of cultivars and crop age - Review. **Scientia Agrícola**, v. 70, n. 6, p.449-456, 2013.

CARVALHO JUNIOR, A.M.; RAMUNDO, J.C.M.; CAVALCANTI, C.E.S.; FAVERET FILHO, P.S.C.; PFEFER, N.I.; ROSA, S.E.S.; MILANEZ, A.Y.; GALVÃO, A.C. POPPE, M.K. **Bioetanol de cana de açúcar**: energia para o desenvolvimento sustentável. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – BNDS/ CGEE, 1ª edição, Rio de Janeiro, 316p, 2008.

CHAUF AUX, J.; SEGUIN, M.; SWANSON, J.J.; BOURGUET, D.; SIEGFRIED, B.D. Chronic exposure of European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) to Cry 1Ab *Bacillus thuringiensis* toxin. **Journal of Economic Entomology**, v. 94, p. 1564-1570, 2001.

CHEAVEGATTI-GIANOTTO, A.; ABREU, H.M.C.; ARRUDA, P.; BESPALHOK FILHO, J.C.; BURNQUIST W.L.; CRESTE, S.; CIERO, L.; FERRO, J.A.; FIGUEIRA, A.V.O.; FILGUEIRAS, T.S.; GROSSI-DE-SÁ, M.F.; GUZZO, E.C.; HOFFMANN, H.P.; LANDELL, M.G.A.; MACEDO, N.; MATSUOKA, S.; REINACH, F.C.; ROMANO, E.; SILVA, W.J.; SILVA FILHO, M.C.; ULIAN, E.C. Sugarcane (*Saccharum X officinarum*): A reference study for the regulation of genetically modified cultivars in Brasil. **Tropical Plant Biology**, v. 4, n.1, p. 62-89 2011.

CHEAVEGATTI-GIANOTTO, A., GENTILE, A., OLDEMBURGO, D.A., MERHEB, G.D. A., SERENO, M.L., LIRETTE, R.P., FERREIRA, T.H.S.; OLIVEIRA, W.S. Lack of Detection of Bt sugarcane Cry1ab and NPTII DNA and Proteins in sugarcane processing products including raw sugar. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 6, n. 24, p.1-14, 2018.

CHRISPIM, T.P.; RAMOS, J.M. Revisão de literatura: resistência de plantas a insetos. **Revista científica eletrônica de engenharia florestal**. Ano VI, n. 10, 2007.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**, v.8 – safra 2021/22, nº3 – terceiro levantamento, novembro 2021.

CRAVEIRO, K.I.C. **Evolução in vitro e seleção de variantes Cry para o controle da broca-gigante da cana-de-açúcar**. Brasília, 2009. 83 f. Tese (Doutorado em Biologia Molecular) - Instituto de Ciências Biológicas-Universidade de Brasília.

CRISTOFOLETTI, P.T.; KEMPER, E.L.; CAPELLA, A.N.; CAMARGO, S.R.; CAZOTO, J.L.; FERRARI, F. GALVAN, T.L.; GAUER, L. MONGE, G.A. NISHIKAWA, M.A.; SANTOS, N.Z.; SEMEÃO, A.A.; SILVA, L.; WILLSE, A.R.; ZANCA, A.; EDGERTON, M.D. Development of transgenic sugarcane resistant to sugarcane borer, **Tropical Plant Biology**, v. 11, p. 17-30, 2018.

CRUZ, I. **A broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis*, em milho, no Brasil. Embrapa Milho e Sorgo**, 12p. (Circular Técnica, n. 90), 2007.

DINARDO-MIRANDA, L.L. Pragas. In: L.L. DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G. A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: IAC. 882 p. p. 349-404, 2008.

DINARDO-MIRANDA, L.L.; ANJOS, I.A. dos; COSTA, V.P. da; FRACASSO, J.V. Resistance of sugarcane cultivars to *Diatraea saccharalis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 47, n. 1, p. 1-7, 2012.

DINARDO-MIRANDA, L.L.; FRACASSO, J.V.; ANJOS, I.A.; COSTA, V.P. Influência da Infestação de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) sobre parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 71, n. 3, p. 342-354, 2012.

ESTADO DE ALAGOAS: Secretaria de Estado da Cultura. O brasão de Alagoas: Origem, descrição, significados e brasões anteriores. Disponível em: <<http://www.cultura.al.gov.br/municipios/bandeiras-e-brasoes/brasoes-de-alagoas/brasao-de-alagoas-informacoes>>. Acesso em 16 de junho de 2022.

FARIA, A.T.; SILVA, A.F.; FERREIRA, E.A.; ROCHA, P.R.R.; SILVA, D.V.; SILVA, A. A.; TIRONI, S.P. Alterações nas características fisiológicas da cana-de-açúcar causadas por trinexapac-ethyl. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 2, p.200-204, 2014.

FARIAS, J.R.; ANDOW, D.A.; HORIKOSHI, R.J.; SORGATTO, R.J.; FRESIA, P.; SANTOS, A.C.; OMOTO, C. Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Crop Protection**, v. 64, p. 150-158, 2014.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. 3ª ed. STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos, 2011. 416 p.

FERREIRA, M. C.; WERNECK, C. F.; FURUHASHI, S.; LEITE, G. J. Tratamento de toletes de cana-de-açúcar para o controle da podridão-abacaxi em pulverização conjugada ao plantio mecanizado. **Engenharia Agrícola**, n. 28, v. 2, p. 263-273, 2008.

FIGUEIREDO, P.; LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; SCARPARI, M.S.; XAVIER, M.A.; ANJOS, I.A. **O Instituto Agrônômico (IAC) e fatos históricos relacionados ao desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar até o fim do século XX**. Campinas: Instituto Agrônômico, 47 p. 2011.

FREITAS, M.R.T.; SILVA, E. L.; MENDONA, A.L.; SILVA, C.E.; FONSECA, A.P.P.; MENDONÇA, A.L.; SANTOS, J.S.S.; NASCIMENTO, R.R. SANT'ANA, A.E.G. The biology of *Diatraea flavipennella* (Lepidoptera: Crambidae) reared under laboratory conditions. **Florida Entomologist**, v. 90, n. 2, p. 309-313, 2007.

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

GARCIA, J.F. Manual de identificação de pragas da cana, 2013. Versão online. Disponível em: <<http://www.bio.ufpr.br/porta1/pragasplantas/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Jos%C3%A9-F.-Garcia.pdf>>. Acesso em: 15 de junho de 2022.

GARCIA J. F.; BOTELHO P. S. M. *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera – Crambidae). In: SIMÕES, N., GARCIA, J. F., editores. **Cana-de-açúcar: pragas e doenças: desafios fitossanitários e manejo sustentável**. Jaboticabal, Brasil: Gráfica Multipress Ltda, 160 p., 2016.

GILBERT, R.A.; SHINE JUNIOR, J.M.; MILLER, J.D.; RICE, R.W.; RAINBOLT, C.R. The effect of genotype, environment and time of harvest on sugarcane yields in Florida, USA. **Field Crops Research**, v.95, p.156-170, 2006.

GIRÓN-PÉREZ, K.; OLIVEIRA, A.L.; TEIXEIRA, A.F.; GUEDES, R.N.C.; PEREIRA, E.J.G. Susceptibility of Brazilian populations of *Diatraea saccharalis* to Cry1Ab and response to selection for resistance, **Crop Protection**, v. 62, p. 124-128, 2014.

GUZZO, E.C.; GONÇALVES, G.L.P.; VENDRAMIM, J.D. Resistência de plantas a insetos: Perspectiva de associações com inseticidas botânicos. In: RIBEIRO, L.P.; VENDRAMIM, J.D.; BALDIN, E.L.L., editores. **Inseticidas botânicos no Brasil: Aplicações, potencialidades e perspectivas**. Piracicaba, Brasil: FEALQ, 652 p., 2023.

HAN, Y.; LEI, W.; WEN, L.; HOU, M. Silicon-mediated resistance in a susceptible rice variety to the rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae). **PLoS ONE**, v.10, n. 3, p. 1-13, 2015.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar. **STAB Açúcar e Álcool e Subprodutos**, v. 21, n. 2, p. 34-37, 2002.

LEI, W.; WANG, D.D.; DOU, T.Y.; HOU, J.; FENG, L.; YIN, H.; LUO, Q.; SUN, J.; GE, G.B.; YANG, L. Assessment of the inhibitory effects of pyrethroids against human carboxylesterases. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 321, p. 48-56, 2017.

LESLIE, G. Pests of sugarcane. In: JAMES, G. (Ed.). **Sugarcane**, p. 78-100. 2007

LIMA FILHO, M.; LIMA, J.O.G. Egg masses of *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Pyralidae) on sugarcane: Size and percentage of parasitism by *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under natural conditions. **Neotropic Entomology**, v. 30, n.3, p. 483-488, 2001.

LOPES, D.A.; CANTAGALLI, L.B.; STUCHI, A.L.P.B.; MANGOLIN, C.A.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M.C.C. Population genetics of the sugarcane borer *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 36, n. 2, p. 189-194, 2014.

LORENZI, B.R.; ANDRADE, T.H.N. de. O etanol de segunda geração no Brasil: políticas e redes sociotécnicas. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 34, n. 100, p. 1-19, 2019.

MACEDO, C.L.; MARTINS, E.S.; MACEDO, L.L.P.; SANTOS, A.C.; PRAÇA, L.B.; GÓIS, L.A.B.; MONNERAT, R.G. Selection and characterization of *Bacillus thuringiensis* efficient strains against *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 12, p. 1759–1765, 2012.

MACEDO, D.; MACEDO, N. Aspectos da biologia da *Hyponeuma taltula* (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório. **STAB: Açúcar e Álcool e Subprodutos**, v. 25, p. 44-46, 2007.

MACEDO, N.; MACEDO, D.; CAMPOS, M.B.S.; NOVARETTI W.; FERRAZ, L.C.C.B. Management of pests and nematodes. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (Eds.). **Sugarcane: agricultural production, bioenergy and ethanol**, p. 89-113, 2015.

MATOS, M.; SANTOS, F.; EICHLER, P. Sugarcane world scenario. In.: SANTOS, F.; RABELO, S.C.; MATOS, M. Sugarcane biorefinery, technology and perspectives, 1ª ed., **Elsevier**, p.1-19, 2020.

MELO, G.B. **Avenida de Maceió: uma tentativa de interpretação histórica**. Maceió, 2019, 141 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em História), Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Ciências Humanas, Comunicação e Artes.

MIALICHI JÚNIOR, A.J.; ALVES, A.B.; BAZELA, C.; FARIA, F.A. Torta de filtro e micronutrientes no plantio de cana-de-açúcar. **Ciência & Tecnologia**, v. 12, n.1, p. 110-124, 2020.

MIRANDA-STALDER, S.H.G. de; BURNQUIST, H.L. A importância dos subprodutos da cana-de-açúcar no desempenho do setor agroindustrial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 34, n. 3, p. 103-119, 2019.

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

MORAIS, L.K.; CURSI, D.E.; SANTOS, J.S.; CARNEIRO, M.S.; CÂMARA, T.M.M.; SILVA, P.A.; HERMANN, G.V.B.; CHAPOLA, R.G.; FERNANDES JÚNIOR, A.R.; GAZAFFI, R. **Melhoramento genético da cana-de-açúcar. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 38 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros), 2015.

MOURA, P.C.S. **Correlações entre variáveis morfológicas, fisiológicas e tecnológicas na maturação da cana-de-açúcar**. Botucatu, 2016, 80 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas.

MOZAMBANI, A.E.; PINTO, A.S.; SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M. História e morfologia da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; SENE, A.P.; JENDIROBA, E.; MUTTON, M.J.R.; MUTTON, M.A. **Identificação de perdas de açúcares no setor agrícola**. Piracicaba: ESALQ, 2006. p. 11-18.

NASCIMENTO, J.B.; BARRIGOSI J.A.F. Responses of rice mini-core collection accessions to damage by *Diatraea saccharalis* (Fabricius) stem borer. **Agricultural Sciences**, v. 5, n. 9, p. 776–784, 2014.

NAVA, D.E.; PINTO, A.S.; SILVA, S.D.A. Controle biológico da broca da cana-de-açúcar. **Embrapa Clima Temperado-Documentos**, 2009.

OLIVEIRA, M.H.R.; SOUZA, R.F.; RIBEIRO V.N.; ÁVILA, E.A.S.; MENDONÇA, S.R.; VENTURA, M.V.A.; CARVALHO, J.P.S.; ARRUDA, A.B. Influence of the application of insecticides on the index of dead heart infestation in sugar cane. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 4661-4672, 2020.

PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S., BENTO, J.M.S., **Controle biológico no Brasil: Parasitoides e Predadores**. São Paulo: Manole, 2002. 586p.

PARRA, J.R.P.; PINTO, A.S.; NAVA, D.E.; OLIVEIRA, R.C.; DINIZ, A.J.F. **Controle Biológico no Brasil com parasitoides e predadores na agricultura brasileira**. Piracicaba: FEALQ, 592 p., 2021.

PEALEZ, V.; SILVA, L.R.; GUIMARÃES, T.A.; RI, F.D.; TEODOROVICZ, T. A (Des)coordenação de políticas para a indústria de agrotóxicos no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 14, n. (esp.), p. 152-178, 2015.

PEREIRA, V.H.; ROSA-MAGRI, M.M. Compatibilidade entre a bactéria diazotrófica relacionados ao desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar até o fim do século, **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**, v. 11, p. 1-8, 2021.

PETERSON, R.K.D.; VARELLA, A.C.; HIGLEY, L.G. Tolerance: the forgotten child of plant resistance. **PeerJ**, v. 5, p. e3934, 2017.

PIMENTEL, G.V.; BRASILEIRO, P.A.; BARBOSA, M.H.P.; TOMAZ, C.A.; PETERNELLI, E.A.L. Oviposition preference and larval performance of sugarcane borer in eight sugarcane genotypes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, p. 439-446, 2017.

PINTO, A.S. Controle de pragas da cana-de-açúcar. **Biocontrol**, 64 p. (Boletim Técnico Biocontrol, n.1), 2006.

_____. Manejo racional de pragas na expansão do canavial. **IdeaNews**, v. 8, n. 88, p. 40-50, 2008.

PINTO, A.S.; TRUJILLO, S.E.L. Sugarcane. In: SOUZA, B.; VÁZQUEZ, L. MARUCCI, R. (eds) **Natural enemies of insects past in neotropical agroecosystems**, Springer, 395 p., 2019.

POLANCZYK, R.; ALVES, S. *Bacillus thuringiensis*: uma breve revisão, **Agrociência**. v.7, n.2, p.1-10, 2003.

RENZI, A.; HENZ, A.P.; ZIDORA, C.B. M.; SHIKIDA, P.F.A. Evolução do controle biológico de insetos e pragas no setor canavieiro: uma análise na perspectiva econômica. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 459, 2019.

RIFFEL, A.; SILVA FILHO, B.F.; SANTOS, S.P.A.; SILVA, W.L.; RIBEIRO, T.F.L., OLIVEIRA, D.J.A.; OLIVEIRA, J.S.; COSTA, J.G.; CAULFIELD, J.C.; GOULART, H.F.; SANTANA, A.E.G.; BIRKETT, M.A. Exposure to sugarcane borer-induced plant volatile (E)-caryophyllene enhances parasitoid recruitment. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 169, n. 10, p. 937–946, 2021.

RODRIGUES, J.D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: Unesp, 100 p. 1995.

ROSA, J.O.; FERNANDES, O.A. Aumento e expansão do ataque de *Hyponeuma taltula* nas regiões produtoras de cana-de-açúcar do Estado de São Paulo e estudos de comportamento e danos comparativos à *Sphenophorus levis*. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 38, n. 4, p. 38–41, 2020.

ROSILLO-CALLE, F.; BEZZON, G. **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira**. Editora da UNICAMP, p. 448, 2005.

SAMPAIO, R.M.; FREDO, C.E.; COSTA, A.R.; BORTOLOTTI, G. Adoção do manejo integrado de pragas (MIP): um estudo censitário das safras paulistas 2007/2008 e 2016/2017. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 18, n. 50, p. 279-297, 2022.

SANDOVAL, S.S.; SENÔ, K.C.A. Comportamento e controle da *Diatraea saccharalis* na cultura da cana-de-açúcar. **Nucleus**, v. 7, n. 1, p. 1-16, 2010.

SANTOS, M.A.T.; AREAS, M.A.; REYES, F.G.R. Piretróides: uma visão geral. **Alimentos e Nutrição**, v. 18, n. 3, p. 339-349, 2007.

SANTOS, S.S. **O cultivo da cana-de-açúcar no estado de Alagoas**: uma análise comparativa dos efeitos da mecanização no estado de São Paulo. Brasília, 2011, 104 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Desenvolvimento Sustentável). Universidade de Brasília (Centro de Desenvolvimento Sustentável).

SEIXAS, F.L.; GIMENES, M.L.; FERNANDES-MACHADO, N.R.C. Treatment of vinasse by adsorption on carbon from sugar cane bagasse. **Química Nova**, v. 39, n. 2, p. 172-179, 2016.

SILVA, A.B.; BATISTA, J.L. Tesourinhas: pequenas e de grande eficiência. **Revista Cultivar**, 2018. Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/artigos/tesourinhaspequenas-e-de-grande-eficiencia>>. Acesso em 07 de maio de 2023.

SILVA, M.A.; CARLIN, S.D.; PERECIN, D. Fatores que afetam a brotação inicial da cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, v. 51, p. 457-466. 2004

SILVA, M.A.; GAVA, G.J.C.; CAPUTO, M.M.; PINCELLI, R.P.; JERÔNIMO, E.M.; CRUZ, J.C.S. Uso de reguladores de crescimento como potencializadores do perfilhamento e da produtividade em cana-soca. **Bragantia**, v. 66, p. 545-552, 2007.

SILVA, M.A.; JERONIMO, E.M. LÚCIO, A.D. Perfilhamento e produtividade de cana-de-açúcar com diferentes alturas de corte e épocas de colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 979-986, 2008.

SILVA, M.F.; FUNICHELLO M.; SOUZA, D.M. Performance of insecticides in control of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 87, p. 1-6, 2020.

SOARES, B.O. **Metodologia e avaliação de mecanismos de resistência da cana-de-açúcar à cigarrinha das raízes**. Viçosa, 2014, 67p. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa.

SOLIS, M.A.; METZ, M. A. An illustrated guide to the identification of the known species of *Diatraea* Guilding (Lepidoptra: Crambidae: Crambinae) based on genitalia. **ZooKeys**, v. 56, p. 73-121, 2016.

SOUZA, C.S.F.; SOUZA, B.H.S.; PARRELLA, R.A.C.; SIMONE, M.L.F.; NASCIMENTO, P.T.; FRANÇA, J.C.O.; LIMA, P.F.; MENDES, S.M. Resistance of bmr energy sorghum hybrids to sugarcane borer and fall armyworm. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. 1-9, 2021.

SOUZA, J.R.; BOIÇA JÚNIOR, A.L.; PERECIN, D.; COSTA, J.T.; PEIXOTO, M.L. Preference of *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae) for larvae of *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) fed on different sugarcane cultivars. **Revista Ceres**, n. 61, v. 6, p. 916-923, 2014.

SOUZA, J.R.; BOIÇA JÚNIOR, A.L.; PERECIN, D.; COSTA, J.T.; RIBEIRO, E.Z.A. Não preferência para oviposição e alimentação da broca-da-cana por cultivares de cana-de-açúcar. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 60, p. 291-295, 2018.

SOUZA, Z.M.; PRADO, R.M.; PAIXÃO, A.C.S.; CESARIN, L.G. Harvest systems and residue management of sugarcane. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 3, p.271-278, 2005.

STURZA, V.S. CUNHA, U.S.; BERNARDI, D.; GRECO, M.G.C.E.; NAVA, D.E. Nonpreference for oviposition of sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane seedlings is influenced by ripening group and plant age. **Environmental Entomology**, v. 49, n. 3, p. 692–698, 2020.

TOPPA, E.V.B.; JADOSKI, C.J.; JULIANETTI, A.; HULSHOF, T.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Aspectos da fisiologia de produção da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 3, n. 3, p. 215-221, 2010.

VALÉRIO, V.J. de O. Agronegócio sucroenergético: a face atualizada da cana-de-açúcar no estado de São Paulo. **Geografia em Atos**, v. 5, p. 1-21, 2021.

VENDRAMIM, J.D.; CASTIGLIONI-ROSALES, E.A. A resistência de plantas e o manejo de pragas. In: BALDIN, E.L.L.; VENDRAMIM, J.D.; LOURENÇÃO, A.L. (ed.). **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**, p. 435-472, 2019.

VENDRAMIM, J.D.; GUZZO, E.C. Plant resistance and insect bioecology and nutrition. In: PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.P. (ed.). **Insect bioecology and nutrition for integrated pest management**. Boca Raton: CRC Press, p. 657-685, 2011.

_____. Resistência de plantas e a bioecologia e nutrição dos insetos. In: PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.P. (Ed.). **Bioecologia e nutrição de insetos: Base para o manejo integrado de pragas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 1055-1105, 2009.

VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T.J.; PALLINI, A. **Controle alternativo de pragas e doenças na agricultura orgânica**. EPAMIG, 232 p., 2010.

VIEIRA, C.A.C. Sentido da colonização e revolução brasileira: crítica de caracterizações do modo de produção colonial. **Revista Serviço Social & Sociedade**, n. 129, p. 205-224, 2017.

WADT, L. **Comportamento reprodutivo da broca-gigante de cana-de-açúcar, *Telchin licus* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Castiniidae), como base para seu controle**. Piracicaba/ SP, 2012. 77 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

WANG, C; KONG, Y; HU, R; ZHOU, G. *Miscanthus*: A fast-growing crop for environmental remediation and biofuel production. **GCB Bioenergy**, v. 13, p. 58–69, 2020.

WANG, W.; LI, R.; WANG, H.; QI, B.; JIANG, X. ZHU, Q.; CAI, D.; THANG, X. ZHAO, Q. Sweetcane (*Erianthus arundinaceus*) as a native bioenergy crop with environmental remediation potential in southern China: A review. **GCB Bioenergy**. v. 11, p. 1012–1025, 2019.

WARTHA, C.A.; PORTO, N.A; TOMAZ, A.C.; ROQUE, J.V.; DINIZ, M.B.T.; QUEIROZ, E.L.R.; TEÓFILO, R.F.; BARBOSA, M.H.P. Classification of sugarcane genotypes

susceptible and resistant to the initial attack of sugarcane borer *Diatraea saccharalis* using epicuticular wax composition, **Phytochemistry**, v. 199, p. 113-175, 2022.

WHITE, W.H.; HALE, A.L.; VEREMES, J.C.; TEW, T.L.; RICHARD JÚNIOR, E.P. Registration of two sugarcane germplasm clones with antibiosis to the sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae). **Journal of Plant Registrations**, v. 5, n. 2, p. 248–253, 2011.

ZENKER, M.M.; LIMA, I.S.; SPECHT, A.; DUARTE, A.G. Morphological characterization of the immature stages of *Hyponeuma taltula* (Schaus) (Lepidoptera, Noctuidae, Herminiinae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 4, p. 1101-1107, 2007.

3 AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ACESSOS DO COMPLEXO *Saccharum* A *Diatraea saccharalis* (FABR., 1794) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)

RESUMO

O objetivo deste estudo foi identificar a resistência de 13 acessos do complexo *Saccharum* em relação a *D. saccharalis*. As mudas de cada genótipo utilizado foram transplantadas para vasos com capacidade de 11 L e cultivados em casa de vegetação na Unidade de Execução de Pesquisa de Rio Largo, AL, da Embrapa Tabuleiros Costeiros, até a formação de entrenós. Os acessos comerciais RB92579, SP791011 e VERTIX foram utilizados como testemunhas. Todos os genótipos foram repetidos seis vezes e distribuídos inteiramente ao acaso. O ensaio experimental aconteceu 120 dias após o transplante das mudas, através da fixação de cartelas contendo massas de aproximadamente 80 ovos de *D. saccharalis*, cedidas pela biofábrica FITOAGRO - Controle Biológico Ltda., as quais foram colocadas no limbo foliar, próximo a bainha de cada planta. A avaliação ocorreu 30 dias após a infestação, sendo as plantas removidas dos vasos e os colmos abertos longitudinalmente, para a contagem do número total de entrenós e o número de entrenós brocados. A proporção de entrenós brocados e/ou com sintomas de podridão vermelha, em relação ao número total foi determinada pelo cálculo da intensidade de infestação [I.I. = (entrenós infestados/total de entrenós) × 100]. Os dados foram transformados em arco seno $\sqrt{(x/100)}$, e as médias submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. O genótipo codificado como E1 foi, dentre os avaliados, o que apresentou maior percentual de intensidade de infestação, seguidos de A1, C2 e F1. Assim, não são bons doadores de genes em programas de melhoramento de cana-de-açúcar, pois não oferecem resistência para o complexo broca-podridão vermelha.

Palavras-chave: Intensidade de infestação. Broca pequena. Casa de vegetação.

**EVALUATION OF RESISTANCE IN ACCESSIONS OF THE COMPLEX *Saccharum*
TO *Diatraea saccharalis* (FABR., 1794) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)**

ABSTRACT

The objective of this study was to identify the resistance of 13 accessions of the *Saccharum* complex in relation to *D. saccharalis*. The seedlings of each genotype used were transplanted into pots with a capacity of 11 L and cultivated in a greenhouse at the Research Execution Unit of Rio Largo, AL, of Embrapa Tabuleiros Costeiros, until the formation of internodes. The commercial accessions RB92579, SP791011 and VERTIX were used as controls. All genotypes were replicated six times and distributed completely at random. The experimental test took place 120 days after transplanting the seedlings, by fixing cards containing masses of approximately 80 eggs of *D. saccharalis*, provided by the biofactory FITOAGRO - Controle Biológico Ltda., which were placed on the leaf blade, close to the sheath of each plant. The evaluation took place 30 days after infestation, with the plants removed from the pots and the stems opened longitudinally, to count the total number of internodes and the number of bored internodes. The proportion of internodes bored and/or with symptoms of red rot, in relation to the total number, was determined by calculating the intensity of infestation. [I.I. = (infested internodes/total internodes) $\times$ 100]. The data were transformed into $\arcsin \sqrt{(x/100)}$, and the averages were subjected to analysis of variance and compared using the Scott-Knott test at a 5% probability level. The genotype coded as E1 was, among those evaluated, the one that presented the highest percentage of infestation intensity, followed by A1, C2 and F1. Thus, they are not good gene donors in sugarcane breeding programs, as they do not offer resistance to the red borer-red rot complex.

Keywords: Intensity of infestation. Small borer. Vegetation House.

3.1 INTRODUÇÃO

A utilização de genótipos resistentes em cultivos comerciais não acarreta somente a redução populacional de pragas nos sistemas de produção, mas, se estabelece também como uma ferramenta de manejo eficaz, mais segura para o ambiente e sem ônus adicional com as injúrias que se convertem em danos provocados à cultura (VARGAS; GÓMEZ; MICHAUD, 2015).

O uso de cultivares de cana-de-açúcar *Saccharum* spp. (Poaceae) melhoradas convencionalmente e transgênicas, fruto da biotecnologia, agregando características agronômicas desejáveis às cultivares, é realidade constante nos canaviais do Brasil, reforçando ainda mais a necessidade de estudos que identifiquem, nestes mesmos híbridos, características de resistências às pragas, sobretudo, em relação aos tipos e às causas de resistência sobre brocas. Essas informações, juntamente com os dados de produção, definem a seleção do material a ser plantado (DINARDO-MIRANDA et al., 2012; SOUZA et al., 2013; PIMENTEL et al., 2017).

Apesar de, didaticamente, os tipos de resistência de plantas a insetos poderem ser facilmente distintos e definidos, na prática, observa-se uma relação mútua entre eles, através de uma interação complexa dos mais variados componentes que caracterizam a resistência. Esses componentes podem ser de natureza morfológica, física ou química (MILLIGAN; BALZARINI; WHITE, 2003).

Estudos realizados em cana-de-açúcar inferem que a resistência a *D. saccharalis* está associada à presença de tricomas, à abertura da bainha foliar, e ainda pode estar relacionada a compostos químicos produzidos e/ou simulados pela planta, o que pode ser decisivo para a sobrevivência e o desenvolvimento das lagartas, seja por dificultar a entrada destas no colmo ou por aumentar o seu tempo de exposição à ação de inimigos naturais (WHITE et al., 2008).

O objetivo do presente estudo foi identificar a resistência de 13 genótipos do Complexo *Saccharum* em relação a *D. saccharalis*, determinando a intensidade de infestação em casa de vegetação no município de Rio Largo, AL.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Caracterização dos genótipos utilizados

Para a avaliação da resistência, foram utilizados os genótipos do complexo *Saccharum* do Banco Ativo de Germoplasma de cana-de-açúcar da Embrapa Tabuleiros Costeiros, apresentados na Tabela 1. Além destes, utilizaram-se como testemunhas as variedades comerciais amplamente difundidos em toda a região canavieira do Brasil RB92579 e SP791011, pertencentes à espécie *Saccharum officinarum*, consideradas moderadamente resistente e suscetível, respectivamente, e a variedade VERTIX, pertencente ao gênero *Saccharum* e considerada como resistente.

Tabela 1. Codificação dos genótipos de cana-de-açúcar utilizados na avaliação de resistência à broca do colmo *D. saccharalis*.

Espécie dos tratamentos	Código dos acessos
<i>Saccharum officinarum</i>	A1
	A2
	A3
	A4
	A5
<i>Saccharum spontaneum</i>	B1
	B2
<i>Saccharum robustum</i>	C1
	C2
<i>Saccharum</i> híbrido	D1
<i>Saccharum</i> spp.	E1
<i>Erianthus arundineaceus</i>	F1
<i>Miscanthus</i> spp.	G1

Fonte: Autor, 2023.

3.2.2 Preparação das mudas e plantio

Todos os genótipos utilizados nos experimentos foram cultivados e multiplicados no Campo Experimental Jorge do Prado Sobral, da Embrapa Tabuleiros Costeiros, localizado no município de Nossa Senhora das Dores, SE, Brasil. Na colheita, os colmos de cada um dos

genótipos foram cortados e conduzidos até a fazenda Chapéu do Sol, no município de São Miguel dos Campos, AL, Brasil, onde retiraram-se as gemas para plantio em tubetes mantidos em viveiro com o substrato de fibra de coco e terra, e tratadas com inoculante líquido à base de *Azospirillum brasiliensis*.

Após a germinação das gemas, as mudas pré-brotadas com dois meses de idade, de cada tratamento foram transferidas para a Unidade de Execução de Pesquisa de Rio Largo (UEP Rio Largo), da Embrapa Tabuleiros Costeiros, localizada no município de Rio Largo, AL, Brasil, e transplantadas para vasos de polietileno com capacidade de 11 L, contendo substrato composto por matéria orgânica e areia e mantidos em telado revestido com sombrite. Os tratos culturais aplicados foram os recomendados para a cultura, não houve aplicação de defensivos, para não mascarar os resultados do ensaio.

Aos 60 dias após o transplante, houve uma adubação nitrogenada com ureia. O turno de rega das plantas ocorreu três vezes na semana, sendo aplicada uma lâmina de água até haver escoamento nos vasos. A capina nos vasos ocorreu de forma manual, sempre que necessária. As plantas foram cultivadas até a formação de entrenós para a realização dos testes. Por se tratar de genótipos diferentes, não houve padronização no número de entrenós nas plantas, mas aguardou-se sua formação em todos os genótipos estudados.

3.2.3 Obtenção dos insetos

Os insetos utilizados no estudo foram fornecidos pela empresa FITOAGRO – Controle Biológico Ltda., localizada em Maceió, AL, Brasil, cedidos em fase de ovo. As massas, distribuídas em papel manteiga, foram divididas pelo tamanho das posturas, pré-determinadas em pequenas (inferior a 60 ovos), médias (aproximadamente 80 ovos) e grandes (superior a 100 ovos), segundo a metodologia de Dinardo-Miranda et al. (2012).

3.2.4 Condução experimental

As plantas mantidas em casa de vegetação foram avaliadas em relação às injúrias provocadas pelo inseto (galerias e sintomas de podridão vermelha), base para o cálculo de intensidade de infestação $[I.I. (\%) = (\text{número de entrenós infestados} / \text{número total de entrenós da planta} \times 100)]$, obtendo-se para cada tratamento o percentual de entrenós infestados.

Para isso, 120 dias após o transplante, cada planta foi infestada com uma cartela de papel contendo uma massa de ovos da praga de tamanho médio (aproximadamente 80 ovos por cartela) presa à folha de cada planta por um alfinete. Diariamente, as plantas foram

analisadas, bem como cada cartela, verificando-se o desenvolvimento dos ovos e a eclosão das lagartas.

A avaliação ocorreu 30 dias após a infestação, a partir de análises destrutivas das plantas que constituíam a parcela amostral. Para tanto, as plantas de cana-de-açúcar foram removidas dos vasos e os colmos abertos longitudinalmente, sendo registrados o número total de entrenós de cada planta e o número de entrenós contendo as injúrias deixadas pelas pragas.

3.2.5 Desenho experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 13 tratamentos (acessos de cana-de-açúcar) seis repetições (vasos/genótipo). As médias obtidas foram transformadas em arco seno $\sqrt{(x/100)}$, submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, por meio do programa estatístico Assistat – versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo, observou-se que a diferença na Intensidade de Infestação foi significativa entre os genótipos avaliados, sendo E1 o acesso com maior percentual de infestação, diferindo dos demais tratamentos e testemunhas. Os acessos A1, C2 e F1 também apresentaram percentuais elevados de infestação, sendo estatisticamente semelhantes entre si, mas diferindo dos outros acessos e testemunhas. Os demais genótipos, ainda que tenham apresentado variações nas médias, não diferiram estatisticamente, igualando-se às testemunhas (TABELA 2).

O plantio das gemas aconteceu no mês de outubro e o transplante das mudas no mês de dezembro, período que coincide com a colheita da cana-de-açúcar em Alagoas, isto é, o corte dos colmos e a rebrota das soqueiras. Nesse período, verifica-se uma estiagem prolongada, por conta do verão, que na região é caracterizado por dias mais longos e baixos índices pluviométricos. No entanto, a escassez hídrica do período foi suplementada pela irrigação, assim como ocorre nos plantios das usinas da região.

Embora a infestação tenha sido artificial, as condições climáticas verificadas, são condicionantes ótimas para o desenvolvimento da praga. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é tropical quente úmido, com temperatura média anual de 25°C, umidade relativa de 80% e precipitação média de 1200 mm anuais (BARROS et al., 2018;

AGRITEMPO, 2023). Assim, observou-se que as condições de clima favoreciam o desenvolvimento dos insetos sobre as plantas, verificando-se as injúrias, tanto galerias quanto os sintomas da podridão vermelha, em todos os acessos investigados.

Tabela 2. Intensidade de infestação em diferentes genótipos de cana-de-açúcar cultivados em casa de vegetação.

Genótipos	Intensidade de Infestação (%)
E1	82,21 ± 3,01 a
A1	50,75 ± 2,02 b
C2	43,56 ± 6,16 b
F1	40,73 ± 6,16 b
SP791011	34,42 ± 5,86 c
RB92579	31,84 ± 7,78 c
A4	28,20 ± 3,83 c
A3	26,00 ± 4,25 c
A5	23,11 ± 3,92 c
VERTIX	22,42 ± 6,14 c
G1	22,22 ± 6,81 c
A2	21,03 ± 3,26 c
D1	21,18 ± 3,90 c
C1	19,96 ± 2,94 c
B1	16,36 ± 5,03 c
B2	11,83 ± 3,84 c
F	10,1725 **
CV (%)	18,31

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

Como o experimento não permitia às brocas a escolha do material mais adequado para sua alimentação, percebeu-se que muitas não completaram seu ciclo biológico, morrendo ainda nos primeiros instares larvais, embora tivessem penetrado nos colmos. Essas evidências foram comprovadas pelos orifícios e galerias encontradas nos colmos e pela verificação de formas imaturas mortas.

Nestes termos, os genótipos ditos mais resistentes, de acordo com Agarwal (1969), são aqueles cujos fatores somam-se para superar o ataque das pragas, seja pela defesa ou por recuperar-se das injúrias sofridas. Assim, a resistência de genótipos de cana-de-açúcar a *D. saccharalis* pode ter diversos fatores envolvidos, como sua rusticidade, teores de fibras, além de aspectos morfológicos, como maior rigidez na casca, impedindo a penetração das lagartas.

Dentre os tratamentos, que apresentaram menor percentual de infestação, estão as espécies *S. spontaneum* e *S. robustum*, já apreciadas pelo alto teor de fibras em detrimento ao teor de sacarose, e utilizados como doadores de genes em programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar. A fonte nutricional mais eficiente para os insetos garante não somente o pleno desenvolvimento larval, como também a passagem para outros estágios do ciclo biológico.

O teor de açúcar presente na fonte nutricional ingerida por *D. saccharalis* em sua fase larval é fator determinante para o seu desenvolvimento (BORGES FILHO et al., 2018), pois é durante esse estágio fisiológico que os insetos ganham peso corporal e a energia que necessitam para completarem sua metamorfose e, assim, já maduros, poderão reproduzir-se, garantindo a perpetuação de sua espécie (CHAPMAN, SIMPSON; DOUGLAS, 2013).

O desenvolvimento de variedades mais atrativas ao mercado, que apresentem ciclo precoce, sejam mais produtivas ou qualquer outra característica apreciável, pode favorecer a perda da rusticidade natural que as plantas apresentam, como a defesa aos herbívoros. Uma provável explicação para o tratamento E1 ter apresentado o maior percentual de infestação, é que a espécie *Saccharum* sp., a partir de cruzamentos, perdeu suas características originais, deixando o genótipo mais susceptível à infestação de *D. saccharalis*.

Melo et al. (2020), ao avaliarem as bases moleculares e genômicas de duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e SP80-3280), concluíram que a ativação mais rápida das defesas do vegetal, através dos metabólitos envolvidos na fotossíntese e no metabolismo secundário, como o ácido jasmônico, o etileno e proteínas de defesa em função da infestação de *D. saccharalis*, garante maior resistência para lidar com o ataque da broca. Assim, a variedade RB867515 foi mais resistente, por ativar suas defesas 12 horas após a infestação da praga. As variedades investigadas no presente estudo, podem apresentar tempo diferentes de ativação das proteínas de defesa e, possivelmente, sofreram com mais injúrias que outras testadas em iguais condições.

Junto à infestação das brocas, a infecção causada por fungos *Fusarium* spp. e *Colletotrichum* spp. são determinantes para a perda da qualidade do material produzido. Resultados semelhantes são apresentados por Duarte (2009) e Dinardo-Miranda et al. (2012), ao avaliarem genótipos de cana-de-açúcar para o complexo broca-podridão. Como os fungos que ocasionam a podridão-vermelha são favorecidos pela ação da entrada das lagartas nos colmos, os sintomas da doença não podem ser dissociados do ataque das brocas. Assim, em ambos os estudos supracitados, além das injúrias inerentes à praga, os autores também consideraram a doença fúngica. Portanto, uma cultivar suscetível, além das injúrias deixadas pela própria praga, ainda pode ter maior parte de seus tecidos colonizados por fungos que ocasionam a podridão.

É importante mencionar que para o manejo de qualquer praga, nenhum método deve ser usado única e exclusivamente. Mesmo as plantas mais resistentes, verificadas no presente estudo, ainda apresentaram injúrias em seus tecidos pelo ataque da praga. Assim, outras medidas de mitigação associadas à resistência de plantas são cruciais para que os insetos não atinjam aumento sazonal em sua população, permitindo o uso sustentável do canavial (OLIVEIRA et al., 2022).

3.4 CONCLUSÃO

O genótipo E1 é, os mais susceptível a *D. saccharalis*, pois apresenta o maior percentual de Intensidade de Infestação em condições de casa de vegetação. Os genótipos A1, C2 e F1 também apresentaram percentuais elevados para intensidade de infestação.

Dentre os tratamentos investigados, E1, A1, C2 e F1 não são bons doadores de genes para cana-de-açúcar, visando a resistência a *D. saccharalis*.

REFERÊNCIAS

AGARWAL, R.A. Morphological characteristics of sugarcane and insect resistance. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 12, n. 1, p.767- 776, 1969.

AGRITEMPO. **Agritempo**: Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Disponível em: <www.agritempo.gov.br>. Acesso em: 21 de janeiro de 2023.

BARROS, I. de; THORBURN, P.J.; BIGGS, J.S.; RESENDE, R.S.; MARAFON, A.C. **Uso eficiente de recursos naturais e insumos no cultivo da cana-de-açúcar nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros (Circular Técnica 216), 8 p., 2018.

BORGES FILHO, R.C.; BERNARDI, D.; STURZA, V.S.; CUNHA, U.S.; DIEZ-RODRÍGUEZ, G.I.; PINTO, A.S.; NAVA, D.E. Importance of sugar for the development of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) on artificial diet, **Journal of Economic Entomology**, v. 111, n. 6, p. 2693–2698, 2018.

CHAPMAN, R.F.; SIMPSON, S.J.; DOUGLAS, A.E. **The insects: structure and function** Cornell University, 2013.

DINARDO-MIRANDA, L.L.; ANJOS, I.A.; COSTA, V.P.; FRACASSO, J.V. Resistance of sugarcane cultivars to *Diatraea saccharalis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.47, n.1, p. 1-7, 2012.

DUARTE, A.G. **Avaliação de variedades RB (República do Brasil) de cana-de-açúcar em relação ao ataque das principais pragas em Rio Largo, Estado de Alagoas**. 95f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.

MELO, U.S.; VIDIGAL, P.M.P.; VITAL, C.E.; TOMAZ, A.C.; FIGUEIREDO, M.; PETERNELLI, L.A.; BARBOSA, M.H.P. An overview of the transcriptional responses of two tolerant and susceptible sugarcane cultivars to borer (*Diatraea saccharalis*) infestation. **Funct Integr Genomics**, v. 20, p. 839-855, 2020.

MILLIGAN, S.B.; BALZARINI, M.; WHITE, W.H. Broad-sense heritabilities, genetic correlations, and selection indices for sugarcane borer resistance and their relation to yield loss. **Crop Science**, v. 43, n. 5, p. 1729-1735, 2003.

OLIVEIRA, W.S.; SAKUNO, C.I.R.; MIRALDO, L.L.; TAVARES, M.A.G.C.; KOMADA, K.M.A.; TERESANI, D.; SANTOS, J.L.X.; HUANG, F. Varied frequencies of resistance alleles to Cry1Ab and Cry1Ac among Brazilian populations of the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (F.). **Pest Management Science**, v. 78, n. 12, p. 5150-5163, 2022.

PIMENTEL, G.V.; BRASILEIRO, P.A.; BARBOSA, M.H.P.; TOMAZ, C.A.; PETERNELLI, E.A.L. Oviposition preference and larval performance of sugarcane borer in eight sugarcane genotypes. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 41, p. 439-446, 2017.

SILVA, F. de A.S.; AZEVEDO, C.A.V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p.3733-3740, 2016.

SOUZA, J.R.; BOIÇA JÚNIOR, A.L.; PERECIN, D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; COSTA, J.T. Divergência genética de cultivares de cana-de-açúcar quanto à resistência a *Diatraea saccharalis*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, p. 3367-3376, 2013

VARGAS, G.; GÓMEZ, L. A.; MICHAUD, J. P. Sugarcane stem borers of the Colombian Cauca River Valley: current pest status, biology, and control. **Florida Entomologist**, v. 98, n. 2, p. 728-735, 2015.

WHITE, W.H.; VIATOR, R.P.; DUFRENE, E.O.; DALLEY, C.D.; RICHARD JR, E.P.; TEW, T.L. Re-evaluation of sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae) bioeconomics in Luisiana. **Crop Protection**, v. 27, n. 9, p.1256-1261, 2008.

4 TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE DE *Diatraea saccharalis* (FABR., 1794) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) E BIOLOGIA DE *Cotesia flavipes* (CAMERON, 1891) (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) EM GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi construir a tabela de vida de fertilidade de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera: Crambidae) e avaliar a biologia de seu parasitoide *Cotesia flavipes* Cameron, 1891 (Hymenoptera: Braconidae) em 16 genótipos de cana-de-açúcar. Para isso, prepararam-se dietas artificiais de *D. saccharalis*, com o pó dos 16 genótipos de cana-de-açúcar e cada recipiente contendo uma das dietas recebeu uma cartela com aproximadamente 80 ovos viáveis de *D. saccharalis*. As lagartas permaneceram na dieta por 14 dias, sendo posteriormente removidas e alocadas em placas de Petri, onde aguardou-se a formação de pupas. As pupas foram sexadas, calculou-se a razão sexual e, após a emergência dos adultos, formou-se 10 casais com insetos da mesma idade para cada tratamento, avaliando-se a fecundidade, fertilidade e a longevidade de machos e fêmeas. Os parâmetros biológicos foram comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os dados da biologia de *D. saccharalis* foram utilizados para a construção da tabela de vida de fertilidade, através dos cálculos da taxa líquida de reprodução (R_0); taxa intrínseca de crescimento (r_m); duração de uma geração (T); taxa finita de aumento (λ) e, fecundidade média por fêmea adulta (F). Também, estudou-se a biologia de *C. flavipes*. Para este teste, as lagartas de *D. saccharalis* com 14 dias de idade foram parasitadas por fêmeas copuladas do parasitoide, aguardando-se a formação dos casulos da vespa e determinando-se duração do período de ovo a pupa, período de desenvolvimento de pupa a adulto, quantidade de adultos emergidos, razão sexual e porcentagem de parasitismo. Os dados obtidos foram transformados em $\sqrt{(x+1)}$ e os resultados comparados pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Para o teste de biologia de *D. saccharalis* verificaram-se diferenças em todos os parâmetros biológicos analisados, sugerindo a existência de fontes de resistência entre esses genótipos. Com relação ao ensaio de biologia de *C. flavipes*, também verificou-se interferência dos genótipos no desenvolvimento do parasitoide, contudo, pode haver compatibilidade entre os métodos de controle de pragas biológico e genético, com as variedades analisadas.

Palavras-chave: Antibiose. Parasitoide larval. Broca pequena do colmo.

FERTILITY LIFE TABLE OF *Diatraea saccharalis* (FABR., 1794) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) AND BIOLOGY OF *Cotesia flavipes* CAMERON, 1891 (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) IN ARTIFICIAL DIETS CONTAINING SUGARCANE POWDER

ABSTRACT

The aim of the present study was to construct the fertility life table of *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera: Crambidae) and to evaluate the biology of its parasitoid *Cotesia flavipes* Cameron, 1891 (Hymenoptera: Braconidae) in 16 sugarcane genotypes. For this, artificial diets of *D. saccharalis* were prepared with the powder of the 16 sugarcane genotypes and each container with one of the diets received a card with approximately 80 viable eggs of *D. saccharalis*. The caterpillars remained on the diet for 14 days, after which they were removed and placed in Petri dishes, where pupa formation was awaited. The pupae were sexed, the sex ratio was calculated and, after emergence of the adults, 10 couples were formed with insects of the same age for each treatment, evaluating the fecundity, fertility and longevity of males and females. Biological parameters were compared by Tukey's test at a 5% probability level. Data from the biology of *D. saccharalis* were used to build the fertility life table, through the calculations of reproduction rate (R_0); intrinsic growth rate (r_m); duration of a generation (T); finite rate of increase (λ) and, average fecundity per adult female (F). Also, the biology of *C. flavipes* was studied. For this test, 14-day-old caterpillars of *D. saccharalis* were parasitized with copulated females of the parasitoid, waiting for the appearance of wasp cocoons, determining the duration of the period from egg to pupa, period of pupa development to adult, number of adults emerged, sex ratio and percentage of parasitism. The data obtained were transformed into $\sqrt{(x+1)}$ and the results compared by the Scott-Knott test at 5% significance level. For the *D. saccharalis* biology test, differences were found in all biological parameters analyzed, suggesting the existence of sources of resistance between these genotypes. Regarding the biology assay of *C. flavipes*, interference of the genotypes in the development of the parasitoid was also verified, however, there may be compatibility between the methods of biological and genetic pest control, with the analyzed varieties.

Keywords: Antibiosis. Larval parasitoid. Small stem borer.

4.1 INTRODUÇÃO

No processo evolutivo, os organismos estão constantemente desenvolvendo estratégias que os permitam a sobrevivência. Dessa maneira, as barreiras físicas ou os metabólitos secundários produzidos pelas plantas são fortes aliados contra a herbivoria, principalmente de artrópodes-praga. Tais características chamam atenção de pesquisadores melhoristas que, através de seleção, incorporam os genes que conferem resistência às variedades ou plantas de importância agrônômica, já apreciadas por características como ciclo de maturação precoce, maior produtividade, tolerância a seca, dentre outras (DINARDO-MIRANDA, 2008).

Estudos a respeito de resistência de plantas a insetos são sempre necessários. A determinação de variedades de cana-de-açúcar resistentes a *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera: Crambidae), mostra-se fundamental, sobretudo, para o setor sucroenergético, apresentando, na prática, maior longevidade do canavial, redução dos custos com o controle da praga e perdas provocadas pela mesma (DEMETRIO; ZONETTI; MUNHOZ, 2008).

A avaliação da resistência se configura como uma forma de se determinar o efeito que uma variedade pode apresentar em resposta às pragas, inibindo o ataque, ou superando as injúrias proporcionadas por essas, não afetando seu desenvolvimento. Testes de antibiose são eficientes na comparação do material nutricional e na determinação de seus efeitos sobre o ciclo biológico da espécie em questão (BOTELHO et al., 2019).

A resistência, porém, não ocorre somente de maneira intrínseca, isto é, quando a planta se defende diretamente de seus predadores, mas pode ocorrer também de forma extrínseca, quando esta, emite metabólitos para o chamamento de inimigos naturais, para que exerçam o controle dos organismos que lhes estão causando injúrias. Isso justifica, a importância da incorporação de um terceiro nível trófico, que são os inimigos naturais, no estudo de resistência de uma determinada espécie (LARA, 1991).

Uma dessas estratégias de defesa, está relacionada à emissão de metabólitos voláteis, processos relacionados ao metabolismo secundário dos vegetais, que sinalizam aos inimigos naturais que suas presas estão por perto. Em cana-de-açúcar, um dos inimigos naturais da broca pequena, é o parasitoide larval *Cotesia flavipes* Cameron, 1891 (Hymenoptera: Braconidae), que se beneficia dessa relação, uma vez que utiliza os estímulos olfativos na detecção de plantas infestadas com *D. saccharalis*, e pelo tateamento das antenas nas fezes deixadas pelas lagartas (BOTELHO; MACEDO, 2002).

As fezes são ricas em compostos orgânicos de restos de alimentação, reforçando a interação existente entre inimigo natural e a planta hospedeira da praga. Em cana-de-açúcar, não há diferença entre o alimento recém-colhido e *in natura*, quando adicionado à dieta artificial, para a atividade de fêmeas de *C. flavipes*, em relação à seleção de hospedeiros larvais (SOUZA et al., 2014).

Parâmetros biológicos observados, como a viabilidade de formas imaturas, desenvolvimento dos insetos e taxas de fecundação e fertilidade são comandadas pelo fator nutricional, por isso, este torna-se o limiar para a sobrevivência da praga e o desenvolvimento de novas gerações no tempo e espaço. Segundo Southwood (1978), a tabela de vida de fertilidade é imprescindível para se conhecer a dinâmica populacional de uma espécie.

Assim, a partir do estudo da biologia de insetos e da leitura de dados biológicos, (duração, fecundidade e razão sexual) em função do material que receberam como alimentação, pode-se construir a tabela de vida de fertilidade, estimando-se os parâmetros de crescimento populacional de uma espécie, seja praga ou inimigo natural (VAN DRIESCHE; BELLOWS JUNIOR, 1996).

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi determinar os parâmetros biológicos e construir a tabela de vida de fertilidade de *D. saccharalis* criada em dietas artificiais preparadas com o pó de 13 acessos de cana-de-açúcar, assim como determinar a biologia do parasitoide larval *C. flavipes*, ao parasitar lagartas criadas sobre as mesmas dietas.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Local e instalações do experimento

As plantas de cana-de-açúcar de todos os tratamentos utilizados foram inicialmente cultivadas no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Nossa Senhora das Dores, SE, Brasil, onde receberam todos os tratos culturais indicados para a cultura, porém, nenhuma aplicação de agrotóxico foi realizada durante o cultivo.

Após a colheita, aos 12 meses após o plantio, os colmos foram cortados e aqueles considerados sadios, isto é, sem sinais de infestação por pragas e/ou patógenos, foram selecionados e levados à Unidade de Execução de Pesquisa de Rio Largo da Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Rio Largo, AL, Brasil, onde ocorreu o processamento do material, a montagem e toda a condução experimental.

4.2.2 Caracterização dos acessos do complexo *Saccharum*

Foram avaliados 13 acessos do Complexo *Saccharum* (A1; A2; A3; A4; A5; B1; B2; C1; C2; D1; E1; F1 e G1), e três testemunhas, sendo elas as variedades comerciais RB92579, SP791011 e VERTIX. Todos os acessos foram descritos e caracterizados no capítulo anterior do presente trabalho.

4.2.3 Obtenção dos insetos

Os insetos utilizados foram oriundos da criação massal da empresa FITOAGRO - Controle Biológico Ltda., localizada em Maceió, AL. Os indivíduos de *D. saccharalis* utilizados nos experimentos foram cedidos ainda em fase de ovo, em cartelas de papel, utilizando-se as massas viáveis das brocas, isto é, as mais escuras, próximo ao momento de eclosão das lagartas. Os parasitoides, foram doados em casulos, aguardando-se a emergência dos adultos e a cópula para a montagem do experimento. Ambos os insetos, foram acondicionados em câmara BOD, a 25 ± 1 °C, umidade relativa (UR) de $70\% \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas.

4.2.4 Preparação do pó da cana-de-açúcar para incorporação nas dietas

Os colmos de cada acesso foram selecionados, colocados em sacos de papel Kraft e levados à estufa de circulação forçada de ar a 60° C por 72 horas para que todo o material fosse desidratado.

Após a secagem, os colmos foram triturados em moinho de facas, obtendo-se um pó fino, base para a produção das dietas. A casca também foi processada, pois a resistência pode estar associada a componentes bioquímicos presente na parede celular dos vegetais.

4.2.5 Preparação das dietas de alimentação e realimentação

As dietas artificiais utilizadas para a criação de *D. saccharalis* foram preparadas de acordo com a metodologia proposta por Hensley; Hammond Jr. (1968) (TABELA 3). Contudo, substituiu-se o ingrediente sacarose pelo pó fino obtido de cada acesso do Complexo *Saccharum*.

Tabela 3. Composição das dietas artificiais de alimentação e realimentação de *D. saccharalis*.

Ingredientes	Dieta de alimentação	Dieta de realimentação	Função
Cloreto de colina	1g	1g	Vitamina
Sacarose	135g	135g	Carboidrato
Cana triturada*	135g	135 g	Carboidrato
Sais de Wesson	10 g	-----	Vitamina
Farelo de soja	105 g	195 g	Proteína
Ácido ascórbico	5 g	2 g	Vitamina
Ácido sórbico	3 g	3 g	Vitamina
Germen de trigo	40 g	20 g	Proteína
Nipagin	4,5 g	5,5 g	Vitamina
Ágar	45 g	50 g	Espessante
Solução vitamínica	30 mL	15 mL	Complexo vitamínico
Vita gold	1 mL	1mL	Complexo vitamínico
Antibiótico (Tetraciclina)	1.5 cápsula	1,5 cápsula	Anticontaminante
Formol	3 mL	2 mL	Anticontaminante
Ácido acético	-----	15 mL	Vitamina
Água (no liquidificador)	1.000 mL	1.000 mL	Solvente
Água (na panela)	1.400 mL	1.000 mL	Solvente

*A cana-de-açúcar triturada foi adicionada à dieta em substituição à sacarose.

Fonte: Adaptada de Hensley; Hammond Jr. (1968)

Para a preparação da dieta, homogeneizaram-se em liquidificador todos os ingredientes prescritos, exceto o ágar, com metade da quantidade da água, por aproximadamente cinco minutos. A outra metade da água foi aquecida até o ponto de ebulição para dissolução do ágar. Em seguida, o ágar foi vertido no liquidificador e as duas partes misturadas até completa homogeneização.

Após preparadas as dietas, foram vertidas em tubos de vidro de fundo chato, previamente lavados com detergente neutro, esterilizados em estufa a 170 °C por um período de 2 horas e identificados de acordo com cada acesso que iria receber.

As dietas de realimentação também foram preparadas substituindo a sacarose pelos pós de cada um dos acessos de cana-de-açúcar avaliados. A dieta de realimentação apresenta

diferenças nos ingredientes, contudo, a metodologia de preparo foi a mesma da dieta de alimentação. Após o processamento em liquidificador, verteu-se o conteúdo em bandejas plásticas, devidamente esterilizadas com álcool 70%, onde aguardou-se a solidificação, para oferecer às brocas, a partir de 14 dias de idade.

4.2.6 Biologia de *D. saccharalis* em dietas artificiais

Cada recipiente de vidro com capacidade de 500 mL, contendo dieta de alimentação, recebeu uma cartela com uma massa de aproximadamente 80 ovos de *D. saccharalis*. Os recipientes foram tampados com malha de alumínio, permitindo as trocas gasosas com o ambiente. Após 14 dias de idade das brocas, cada recipiente foi vertido em bandeja plástica, selecionaram-se 60 lagartas/tratamento para acompanhamento da biologia, avaliando-se o período de desenvolvimento larval.

Após 14 dias de idade, as lagartas foram retiradas das dietas de criação, pesadas em balança analítica de precisão e acondicionadas em número de 10, em placas de Petri com 9 cm de diâmetro por 2 cm de altura com divisão central (6 placas/tratamento). Cada placa recebeu cubos de 1 cm³ de dieta de realimentação dos respectivos tratamentos. Diariamente foram realizadas observações, bem como a limpeza das placas. Novos cubos de dieta foram ofertados de acordo com a necessidade até a formação de pupas.

As pupas formadas para cada tratamento, com 24 horas de idade foram retiradas das placas de Petri, pesadas e sexadas através da morfologia da genitália, para se obter a razão sexual (RS) [RS = número de fêmeas / (número de machos + fêmeas)]. Em seguida, foram acondicionadas em recipientes descartáveis com capacidade para 50 mL, sendo a parte inferior forrada com discos de papel de filtro umedecido em água destilada. Todas as fases imaturas foram analisadas diariamente e mantidas em câmeras B.O.D. sob temperatura de 25 ± 1°C, umidade relativa de 70 ± 10% e fotofase de 12 horas.

Após a emergência dos adultos, foram formados 10 casais com mesma idade e de cada tratamento (acesso do Complexo *Saccharum*), para a construção da tabela de vida de fertilidade. Cada casal de *D. saccharalis* foi colocado em gaiola confeccionada em tubo de PVC, medindo 20 cm de altura por 20 cm de diâmetro. Na face interna, as gaiolas foram revestidas com papel sulfite, a face superior foi fechada com tecido *voil* e a parte inferior com um disco plástico forrado com papel filtro e umedecido com água destilada.

As gaiolas foram mantidas à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. A troca do papel sulfite foi realizada diariamente, bem como a contagem do número de massas de ovos de *D. saccharalis*. As avaliações permaneceram até a morte dos insetos, avaliando-se a longevidade de machos e fêmeas.

As massas de ovos de cada tratamento foram separadas por data de coleta e mantidas em placas de Petri forradas internamente com papel filtro umedecido com água destilada, acondicionadas em câmara B.O.D. com as mesmas condições ambientais descritas, aguardando-se a eclosão das lagartas. A partir desse procedimento, determinaram-se o período de incubação dos ovos e a fertilidade das fêmeas.

Avaliaram-se os seguintes parâmetros referentes à biologia de *D. saccharalis*: Duração da fase de larva; Duração da fase de pupa; Peso de lagartas e pupas; Razão sexual; Fecundidade; Fertilidade e longevidade dos adultos.

O delineamento foi inteiramente ao acaso, considerando-se 13 tratamentos (acessos do Complexo *Saccharum*) e 3 testemunhas (RB92579; SP791011 e VERTIX). Os dados foram submetidos a ANOVA e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, empregando-se o programa estatístico SAS (SAS Institute, 2001).

4.2.7 Tabela de vida de fertilidade de *D. saccharalis*

Os valores obtidos a partir do ensaio anterior serviram de base para o cálculo da tabela de vida de fertilidade de *D. saccharalis* em acessos do Complexo *Saccharum*, (ANDREWARTHA; BIRCH, 1954), sendo eles: taxa líquida de reprodução (R_0), que é a quantidade de fêmeas produzidas por outra ao longo de sua vida; taxa intrínseca de crescimento (r_m), que corresponde à taxa de crescimento populacional da espécie; duração de uma geração (T), que representa o tempo entre a eclosão de lagartas até a eclosão das lagartas da próxima geração; taxa finita de aumento (λ), fator de multiplicação da população original a cada intervalo unitário de tempo; e, por fim, a fecundidade média por fêmeas adultas (F).

Os dados foram analisados através do pacote estatístico Two-sex life table (CHI, 1988) e do programa TWSEXMSChart (CHI, 2016). Os erros padrões da população foram estimados utilizando o método bootstrap, sendo utilizados um total de 100.000 bootstraps para obter estimativas estáveis de erro padrão.

4.2.8. Biologia de *C. flavipes*

Neste ensaio, criou-se *D. saccharalis* nas dietas de alimentação descritas no tópico supracitado. Aos 14 dias de idade, as brocas foram oferecidas a fêmeas de *C. flavipes*, com 24 horas de idade, copuladas, para oviposição. Aguardou-se a constatação visual do parasitismo. Em seguida, as lagartas parasitadas foram distribuídas em placas de Petri (cinco lagartas por placa) contendo dieta de realimentação. As placas foram mantidas em câmara BOD (25 ± 1 °C, umidade relativa (UR) de $70\% \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas).

Os parâmetros biológicos avaliados foram: Duração do período de ovo a pupas (dias); peso das massas de pupas (mg); período de desenvolvimento de pupa a adulto (dias); quantidade de adultos emergidos; razão sexual e porcentagem de parasitismo.

O delineamento experimental consistiu de 16 tratamentos (dietas contendo pó de um dos 13 acessos ou das 3 testemunhas) e 20 repetições (lagarta de *D. saccharalis* parasitada por *C. flavipes*). Os dados foram transformados em $\sqrt{(x+1)}$ e os resultados submetidos à análise de variância, realizando-se teste de comparação de médias (Scott-Knott) a 5% de significância, por meio do programa Assstat – versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Biologia e tabela de vida de fertilidade de *D. saccharalis* alimentada com diferentes genótipos de cana-de-açúcar

No presente estudo, foram encontradas diferenças nos parâmetros biológicos de *D. saccharalis* alimentadas com o pó de genótipos de cana-de-açúcar em dieta artificial. Dentre as diferenças verificadas, estão a duração dos estágios imaturos, peso de lagartas e pupas, fecundidade, fertilidade e longevidade de machos e fêmeas. Estas variações sugerem a existência de fontes de resistência entre esses genótipos estudados.

Observando o desenvolvimento larval, as lagartas alimentadas com genótipo A4 apresentaram o período larval mais longo (26,32 dias), sendo estatisticamente semelhante à testemunha VERTIX (26,2 dias), enquanto as que foram alimentadas com A2, C2 e D1 apresentaram as menores médias (14,91; 15,08 e 14,98 dias, respectivamente), não diferindo entre si e sendo estatisticamente iguais à testemunha RB92579 (com média de 15,9 dias).

Com relação ao período de desenvolvimento de pupas, as lagartas alimentadas com os genótipos A1, A3 e B1 apresentaram os períodos mais longos para completarem sua metamorfose, equiparando-se estatisticamente à testemunha SP791011 (TABELA 4).

Tabela 4. Período de desenvolvimento e peso das fases imaturas (média± EP) de *D. saccharalis* criadas em dieta artificial contendo diferentes genótipos de cana-de-açúcar. Temperatura 25 ± 1 °C, UR $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. Rio Largo, AL, 2023.

Acessos	Período de desenvolvimento (dias)		Peso (mg)	
	Lagartas	Pupas	Lagartas	Pupas
A4	26,32 ± 2,22 a	11,13 ± 1,14 b	0,11 ± 0,02 ab	0,20 ± 0,01 bc
VERTIX	26,2 ± 4,14 a	10,79 ± 0,98 b	0,07 ± 0,01 b	0,16 ± 0,01 gh
E1	23,93 ± 1,40 b	13,29 ± 0,89 a	0,07 ± 0,007 b	0,23 ± 0,02 a
A1	23,55 ± 1,59 b	13,00 ± 1,0 a	0,10 ± 0,09 ab	0,18 ± 0,02 ef
C1	22,71 ± 1,32 b	9,36 ± 0,90 c	0,09 ± 0,11 ab	0,20 ± 0,01 cd
F1	20,38 ± 0,66 c	10,54 ± 1,14 b	0,08 ± 0,07 b	0,22 ± 0,02 b
SP791011	19,9 ± 1,0 cd	12,86 ± 1,06 a	0,11 ± 0,01 ab	0,19 ± 0,010 de
A3	19,82 ± 0,74 cd	13,02 ± 1,31 a	0,10 ± 0,009 ab	0,15 ± 0,004 h
G1	19,80 ± 1,27 cd	10,89 ± 1,02 b	0,11 ± 0,10 ab	0,24 ± 0,02 a
B1	19,66 ± 1,16 cd	13,35 ± 1,34 a	0,13 ± 0,17 a	0,20 ± 0,01 c
B2	19,46 ± 1,18 cd	10,92 ± 1,0 b	0,10 ± 0,13 ab	0,16 ± 0,003 gh
A5	19,03 ± 0,99 d	10,73 ± 0,94 b	0,07 ± 0,01 b	0,15 ± 0,01 h
RB92579	15,9 ± 1,13 e	9,65 ± 0,88 c	0,08 ± 0,009 ab	0,17 ± 0,008 fg
C2	15,08 ± 3,47 e	10,65 ± 0,93 b	0,09 ± 0,02 ab	0,17 ± 0,008 g
D1	14,98 ± 1,26 e	9,24 ± 0,98 c	0,07 ± 0,02 b	0,17 ± 0,01 g
A2	14,91 ± 1,17 e	9,26 ± 1,06 c	0,11 ± 0,01 ab	0,15 ± 0,007 h
F	215,0**	99,24**	2,9**	139,97**
CV (%)	19,94	16,09	75,47	17,10

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Com relação ao parâmetro peso das fases imaturas, nota-se que para lagartas, os tratamentos A5, D1, E1 e F1 são estatisticamente semelhantes à testemunha VERTIX. Com relação às pupas com 24 horas de idade, os maiores valores foram encontrados para os insetos criados sobre os acessos G1 e E1, que apresentaram médias de 0,24 e 0,23 mg, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si, mas diferindo dos demais genótipos.

Ao se avaliar os insetos adultos, verificou-se também que há variação na longevidade de machos e fêmeas (TABELA 5). Em relação à média de dias em que os insetos machos

viveram, os insetos provenientes da dieta contendo o acesso B1 igualaram-se aos da testemunha SP791011. Machos adultos que se alimentaram de A2 na fase larval apresentaram a menor longevidade (média de 1,9 dias). Para as fêmeas, os insetos que apresentaram as maiores médias de longevidade, foram os que se alimentaram dos acessos A1, A3, A4, B2, C1, D1, F1 e G1, sendo estatisticamente semelhantes ao controle RB92579.

Tabela 5. Razão sexual e longevidade de adultos (média $\pm$ EP) de *D. saccharalis* criadas em dieta artificial contendo diferentes genótipos de cana-de-açúcar. Temperatura 25 $\pm$ 1 °C, UR 70 $\pm$ 10% e fotofase de 12 horas. Rio Largo, AL, 2023.

Acessos	Razão Sexual	Longevidade de adultos (dias)	
		Machos	Fêmeas
SP791011	0,54 $\pm$ 0,07	3,8 $\pm$ 0,17 a	5,4 $\pm$ 4,06 a
A1	0,51 $\pm$ 0,08	3,6 $\pm$ 0,16 ab	4,4 $\pm$ 0,16 ab
A3	0,56 $\pm$ 0,06	3,2 $\pm$ 0,34 abcde	4,4 $\pm$ 0,16 ab
G1	0,55 $\pm$ 0,07	3,4 $\pm$ 0,16 abc	4,3 $\pm$ 0,15 ab
RB92579	0,51 $\pm$ 0,08	3,1 $\pm$ 0,16 abcde	4,2 $\pm$ 0,13 ab
F1	0,53 $\pm$ 0,07	2,5 $\pm$ 0,22 cdef	4,0 $\pm$ 0,25 ab
A4	0,62 $\pm$ 0,06	2,7 $\pm$ 0,20 bcdef	3,8 $\pm$ 0,13ab
C1	0,5 $\pm$ 0,08	2,6 $\pm$ 0,16 cdef	3,8 $\pm$ 0,13 ab
B2	0,61 $\pm$ 0,06	3,3 $\pm$ 0,21 abcd	3,7 $\pm$ 0,15 ab
D1	0,6 $\pm$ 0,06	2,6 $\pm$ 0,15cdef	3,6 $\pm$ 0,16 ab
C2	0,51 $\pm$ 0,08	2,6 $\pm$ 0,26 cdef	3,2 $\pm$ 0,13 b
E1	0,57 $\pm$ 0,07	2,3 $\pm$ 0,16 ef	3,2 $\pm$ 0,13 b
VERTIX	0,6 $\pm$ 0,06	3,0 $\pm$ 0,00 abcde	3,1 $\pm$ 0,23 b
A5	0,56 $\pm$ 0,07	2,4 $\pm$ 0,15def	3,1 $\pm$ 0,23 b
A2	0,51 $\pm$ 0,08	1,9 $\pm$ 0,16 f	3,0 $\pm$ 0,57 b
B1	0,51 $\pm$ 0,07	3,9 $\pm$ 0,27 a	2,9 $\pm$ 0,23 b
F	-	8,26**	1,55
CV (%)	-	21,48	83,47

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey HSD ($P < 0,05$).

A oviposição diária também apresentou grande variabilidade entre os tratamentos, assim como os parâmetros de fertilidade e fecundidade. Os casais dos tratamentos E1 e A1 apresentaram as maiores médias de fecundidade, respectivamente 1.390,0 e 1.241,0 ovos, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos e das testemunhas. Para a fertilidade, observa-se que os mesmos tratamentos citados, embora tenham diferido um do outro, ainda apresentaram as maiores médias quando comparados com os demais. O bom desenvolvimento da praga avaliada nesses materiais sugeram haver suscetibilidade desses genótipos de *Sacharum* a *D. saccharalis* (TABELA 6).

Tabela 6. Longevidade de machos e fêmeas, fecundidade e fertilidade (média $\pm$ EP) de *D. saccharalis* criadas em diferentes genótipos de cana-de-açúcar incorporados em dieta artificial. Temperatura 25 $\pm$ 1 °C, UR 70 $\pm$ 10% e fotofase de 12 horas. Rio Largo, AL, 2023.

Acessos	Fecundidade (ovos)	Fertilidade (ovos férteis)
E1	1390,00 $\pm$ 63,28 a	1347,00 $\pm$ 59,44 a
A1	1241,00 $\pm$ 77,39 a	1120,00 $\pm$ 64,96 b
A4	845,00 $\pm$ 62,82 b	807,10 $\pm$ 72,42 c
C1	837,00 $\pm$ 52,60 b	817,00 $\pm$ 55,79 c
SP791011	633,00 $\pm$ 55,69 b	612,30 $\pm$ 56,65 c
A5	354,00 $\pm$ 22,51 c	321,60 $\pm$ 23,69 de
G1	349,00 $\pm$ 47,52 c	324,00 $\pm$ 45,53 de
VERTIX	346,00 $\pm$ 28,13 c	304,30 $\pm$ 33,22 de
A2	302,00 $\pm$ 27,23 c	283,30 $\pm$ 28,65 de
C2	291,00 $\pm$ 14,41 c	248,80 $\pm$ 19,45 e
F1	265,00 $\pm$ 35,84 c	251,50 $\pm$ 47,95 de
B1	252,00 $\pm$ 29,95 c	256,50 $\pm$ 43,91 de
A3	247,00 $\pm$ 62,57 c	218,00 $\pm$ 50,29 de
RB92579	240,00 $\pm$ 20,00 c	202,30 $\pm$ 25,90 de
B2	219,00 $\pm$ 27,26 c	273,00 $\pm$ 18,68 de
D1	164,00 $\pm$ 27,00 c	114,00 $\pm$ 22,12 de
F	72,10**	64,29**
CV (%)	28,50	30,01

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey HSD ($P < 0,05$).

Por outro lado, verificam-se acessos que não foram promissores para o bom desenvolvimento do inseto, sendo, nessas condições verificada resistência do tipo antibiose. De acordo com a fecundidade analisada, percebe-se que os tratamentos A2, A3, A5, B1, B2, C2, D1, F1, G1 foram aqueles que proporcionaram menor quantidade de ovos por fêmea, esses tratamentos não diferiram entre si, e se igualaram às testemunhas RB92579 e VERTIX. Em relação ao parâmetro fertilidade, o genótipo E1, foi, dentre os demais, o que proporcionou maior número de ovos férteis, diferindo estatisticamente dos demais (TABELA 6).

Os resultados do ciclo biológico obtidos no presente estudo tornaram-se base para a construção da tabela de vida de fertilidade de *D. saccharalis* em cada um dos acessos de cana-de-açúcar avaliados (TABELA 7).

Tabela 7. Parâmetros de tabela de vida e fertilidade de *Diatraea saccharalis* em diferentes genótipos de cana-de-açúcar incorporados em dieta artificial.

Genótipos	R ₀	T(dias)	r _m	Λ
E1	239,66 ± 65,76	39,33 ± 1,32	0,14 ± 0,01	1,15 ± 0,01
A1	205,17 ± 60,48	38,01 ± 0,74	0,14 ± 0,01	1,15 ± 0,01
C1	181,95 ± 50,46	32,83 ± 0,32	0,15 ± 0,01	1,17 ± 0,01
A4	159,43 ± 37,52	38,93 ± 1,39	0,13 ± 0,01	1,14 ± 0,01
A5	122,07 ± 28,42	31,27 ± 0,38	0,15 ± 0,01	1,17 ± 0,01
SP791011	105,5 ± 31,69	35,06 ± 0,39	0,13 ± 0,01	1,14 ± 0,01
B2	88,72 ± 25,04	32,35 ± 0,33	0,14 ± 0,01	1,14 ± 0,01
F1	83,8 ± 23,71	33,35 ± 0,31	0,13 ± 0,01	1,14 ± 0,01
C2	83,14 ± 22,67	29,42 ± 0,54	0,15 ± 0,01	1,16 ± 0,01
VERTIX	80 ± 23,01	36,21 ± 1,37	0,12 ± 0,01	1,13 ± 0,01
B1	77,62 ± 24,24	34,2 ± 0,67	0,12 ± 0,01	1,13 ± 0,01
G1	74,26 ± 22,13	32,68 ± 0,34	0,13 ± 0,01	1,14 ± 0,01
A2	65,65 ± 19,16	26,97 ± 0,15	0,15 ± 0,01	1,17 ± 0,01
D1	56,45 ± 18,02	32,86 ± 0,39	0,13 ± 0,01	1,14 ± 0,01
RB72579	54,55 ± 17,02	26,61 ± 0,16	0,15 ± 0,01	1,16 ± 0,01
A3	53,14 ± 17,23	34,66 ± 0,32	0,11 ± 0,01	1,12 ± 0,01

R₀ = Taxa líquida de reprodução, T = duração média de cada geração, r_m = capacidade inata de aumento populacional, λ razão finita de aumento populacional.

A construção da tabela de vida permite afirmar que o genótipo A3 apresentou os menores índices para os parâmetros, sendo taxa líquida de reprodução (R_0) igual a $53,14 \pm 17,23$, taxa intrínseca de crescimento (rm) igual a $0,11 \pm 0,01$, e razão finita de aumento populacional (λ) igual a $1,12 \pm 0,01$. Para a duração média de cada geração (T) a testemunha RB92579 e o tratamento A2, obtiveram as menores médias, $26,61 \pm 0,16$ e $26,97 \pm 0,15$, respectivamente.

Boiça Junior; Leonelo; Jesus (2011), ao analisarem o efeito da inserção de colmos de cana-de-açúcar secos e triturados na dieta artificial de *D. saccharalis* em diferentes proporções, asseveram, a partir da análise do peso larval e pupal, que a dieta que recebeu o tratamento 100% da concentração dos componentes de uma dieta padrão, associada à presença do colmo da variedade SP803280 se mostrou mais favorável ao desenvolvimento da broca, por proporcionar maior peso larval. Por isso, os autores consideraram esta variedade mais suscetível. No entanto, o peso das fases de larva e pupa foram afetados negativamente quando se incorporou na dieta colmos da variedade RB835486 que, por isso, foi considerada resistente.

Costa; Francez; Rigolin-Sá (2010), através de estudos com a biologia de *D. saccharalis* em dieta artificial à base de farelo de soja e germe de trigo verificaram alterações na biologia deste inseto, em decorrência da fonte nutricional que receberam, principalmente em relação ao período de desenvolvimento das fases imaturas. Os resultados dos autores, corroboram com o presente estudo, onde também se verificou alteração do período de desenvolvimento de larvas e pupas da broca.

A divergência genética de cultivares de cana-de-açúcar em relação à resistência sobre a broca pequena, através da antibiose, também foi verificada por Souza et al. (2013), incorporando o colmo à dieta. Os autores concluíram que a cultivar SP87365 proporcionou inviabilidade larval e menor longevidade de adultos, apresentando, por isso, uma resistência moderada à broca.

O período de oviposição de *D. saccharalis* é relativamente baixo, Melo; Parra (1988) propuseram que o tempo de oviposição de fêmeas é em média 2 dias. Recentemente, foi constatado que o período de oviposição para este inseto é em média de 1,53 dias (SILVA et al., 2022). Porém, o tempo, de postura, aliado a carga energética que as fêmeas apresentam

desde o estágio larval, favorece sua reprodução, aumentando sua fertilidade e, consequentemente sua demografia populacional, fazendo com que o inseto atinja o nível de controle em sistemas de produção agrícola. Por essa razão, a construção da tabela de vida de fertilidade, permite correlacionar a fonte nutricional e o crescimento populacional do inseto.

Em se tratando de tabela de vida de fertilidade, resultados semelhantes aos apresentados no presente estudo, foram encontrados por Barcelos et al. (2018), ao estudarem a resistência de cultivares de sorgo a *D. saccharalis*. Os autores consideraram a cultivar BRS 506 resistente, por apresentar as menores médias (1,051 para a razão finita de crescimento populacional (λ), duração de cada geração (T) igual a 41,5 dias, taxa líquida de reprodução (R_0) igual a 1,20 e a capacidade inata de aumento populacional (r_m) foi de 0,004).

4.3.2 Interferência dos acessos do Complexo *Saccharum* na biologia de *C. flavipes*

Ao analisar o efeito do Complexo *Saccharum* à biologia de *C. flavipes*, quando parasitaram lagartas de *D. saccharalis* alimentadas com os genótipos estudados, constatou-se diferenças significativas em todos os parâmetros avaliados. Para o período de desenvolvimento de ovo a pupa, obteve-se as menores médias em dias para os acessos A4, B1, B2, C1, D1, e F1, espécies pertencentes ao gênero *Saccharum*, com exceção do acesso F1, que pertence à espécie *Erianthus arundineaceus*. Todas essas variedades se assemelham estatisticamente à testemunha RB92579 (TABELA 8).

O período de desenvolvimento de pupas até a fase adulta variou entre os tratamentos. Observa-se que, os insetos que parasitaram lagartas provenientes das criações alimentadas com os genótipos A2 e G1 foram aqueles que apresentaram menor período para emergir o adulto, estatisticamente semelhantes entre si.

Com relação ao percentual de parasitismo de *C. flavipes* em *D. saccharalis*, não houve diferenças estatísticas dos genótipos A1, A2, A5, B1, B2, C2, E1 e G1 quando comparados às testemunhas, registrando médias iguais ou superiores a 90%. Esse índice corresponde à fase em que as fêmeas do parasitoide procuram as brocas no campo para realizarem sua postura, constatando na prática o controle de *D. saccharalis*.

Tabela 8. Média ($\pm$ E.P.) dos períodos de desenvolvimento de *C. flavipes*, ovo-pupa, pupa a adulto e parasitismo. Temperatura de 25 ± 1 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e 12 horas de fotofase.

Tratamentos	Período ovo-pupa (días)	Período pupa-adulto (días)	Parasitismo (%)
E1	12,2 $\pm$ 0,09 a	13,90 $\pm$ 0,74 a	100,00 $\pm$ 0,00 a
A1	11,8 $\pm$ 0,09 a	12,20 $\pm$ 1,20 a	100,00 $\pm$ 0,00 a
SP791011	11,45 $\pm$ 0,18 a	14,95 $\pm$ 0,05 a	100,00 $\pm$ 0,00 a
C2	11,15 $\pm$ 0,22 a	14,45 $\pm$ 0,11 a	100,00 $\pm$ 0,00 a
RB92579	10,5 $\pm$ 0,17 b	14,45 $\pm$ 0,14 a	100,00 $\pm$ 0,00 a
G1	12,1 $\pm$ 0,07 a	5,95 $\pm$ 1,67 c	95,00 $\pm$ 5,00 a
VERTIX	11,25 $\pm$ 0,60 a	13,85 $\pm$ 0,74 a	95,00 $\pm$ 5,00 a
A5	11,15 $\pm$ 0,60 a	14,10 $\pm$ 0,75 a	95,00 $\pm$ 5,00 a
A2	11,1 $\pm$ 0,61 a	8,20 $\pm$ 1,54 c	95,00 $\pm$ 5,00 a
B1	10,65 $\pm$ 0,21 b	12,65 $\pm$ 0,73 a	95,00 $\pm$ 5,00 a
B2	9,8 $\pm$ 0,78 b	11,80 $\pm$ 1,36 a	90,00 $\pm$ 6,88 a
C1	9,7 $\pm$ 0,94 b	12,35 $\pm$ 1,20 a	85,00 $\pm$ 8,19 b
A4	9,95 $\pm$ 0,96 b	12,40 $\pm$ 1,20 a	85,00 $\pm$ 8,19 b
F1	10,5 $\pm$ 1,40 b	10,80 $\pm$ 1,43 b	75,00 $\pm$ 9,93 b
D1	9,0 $\pm$ 1,05 b	9,65 $\pm$ 1,63 b	75,00 $\pm$ 9,93 b
A3	12,0 $\pm$ 0,95 a	10,00 $\pm$ 1,50 b	70,00 $\pm$ 10,51 b
F	1,8499 *	4,9389 **	2,6228 **
CV (%)	19,37	29,81	27,17

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$).

As variáveis número de insetos adultos emergidos, o sexo de cada um deles e a razão sexual também diferiram entre os tratamentos (TABELA 9). Dentre esses parâmetros, o número de machos adultos de *C. flavipes* emergidos de lagartas que se alimentaram com o tratamento A4 foi estatisticamente semelhante à testemunha SP791011, sendo maior quando comparado com os outros tratamentos e os demais controles.

Tabela 9. Média ($\pm$ E.P.) dos períodos de desenvolvimento de *C. flavipes*, número de machos e fêmeas emergidos, quantidade total de insetos para cada tratamento e razão sexual de *C. flavipes*. Temperatura de 25 ± 1 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e 12 horas de fotofase.

Tratamentos	Nº de machos	Nº de fêmeas	Total de insetos	Razão sexual
SP791011	25,60 $\pm$ 0,20 a	65,50 $\pm$ 0,15 a	91,10 $\pm$ 0,20 a	0,72 $\pm$ 0,01 a
A4	25,65 $\pm$ 3,75 a	36,55 $\pm$ 4,36 b	61,55 $\pm$ 6,87 b	0,51 $\pm$ 0,06 b
RB92579	7,20 $\pm$ 0,17 b	34,05 $\pm$ 0,24 b	41,25 $\pm$ 0,26 c	0,83 $\pm$ 0,01 a
A5	4,25 $\pm$ 0,14 c	35,05 $\pm$ 0,30 b	39,20 $\pm$ 0,32 c	0,85 $\pm$ 0,02 a
B1	7,05 $\pm$ 0,26 b	28,05 $\pm$ 0,27 c	35,20 $\pm$ 0,34 c	0,78 $\pm$ 0,02 a
C2	4,90 $\pm$ 0,17 b	29,75 $\pm$ 0,26 c	34,65 $\pm$ 0,27 c	0,86 $\pm$ 0,01 a
A1	6,05 $\pm$ 0,23 b	28,30 $\pm$ 0,42 c	34,35 $\pm$ 0,48 c	0,71 $\pm$ 0,03 a
VERTIX	2,40 $\pm$ 0,15 c	21,00 $\pm$ 0,25 d	23,40 $\pm$ 0,25 d	0,85 $\pm$ 0,02 a
C1	3,10 $\pm$ 0,17 c	17,45 $\pm$ 0,36 d	20,55 $\pm$ 0,39 d	0,71 $\pm$ 0,03 a
E1	3,35 $\pm$ 0,18 c	13,20 $\pm$ 0,20 d	16,55 $\pm$ 0,25 d	0,78 $\pm$ 0,02 a
A3	3,75 $\pm$ 0,19 c	10,95 $\pm$ 0,34 e	14,70 $\pm$ 0,41 d	0,52 $\pm$ 0,03 b
B2	3,10 $\pm$ 0,18 c	10,90 $\pm$ 0,36 e	14,00 $\pm$ 0,41 d	0,55 $\pm$ 0,04 b
F1	2,70 $\pm$ 0,19 c	8,55 $\pm$ 0,30 e	11,25 $\pm$ 0,34 e	0,56 $\pm$ 0,04 b
D1	1,60 $\pm$ 0,15 c	7,90 $\pm$ 0,34 e	9,30 $\pm$ 0,37 e	0,55 $\pm$ 0,04 b
A2	1,50 $\pm$ 0,13 c	4,55 $\pm$ 0,24 f	6,05 $\pm$ 0,29 e	0,47 $\pm$ 0,04 b
G1	1,80 $\pm$ 0,18 c	2,25 $\pm$ 0,22 f	4,05 $\pm$ 0,29 e	0,19 $\pm$ 0,03 c
F	33,8973 **	46,5379 **	51,3864 **	8,0624 **
CV (%)	39,24	32,10	33,52	9,62

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$).

Grande variação entre os tratamentos é encontrada no número de fêmeas do parasitoide, onde nenhum dos tratamentos comparou-se ao controle SP791011. Mas, dentre os tratamentos, A4 e A5 foram os que se destacaram, pois não diferiram da testemunha RB92579. Os demais tratamentos para este parâmetro, diferiram estatisticamente de todos os controles usados.

Para a variável número total de insetos emergidos, também se observa uma diferença entre todos os tratamentos analisados. Todos os tratamentos diferiram estatisticamente da testemunha SP791011, que obteve maior total do número de insetos emergidos com a média

de $91,10 \pm 0,20$, seguido pelo tratamento A4 com média de $61,55 \pm 6,87$, e que também diferiu de todos os tratamentos e testemunhas.

Assim, a partir das análises realizadas no presente estudo, infere-se haver relação entre o material nutricional consumido pelas lagartas de *D. saccharalis* e o desenvolvimento do inimigo natural das brocas, *C. flavipes*.

Cana-de-açúcar triturada e incorporada à dieta artificial de insetos, pode ser usada igualmente ao material vegetal fresco, em estudos de interação tritífica. Souza et al. (2014), comparando essas duas fontes nutricionais, não verificaram diferenças em relação ao parasitismo por fêmeas de *C. flavipes* sobre lagartas de *D. saccharalis* criadas em dieta artificial e em toletes de cana-de-açúcar. Portanto, a interação tritrífica em cana-de-açúcar pode acontecer, mesmo com o material vegetal processado e incorporando à dieta artificial.

Boiça Júnior; Lara; Bellodi (1997) avaliaram o efeito de duas cultivares de cana-de-açúcar (SP 71-1081 e SP 71-3146) na biologia de *D. saccharalis* e do parasitoide larval *C. flavipes*, incorporado o pó dos acessos à dieta artificial da broca do colmo. Os autores verificaram semelhanças em relação ao parasitismo das brocas criadas sobre ambas as variedades, o que revela que não há antagonismo entre os métodos de resistência varietal e biológico no manejo da praga, mas, sinergismo através da adequação nos controles.

Resultados semelhantes foram obtidos no presente estudo, pois, mesmo havendo variação entre os tratamentos para o fator parasitismo das brocas por *C. flavipes*, registrou-se um índice de parasitismo igual ou superior a 70% para todos os tratamentos estudados. Por essa razão, é notório que, mesmo as variedades de cana-de-açúcar que se mostraram mais resistentes a *D. saccharalis*, não interferem no grau de parasitismo por *C. flavipes*, sugerindo a possibilidade do uso do controle de pragas por resistência e biológico, simultaneamente. De acordo com Pinto; Garcia; Botelho (2016), para que o controle biológico seja efetivo, a taxa de parasitismo deve ser superior a 20%.

O efeito que as plantas podem exercer sobre os inimigos naturais das pragas que lhes causam injúrias foi ressaltado por Lara (1991), que integra as estratégias de controle dispostas no MIP. Todas essas estratégias devem ser medidas cautelosamente antes de qualquer tomada de decisão, pois o antagonismo entre os métodos de controle aplicados, podem diminuir a chance de controle e, conseqüentemente, o sucesso que cada método poderia ter, se usados isoladamente (SILVA et al., 2012).

A adição dos métodos de controle prescritos no MIP é uma medida promissora para o manejo de qualquer praga em agroecossistemas, sobretudo quando se considera o terceiro nível trófico. A indução de resistência de cana-de-açúcar à broca pequena e a sua integração ao controle biológico foi estudada por Santos-Cividanes et al., (2022), que constaram que não há prejuízo de qualquer ordem para *C. flavipes*, em relação a seus parâmetros morfométricos, pela indução de resistência com adubação com silício durante cultivo da planta.

4.4 CONCLUSÃO

Há variabilidade genética nos genótipos do Complexo *Saccharum* avaliados no presente estudo, em relação ao desenvolvimento de *D. saccharalis*, alterando sua biologia.

Os genótipos de cana-de-açúcar usados no presente estudo alteram a biologia de *C. flavipes*, contudo, há compatibilidade entre o método de controle por resistência de plantas e o biológico com o parasitoide larval.

REFERÊNCIAS

- ANDREWARTHA, H.G.; BIRCH, L.C. The innate capacity for increase in numbers. In: ANDREWARTHA, H.G.; BIRCH, L.C. (Ed.). **The distribution and abundance of animals**. University of Chicago Press, p. 31-54, 1954.
- BARCELOS, L.M.; ROSA, A.P.A.; EMYGDIO, B.M.; VALGAS, R.A.; FARIA, I.C. Resistance of saccharine sorghum cultivars to sugarcane Borer *Diatraea saccharalis*. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 9, p. 364-372, 2018.
- BOIÇA JÚNIOR, 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.) **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26, p. 537-542, 1997.
- BOIÇA JUNIOR, A.L.; LEONELO, A.F.; JESUS, F.G. Dietas artificiais incorporadas ou não a colmos triturados de variedades de cana-de-açúcar na biologia de *Diatraea saccharalis* (F.) (Lepidoptera: Crambidae). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 39-48, 2011.
- BORGES FILHO, R. C.; BERNARDI, D.; STURZA, V.S.; CUNHA, U.S.; DIEZ-RODRÍGUEZ, G.I.; PINTO, A.S.; NAVA, D.E. Importance of sugar for the development of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) artificial diet, **Journal of Economic Entomology**, v. 111, n. 6, p. 2693–2698, 2018.
- BOTELHO, A.B.R.Z.; SILVA, I.F.; ÁVILA, C.J. Aspectos biológicos da lagarta falsa medideira e sua criação em laboratório com dieta artificial. Embrapa Agropecuária Oeste, **Circular Técnica 47**, 24 p., 2019.

BOTELHO P.S.M.; MACEDO; N. *Cotesia flavipes* para o controle de *Diatraea saccharalis*. In: PARRA J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S; BENTO, J.M.S. **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. Manole, p.409-421, 2002.

CHI, H. Life-table analysis is incorporating both sexes and Variable development rates among individuals. **Environmental Entomology**, v. 17, p. 26-34, 1988.

CHI, H. **TWOSEX-MSChart**: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis, p.12-31, 2016.

COSTA, D.M.; FRANCEZ, A.C.; RIGOLIN-SÁ, O. Biologia da broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*) (Lepidoptera: Crambidae) em dieta artificial. **Ciência et Praxis**, v. 3, n. 5, p. 13-16, 2010.

DEMETRIO, P.A.; ZONETTI, P.C.; MUNHOZ, R.E.F. Avaliação de clones de cana-de-açúcar promissores RB's quanto à resistência à broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) na região noroeste do Paraná. **Cesumar**, v. 10, n. 1, p. 13-16, 2008.

DINARDO-MIRANDA, L.L. Fitossanidade: Pragas. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Instituto Agrônomo de Campinas, 2008. p. 349-403.

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

LARA, F.M. **Princípios de resistência de plantas aos insetos**. 2ª ed. São Paulo, Ícone. 336 p., 1991.

MELO, A.B.P.; PARRA, J.R.P. Biologia de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lep.: Pyralidae) em diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n.7, p. 663-680, 1988.

PINTO, A.S.; GARCIA, J.F.; BOTELHO, P.S.M. Controle biológico de pragas da cana-de-açúcar. In: PINTO, A.S., NAVA, D.E., ROSSI, M.M.; MALERBO-SOUZA, D.T., Eds., **Controle biológico de pragas: Na prática**, FEALQ, 65-74, 287 p., 2006.

SANTOS-CIVIDANES, T.M.; CIVIDANES, F.J.; GARCIA, J.C.; VILELA, M.; MORAES, J.C.; BARBOSA, J.C. Silicon induces resistance to *Diatraea saccharalis* in sugarcane and it is compatible with the biological control agente *Cotesia flavipes*. **Journal of Pest Science**, v. 95, p. 783-795, 2022.

SAS Institute. 1999-2001. SAS user's guide: Statistics, version 8.2, 6th ed. **SAS Institute**, Cary, NC.

SILVA, A.G.; SOUZA, B.H.S.; RODRIGUES, N.E.L.; BOTTEGA, D.B.; BOIÇA JÚNIOR, A.L. Interação tritrófica: Aspectos gerais e suas implicações no Manejo Integrado de Pragas. **Nucleus**, v. 9, n. 1, 2012.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SILVA, J.F.; BRITO, C.H. BARBOSA, V.O; ALVES, J.C.G; ABREU, K.G. Influência de Dietas e Temperaturas na Biologia de *Diatraea saccharalis* Fabricius 1794 e *Diatraea flavipennella* Box 1931. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 16, p. e145111637612-e145111637612, 2022.

SOUTHWOOD, T.R.E. **Ecological methods with particular references to the study of insect populations**. 2. ed. Chapman & Hall, 1978. 524 p.

SOUZA, J.R.; BOIÇA JUNIOR, A.L.; PERECIN, D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; COSTA, J.T. da. Divergência genética de cultivares de cana-de-açúcar quanto à resistência a *Diatraea saccharalis*, **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3367-3376, 2013.

SOUZA, J.R.; BOIÇA JÚNIOR, A.L.; PERECIN, D.; COSTA, J.T.; PEIXOTO, M.L. Preferência de *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae) por lagartas de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) alimentada com diferentes cultivares de cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, v. 61, n. 6, p. 916-923, 2014.

VAN DRIESCHE, R.G.; BELLOWS JUNIOR, T.S. **Biological control**. New York: Chapman & Hall, 1996. 539 p.