



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ROBERTO BALBINO DA SILVA

**ABORDAGENS UNI E MULTIDIMENSIONAIS PARA COMPREENSÃO DA
DINÂMICA DE INFESTAÇÃO DE *Diatraea impersonatella* EM VARIEDADES DE
CANA-DE-AÇÚCAR EM SISTEMAS IRRIGADO E SEQUEIRO**

AREIA

2025

ROBERTO BALBINO DA SILVA

**ABORDAGENS UNI E MULTIDIMENSIONAIS PARA COMPREENSÃO DA
DINÂMICA DE INFESTAÇÃO DE *Diatraea impersonatella* EM VARIEDADES DE
CANA-DE-AÇÚCAR EM SISTEMA IRRIGADO E SEQUEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito final à obtenção do título de Doutor em Agronomia

Orientador: Prof. Dr. José Bruno Malaquias

Coorientador: Prof. Dr. Jacinto de Luna Batista

AREIA

2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586a Silva, Roberto Balbino da.

Abordagens uni e multidimensionais para compreensão da dinâmica de infestação de *Diatraea impersonatella* em variedades de cana-de-açúcar em sistemas irrigado e sequeiro / Roberto Balbino da Silva. - Areia:UFPB/CCA, 2025.

54 f. : il.

Orientação: José Bruno Malaquias.

Coorientação: Jacinto de Luna Batista.

Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Bioecologia. 3. Broca da cana-de-açúcar. 4. Manejo de pragas. 5. Amostragem. I. Malaquias, José Bruno. II. Batista, Jacinto de Luna. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(043.2)

Aos familiares, amigos e professores pela
dedicação, companheirismo e amizade,
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A realização desta conquista “Doutor em Agronomia” só foi possível graças ao apoio, incentivo e contribuição de muitas pessoas, às quais sou imensamente grato.

A Deus, por me conceder força, saúde e sabedoria ao longo dessa caminhada.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, pela oportunidade da realização do curso.

Ao meu orientador Dr. José Bruno Malaquias, pela orientação segura, pelas discussões construtivas e por acreditar no meu potencial mesmo nos momentos mais difíceis.

Aos meus orientadores iniciais Dra. Gleidyane Novais Lopes Mielezrski e Dr. Jacinto de Luna Batista, ao Coorientador Dr. Alisson Vasconcelos de Brito, que conduziram essa etapa inicialmente.

Aos meus pais, Pedro Soares da Silva e Leticia Balbino da Silva, pelo amor incondicional, por todo o esforço e apoio ao longo da minha formação.

À Associação de Plantadores de Cana-da-Paraíba (ASPLAN), por toda condição e acerto durante a jornada de trabalho e os dias de aulas.

Ao Presidente e Vice-Presidente da ASPLAN, José Inácio de Moraes Andrade e Pedro Neto Campos, ao Diretor do Departamento Técnico Francisco Siqueira Neto e ao Gerente Luis Augusto de Lima Santos e a todos que fazem parte da ASPLAN-PB, meu muito obrigado.

Aos Professores e Pesquisadores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Walter Esfrain Pereira (Estatística experimental I – II), Diego Silva Batista (Fisiologia Vegetal), Adriana Evangelista Rodrigues (Metodologia do Ensino Superior), Ítalo Herbert Lucena Cavalcante (Nutrição de Plantas), Elizanilda Ramalho do Rêgo (Metodologia da Pesquisa), Luciana Cordeiro do Nascimento (Patologia de Sementes e Manejo Integrado de Doença), Elizanilda Ramalho do Rêgo e Mailson Monteiro Do Rego (Seminário), Carlos Henrique de Brito (Tópicos Especiais “Controle Biológicos), Jacinto de Luna Batista (Manejo Integrado de Insetos), Djail Santos (Sistemas de Produção Orgânicos e Convencionais), Edna

Ursulino Alves e Riselane de Lucena A. Bruno (Tecnologia e Produção de Semente)
José Bruno Malaquias – Roberto M. Pereira (Patologia de Insetos).

As unidades que cederam áreas para efetuar a pesquisa Pro Fé e Campo Alegre, Usina Japungu, Usina Monte Alegre, Usina Miriri, Usina Vale Verde, Estreito Agropecuária, J.V Meira Agropecuária, Estação Experimental do Camaratuba, ao Dr Tiago Carvalho de Pessoa (Pro Fé).

Aos meus familiares, Miguel Marques Balbino da Silva e Luiza Marques Balbino (filhos), Francisca Livia Marques de Oliveira (esposa), por sua paciência, compreensão e apoio nos momentos de ausência e cansaço, e aos demais, irmãos, tios, primos e amigos que foram fundamentais nessa conquista.

Aos colegas do LEN – Laboratório de Entomologia, CCA - UFPB, AREIA, pela troca de experiências, companheirismo e amizade.

Aos colaboradores da Biofábricas I (Produção de Insetos Parasitoide) e da Biofábrica II (Produção de Fungos Entomopatogênicos) da ASPLAN por contribuírem direta ou indiretamente para minha formação.

E a todos aqueles que, de alguma forma, fizeram parte desta trajetória — meus sinceros agradecimentos.

“Não é o mais forte das espécies que sobrevive, nem o mais inteligente, mas o que melhor se adapta às mudanças”.

Charles Darwin

SILVA, Roberto Balbino da. D.S. Universidade Federal da Paraíba. Fevereiro de 2025.

Abordagens uni e multidimensionais para compreensão da dinâmica de infestação de *Diatraea impersonatella* em variedades de cana-de-açúcar em sistema irrigado e sequeiro. Orientador: José Bruno Malaquias. Coorientador: Jacinto de Luna Batista.

RESUMO

A cana-de-açúcar apresenta alta relevância para o agronegócio neotropical, sendo o Brasil o maior produtor e exportador mundial de açúcar. Contudo, a produtividade e a qualidade da cultura são ameaçadas pela infestação de lepidobrocas do complexo *Diatraea*, como a espécie *Diatraea impersonatella* (Walker, 1863) (Lepidoptera: Crambidae), que provoca perdas expressivas na agroindústria canavieira. Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar em uma perspectiva univariada e multivariada se a dinâmica de infestação de *D. impersonatella* é influenciada pelas variedades de cana-de-açúcar, pela idade das plantas, pelas condições de cultivo e pela distância em relação ao carreador. Para isso, foram analisados os níveis de infestação do inseto nas seguintes variedades: RB 92-579, RB 04-1443 e RB 86-7515, nas idades de 45, 70, 130 e 200 dias após o plantio, em duas condições de plantio sequeiro e irrigado e distância do carreador de 0, 10, 30 e 90 metros. A pesquisa foi conduzida em cinco Municípios do estado da Paraíba, onde foram quantificados o número de colmos brocados por talhões e variáveis agroindustriais. Plantas com 45 dias foram avaliadas a partir da observação da sintomatologia de murcha na folha principal (coração morto) e posteriormente submetidas à abertura para detecção da praga. Plantas com idades de 70, 130 e 200 dias foram submetidas a despalha e verificadas quanto a presença de orifício de entrada da broca. Diante dos resultados obtidos observou-se que todas as variedades testadas foram infestadas pela broca, sendo que a variedade RB 92-579 apresentou maior suscetibilidade. Verificou-se relação unidirecional positiva envolvendo a incidência de ataque com a idade da planta, onde a partir dos 45 dias pós-plantio já se constatou incidência de *D. impersonatella*. Entre os sistemas de cultivo, observou-se maior infestação no sistema irrigado, fato validado pelo escalonamento multidimensional adotado. Para a distância do carreador foi observado que a presença da praga aumentou conforme a proximidade ao carreador. Os achados univariados e multivariados evidenciaram informações bioecológicas que são fundamentais para o manejo de *D. impersonatella*, indicando que o controle deve considerar a idade das plantas, a variedade cultivada, o sistema de cultivo e distância do carreador.

Palavras-Chave: bioecologia; broca da cana-de-açúcar; manejo de pragas; amostragem.

SILVA, Roberto Balbino da. D.S. Federal University of Paraíba. February 2025.
Unidimensional and multidimensionais approaches to understanding the dynamics of *Diatraea impersonatella* infestation in sugarcane varieties in irrigated and rainfed systems. Supervisor: José Bruno Malaquias. Co-supervisor: Jacinto de Luna Batista.

ABSTRACT

Sugarcane is highly relevant for neotropical agribusiness, with Brazil being the world's largest producer and exporter of sugar. However, crop productivity and quality are threatened by infestation of lepidoborers of the *Diatraea* complex, such as the species *Diatraea impersonatella* (Walker, 1863) (Lepidoptera: Crambidae), which causes significant losses in the sugarcane agroindustry. Therefore, this study aimed to evaluate, from both univariate and multivariate perspectives, whether the dynamics of *D. impersonatella* infestation are influenced by sugarcane varieties, plant age, cultivation conditions, and distance from the carrier. For this purpose, the insect infestation levels were analyzed in the following varieties: RB 92-579, RB 04-1443 and RB 86-7515, at ages of 45, 70, 130 and 200 days after planting, in two conditions of dry and irrigated planting and distance from the carrier of 0, 10, 30 and 90 meters. The research was conducted in five municipalities in the state of Paraíba, where the number of bored stalks per plot and agro-industrial variables were quantified. Plants aged 45 days were evaluated based on the observation of wilting symptoms on the main leaf (dead heart) and subsequently subjected to opening to detect the pest. Plants aged 70, 130, and 200 days were subjected to straw removal and checked for the presence of borer entry holes. Based on the results obtained, it was observed that all varieties tested were infested by the borer, with the RB 92-579 variety showing greater susceptibility. A positive unidirectional relationship was observed involving the incidence of attack with the age of the plant, where the incidence of *D. impersonatella* was already observed from 45 days after planting. Among the cultivation systems, a greater infestation was observed in the irrigated system, a fact validated by the adopted multidimensional scaling. For the distance from the carrier, it was observed that the presence of the pest increased with proximity to the carrier. The univariate and multivariate findings revealed bioecological information fundamental for the management of *D. impersonatella*, indicating that control measures should consider the age of the plants, the cultivated variety, the cultivation system, and the distance from the carrier.

Keywords: Bioecology; sugarcane borer; pest management; sampling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Coordenadas geográficas das áreas do estudo	21
Figura 2 –	Incidência de colmos brocados por <i>Diatraea impersonatella</i> em função da idade das plantas de cana-de-açúcar	23
Figura 3 -	Coordenadas geográficas das áreas do estudo	31
Figura 4 -	Incidência de colmos brocados por <i>Diatrea impersonatella</i> em função da idade e variedade das plantas de cana-de-açúcar	34
Figura 5 -	Análise de componentes principais entre as variáveis BRIX, PBU, POL, PUREZA, FIBRA e ATR. RB 92-579; RB 04-1443; RB 86-7515	35
Figura 6 -	Coordenadas geográficas das áreas do estudo	44
Figura 7 -	Número de plantas de cana-de-açúcar infestadas por <i>Diatraea impersonatella</i> como função do tempo e da condição de manejo irrigado ou sequeiro nas variedades RB 92 579 e RB 86 7517.....	47
Figura 8 -	Número de plantas de cana-de-açúcar infestadas por <i>Diatraea impersonatella</i> como função da distância do carreador e da condição de manejo irrigado ou sequeiro nas variedades RB 92 579 e RB 86 7517	48
Figura 9 -	Escalonamento multidimensional considerando as variáveis: formas imaturas (ovos, larvas e pupas) de <i>Diatraea impersonatella</i> e número de plantas brocadas como função das condições irrigado (I) e sequeiro (S), variedade e idade da planta	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Análise de deviance para dispersão e ataque de <i>D. impersonatella</i> na variedade de cana-de-açúcar RB 92 579 em função de diferentes idades pós plantio	22
Tabela 2 -	Análise descritiva dos níveis de infestação de colmos por <i>Diatraea impersonatella</i> em função da idade das plantas de cana-de-açúcar	23
Tabela 3 -	Indicadores da qualidade e valores recomendados para a cana-de-açúcar	32
Tabela 4 -	Coefficientes de correlação múltipla (r) obtidos entre as variáveis BRIX, PBU, POL, PUREZA, FIBRA e ATR com probabilidade significativa ($P < 0,005$)	35
Tabela 5 -	Análise univariada de <i>bootstrap</i> entre as variáveis BRIX, PBU, POL, PUREZA, FIBRA e ATR	36
Tabela 6 -	Análise de deviance da infestação de <i>Diatraea impersonatella</i> como função do tempo, da condição de manejo irrigado ou sequeiro e da interação desses fatores	46
Tabela 7 -	Análise de deviance da infestação de <i>Diatraea impersonatella</i> como função da distância do carreador, da condição de manejo irrigado ou sequeiro e da interação desses fatores	47
Tabela 8 -	Formas biológicas (ovos, larvas e pupas) de <i>Diatraea impersonatella</i> como função da distância do carreador	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	13
REFERÊNCIAS	16
2 CAPÍTULO I – NÍVEIS DE INFESTAÇÃO DE <i>Diatraea impersonatella</i> (WALK.) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) EM FUNÇÃO DA IDADE DA PLANTA DE CANA-DE-AÇÚCAR	18
2.1 Resumo	29
2.2 Introdução	20
2.3 Material e Métodos	21
2.4 Resultados	22
2.5 Discussão	23
2.6 Conclusão	25
REFERÊNCIAS	26
3 CAPÍTULO II – INTERAÇÃO DA INFESTAÇÃO DA BROCA <i>Diatraea impersonatella</i>, VARIEDADES E DIFERENTES IDADES DA CANA-DE-AÇÚCAR E SUAS CARACTERÍSTICAS AGROINDUSTRIAIS	28
3.1 Resumo	29
3.2 Introdução	30
3.3 Material e Métodos	31
3.4 Resultados	33
3.5 Discussão	36
3.6 Conclusões	37
REFERÊNCIAS	39
4 CAPÍTULO III – ECOLOGIA DE INFESTAÇÃO DE <i>Diatraea impersonatella</i> NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO IRRIGADO E SEQUEIRO EM DIFERENTES DISTÂNCIAS DO CARREADOR	41
4.1 Resumo	42
4.2 Introdução	43
4.3 Material e Métodos	44
4.3.1 Local de pesquisa	44
4.3.2 Delineamento experimental	44
4.3.3 Coleta de dados	45
4.4 Resultados	51

4.5 Discussão	51
4.6 Conclusões	52
REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO GERAL

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma das culturas mais importantes do mundo, sendo a principal fonte de açúcar e etanol. O Brasil se destaca como grande produtor mundial (Masiero e Lopes, 2018) e desempenha papel relevante para o agronegócio, com grande importância econômica e social (Silva Neto et al., 2023). Todavia, enfrenta diversos desafios, entre os quais se destaca a infestação de artrópodes-pragas.

As brocas representam perdas significativas em quase todos os países plantadores de cana-de-açúcar. Aproximadamente 50 espécies de brocas, da ordem Lepidoptera, dos gêneros *Chilo*, *Diatraea*, *Sesamia*, *Argyroploce*, *Tryporyza*, *Scirpophaga*, *Eoreuma*, *Telchin* e *Eldana*, foram documentadas atacando a cana-de-açúcar (Li et al., 2024). No Brasil, as principais espécies são *Diatraea saccharalis* (Frabricius, 1974) e *Diatraea impersonatella* (Walker, 1863) (= *Diatraea flavipennella*) (Lepidoptera: Crambidae), sendo a última uma das mais relevantes na região Nordeste (Freitas et al. 2006; Cheavegatti-Gianotto et al. 2011). A infestação é favorecida pelo habitat críptico das larvas dentro dos colmos, o que dificulta o controle químico, causando danos diretos e indiretos à cultura, o que resulta na redução do rendimento agrícola e da qualidade do açúcar e etanol (Rossato Jr et al., 2013; Tomaz et al., 2018).

Danos diretos acontecem quando as larvas de ínstaes iniciais da *D. impersonatella* raspam as folhas e as larvas mais velhas abrem galerias nos colmos, resultando na morte do meristema apical, causando o crescimento de raiz aérea, surgimento de brotações laterais, perda da gema e perda da biomassa, o que debilita a planta (Cheavegatti-Gianotto et al. 2011; Vargas et al. 2015). Danos indiretos também são causados pela praga, pois a abertura de galerias nos colmos propicia a entrada de fungos e de outros microrganismos, caracterizando o sintoma do “complexo broca-podridão”, causado pelo fungo *Fusarium verticillioides* (Sacc.) (Gallan et al, 2002).

O controle biológico é uma estratégia particularmente adotada para reduzir a população das lepdobrocas, utilizando-se os parasitoides *Trichogramma galloi* (Zucchi, 1938) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Cotesia flavipes* (Cameron, 1981) (Hymenoptera: Braconidae) (Machado et al., 2023). No entanto, o controle eficaz de *D. impersonatella* ainda é um entrave para os agricultores, demandando entendimento aprofundado de sua dinâmica de infestação, já que esta é influenciada

por uma série de fatores ambientais e agrônômicos, tais como a variedade, idade das plantas e práticas de manejo adotadas.

A resistência de cada variedade à alimentação por artrópodes-praga pode depender de variáveis como a densidade destes organismos por planta, o vigor e a idade da planta, além de fatores ambientais (Tomaz et al., 2018). As variedades de cana-de-açúcar podem apresentar variados níveis de resistência ou suscetibilidade à infestação, levando a praga a selecionar aquelas que oferecem maior aceitação. A preferência pode estar relacionada ao ciclo biológico da praga. Algumas variedades possuem elevado teor de açúcar, componente essencial para o desenvolvimento dos insetos, especialmente durante a fase larval (Borges Filho et al., 2018), enquanto outras apresentam baixo teor de fibra, o que facilita a penetração das larvas nos colmos (Singh, Nigam e Singh, 2013).

A idade das plantas desempenha papel crucial em sua fisiologia e estrutura, impactando diretamente sua suscetibilidade às pragas. Plantas jovens tendem a ser mais vulneráveis (Tomaz et al., 2018), enquanto as mais maduras desenvolvem entrenós com tecidos fibrosos e resistentes, que ainda assim servem de alimento durante o ciclo larval de algumas pragas (Srikanth et al., 2011). Além disso, plantas mais velhas apresentam maior concentração de sacarose (Roberto et al., 2015), tornando-se ainda mais atrativas para os insetos.

A disponibilidade de água no solo é um fator determinante na suscetibilidade da cana-de-açúcar às infestações de pragas, influenciando diretamente a resistência fisiológica da planta (Lima et al., 2013). O cultivo sob irrigação, por exemplo, favorece o vigor das plantas, tornando-as mais propensas ao ataque de pragas devido ao aumento da biomassa e dos teores nutricionais. Estudos indicam que gramíneas, como a cana-de-açúcar, apresentam um desempenho agrônômico superior em condições de manejo irrigado (Lima et al., 2013). Por outro lado, a restrição hídrica compromete significativamente o crescimento da cultura, especialmente nos estágios críticos de perfilhamento, alongamento e desenvolvimento estrutural, reduzindo seu potencial produtivo (Mehdi et al., 2024).

Somado aos fatores mencionados, a distância do carreador ou área de escoamento também acaba sendo determinante para dinâmica de infestação da praga, tendo em vista que esta contempla parte da área de cultivo da cultura da cana-de-açúcar, juntamente com os talhões. A mensuração do talhão deve considerar a distância até a área de escoamento, sem esquecer a necessidade do abastecimento

de produtos e insumos utilizados nas operações em todas as fases do cultivo, desde o plantio até o corte. Para tal são necessários os carregadores, que subdividirão a área estrategicamente. Tal distância poderá exercer uma condição importante para a infestação da praga, o que poderá interferir diretamente no delineamento de estratégias de amostragens e tomadas de decisões.

Diante da contextualização apresentada, o presente estudo busca analisar a relação entre esses fatores agronômicos e a infestação de *D. impersonatella* em cana-de-açúcar, visando contribuir para o desenvolvimento de estratégias de manejo mais eficazes. Compreender como a variedade, a idade da planta e a distância do carregador interagem na dinâmica da infestação pode oferecer percepções valiosas para otimizar a produção e garantir a sustentabilidade da cultura da cana-de-açúcar. Desta forma, esta pesquisa teve como objetivo avaliar se a dinâmica de infestação de *D. impersonatella* varia em função das variedades de cana-de-açúcar, das idades das plantas, das condições de cultivo e da distância em relação ao carregador.

REFERÊNCIAS

- BORGES FILHO, R. D. C.; BERNARDI, D.; STURZA, V. S.; CUNHA, U. S. D.; DIEZ-RODRÍGUEZ, G. I.; SENE PINTO, A.; 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.
- CHEAVEGATTI-GIANOTTO, A.; ABREU, H. M. C.; ARRUDA, P.; FILHO, J. C. B.; 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.; FILHO, M. C. S.; ULIAN, E. C. Cana-de-açúcar (*Saccharum X officinarum*): um estudo de referência para a regulamentação de cultivares geneticamente modificadas no Brasil. **Planta Trop Biol**, v. 4, p. 62–89, 2011.
- FREITAS, M. R. T.; FONSECA, A. P. P.; SILVA, E. L.; MENDONÇA, A. L.; SILVA, C. E.; MENDONÇA, A. L.; NASCIMENTO, R. R.; SANT'ANA, A. E. G. A predominância de *Diatraea flavipennella* (Lepidoptera: Crambidae) em canaviais no estado de Alagoas, Brasil. **Fla Entomol** v. 89, p. 539–540, 2006.
- GALLAN, D. Z.; PENTERICHE, A. B.; HENRIQUE, M. O.; SILVA-FILHO, M. C. Sugarcane multitrophic interactions: Integrating belowground and aboveground organisms. **Genetics and molecular biology**, v. 46, n. 1 Suppl 1, p. e20220163, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2022-0163>
- LI, AO-MEI; CHEN, ZHONG-LIANG; LIAO, F.; ZHAO, Y.; QIN, CUI-XIAN; WANG, M.; PAN, YOU-QIANG; WEI, SHAO-LONG; HUANG, DONG-LIANG. Sugarcane borers: species, distribution, damage and management options. **Journal of Pest Science**, p. 1-31, 2024.
- LIMA, H. M. A.; DE MELO RODRIGUES, V.; GUIMARÃES DUARTE, A.; VERÇOSA DE ARAUJO JÚNIOR, J.; OLYMPIO PEIXOTO LOPES, D.; SOARES DE LIMA, I.; GUIMARÃES DUARTE, A.; TEODORO, I. Infestação de *Diatraea* spp. (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) em variedades RB (República do Brasil) de cana-de-açúcar. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 4, 407–413, 2013.
- MACHADO, A. V. A.; BERMÚDEZ, N. C.; VACARI, A. M.; SILVA-TORRES, C. S. A.; PEREIRA, F. F.; TORRES, J. B. Use of alternative host and production costs of the sugarcane borer parasitoid *Tetrastichus howardi*. **BioControl**, v. 68, n. 5, p. 471-481, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-023-10208-3>
- MASIERO, G.; LOPES, H. Etanol e biodiesel como recursos energéticos alternativos: perspectivas da América Latina e da Ásia. **Revista Brasileira de Política Internacional**, v. 51, p. 60-79, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-024-01750-9>
- MEHDI, F.; CAO, Z.; ZHANG, S.; GAN, Y.; CAI, W.; PENG, L.; WU, Y.; WANG, W.; YANG, B. Factors affecting the production of sugarcane yield and sucrose accumulation: suggested potential biological solutions. **Frontiers in Plant Science**, v. 15, p. 1374228, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1374228>
- ROBERTO, G. G.; CUNHA, C.; SALES, C. R. G.; SILVEIRA, N. M.; RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; LAGÔA, A. M. M. A. Variação da fotossíntese e dos teores de

carboidratos induzidos por etefom e déficit hídrico na fase de maturação da cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 74, p. 379-386, 2015.

ROSSATO JR, J. A. S.; COSTA, G. H.; MADALENO, L. L.; MUTTON, M. J.; HIGLEY, L. G.; FERNANDES, O. A. Characterization and impact of the sugarcane borer on sugarcane yield and quality. **Agronomy Journal**, v. 105, n. 3, p. 643-648, 2013.

DOI: <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2012.0309>

SILVA NETO, R. F.; PERES, W. L. R.; DA ROCHA, A. Q. CURVA DE MATURAÇÃO EM TRÊS CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR NA SAFRA 2023 NO MUNICÍPIO DE JOÃO PINHEIRO–MG. **Revista Contemporânea**, v. 3, n. 11, p. 22448-22477, 2023

SINGH, S. P.; NIGAM, A.; SINGH, R.K. Influence of rind hardness on sugarcane quality. **American Journal of Plant Sciences**, 2013. DOI:

<http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2013.48A006>

SRIKANTH, J.; KURUP, N.K. Damage pattern of sugarcane internode borer *Chilo sacchariphagus indicus* (Kapur) in Tamil Nadu State, southern India. **International Sugar Journal**, v. 113, n. 1352, p. 590, 2011

TOMAZ, A. C.; COUTINHO, A. E.; SOARES, B. O.; PETERNELLI, L. A.; PEREIRA, E. J. G.; BARBOSA, M. H. P. Assessing resistance of sugarcane varieties to sugarcane borer *Diatraea saccharalis* Fab. (Lepidoptera: Crambidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 108, n. 4, p. 547-555, 2018.

VARGAS, E. L.; PEREIRA, F. F.; TAVARES, M. T.; PASTORI, P. L. Registro de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitando *Diatraea* sp. (Lepidoptera: Crambidae) na cultura da cana-de-açúcar no Brasil. **Entomotrópica**, v. 26, p.143–146, 2011.

2 CAPÍTULO I – NÍVEIS DE INFESTAÇÃO DE *Diatraea impersonatella* (WALK.) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) EM FUNÇÃO DA IDADE DA PLANTA DE CANA-DE-AÇÚCAR ¹

Roberto Balbino da Silva^{1*}, José Bruno Malaquias², Jacinto de Luna Batista²

¹Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, Brasil *Fone:(83) 988591288, e-mail:balbinorobert@hotmail.com,

²Laboratório de Entomologia, Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, Brasil.

ORCID

Roberto Balbino da Silva - <https://orcid.org/0000-0003-4105-7858>

José Bruno Malaquias – <https://orcid.org/0000-0003-3937-9575>

Jacinto de Luna Batista – <https://orcid.org/0000-0001-8860-8085>

2.1 Resumo

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma cultura de grande relevância econômica, porém sua produtividade e qualidade são impactadas negativamente pela infestação de pragas do gênero *Diatraea* (Lepidoptera: Crambidae). O manejo eficiente dessas pragas é um desafio para a agroindústria canavieira, especialmente devido à carência de informações sistematizadas sobre a relação entre o potencial de infestação e a idade das plantas. Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar a dispersão e o ataque de *Diatraea impersonatella* (Walker, 1863) na variedade RB 92 579 em diferentes estágios de desenvolvimento (45, 70, 130 e 200 dias após o plantio). O estudo foi realizado no Estado da Paraíba, nos municípios de Mamanguape, Jacaraú e Mataraca, quantificando-se os colmos brocados em 60 talhões de cana-de-açúcar. Os resultados demonstram que a variedade RB 92 579 apresenta maior suscetibilidade ao ataque de *D. impersonatella* a partir dos 45 dias após o plantio, com aumento progressivo da infestação ao longo do desenvolvimento da cultura. Esses resultados ressaltam a necessidade de estratégias de manejo integrado de pragas, com a adoção de medidas preventivas antes que a infestação atinja níveis críticos. A implementação de monitoramento sistemático e técnicas de controle específicas para cada estágio fenológico da planta pode contribuir significativamente para a mitigação dos danos causados pela broca da cana-de-açúcar, garantindo maior produtividade e sustentabilidade para o setor sucroenergético.

Palavras-chave: cana-de-açúcar RB 92 579; broca da cana-de-açúcar; manejo integrado de pragas.

2.2 Introdução

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) exerce importância significativa nas esferas social, econômica e ambiental, destacando-se pela sua capacidade de produzir açúcar e etanol (Aude, 1993), forragem para a alimentação animal (Maria do Rosário et al., 2007) e biomassa para geração de bioenergia. O Brasil se destaca no cenário mundial como o maior produtor e exportador dos produtos gerados por essa cultura (USDA, 2024), com plantio de 9.889.856 hectares na safra de 2022 (IBGE, 2024). Diversos estados brasileiros apresentam condições climáticas favoráveis ao cultivo (Aude, 1993). Na região Nordeste os Estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte são os maiores produtores, somando 725.577 hectares de área plantada na safra 2022 (IBGE, 2024). No entanto, a infestação de pragas é um desafio enfrentado pela agroindústria canavieira.

A cana-de-açúcar é suscetível ao ataque de diversas espécies de insetos-praga, com as brocas sendo os principais agentes de danos (Bhatti et al., 2008; Francischini et al., 2017). Dentre essas, as espécies do gênero *Diatraea* se destacam como as mais prejudiciais (Mejía et al., 2020). As larvas dessas pragas perfuram o caule da planta, danificando o tecido meristemático, o que leva à redução da produtividade. Esse dano pode ser evidenciado pela diminuição da qualidade do suco e da biomassa vegetal. Além disso, o ataque das brocas pode aumentar a vulnerabilidade das plantas a patógenos (Cruz-Tobón et al., 2024).

Diatraea impersonatella (Walker, 1863) (= *D. flavipennella*), relatada nos Estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e em todos os Estados do Nordeste (Mendonça, 1996; Freitas et al., 2006; Francischini et al., 2017), apresenta larvas com a cabeça em forma de cápsula amarela ou acastanhada. O corpo possui coloração creme ou amarelada, pináculos ovais extras (mesotorácicos e metatorácicos) com recorte mediano e mandíbula com cinco dentes (Mendonça, 1996; Freitas et al., 2006; Passoa, 2014; Francischini et al., 2017). A biologia e os danos causados à cultura por essa praga são semelhantes aos da *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Dinardo-Miranda, 2008), necessitando assim de medidas para o seu controle.

O controle químico das lepidobrocas, frequentemente, não é plenamente eficaz devido a diversos fatores, como o hábito alimentar endófago das larvas, a ocorrência simultânea de estágios de crescimento e desenvolvimento da praga no campo, além

da presença contínua da planta hospedeira ao longo do ano (Maria do Rosário et al., 2007; Francischini et al., 2017).

Nesse contexto, é fundamental compreender melhor a dinâmica de infestação da praga e os efeitos sobre os diferentes estágios de crescimento da cana-de-açúcar para a implementação de medidas preventivas e de controle mais eficientes. A avaliação da infestação em diversas idades da planta pode permitir a identificação de momentos críticos de ataque, possibilitando decisões mais assertivas para minimizar os danos causados por *D. impersonatella*. O presente estudo objetivou analisar a infestação de *D. impersonatella* na variedade de cana-de-açúcar RB 92 579, levando em consideração diferentes idades da planta após o plantio.

2.3 Material e Métodos

O estudo foi realizado nos municípios de Mamanguape, Jacaraú e Mataraca, no Estado da Paraíba (Figura 1), durante os meses de fevereiro de 2022 a novembro de 2023.

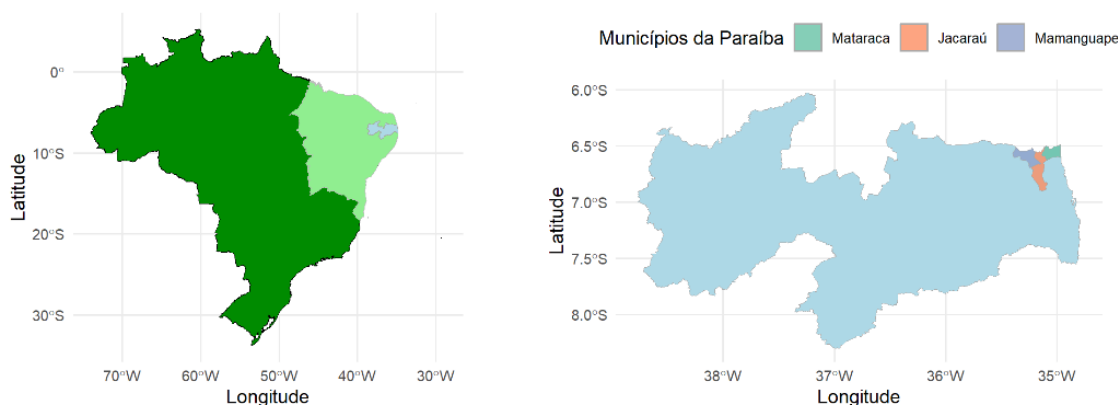


Figura 1. Coordenadas geográficas das áreas do estudo. Fonte: Silva, 2024

Foram utilizados 60 talhões (20 por município) de cana-de-açúcar da variedade RB 92 579, com idades de 45, 70, 130 e 200 dias após plantio (DAP) ou perfilhamento. O manejo das áreas obedeceu aos protocolos padrão de cada Usina, Destilaria, Fornecedores e Agropecuárias, sendo selecionadas áreas que não foram submetidas ao controle de pragas.

Para as avaliações de incidência de *D. impersonatella* foram selecionados em cada talhão quatro pontos de um metro linear em cada linha de plantio da cana (totalizando dois metros por ponto) de forma aleatória bem distribuído no talhão. As avaliações em plantas com 45 dias foram realizadas a partir da observação da sintomatologia característica de murcha na folha principal (coração morto). Plantas com essas características foram submetidas à abertura para detecção da praga. As plantas com idades de 70, 130 e 200 dias foram retiradas a palha do colmo para análise da presença de orifício de entrada da broca.

Para análise dos dados, foi necessária a diagnose do melhor modelo ajustado. Foi observada se a detecção da superdispersão da variável dependente esteve condicionada às variáveis explicativas, ou seja, idade da planta. A detecção da superdispersão foi dada por meio da adoção da função *overdisp* (Cameron & Trivedi, 2020) do R (R Core Team, 2023), que por sinal fornece uma solução rápida e segura para a detecção de superdispersão em dados de contagem (R Core Team, 2023). Mediante tal análise foi constatado o seguinte diagnóstico, valor do score do teste t de $\lambda = -3,29$, e com probabilidade igual do que 5% ($p = 0,0460$), foi por isso que o modelo quasepoisson foi escolhido. Os resultados foram plotados com auxílio da função *ggplot* do pacote *ggplot2*, utilizando a camada *geom_smooth*, o método *glm*, família *quasipoisson*, com fórmula polinomial de grau 1, opção *fullrange* = TRUE.

A influência da idade da cana-de-açúcar no número de colmos brocados foi estudada pela análise de deviance, e posteriormente foi conduzida a comparação por meio de contrastes dentro do modelo linear generalizado quasepoisson função de ligação log, utilizando a função *glht* do pacote *multcomp*.

2.4 Resultados

De acordo com a análise de Deviance (Tabela 1), o efeito das idades fenológicas das plantas foi altamente significativo ($P < 0,0009528$) em relação à quantidade de colmos brocados, indicando variação estatisticamente relevante na infestação por *D. impersonatella* conforme o estágio de desenvolvimento das plantas.

Tabela 1. Análise de deviance para dispersão e infestação de *Diatraea impersonatella* na variedade de cana-de-açúcar RB 92 579 em função de diferentes idades pós plantio

Fontes de variação	G.L.	F	P
Idade	3	6,52430	0,0009528

A infestação de *D. impersonatella* foi menor em plantas com idades de 45 dias (1,91 colmos brocados), diferindo das plantas com idades de 70, 130 e 200 dias (9,91, 8,75 e 15,08 colmos brocados, respectivamente) (Figura 2 e Tabela 2).

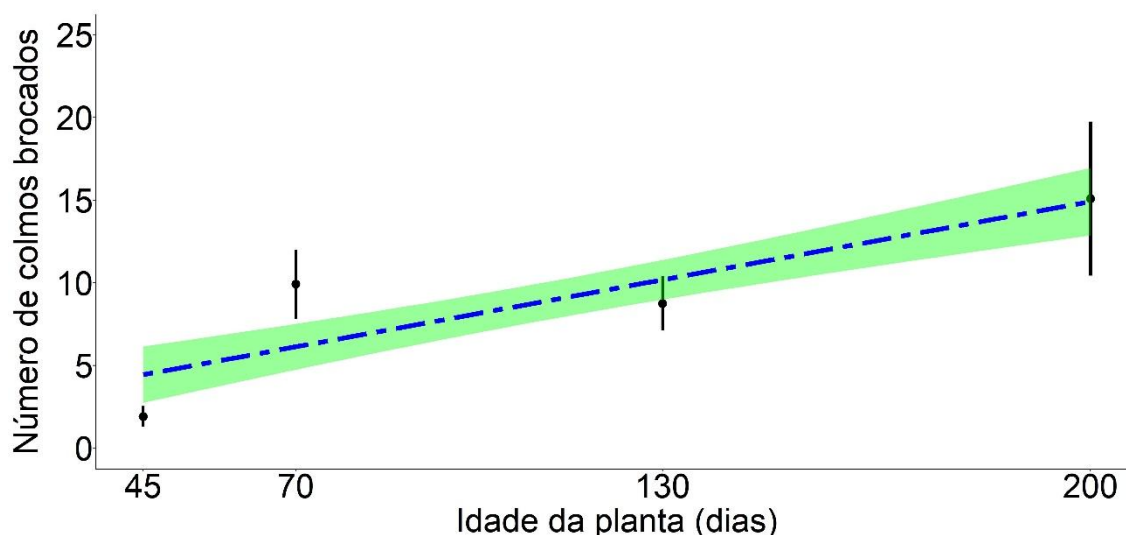


Figura 2. Incidência de colmos brocados por *Diatraea impersonatella* em função da idade das plantas de cana-de-açúcar

Tabela 2 – Análise descritiva dos níveis de infestação de colmos por *Diatraea impersonatella* em função da idade das plantas de cana-de-açúcar

Idade (dias)	N	Média (IC 95%)	±DP	±EP
45	15	01,91 (0,52 – 03,30)	2,19	0,63
70	15	09,91 (5,31 – 14,51)	7,24	2,09
130	15	08,75 (5,12- 12,38)	5,72	1,65
200	15	15,08 (4,83 – 25,33)	16,13	4,65

IC: Intervalo de Confiança 95%. DP: Desvio Padrão. EP: Erro Padrão.

2.5 Discussão

Os resultados indicam uma relação positiva entre a idade das plantas de cana-de-açúcar e sua suscetibilidade à infestação por *D. impersonatella*. Embora a incidência da praga tenha sido mais acentuada nas plantas de idade mais avançada, observou-se que, aos 45 dias, já ocorre ataque da praga à cultura. De acordo com Penn e Quentim (2023), a idade da planta é um fator limitante importante no ataque

de insetos herbívoros. Tal relação pode ser explicada pelas características fisiológicas das plantas, que formam barreiras à oviposição e alimentação das pragas (Pimentel, 2016).

Apesar de plantas com idades mais avançadas apresentarem maiores mecanismos de defesa, constatou-se, neste estudo o aumento contínuo da incidência da praga conforme o desenvolvimento da planta. Este achado corrobora com os resultados de Srikanth et al. (2011) em cana-de-açúcar, que observaram que plantas de cana-de-açúcar próximas a maturidade fenológica sofrem maior ataque de lepidobrocas.

Esses resultados podem ser explicados pelo fato de que plantas de cana-de-açúcar mais velhas apresentam entrenós formados por tecido maduro e fibroso, que fornece fonte de alimento durante o ciclo larval da praga (Srikanth et al. 2011). Além disso, em idades mais avançadas as plantas apresentam maior disponibilidade de sacarose (Roberto et al., 2015), composto essencial para o desenvolvimento dos insetos, principalmente durante a fase larval, o que as torna mais atrativas para as pragas (Borges Filho et al. 2018).

A baixa incidência de *D. impersonatella* nas plantas com 45 dias pode ser atribuída a menor disponibilidade de entrenós formados neste estágio (Pinto, 2006), o que apresenta uma limitação para o desenvolvimento da praga. Plantas em estágio inicial de formação apresentam suporte insuficiente para o desenvolvimento larval, o que pode resultar na morte do vegetal. Este fenômeno pode induzir à dispersão precoce das larvas para outras plantas, expondo-as a predadores e fatores ambientais adversos (Sosa, 1988; Srikanth et al., 2011).

Todavia, é importante destacar que, apesar da baixa incidência, *D. impersonatella* foi observada em plantas de 45 dias, evidenciando a adaptabilidade e o oportunismo da praga. Mesmo em plantas menos atraentes ao seu desenvolvimento, a praga demonstrou capacidade de localizar e atacar essas plantas, o que reforça a necessidade de estratégias de controle desde estágios iniciais da cultura. Os resultados deste estudo são de grande importância para o manejo integrado de pragas. O conhecimento do comportamento da praga nos diferentes estágios da cana-de-açúcar fornece informações que contribuem para a implementação de medidas preventivas e de controle mais eficazes. Além disso, a avaliação em diferentes idades permite identificar possíveis momentos críticos de

infestação, possibilitando a tomada de decisões mais assertivas para minimizar os prejuízos causados pela praga.

2.6 Conclusão

A variedade de cana-de-açúcar RB 92 579 é susceptível ao ataque de *D. impersonatella* a partir dos 45 dias após o plantio, com a incidência da praga aumentando progressivamente à medida que a planta envelhece.

REFERÊNCIAS

- AUDE, Maria Isabel da Silva. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. **Ciência rural**, v. 23, p. 241-248, 1993. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-84781993000200022>
- BHATTI, I. B. et al. Incidence and intensity of borer complex infestation on different sugarcane genotypes under agro-climatic conditions of Thatta. **Pakistan Journal of Scientific**, v. 60, n. 3/4, p. 103-106, 2008.
- BORGES FILHO, R. D. C.; BERNARDI, D.; STURZA, V. S.; CUNHA, U. S. D.; DIEZ-RODRÍGUEZ, G. I.; SENE PINTO, A.; 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.
- CRUZ-TOBÓN, M. et al. Damage by *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) in the Córdoba-Golfo sugarcane region, Veracruz. **Revista mexicana de ciencias agrícolas**, v. 14, n. 8, 2024.
- DINARDO-MIRANDA, L. L. Pragas. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: IAC, 2008. 882 p. cap. 17.
- FRANCISCHINI, F. J. B et al. Morphological and molecular characterization of Brazilian populations of *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) and the evolutionary relationship among species of *Diatraea* Guilding. **Plos one**, v. 12, n. 11, p. e0186266, 2017.
- FREITAS M. R.; FONSECA A. P.; SILVA E. L.; MENDONÇA A. L.; SILVA C. E.; MENDONÇA A. L.; NASCIMENTO R.; SANTANA A. E. The predominance of *Diatraea flavipennella* (Lepidoptera: Crambidae) in sugar cane fields in the states of Alagoas, Brazil. **Florida Entomologist**, v. 89, p. 539–540, 2006.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE**. PAM - Produção Agrícola Nacional. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipalculturas-temporarias-epermanentes.html?=&t=resultados>. Acesso em: 23 fev. 2024.
- MARIA DO ROSÁRIO, T. et al. The biology of *Diatraea flavipennella* (Lepidoptera: Crambidae) reared under laboratory conditions. **Florida Entomologist**, v. 90, n. 2, p. 309-313, 2007.
- MEJÍA, C. et al. Improving ecological fitness of *Beauveria bassiana* conidia to control the sugar cane borer *Diatraea saccharalis*. **Biocontrol science and technology**, v. 30, n. 6, p. 513-530, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1738343>.
- MENDONÇA A.F. Pragas da cana-de-açúcar. Insetos & Cia, Maceió, 200p. 1996
- PASSOA, S. C. Guide to species of *Diatraea* intercepted or potentially encountered at U.S. ports of entry using morphology and origin, 5 pp. In: Gilligan, T. M. and S. C. Passoa. LepIntercept, An identification resource for intercepted Lepidoptera larvae. Identification Technology Program (ITP), USDA/APHIS/PPQ/S&T, Fort Collins, CO. 2014.

PENN, H. J.; QUENTIN D. R. Stem borer herbivory dependent on interactions of sugarcane variety, associated traits, and presence of prior borer damage. **Pest Management Science**, v. 80, n. 3, p. 1126-1136, 2024.

Pinto, J.R.L. (2016). Preferência de *Diatraea saccharalis* e *Diatraea flavipennella* (Lepidoptera: Crambidae) em variedades de cana-de-açúcar e parasitismo por *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae). [Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Agronomia]. Universidade Federal da Paraíba.

PIMENTEL, G. V. Comportamento de oviposição e desempenho larval de *Diatraea saccharalis* em genótipos de cana-de-açúcar. 2016.

ROBERTO, G. G.; CUNHA, C.; SALES, C. R. G.; SILVEIRA, N. M.; RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; LAGÔA, A. M. M. A. Variação da fotossíntese e dos teores de carboidratos induzidos por etefom e déficit hídrico na fase de maturação da cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 74, p. 379-386, 2015.

SOSA, J.R. O. Pubescence in sugarcane as a plant resistance character affecting oviposition and mobility by the sugarcane borer (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of economic entomology**, v. 81, n. 2, p. 663-667, 1988.

SRIKANTH, J. et al. Damage pattern of sugarcane internode borer *Chilo sacchariphagus indicus* (Kapur) in Tamil Nadu State, southern India. **International sugar journal**, v. 113, n. 1352, p. 590, 2011.

United States Department of Agriculture, USDA. Sugar: World Markets and Trade Production and Exports, 2024. Disponível em: < <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/sugar.pdf> >. Acesso em: 23 de fev. 2024.

3 CAPÍTULO II – INTERAÇÃO DA INFESTAÇÃO DA BROCA *Diatraea impersonatella*, VARIEDADES E DIFERENTES IDADES DA CANA-DE-AÇÚCAR E SUAS CARACTERÍSTICAS AGROINDUSTRIAIS ²

Roberto Balbino da Silva^{1*}, José Bruno Malaquias², Jacinto de Luna Batista²

¹Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, Brasil *Fone:(83) 988591288, e-mail:balbinorobert@hotmail.com,

²Laboratório de Entomologia, Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, Brasil.

ORCID

Roberto Balbino da Silva - <https://orcid.org/0000-0003-4105-7858>

José Bruno Malaquias – <https://orcid.org/0000-0003-3937-9575>

Jacinto de Luna Batista – <https://orcid.org/0000-0001-8860-8085>

3.1 Resumo

Diatraea impersonatella (Walker, 1863) (Lepidoptera: Crambidae) é um inseto-praga amplamente distribuído nas regiões canavieiras do Nordeste do Brasil, mas ainda há lacunas significativas no entendimento da relação entre o nível de infestação, a variedade e a idade das plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a interação da infestação de *D. impersonatella*, variedades RB 92-579, RB 04-1443 e RB 86-7515 e idade das plantas de cana-de-açúcar (45, 70, 130 e 200 dias após o plantio) nos principais parâmetros agroindustriais: teor de sólidos solúveis do caldo (BRIX), conteúdo de FIBRA, que se refere ao material seco insolúvel em água, contida na cana-de-açúcar), açúcar total recuperável (ATR), peso do bolo úmido (PBU), total de sacarose aparente da cana-açúcar (POL), e PUREZA (relação entre a quantidade de POL e o BRIX). Os dados de infestação foram analisados por meio de um modelo linear generalizado misto para dados de contagem, enquanto as variáveis agroindustriais foram avaliadas utilizando um modelo multivariado de componentes principais e um bootstrap não paramétrico. Todas as variedades testadas foram infestadas, sendo que variedade RB 92-579 mostrou maior suscetibilidade, especialmente com o avanço da idade da planta, além de apresentar níveis elevados de BRIX, pureza e POL. Para as avaliações, foram selecionadas em cada talhão quatro pontos de um metro linear em linha paralela, totalizando 8 metros por hectares aleatórios. Os dados de infestação foram analisados por meio de um modelo linear generalizado misto para dados de contagem, enquanto as variáveis agroindustriais foram avaliadas utilizando um modelo multivariado de componentes principais e um *bootstrap* não paramétrico. Todas as variedades testadas foram infestadas, porém a variedade RB 92-579 mostrou maior suscetibilidade, especialmente com o avanço da idade da planta, além de apresentar níveis elevados de BRIX, pureza e POL. A variedade RB 86-7515, por outro lado, apresentou tendência de diminuição do ataque à medida que a planta atinge a idade de 12 meses, menor grau BRIX, maior grau PBU e FIBRA, e valores de POL, PUREZA e FIBRA iguais à RB 04-1443 e inferiores à RB 92-579. Dessa forma, conclui-se que a variedade RB 92-579 é a mais suscetível à infestação de *D. impersonatella*, com nítida relação entre a infestação, a idade da planta e suas características agroindustriais.

Palavras-chave: Manejo integrado de pragas; Resistência de plantas a insetos; Pragas de cana de açúcar; broca da cana de açúcar.

3.2 Introdução

As lepidobrocas são consideradas as principais pragas da cultura da cana-de-açúcar (Bhatti et al., 2008; Francischini et al., 2017), com destaque para as espécies do complexo *Diatraea* (Mejía et al., 2020). Os danos são ocasionados pela fase larval que, na busca por alimentação e abrigo, penetram nos colmos da cana perfurando-os e formando galerias (Rossato Jr et al., 2013). Esse processo resulta na diminuição da qualidade do suco e da biomassa vegetal, além de proporcionar a entrada de patógenos na planta (Cruz-Tobón et al., 2023).

No Brasil, duas espécies se destacam como praga na cultura canavieira: a *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) e *Diatraea impersonatella* (Walker, 1863), esta última anteriormente identificada como *Diatraea flavipennella*, (Pinto, 2016) sendo a última relatada em todos os estados do Nordeste brasileiro (Francischini et al., 2017). O ataque de *D. impersonatella* ocorre através da perfuração inicial dos colmos, seguida da formação de galerias, com as larvas permanecendo no interior do vegetal durante todo o seu ciclo. Esse processo pode resultar na morte do meristema apical, no crescimento de raízes aéreas e na formação de brotos laterais (Rossato Jr et al., 2013). A biologia e os danos causados por essas pragas são semelhantes aos de outras lepidobrocas que atacam a cana-de-açúcar (Dinardo-Miranda et al., 2013), sendo, portanto, necessárias estratégias de controle eficazes.

Para minimizar os prejuízos causados por *Diatraea* spp., estratégias eficazes de monitoramento e controle são essenciais. Caso não sejam implementadas adequadamente, aumentará substancialmente os custos de produção (Gil, 2012), comprometendo a produtividade. No entanto, o controle químico é comprometido devido ao hábito alimentar endóforo e a ocorrência simultânea de fases imaturas e adultas da praga no campo (Maria do Rosário et al., 2007; Francischini et al., 2017).

A infestação pelas brocas é influenciada por diversas variáveis, sendo o estágio fenológico das plantas um fator crucial para o nível de ataque. Plantas jovens tendem a ser mais vulneráveis aos danos causados pela broca (Mendonça et al., 1996), enquanto plantas mais velhas apresentam maior teor de sacarose (Roberto et al., 2015), que serve como fonte alimentar durante todo o ciclo da praga. É importante ressaltar que cada variedade de cana-de-açúcar possui mecanismos de defesa contra a herbivoria, podendo ser resistente a determinadas pragas, o que pode influenciar no nível de infestação observado.

Compreender a infestação de *D. impersonatella* de acordo com a variedade e idade da planta de cana-de-açúcar é de fundamental importância para a implementação de medidas proativas de manejo e por conseguintes tomadas de decisões mais efetivas. Isso permitirá a escolha do momento certo para efetuar o controle e o melhor material genético a ser utilizado em combinação com outras táticas de controle no manejo integrado de pragas, minimizando os prejuízos causados pelo inseto praga. Além disso, é pertinente relacionar o grau de infestação com as características agroindustriais.

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo comparar a susceptibilidade à infestação da broca *D. impersonatella* entre as variedades RB 92-579, RB 04-1443 e RB 86-7515. Ademais, obter a correlação da infestação com as variedades em 45, 70, 130 e 200 dias após plantio de cana-de-açúcar e características agroindustriais, tais como teor de sólidos solúveis do caldo (BRIX), conteúdo de FIBRA, açúcar total recuperável (ATR), peso do bolo úmido (PBU), total de sacarose aparente da cana-açúcar (POL) e PUREZA.

3.3 Material e Métodos

O estudo foi realizado no estado da Paraíba nos municípios de Santa Rita, Mamanguape, Rio Tinto, Jacaraú e Mataraca (Fig. 3), no período de agosto de 2022 a maio de 2024. As análises agroindustriais foram realizadas no laboratório de Sacarose da Associação de Plantadores de Cana da Paraíba (ASPLAN), no município de João Pessoa - PB.

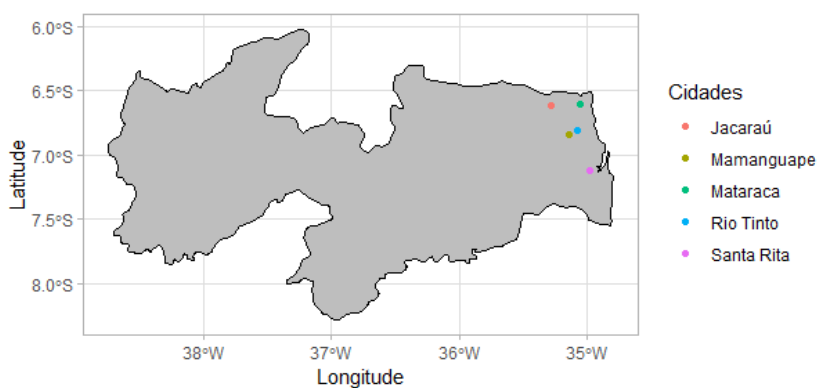


Fig. 3 Coordenadas geográficas das áreas do estudo. Fonte: Silva, 2024.

Foram avaliados 144 talhões de cana-de-açúcar, distribuídos entre as idades de 45, 70, 130 e 200 dias após o plantio (DAP), plantados com as variedades RB 92-579, RB 04-1443 e RB 86-7515. Cada talhão possuía uma área média de 5.000 m². Nenhuma medida de manejo de pragas foi adotada nas áreas experimentais, permitindo a avaliação natural da infestação. Para as avaliações da incidência de *D. impersonatella* foram selecionados em cada talhão quatro pontos aleatórios. Em cada ponto analisaram-se as plantas em um metro linear em duas fileiras paralelas, totalizando dois metros por pontos. As avaliações em plantas com 45 dias foram realizadas a partir da observação dos sintomas da morte do meristema apical, conhecida como "coração morto". Plantas com essa característica foram cortadas 5 cm abaixo do nível do solo para inspeção detalhada, verificando-se a presença de orifícios de entrada ou saída, além de formas biológicas da praga (larvas, pupas ou adultos). Para plantas com 70, 130 e 200 dias, foi realizada a despalha total do colmo, seguida da verificação da presença de orifícios. Caso fossem identificados, os colmos eram abertos longitudinalmente para a confirmação da presença da praga em seus diferentes estágios biológicos.

Paralelamente às análises agrícolas as variedades foram submetidas às análises industriais para determinação dos teores de BRIX, PBU, PUREZA, FIBRA e ATR. As avaliações foram realizadas 24 horas após a colheita, considerando plantas com 330 dias após o plantio (DAP), caracterizadas como cana-planta, de primeira folha (primeiro ciclo produtivo). A Tabela 3 apresenta os indicadores de qualidade e seus valores recomendados para a cultura da cana-de-açúcar.

Tabela 3. Indicadores da qualidade e valores recomendados para a cana-de-açúcar

INDICADORES	VALORES RECOMENDADOS
POL	> 14
Pureza (POL/Brix)	> 85%
ATR (sacarose, glicose, frutose)	> 15% maior possível
AR (glicose, frutose)	< 0,8%
Fibra	11 a 13%
Tempo de queima/corte	< que 35 horas para cana com corte manual
Terra na cana (minerais)	< 5 kg/t cana
Contaminação da cana	< 5,0 x 10 ⁵ bastonetes/ml no caldo
Teor de álcool no caldo da cana	< 0,6% ou < 0,4% Brix
Acidez sulfúrica	< 0,80
Dextrana	< 500 ppm/Brix

Amido da cana	< 500 ppm/Brix
Broca da cana	< 1,0%
Índice de Honig-Bogstra	> 0,25%
Palhiço na cana	< 5,0%
Ácido aconítico	< 1.500 ppm/Brix

Fonte: Ripoli e Ripoli (2004).

Para análise dos dados, foi necessária a diagnose do melhor modelo ajustado. Foi observada que a detecção da superdispersão da variável dependente esteve condicionada às variáveis explicativas, ou seja, idade da planta. A detecção da superdispersão foi dada por meio da adoção da função *overdisp* (Cameron & Trivedi, 2020) do R (R Core Team, 2023), que por sinal fornece uma solução rápida e segura para a detecção de superdispersão em dados de contagem (R Core Team, 2023). Mediante tal análise foi constatado o seguinte diagnóstico, valor do score do teste t de $\lambda = -3,29$, e com probabilidade inferior a 5% ($P = 0,0460$), gerando a escolha do modelo quase Poisson.

Os resultados foram plotados com auxílio da função *ggplot* do pacote *ggplot2*, utilizando a camada *geom_smooth*, o método *glm*, família *quasipoisson*, com fórmula polinomial de grau 1, opção *fullrange = TRUE*. A influência da idade da cana-de-açúcar no número de colmos brocados foi estudada pela análise de deviance, e posteriormente foi conduzida a comparação por meio de contrastes dentro do modelo linear generalizado quasepoisson função de ligação log, utilizando a função *glht* do pacote *multcomp*.

Os dados univariados das análises industriais foram analisados com um *bootstrap* utilizando a função *dbc*, argumento *ccboot* do pacote *Exp.Des.pt* do R (R Core Team, 2023). Os dados também foram submetidos à análise multivariada de componentes principais, para isso os componentes foram calculados com base na matriz de correlações. Os dados foram padronizados através da função *scale*, e os autovalores e autovetores foram estimados através da função *prcomp* da base do R.

3.4 Resultados

Observou-se que o ataque de *D. impersonatella* é influenciado pela variedade e idade da planta de cana-de-açúcar. Através da análise de deviance, verificou-se interação significativa entre os fatores idade e variedade para a quantidade de colmos brocados ($F = 2,54$; $P = 0,0230$). Constatou-se menor número de colmos brocados em plantas com idades de 45 dias, diferindo das idades 70, 130 e 200.

A variedade RB 92-579 apresentou maior susceptibilidade quando comparada com às demais. Além disso, observou-se que as variedades RB 92-579 e RB 04-1443 apresentaram tendência de aumento na quantidade de colmos brocados ao longo do tempo, indicando maior susceptibilidade ao ataque. Em contraste, a variedade RB 86-7515 sofreu ataques mais severos nos estágios iniciais da cultura, porém com tendência de redução do ataque à medida que a planta envelhece (Fig. 4).

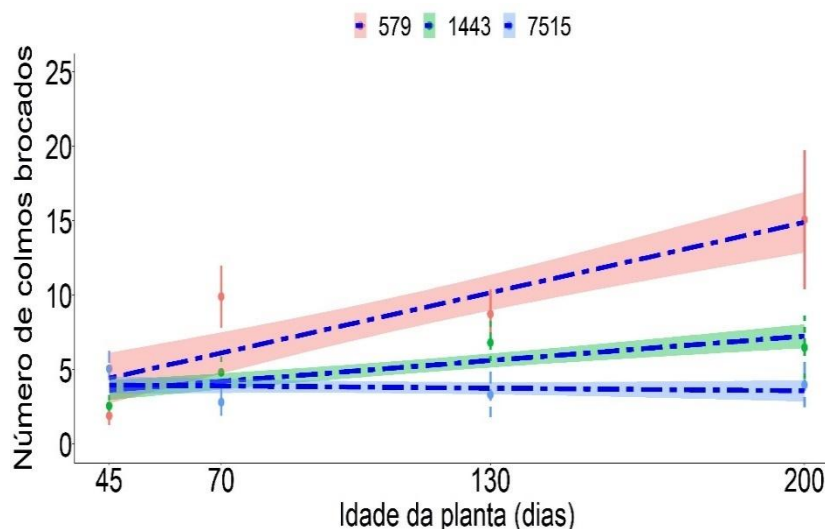


Fig. 4 Incidência de colmos brocados por *Diatraea impersonatella* em função da idade e variedade das plantas de cana-de-açúcar

As matrizes de correlações e Biplot apresentaram correlações positivas e altas entre as variáveis BRIX e POL, BRIX e ATR. A correlação de BRIX e PUREZA apresentou coeficiente positivo, porém moderado. Contudo, ao correlacionarmos BRIX e PBU, BRIX e FIBRA o coeficiente de correlação é moderado e negativo. A correlação entre PBU e FIBRA também apresentou coeficiente positivo e alto, porém ao correlacionar PBU e PUREZA, o coeficiente apesar de positivo foi baixo e negativo e moderado na correlação PBU e POL e PBU e ATR.

A análise de correlação de POL e PUREZA e POL e ATR revelou coeficientes altos e positivos em contraposição da correlação POL e FIBRA, com coeficiente negativo e moderado. A correlação da variável PUREZA e ATR apresentou coeficiente positivo e moderado enquanto o coeficiente de correlação PUREZA e FIBRA apresentou coeficiente positivo, porém baixo. Por fim, a correlação FIBRA e ATR apresentou coeficiente negativo e moderado (Tabela 4).

Tabela 4. Coeficientes de correlação múltipla (r) obtidos entre as variáveis BRIX, PBU, POL, PUREZA, FIBRA e ATR

	BRIX	PBU	POL	PUREZA	FIBRA	ATR
BRIX	-	$r = -0,500$ $p = 0,0579$	$r = 0,945$ $p = 0,0000$	$r = 0,473$ $p = 0,0752$	$r = -0,507$ $p = 0,0537$	$r = 0,888$ $p = 0,0000$
PBU	-	-	$r = -0,378$ $p = 0,1646$	$r = 0,0321$ $p = 0,9096$	$r = 0,995$ $p = 0,0000$	$r = -0,427$ $p = 0,1126$
POL	-	-	-	$r = 0,735$ $p = 0,0018$	$r = -0,394$ $p = 0,1466$	$r = 0,933$ $p = 0,0000$
PUREZA	-	-	-	-	$r = 0,00353$ $p = 0,9900$	$r = 0,676$ $p = 0,0057$
FIBRA	-	-	-	-	-	$r = -0,451$ $p = 0,0914$
ATR	-	-	-	-	-	-

No que tange à disposição das observações e dos vetores no Biplot, a variedade RB 92-579 apresenta níveis expressivos de BRIX, ATR, PUREZA e POL e o contrário foi verificado para a variedade RB 86-7515 (Fig. 5).

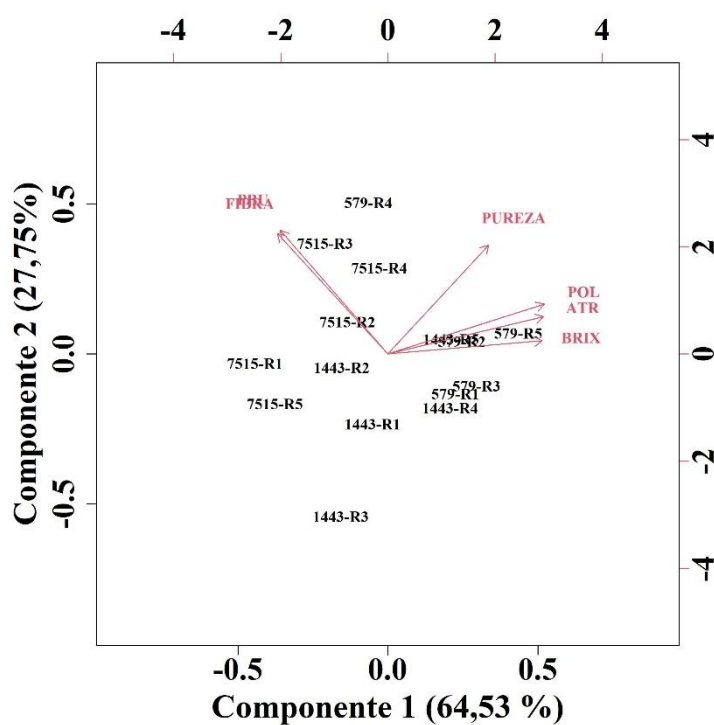


Fig. 5 Análise de componentes principais entre as variáveis BRIX, PBU, POL, PUREZA, FIBRA e ATR. RB 92-579; RB 04-1443; RB 86-7515

As análises univariadas de *bootstrap* demonstram que houve diferença entre todas as variáveis avaliadas. A variedade RB 92-579 apresentou o maior grau BRIX, POL, PUREZA e ATR. Enquanto a variedade RB 86-7515 expressou o menor grau BRIX, POL e ATR; porém o maior grau PBU e FIBRA. Dessa maneira, na variedade RB 04-1443 foram constatados valores médios para todas as variáveis (Tabela 5).

Tabela 5. Análise univariada de *bootstrap* entre as variáveis BRIX, PBU, POL, PUREZA, FIBRA e ATR

Variedade	BRIX	PBU	POL	PUREZA	FIBRA	ATR
RB 92-579	20,10a	133,72b	18,1a	90,06a	11,96b	146,36a
RB 04-1443	19,40a	132,94b	16,72b	86,18b	11,82b	137,70a
RB 86-7515	18,14b	146,16a	15,79b	87,04b	13,81a	134,08a
<i>F</i>	6,8732	5,145	7,743	5,1942	5,3398	2,9506
<i>P</i>	0,010252	0,024346	0,006925	0,023712	0,021942	0,090739

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Bootstrap.

3.5 Discussão

Os resultados deste estudo comprovaram a correlação do ataque de *D. impersonatella* com a variedade e idade da planta de cana-de-açúcar. Acredita-se que a maior preferência da praga pelas variedades RB 92-579 e RB 04-1443 pode estar relacionada ao alto teor de sacarose e ao baixo teor de fibra, características encontradas em ambas as variedades sendo citadas por diversos autores (Cuenya e Mariotti, 1984; Oliveira, Daros e Hoffmann, 2015), e reforçado pelos dados provenientes das análises industriais realizadas no presente estudo. As variedades de cana-de-açúcar com maior ATR e baixa percentagem de fibras são mais suscetíveis ao ataque da broca e atividade de patógenos.

A sacarose torna a planta mais atrativa para os artrópodes-praga por ser um composto fundamental no desenvolvimento de tais organismos, principalmente durante a fase larval (Borges Filho et al. 2018). Enquanto o baixo teor de fibra acarreta menor dureza da casca (Singh, Nigam e Singh, 2013), o que facilita a penetração da broca nos colmos. Ao mesmo tempo, essas informações justificam a menor incidência de broca na variedade RB 86-7515, pois, embora esta apresente alto teor de sacarose,

apresenta médio teor de fibra (ASSOCANA, 2015), o que possivelmente dificulta a infestação da praga.

Outra justificativa para a menor incidência da broca na variedade RB 86-7515 é que esta é uma variedade mais antiga quando comparada com as demais desse estudo. Plantas mais antigas tendem a apresentar maior resistência natural, uma vez que o melhoramento genético, para obtenção de cultivares mais produtivas e com maior concentração de açúcar, frequentemente seleciona genótipos mais suscetíveis à praga (Dinardo-Miranda et al., 2013).

O aumento do ataque da broca, relacionado ao envelhecimento da planta, nas variedades RB 92-579 e RB 04-1443, é amplamente descrito na literatura. Srikanth et al. (2011), por exemplo, destacam maior incidência de broca em cana-de-açúcar quando as plantas estão próximas à maturidade fenológica. Isso pode ser explicado pelo fato de que plantas com idade mais avançada possuem entrenós maduros, proporcionando à praga alimento durante todo seu ciclo larval. Além disso, em estágios mais avançados, as plantas apresentam maior disponibilidade de sacarose (Roberto et al., 2015).

Entretanto, é relevante ressaltar que, apesar da baixa incidência, o ataque de *D. impersonatella* foi detectado em plantas com 45 dias de idade. Esse cenário deixa evidente a capacidade de adaptação e oportunismo dessa praga ao atacar plantas que tendem a ser menos atraentes. Plantas de até quatro meses de idade são vulneráveis aos danos causados pela broca e, de acordo com Mendonça et al. (1996), o ataque nessa idade causa a morte da gema apical e, por consequência, a morte da planta.

Por fim, informações sobre a idade da planta e sobre o comportamento das cultivares em relação ao ataque de *D. impersonatella* são fundamentais para orientar a escolha do momento ideal para o controle da praga, bem como a seleção do material genético mais adequado para uso em combinação com outras táticas de controle no Manejo Integrado de Pragas (MIP).

3.6 Conclusões

De acordo com as análises industriais, a variedade RB 92-579 apresenta níveis expressivos de BRIX, ATR, PUREZA e POL, a variedade RB 86-7515 apresenta menor grau BRIX, POL e ATR; porém com maior grau de PBU e FIBRA e a variedade RB 04-1443 apresenta valores médios para tais variáveis.

A variedade RB 92-579 é mais suscetível ao ataque de *D. impersonatella* quando comparada com as demais, independentemente da idade avaliada. Além disso, a vulnerabilidade de ataque de *D. impersonatella* nas variedades RB 92-579 e RB 04-1443 aumenta com o avanço fenológico da planta.

REFERÊNCIAS

- ASSOCANA - Associação Rural dos Fornecedores e Plantadores de Cana da Média Sorocabana (2020) Características Agrotécnicas e Manejo Varietal da Cana-de-Açúcar Mais Plantadas.
- BHATTI, I.B.; PANHWAR, D.B.; UNAR, G.S.; CHONHAN, M.; GUJAR, N.; PANHWAR, M.A.; UNAR, M.A. Incidence and intensity of borer complex infestation on different sugarcane genotypes under agro-climatic conditions of Thatta. **Pakistan Journal of Scientific**, v. 60, n. 3/4, p. 103-106, 2008.
- BORGES FILHO, R.D.C.; BERNARDI, D.; STURZA, V.S.; CUNHA, U.S.D.; DIEZ-RODRÍGUZ, G.I.; SENE PINTO, A. 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. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toy286>
- CAMERON, A.C.; TRIVEDI, P.K. **Microeconometrics Using Stata**. Stata Press, 2020
- CUENYA, M.I.; MARIOTTI, J.A. 1984. Selección por erectilidade en progenies híbridas de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Em **Congresso Nacional da Sociedade dos Técnicos Açucareiros de Alcooleiros do Brasil**, São Paulo 28 Anais... São Paulo: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 1984, p. 226- 235, 1984.
- CRUZ-TOBÓN, M.; HERMÁNDEZ-ROSAS, F.; SILVA-ROJAS, H.V.; SERNA-LAGUNES, R.; RODRÍGUEZ-LAGUNES, D.A.; LLARENA-HERNÁNDEZ, R.C. Damage by *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) in the Córdoba-Golfo sugarcane region, Veracruz. **Revista mexicana de ciencias agrícolas**, v. 14, n. 8, 2023. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i8.3371>
- DINARDO-MIRANDA, L.L.; FRACASSO, J.V.; COSTA, V.P.D.; ANJOS, I.A.D.; LOPES, D.O.P. Reação de cultivares de cana-de-açúcar à broca do colmo. **Bragantia**, v. 72, p. 29-34, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052013005000012>
- FRANCISCHINI, F.J.; DE CAMPOS, J.B.; ALVES-PEREIRA, A.; GOMES VIANA, J.P.; GRINTER, C.C.; CLOUGH, S.J.; ZUCCHI, M.I. Morphological and molecular characterization of Brazilian populations of *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) and the evolutionary relationship among species of *Diatraea* Guilding. **Plos one**, v. 12, n. 11, p. e0186266, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186266>
- GIL, E.P. (2012). Biocombustíveis, curso de tecnologia em: Manejo integrado de pragas no controle da broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*).
- MARIA DO ROSÁRIO, T. et al. The biology of *Diatraea flavipennella* (Lepidoptera: Crambidae) reared under laboratory conditions. **Florida Entomologist**, v. 90, n. 2, p. 309-313, 2007.

MEJÍA, C.; ESPINEL, C.; FORERO, M.; RAMOS, F.A.; BRANDÃO, P.F.; VILLAMIZAR, L. Improving ecological fitness of *Beauveria bassiana* conidia to control the sugar cane borer *Diatraea saccharalis*. **Biocontrol Science and Technology**, v. 30, n. 6, p. 513-530, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/09583157.2020.1738343>

MENDONÇA, A.F.; MORENO, J.A.; RISCO, S.H.; ROCHA, I.C.B. As brocas da cana-de-açúcar, *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae), p.51-82. In Mendonça, A.F. (Ed.), **Pragas da Cana-de-açúcar**. Maceió: Insetos & Cia. 239p, 1996.

Métodos e tecnologias para análise de cana. (2017, 28 de agosto). **RPANews**. <https://cnpem.br/metodos-e-tecnologias-para-analise-de-cana/>

OLIVEIRA, R.A.; DAROS, E.; HOFFMANN, H.P. **Liberação nacional de variedades RB de cana-de-açúcar**. Graciosa, Curitiba, 72p, 2015.

PINTO, J.R.L. Preferência de *Diatraea saccharalis* e *Diatraea flavipennella* (Lepidoptera: Crambidae) em variedades de cana-de-açúcar e parasitismo por *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae). [Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Agronomia]. Universidade Federal da Paraíba, 2016.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Barros & Marques Editoração Eletrônica, 2004.

ROBERTO, G. G.; CUNHA, C.; SALES, C. R. G.; SILVEIRA, N. M.; RIBEIRO, R.V.; MACHADO, E. C.; LAGÔA, A. M. M. A. Variação da fotossíntese e dos teores de carboidratos induzidos por etefom e déficit hídrico na fase de maturação da cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 74, n. 4, p. 379-386, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.0062>

ROSSATO JR, J. A. S.; COSTA, G. H.; MADALENO, L. L.; MUTTON, M. J.; HIGLEY, L. G.; FERNANDES, O. A. Characterization and impact of the sugarcane borer on sugarcane yield and quality. **Agronomy Journal**, v. 105, n. 3, p. 643-648, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2012.0309>

R CORE TEAM **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, 2023.

SINGH, S. P.; NIGAM, A.; SINGH, R.K. Influence of rind hardness on sugarcane quality. **American Journal of Plant Sciences**, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2013.48A006>

SRIKANTH, J.; KURUP, N.K. Damage pattern of sugarcane internode borer *Chilo sacchariphagus indicus* (Kapur) in Tamil Nadu State, southern India. **International Sugar Jornal**, v. 113, n. 1352, p. 590, 2011.

4 CAPÍTULO III - ECOLOGIA DE INFESTAÇÃO DE *Diatraea impersonatella* NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO IRRIGADO E SEQUEIRO EM DIFERENTES DISTÂNCIAS DO CARREADOR.³⁴

Roberto Balbino da Silva^{1*}, José Bruno Malaquias², Jacinto de Luna Batista²

¹Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, Brasil *Fone:(83) 988591288, e-mail:balbinorobert@hotmail.com,

²Laboratório de Entomologia, Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, Brasil.

ORCID

Roberto Balbino da Silva - <https://orcid.org/0000-0003-4105-7858>

José Bruno Malaquias – <https://orcid.org/0000-0003-3937-9575>

Jacinto de Luna Batista – <https://orcid.org/0000-0001-8860-8085>

4.1 Resumo

A cana-de-açúcar é um componente essencial do agronegócio brasileiro, conferindo ao país o título de maior produtor e exportador mundial. No entanto, a cultura enfrenta desafios significativos tais como ocorrência de lepidópteros, dentre os quais *Diatraea impersonatella* se destaca como uma das principais pragas responsáveis por perdas na produtividade. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo investigar a relação entre a infestação de *D. impersonatella* e diversos fatores, incluindo as variedades cultivadas, a idade das plantas, o sistema de cultivo (sequeiro ou irrigado) e a distância do carreador. As variedades analisadas foram RB 92 579 e RB 86 7515, considerando-se quatro idades distintas das plantas (45, 70, 130 e 200 dias após o plantio - DAP) e distâncias do carreador de 0, 10, 30 e 90 metros. Para avaliar a infestação, plantas com 45 DAP foram monitoradas quanto à presença do sintoma de coração morto e cortadas a 5 cm abaixo do nível do solo para a análise do orifício provocados pela praga. As plantas mais velhas (70, 130 e 200 DAP) foram despalhadas para verificação da presença de orifícios de entrada e/ou saída da broca. Os resultados indicaram que o sistema de cultivo irrigado resultou em maior incidência de *D. impersonatella* em comparação ao sistema de sequeiro, especialmente após 70 dias do plantio. Além disso, a proximidade ao carreador se correlacionou a um aumento na infestação, destacando a importância de implementar estratégias de manejo adequadas para mitigar os impactos fitossanitários na cultura.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum*; broca da cana; susceptibilidade; cultivo irrigado.

4.2 Introdução

No panorama agrícola brasileiro a cultura da cana-de-açúcar se destaca devido à produção e exportação de açúcar, uma vez que o país é o maior produtor e exportador mundial com atuação superior a 30%. Adicionalmente, o produto ainda é utilizado para a produção de etanol e a geração de energia, destacando-se por ser uma fonte limpa de bioenergia, com avanços tecnológicos significativos em todas as etapas de produção, garantindo a competitividade do Brasil na esfera global (Santos *et al.*, 2018).

No cenário nacional, a região Nordeste se destaca na produção de cana-de-açúcar, ocupando a terceira posição em volume de produção. Dentro desse contexto, o Estado da Paraíba se sobressai como o terceiro maior produtor da região, desempenhando um papel significativo na oferta de matéria-prima para a indústria sucroalcooleira (CONAB, 2024). Contudo, apesar do alto potencial do cultivo no Estado, observa-se a ocorrência de diversos problemas fitossanitários que comprometem a produtividade e a qualidade do produto final. Entre esses desafios, destacam-se a incidência de pragas e doenças, que podem resultar em perdas significativas e impactos negativos na cadeia produtiva da cana-de-açúcar.

A broca-comum (*Diatraea* spp.), a cigarrinha-dos-canaviais (*Mahanarva posticata*), (Stal, 1855), (Hemiptera: Cercopidae), a broca-gigante (*Telchinlicus licus*), (Drury, 1770), (Lepidoptera: Castniidae) e a lagarta-elasma (*Elasmopalpus lignosellus*) (Zeller, 1848) (Lepidoptera: Pyralidae), são responsáveis por grandes perdas da produtividade dessa cultura no estado da Paraíba (ASPLAN, 2014), sendo associadas por Mendonça *et al.*, (1996) como as pragas as mais impactantes da cana-de-açúcar no Continente Americano. Os danos causados pela broca (*Diatraea* spp.) são diretos e indiretos. Os danos diretos ocorrem pela herbivoria, comprometendo o crescimento da planta, enfraquecendo-a e causando brotações laterais e perda de gemas. Já os danos indiretos decorrem das galerias abertas no colmo, que facilitam a entrada de fungos e outros microrganismos, resultando no “complexo broca-podridão” (Gallo *et al.*, 2002).

A infestação de brocas na cana-de-açúcar é influenciada por fatores como o estágio fenológico da planta, condições edafoclimáticas e práticas de manejo. Cada variedade apresenta mecanismos específicos de defesa contra herbivoria, determinando sua resistência à praga (Carbognin *et al.*, 2023). O teor de água no solo

também afeta a suscetibilidade da planta às infestações (Lima et al., 2013). A distância do carreador é outro fator relevante, pois influencia a incidência de *Diatraea* spp. O posicionamento dos talhões considera declividade, permeabilidade, profundidade e fertilidade do solo, além da logística de distribuição de insumos e escoamento da produção. A disposição estratégica dos carreadores pode impactar a ocorrência da praga, exigindo um planejamento adequado para minimizar infestações.

Diante da relevância da cultura canavieira, torna-se fundamental compreender as infestações de pragas e seus impactos na produtividade. Assim, este estudo avaliou a relação entre a infestação de *Diatraea impersonatella* e fatores como as variedades cultivadas (RB 92-579 e RB 86-7515), a idade das plantas, o sistema de cultivo (sequeiro ou irrigado) e a distância do carreador.

4.3 Material e Métodos

4.3.1 Local da pesquisa

Os experimentos foram desenvolvidos em áreas comerciais de cana-de-açúcar no litoral do Estado da Paraíba, abrangendo as seguintes cidades Santa Rita, Mamanguape, Rio Tinto e Mataraca (Figura 6).

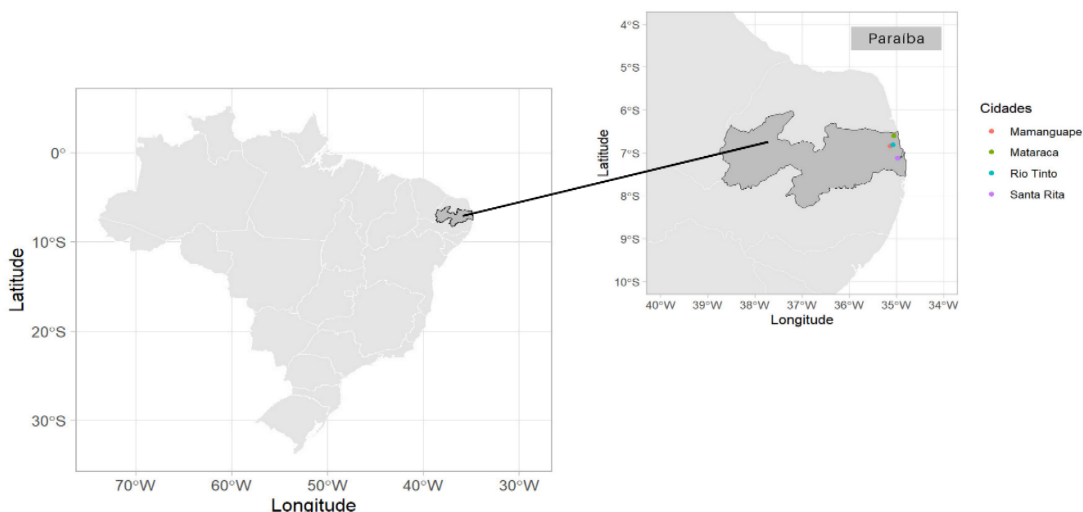


Figura 6 – Coordenadas geográficas das áreas de estudo. Fonte: Silva, 2024

4.3.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento blocos ao acaso, com arranjo fatorial $4 \times 4 \times 2$. Os fatores avaliados foram quatro distâncias do carreador (0, 10, 30 e 90 metros), quatro idades das plantas (45, 75, 130 e 200 DAP) e dois sistemas de

cultivo (sequeiro e irrigado), considerando duas variedades de cana-de-açúcar amplamente utilizadas em áreas comerciais: RB 92-579 e RB 86-7515. Foram avaliados 192 talhões, com áreas variando de 4.000 a 8.000 m², totalizando 48 talhões por variedade e 12 por tratamento. Não foram realizadas intervenções para o manejo de pragas nas áreas experimentais.

4.3.3 Coleta de dados

Em relação à análise da infestação de *D. impersonatella*, foram realizadas amostragens em quatro pontos obedecendo a distância do carreador dentro dos talhões e examinadas plantas com a presença do ataque da broca, na primeira avaliação (45 DAP) foi observado o sintoma do coração morto caracterizado pela murcha na folha principal conhecida popularmente como coração morto, após identificação, as plantas foram cortadas a baixo do nível do solo (5 cm), para as demais avaliações (70, 130 e 200 DAP) as plantas foram despalhadas e realizada inspeção detalhada dos colmos para identificação dos orifícios de entrada da *D. impersonatella*. Além de avaliar as plantas em função do dia após emergência, foram analisadas 4 distâncias do carreador, sendo elas a 0, 10, 30 e 90 m em relação ao carreador, visando avaliar a infestação em relação ao espaço no cultivo e comparados os sistemas irrigado e sequeiro. Em cada um desses pontos, as plantas foram analisadas ao longo de um metro linear espelhado.

Para determinação da situação foram consideradas as seguintes características no sistema de cultivo sequeiro: o desenvolvimento da planta depende das condições climáticas, desenvolvendo-se, principalmente, com água da chuva; enquanto a cana-de-açúcar do sistema irrigado possui acesso a água durante todo o seu ciclo de desenvolvimento, sendo uma lâmina de água diária de 4 mm. Os dados de incidência de colmos brocados foram analisados através dos Modelos Lineares Generalizados Mistos (GLMM). O ajuste do modelo foi confirmado com um envelope simulado meio normal. Todos os dados foram analisados utilizando o software R (R Core Team, 2023).

4.4 Resultados

Para a variedade RB 92-579, não foi observada diferença significativa entre os fatores idade das plantas e condição de cultivo ($F = 0,3416$; $P = 0,5588$) (Tabela 6). Já para a variedade RB 86-7515, houve diferença significativa entre os sistemas de

cultivo (sequeiro e irrigado) ($F = 4,16$; $P = 0,0412$), porém sem efeito de interação entre os fatores ($F = 0,0605$; $P = 0,8058$) ou efeito isolado da idade das plantas ($F = 0,1962$; $P = 0,6578$) (Tabela 6).

Tabela 6 – Análise de deviance da infestação de *Diatraea impersonatella* como função do tempo, da condição de manejo irrigado ou sequeiro e da interação desses fatores

Variedade	FV	F	P
579	Idade (I)	9,92	= 0,0016
	Condição (C)	14,33	= 0,0001
	I vs C	0,3416	= 0,5588
7515	Idade (I)	0,1962	= 0,6578
	Condição (C)	4,1676	= 0,0412
	I vs C	0,0605	= 0,8058

1. FV= Fonte de Variação. F= valor de F proveniente da análise de deviance do modelo linear generalizado. P= valor de probabilidade.

Em todas as idades da planta houve maior infestação de *D. impersonatella* na condição irrigada em relação ao sequeiro ($F = 14,33$; $P = 0,0001$) (**Figura 7**). Na variedade RB 92 579 não houve sobreposição dos intervalos de confiança entre as condições irrigado e sequeiro em todos os intervalos avaliados (**Figura 7A**). A partir dos 70 dias, a infestação foi mais intensa ($P < 0,05$) na condição irrigada em relação à condição sequeiro. Na variedade RB 86 7515 as diferenças significativas foram mais expressivas aos 70 e 200 dias (**Figura 7B**).

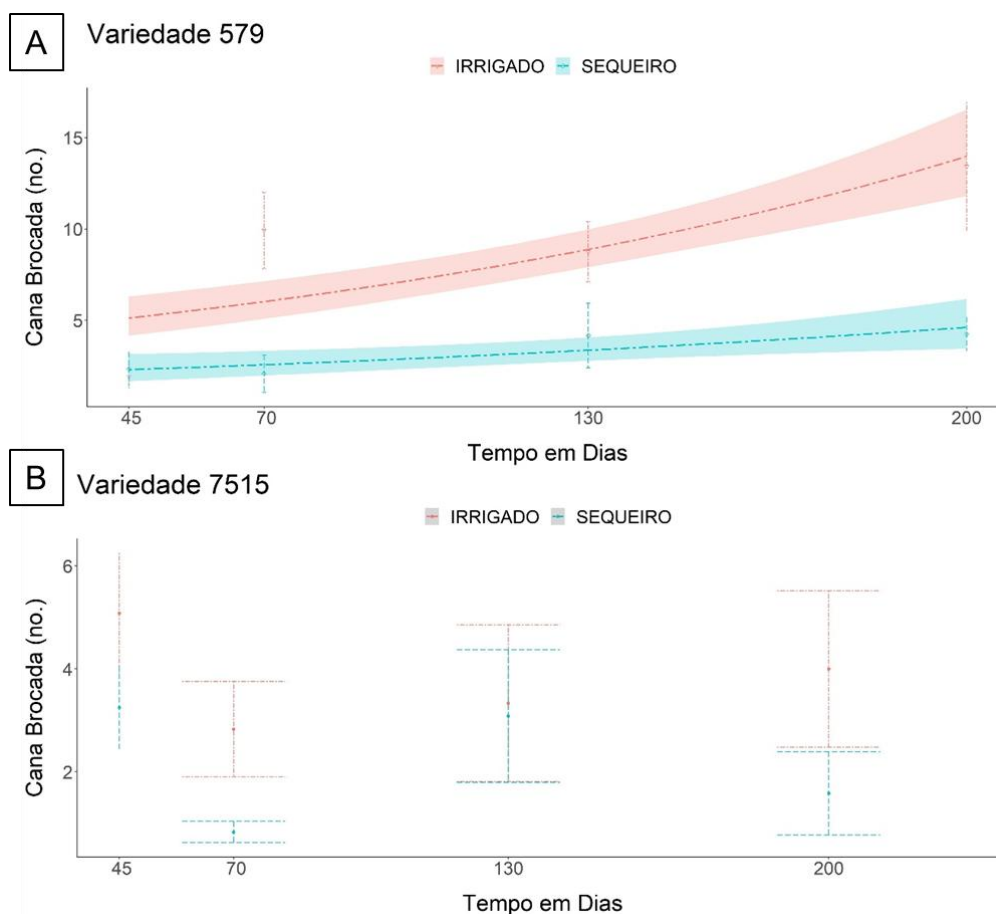


Figura 7 – Número de plantas de cana-de-açúcar infestadas por *Diatraea impersonatella* como função do tempo e da condição de manejo irrigado ou sequeiro nas variedades 579 e 7517.

Em relação ao efeito da distância do carreador para ambas as variedades RB 92 579 ($F= 2,08$; $P= 0,1484$) e RB 7515 ($F= 0,09$; $P= 0,7591$), foi observado que não houve interação desse fator com a condição de cultivo. Por outro lado, em ambos os casos houve efeito isolado dos fatores distância do carreador e da condição de cultivo ($P> 0,05$) (Tabela 7).

Tabela 7 – Análise de deviance da infestação de *Diatraea impersonatella* como função da distância do carreador, da condição de manejo irrigado ou sequeiro e da interação desses fatores

Variedade	FV	F	P
579	Distância (D)	10,85	= 0,00098
	Condição (C)	19,63	< 0,0001

	D vs C	2,08	= 0,1484
	Distância (D)	4,40	= 0,035
7515	Condição (C)	4,59	= 0,0320
	D vs C	0,09	= 0,7591

FV= Fonte de Variação. F= valor de F proveniente da análise de deviance do modelo linear generalizado. P= valor de probabilidade.

Conforme a Figura 8, a infestação foi significativamente maior no sistema irrigado em comparação ao sequeiro para ambas as variedades. Além disso, observa-se um padrão claro de redução da infestação à medida que a distância do carreador aumenta (Figura 8).

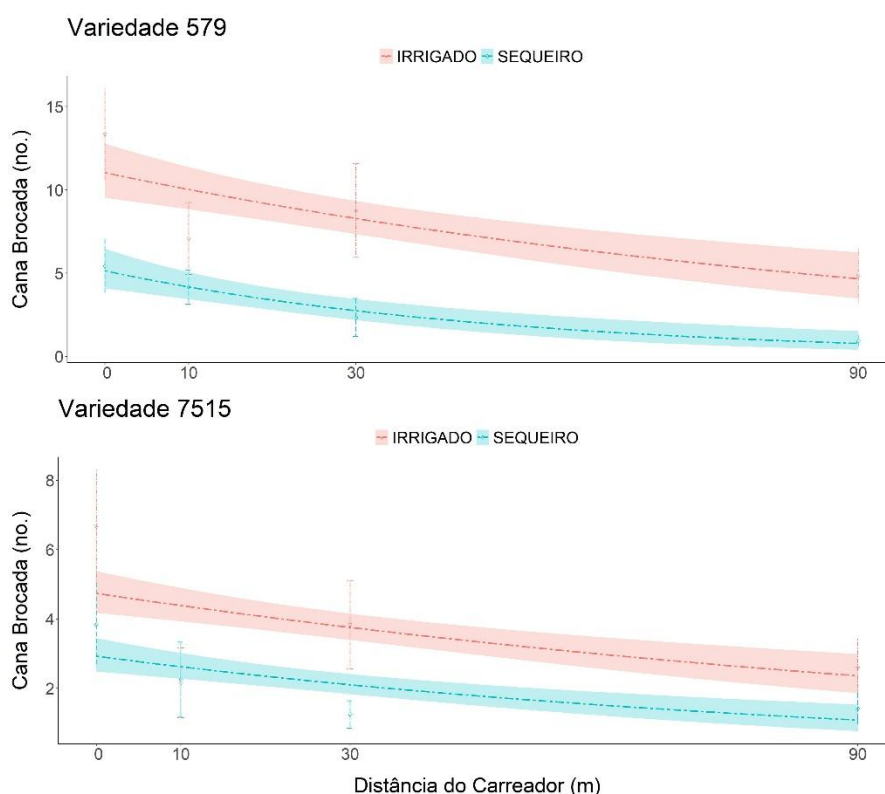


Figura 8 – Número de plantas de cana-de-açúcar infestadas por *Diatraea impersonatella* como função da distância do carreador e da condição de manejo irrigado ou sequeiro nas variedades RB 92 579 e RB 86 7517.

Em relação ao efeito da distância do carreador na ocorrência de formas biológicas de *D. impersonatella* foram constatados resultados distintos em relação às cultivares, enquanto a distância do carreador impactou a ocorrência dessas formas biológicas na variedade RB 86 7515 ($F= 7,33$; $P= 0,0067$), esse fator não foi

importante para a variedade RB 92 579 ($F= 2,88$; $P= 0,089$), pois não houve diferença significativa entre as distâncias analisadas. Por outro lado, a condição de cultivo (irrigado/sequeiro) é relevante na ocorrência de pelo menos uma das fases ($F= 8,80$; $P= 0,0030$) (Tabela 8; Figura 9).

Tabela 8 – Formas biológicas (ovos, larvas e pupas) de *Diatraea impersonatella* como função da distância do carreador

Distância	Variedades	
	RB 759	RB 7515
0	2,00±0,45 A	1,83±0,41 A
10	1,83±0,52 A	0,83±0,31 B
30	1,87±0,52 A	0,87±0,30 B
90	1,04±0,41 A	0,45±0,15 B

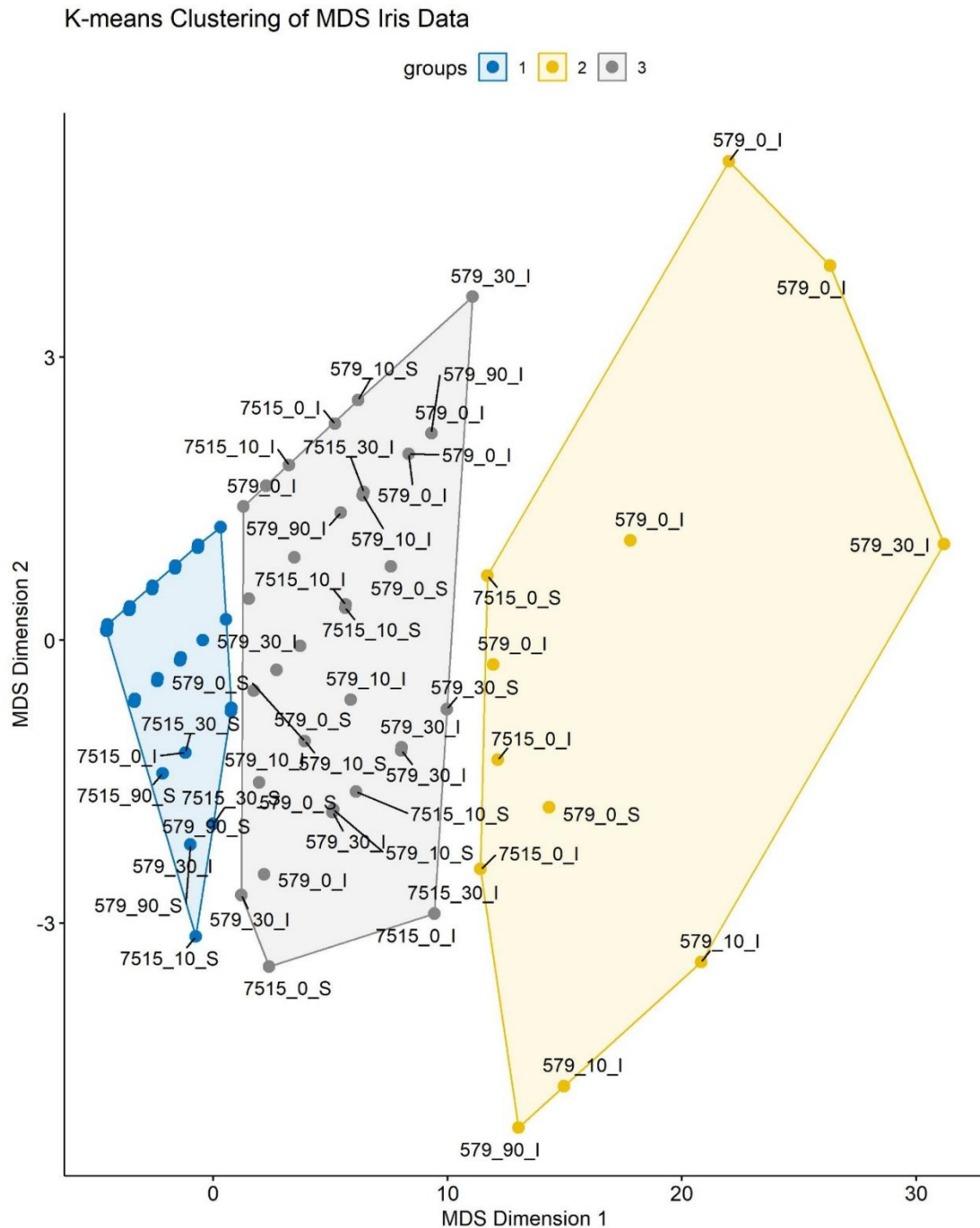


Figura 9 – Escalonamento multidimensional considerando as variáveis: formas imaturas (ovos, larvas e pupas) de *Diatraea impersonatella* e número de plantas brocadas como função das condições irrigado (I) e sequeiro (S), variedade e idade da planta.

4.5 Discussão

O presente estudo ressalta a importância da adoção de um plano de manejo para o controle de *D. impersonatella*, relacionando o nível de infestação com a variedade utilizada, idade da planta, condição de manejo e distância das bordaduras dos talhões. De acordo com as variedades estudadas ficou evidente uma tendência para maior infestação de *D. impersonatella* na variedade RB 92 579 em relação a variedade RB 86 7515.

A preferência diferencial das larvas por determinadas variedades pode estar associada à composição nutricional das plantas, que influencia diretamente o desenvolvimento do inseto. Observou-se que a variedade RB 92 579 apresenta um elevado teor de sacarose, um composto essencial para o crescimento e metabolismo das larvas (Borges Filho *et al.*, 2018). Além disso, essa variedade possui um baixo teor de fibra, o que potencialmente reduz a resistência mecânica dos colmos e facilita a penetração das larvas (Singh, Nigam e Singh, 2013).

A elevada infestação de *D. impersonatella*, observada em sistema de cultivo irrigado, em comparação com o cultivo em sequeiro, pode ser atribuída ao desequilíbrio no desenvolvimento da planta com excesso de aminoácidos livres e açúcares redutores, o que consequentemente as torna mais atrativa para a praga. Estudos mostram que as gramíneas, como a cana-de-açúcar, apresentam um desempenho superior quando cultivadas sob manejo irrigado (Lima *et al.*, 2013).

Outro ponto de grande relevância para essa praga é o desenvolvimento das suas fases, sendo um inseto holometábolo, as fêmeas ovipositam na face adaxial da folha da cana e os ovos são sensíveis a baixa umidade, condição que as áreas irrigadas não oferecem, ponto determinante também para o aumento da sua população (Carbognin *et al.*, 2023). Em contrapartida, a falta de irrigação prejudica significativamente o desenvolvimento da cana-de-açúcar, especialmente durante os estágios críticos de perfilhamento, alongamento e crescimento (Mehdi *et al.*, 2024).

Durante períodos de déficit hídrico, a cana-de-açúcar apresenta redução no crescimento do caule e na produção de sacarose (Mehdi *et al.*, 2024) e como já mencionado, esses fatores são determinantes na preferência dos insetos-praga, especialmente devido ao baixo teor de açúcar em canas produzidas com déficit hídrico (Borges Filho *et al.*, 2018). O que foi observado nas condições de sequeiro, com altas temperaturas e baixa umidade, gerando um prolongamento da sua fase larval no

interior do colmo, como resultado ocorrendo uma diminuição da proliferação desse inseto nessas condições.

No que diz respeito ao contraste entre a infestação de *D. impersonatella* e a distância do carreador, fica claro que a proximidade do local amostrado com as bordaduras dos talhões apresenta maior intensidade da praga. Esse resultado pode ser atribuído à baixa dispersão das lagartas, que costumam se agrupar nas proximidades das ruas, conforme observado na espécie *D. saccharalis* por Carvalho (2011). Sendo assim, em caso de amostragem dessa praga pode-se dar preferência pelos primeiros 10 metros das bordaduras dos talhões.

Mediante os resultados encontrados, ressalta-se a necessidade de abordagens personalizadas e de fácil adaptação para o manejo de *D. impersonatella*, sendo importante considerar características das variedades implantadas, idade da planta, condição de manejo e distância do carreador, a fim de garantir a implementação de estratégias de controle mais assertivas.

4.6 Conclusões

O cultivo irrigado apresentou maior incidência de *Diatraea impersonatella* em comparação ao cultivo de sequeiro nas variedades RB 92 579 e RB 86 7515. Além disso, a infestação foi mais intensa nas áreas próximas ao carreador (bordadura), indicando a influência da localização dentro do talhão na distribuição da praga.

REFERÊNCIAS

LIMA, H. M. A.; DE MELO RODRIGUES, V.; GUIMARÃES DUARTE, A.; VERÇOSA DE ARAUJO JÚNIOR, J.; OLYMPIO PEIXOTO LOPES, D.; SOARES DE LIMA, I.; GUIMARÃES DUARTE, A.; TEODORO, I. Infestação de *Diatraea* spp. (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) em variedades RB (República do Brasil) de cana-de-açúcar. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 4, 407–413, 2013.

Associação de Plantadores de Cana da Paraíba. ASPLAN. (2014) **Técnicas agrícolas sustentáveis para o cultivo da cana-de-açúcar - Manual de Orientação**. 2014.

BORGES FILHO, R. D. C.; BERNARDI, D.; STURZA, V. S.; CUNHA, U. S. D.; DIEZ-RODRÍGUEZ, G. I.; SENE PINTO, A.; 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. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toy286>

CARVALHO, Jackeline da Silva. **Distribuição espacial e amostragem sequencial de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae), na cultura de cana-de-açúcar**. 2011. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal – SP, 2011.

Companhia Nacional de Abastecimento. CONAB. (2023) **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**, v. 11, n. 3, <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>

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*. 1 ed. Piracicaba: FEALQ, 2002.

LIMA, H. M. A.; RODRIGUES, V. M.; DUARTE, A. G.; ARAÚJO JÚNIOR, J. V.; LOPES, D. O. P.; LIMA, I. S.; DUARTE, A. G.; TEODORO, I. Infestação de *Diatraea* spp. (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) em variedades RB (República do Brasil) de cana-de-açúcar. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 4, p. 407-413, 2013. <https://doi.org/10.14295/cs.v4i4.525>

MEHDI, F.; CAO, Z.; ZHANG, S.; GAN, Y.; CAI, W.; PENG, L.; WU, Y.; WANG, W.; YANG, B. Factors affecting the production of sugarcane yield and sucrose accumulation: suggested potential biological solutions. **Frontiers in Plant Science**, v. 15, p. 1374228, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1374228>

MENDONÇA, A. F., MORENO, J. A., RISCO, S. H., ROCHA, I. C. B. (1996). As brocas da cana-de-açúcar (Lepidoptera: Pyralidae). In A.F. Mendonça (Ed.) *Pragas da cana-de-açúcar* (pp. 51-82). Insetos & Cia.

R Core Team (2023). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing.

SANTOS, D. F. L.; SOUZA, C. A. F.; FARINELLI, J. B. M.; SILVA, B. L.; HORITA, K. Análise Econômica da Produção de Cana-De-Açúcar em Diferentes Pacotes Tecnológicos. **Revista Estudo & Debate**, v. 25, n. 2, 2018. DOI: <https://doi.org/10.22410/issn.1983-036X.v25i2a2018.1816>

SINGH, S. P.; NIGAM, A.; SINGH, R. K. Influence of rind hardness on sugarcane quality. **American Journal of Plant Sciences**, v. 2013, 2013. DOI: [10.4236/ajps.2013.48A006](https://doi.org/10.4236/ajps.2013.48A006)