

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PAULA KARINE KLOSTER KARPINSKI

CARACTERIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO ALIMENTAR DE *DICERAEUS*
(*DICHELOPS*) *MELACANTHUS* (DALLAS, 1851) (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE)
EM CULTIVARES DE SOJA COM A TECNOLOGIA BLOCK®

CURITIBA

2022

PAULA KARINE KLOSTER KARPINSKI

CARACTERIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO ALIMENTAR DE *DICERAEUS*
(*DICHELOPS*) *MELACANTHUS* (DALLAS, 1851) (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE)
EM CULTIVARES DE SOJA COM A TECNOLOGIA BLOCK®

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Entomologia), Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas, com ênfase em Entomologia.

Orientador: Dr. Adeney de Freitas Bueno

Co-orientador: Dr. Antônio Ricardo Panizzi

CURITIBA

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Karpinski, Paula Karine Kloster

Caracterização do comportamento alimentar de *Diceraeus* (*Dichelops*) *melacanthus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: pentatomidae) em cultivares de soja com a tecnologia block® / Paula Karine Kloster Karpinski. – Curitiba, 2022.
1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Entomologia).

Orientador: Dr. Adeney de Freitas Bueno.

Coorientador: Dr. Antônio Ricardo Panizzi.

1. Plantas - Resistência a doenças e pragas. 2. Antibiose. 3. Defesa das plantas contra herbivoria I. Bueno, Adeney de Freitas. II. Panizzi, Antônio Ricardo, 1950. III. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Entomologia). IV. Título.

Bibliotecária: Giana Mara Seniski Silva CRB-9/1406



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(ENTOMOLOGIA) - 40001016005P5

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ENTOMOLOGIA) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **PAULA KARINE KLOSTER KARPINSKI** intitulada: **Caracterização do comportamento alimentar de *Diceraeus (Dichelops) melacanthus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae) em cultivares de soja com a tecnologia block®, sob orientação do Prof. Dr. ADENEY DE FREITAS BUENO**, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Assinatura Eletrônica
03/11/2022 13:04:11.0
ADENEY DE FREITAS BUENO
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
08/11/2022 11:06:21.0
TIAGO LUCINI
Avaliador Externo (55001149)

Assinatura Eletrônica
03/11/2022 16:20:40.0
ARLINDO LEAL BOIÇA JUNIOR
Avaliador Externo (55001090)

Assinatura Eletrônica
08/11/2022 09:15:03.0
ORCIAL CEOLIN BORTOLOTTI
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA)

Departamento de Zoologia - Centro Politécnico - CURITIBA - Paraná - Brasil
CEP 81531-980 - Tel: (41) 3361-1763 - E-mail: pgento@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 232846

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 232846

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida.

Aos meus pais Jose Carlos Karpinski e Maria A. Kloster Karpinski e ao meu irmão Ricardo A. Kloster Karpinski, por todo incentivo e amor.

A Universidade Federal do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia pela oportunidade de realizar o mestrado e aos professores por todos os aprendizados.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Dr. Adeney de Freitas Bueno, pela confiança, incentivo e disponibilidade.

Ao Dr. Antônio Ricardo Panizzi pela co-orientação com excelentes ideias ao projeto.

Ao Dr. Tiago Lucini pelas contribuições ao trabalho.

Ao Centro de Pesquisa em Soja, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), por disponibilizar toda a estrutura necessária.

Aos técnicos do laboratório de Entomologia, Adair Vicente Carneiro e Mari Estela Silva e Nivaldo F. Euclides pelo auxílio na condução dos experimentos.

Aos meus amigos, em especial a Bruna Teixeira Baixo e Eliane Staveski por toda ajuda e companheirismo.

Enfim, a todos que não foram citadas, mas contribuíram direta ou indiretamente, os meus sinceros agradecimentos.

“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez”. (George Bernard Shaw)

RESUMO

A cultura da soja possui grande importância no cenário agrícola mundial, porém seu potencial produtivo pode ser significativamente reduzido pelo ataque de insetos-praga. Fatores como a expansão da agricultura, adoção generalizada do sistema de plantio direto e o cultivo do milho “safrinha” têm contribuído para o aumento de espécies secundárias como *Diceraeus (Dichelops) melacanthus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae), que encontram boas condições de desenvolvimento (abrigo e alimentação) durante o ano todo. Apesar de não causar danos severos na soja, *D. melacanthus* vem crescendo em número nessa cultura e torna-se necessário que o produtor utilize, quando possível e necessário, métodos eficientes e sustentáveis de manejo. Na safra de 2019, houve o lançamento da soja block[®] que confere as plantas resistência do tipo tolerância a percevejos (plantas tem menor redução na produção quando comparadas com outras sem essa tecnologia nas mesmas condições de cultivo). Entretanto, ainda é considerada uma tecnologia relativamente nova e foi desenvolvida visando o percevejo marrom (*Euschistus heros* (Fabricius, 1794) (Hemiptera: Pentatomidae)), uma praga-chave nessa cultura, não havendo informações na literatura a respeito da sua atuação frente a outras espécies e sobre outros possíveis tipos de resistência que possam estar envolvidos. Portanto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o comportamento alimentar de *D. melacanthus* em cultivares tolerantes (BRS 391, BRS 543RR, BRS 1003IPRO) e suscetível (BRS 388RR), por meio da técnica de Eletropenetrografia (EPG) e estudos de biologia comparada para verificar a existência de possíveis mecanismos de antixenose e antibiose. Os resultados do EPG indicaram que houve maior tempo destinado a atividades alimentares como ingestão do xilema e alimentação do endosperma nas cultivares block[®], porém de modo geral os insetos gastaram mais tempo para realizar a inserção e penetração dos estiletes nas cultivares tolerantes, em especial na BRS 543RR, quando comparado a cultivar suscetível, indicando a possibilidade da existência de resistência do tipo antixenose relacionado a espessura da camada celular. Os resultados dos estudos de biologia comparada, mostraram diferenças acentuadas na viabilidade dos ovos em que a cultivar suscetível apresentou viabilidade dos ovos superior à 80% e nas cultivares tolerantes inferior a 40%, o que sugere a

existência de resistência do tipo antibiose.

Palavras chaves: Tecnologia block[®], resistência de plantas, antibiose, antixenose, biologia, gráfico de penetração eletrônica, EPG.

ABSTRACT

The soybean crop has great importance in the world agricultural scenario, but its productive potential can be significantly reduced by the attack of insect-pests. Factors such as the expansion of agriculture, widespread adoption of no-till farming and the cultivation of "safrinha" corn have contributed to the increase of secondary species such as *Diceraeus (Dichelops) melacanthus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae), which find good development conditions (shelter and feeding) throughout the year. Despite not causing severe damage in soybean, *D. melacanthus* has been growing in numbers in this crop and it becomes necessary for the producer to use efficient and sustainable management methods when possible and necessary. In the 2019 crop, there was the launch of the block[®] soybean that gives the plants resistance of the bed bug tolerance type (plants have less reduction in production when compared to others without this technology in the same growing conditions). However, it is still considered a relatively new technology and was developed targeting the brown bug (*Euschistus heros* (Fabricius, 1794) (Hemiptera: Pentatomidae), a key pest in this crop, and there is not much information in the literature about its performance against other species and also about other possible types of resistance that may be involved. Therefore, the objective of this work was to characterize the feeding behavior of *D. melacanthus* in tolerant (BRS 391, BRS 543RR, BRS 1003IPRO) and susceptible (BRS 388RR) cultivars, through the technique of Electropenetrography (EPG) and comparative biology studies to verify the existence of possible mechanisms of antixenosis and antibiosis. The results of the EPG indicated that the Block[®] cultivars had more time for feeding activities such as xylem ingestion and endosperm feeding. However, in general, the insects spent more time to insert and penetrate the stipes in the tolerant cultivars, especially BRS 543RR, when compared to the susceptible cultivar, indicating the possibility of antixenotic resistance related to the thickness of the cell layer. The results of the comparative biology studies showed marked differences in egg viability, with susceptible cultivars showing egg viability higher than 80% and tolerant cultivars less than 40%, suggesting the existence of antibiosis resistance.

Keywords: Block technology, plant resistance, antibiosis, antixenosis, biology, Electrical penetration graph, EPG.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Adulto de *D. melacanthus* (A) e seus ovos recém ovipositados (B). Fonte: Pereira et al., 2007.....17
- Figura 2.** Aparelho bucal de percevejo, composto por estilete sem rostro (A), estiletes mandibulares dispostos externamente e dos dois maxilares unidos, formando uma única estrutura no centro (B). Fonte: Lucini, 2019. Detalhe da ponta da mandíbula, mostrando a presença de pequenos dentes (C). Fonte: Depieri; Panizzi, 2010.....19
- Figura 3.** Monitor do EPG (A), ênfase no amplificador (canal) (B), gaiolas de Faraday e esquema do circuito elétrico de um canal de Gráfico de Penetração Elétrica com seus componentes e ondas obtidas após a gravação (D). Fonte (D): Tiago Lucini, 2019.....24
- Figura 4.** Representação das formas de onda produzidas por de *D. melacanthus* alimentando-se de vagens de soja da cultivar BRS 1003IPRO.....41
- Figura 5.** Duração total da alimentação em porcentagem (TPD) e porcentagem total de tempo em diferentes categorias da forma de onda (TWD), gastos por *D. melacanthus* em vagens de soja tolerantes (BRS 391, BRS 543RR, BRS 1003IPRO) e suscetível (BRS 388RR).....43
- Figura 6.** Análise de sobrevivência para o tempo até a primeira oviposição (A) e comparação par a par (B). $p < 0,05$ indica diferença significativa usando o método de classificação Long-Rank com correção BH.....48

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Formas de onda de adultos de *D. melacanthus* registrados pelo EPG AC DC em vagens de soja (estádio R5: enchimento de vagem) e suas atividades biológicas propostas.....40
- Tabela 2.** Médias ($\pm$ EP) da duração da forma de onda por inseto (WDI; min) de diferentes formas de onda EPG produzidas por *D. melacanthus* em vagens de soja tolerantes (BRS 391, BRS 543 RR, BRS 1003 IPRO) e suscetível (BRS 388RR). Erro! Indicador não definido.....42
- Tabela 3.** Médias ($\pm$ EP) do número de eventos de forma de onda por inseto (NWEI) de diferentes formas de onda EPG produzidos por *D. melacanthus* em vagens de soja tolerantes (BRS 391, BRS 543 RR, BRS 1003 IPRO) e suscetível (BRS 388RR).....42
- Tabela 4.** Médias ($\pm$ EP) da duração da forma de onda por evento por inseto (WDEI; min) de diferentes formas de onda de EPG produzidas por *D. melacanthus* em vagens de soja tolerantes (BRS 391, BRS 543 RR, BRS 1003 IPRO) e suscetível (BRS 388RR).....43
- Tabela 5.** Médias $\pm$ (EP) do período em dias para a conclusão do estágio de ninfa do segundo ao quinto instar (N2 a N5) e mortalidade total (M total) de *D. melacanthus*.....47
- Tabela 6.** Médias $\pm$ (EP) da duração do ciclo em dias de fêmeas (CF) e machos (CM) de *D. melacanthus*, peso (mg) após a emergência da fêmea (PAEF) e do macho (PAEM) e ao 21º dia (PA21ºF, PA21ºM).....48
- Tabela 7.** Médias $\pm$ (EP) referentes a oviposição de fêmeas de *D. melacanthus* (número de posturas, número total de ovos, viabilidade (%) e período de incubação (dias).....49

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	13
1. Introdução geral	13
2. Objetivos	16
2.1 Objetivo geral	16
2.2 Objetivos específicos	16
3. Revisão bibliográfica	17
3.1 Percevejo <i>D. melacanthus</i> e o sistema produtivo soja: milho	17
3.2 Estratégia alimentar de insetos sugadores	18
3.3 Danos causados por percevejos e seu manejo na cultura da soja	20
3.4 Controle varietal	22
3.5 Origem e evolução da técnica do EPG (Electrical Penetration Graph)	22
3.6 Componentes e funcionamento da técnica de EPG	23
4. Referências	26
CAPÍTULO II	32
1. Introdução geral	33
2. Material e Métodos	34
2.1 Criação de percevejos e cultivo das plantas	34
2.2 Preparação dos percevejos e gravações de EPG	35
2.3 Descrição das ondas	36
2.4 Biologia de <i>D. melacanthus</i>	38
2.5 Análises estatísticas	39
3. Resultados e discussão	34
4. Referências	49
CONSIDERAÇÕES FINAIS	49

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.)) Merrill é uma das mais importantes culturas a nível mundial, sendo amplamente cultivada em uma extensa gama de países (HIRAKURI & LAZZAROTTO, 2014). O Brasil é o maior produtor mundial sendo essa *commodity* cultivada em 19 dos 26 estados brasileiros (USDA, 2022). Na safra de 2021/2022, o país produziu cerca de 123 milhões de toneladas numa área de 40.431.660 hectares, com destaque para os estados do Mato Grosso, Goiás, Rio Grande do Sul e Paraná que juntos foram responsáveis por mais da metade da produção nacional.

Em levantamentos realizados pela CONAB, nos últimos anos, a área plantada com a cultura no Brasil aumentou 378,5% e para a safra de 2022/2023 há uma perspectiva de crescimento de 3,54% (CONAB, 2017; 2022). Isto pode ser explicado pela grande apreciação e aceitação dos grãos produzidos perante a indústria alimentícia, principalmente devido ao alto teor de lipídeos e proteínas importantes para a fabricação de produtos destinados a alimentação humana e animal (PAULA & FILHO, 1998; VELLO & SILVA, 2006; RHODEN et al., 2020).

Entretanto, apesar do considerável crescimento dessa cultura, muitos fatores ainda culminam para a redução da produção dessa leguminosa, como por exemplo a incidência de insetos-praga que podem causar prejuízos desde a germinação da plântula até o momento da colheita. Entre as pragas de maior relevância, destaca-se o complexo de percevejos que são altamente prejudiciais pois quando não manejados corretamente podem causar redução no rendimento (vagens abortadas) e na qualidade dos grãos (menor tamanho e peso) (PANIZZI & SLANSKY, 1985; INAGAKI & BOIAGO, 2020).

Dentre os percevejos mais comuns nessa cultura, encontra-se aqueles da família Pentatomidae, em especial o percevejo-marrom, *Euschistus heros* (Fabricius, 1794) (SMANIOTTO & PANIZZI, 2015), e mais recentemente o percevejo barriga-verde, *Diceraeus (Dichelops) melacanthus* (Dallas, 1851) (SILVA et al., 2006; SMANIOTTO & PANIZZI, 2015). O percevejo *D. melacanthus* é uma praga importante de diversas culturas que vêm ganhando destaque maior nos últimos anos devido ao aumento de sua

ocorrência no sistema produtivo soja (verão) e milho segunda safra (outono: inverno) (SMANIOTTO & PANIZZI, 2015; CORRÊA-FERREIRA & SOSA-GÓMEZ 2018). Apesar de sua importância crescente nesse sistema produtivo, ela ainda é bem menos estudada em relação a *E. heros*. A principal forma de manejo de percevejos utilizada pela maioria dos sojicultores é baseada no controle químico com aplicações de inseticidas (ÁVILA & PANIZZI, 1995; OLIVEIRA, 2021). Entretanto, altas populações da praga estão chegando com maior intensidade e mais cedo nas lavouras de soja e milho, levando os agricultores a aumentar o uso de agrotóxicos, muitas vezes sem obter resultados satisfatórios (BUENO et al., 2015), fato que tem levado muitas empresas privadas e públicas a direcionar seus trabalhos visando o desenvolvimento de cultivares de soja com algum tipo de resistência à praga.

Na safra de 2019, houve o lançamento da tecnologia block[®] pela Embrapa Soja. Essa tecnologia permite que cultivares tenham menor redução da produção sob o ataque dos percevejos quando comparado a outras cultivares sem essa inovação nas mesmas condições de cultivo (resistência do tipo tolerância) (EMBRAPA, 2019). Ressalta-se que essas cultivares de soja foram desenvolvidos visando maior tolerância/resistência ao percevejo-marrom, não havendo informações na literatura a respeito da sua atuação para outras espécies de percevejos e também sobre outros possíveis tipos de resistência que podem estar associados a essas cultivares. Diante disso, o estudo do comportamento alimentar é imprescindível para melhor elucidar tais questões, principalmente no que tange ao percevejo *D. melacanthus*, que vem aumentando em importância econômica nessa cultura nas últimas safras (PANIZZI et al., 2015).

Para as análises de comportamento alimentar, uma ferramenta bastante útil intitulada originalmente como Eletronic Monitoring System (EMS), foi criada por McLean & Kinsey (1964) e vem sofrendo atualizações por outros pesquisadores desde então e passou a ser conhecida como gráfico de penetração elétrica ou eletropenetrografia (ambas abreviadas EPG). Basicamente, essa técnica consiste em fazer com que o inseto e a planta façam parte de um circuito elétrico simples no qual é aplicado uma baixa corrente elétrica. No momento que o inseto insere seus estiletes no tecido vegetal, o circuito é fechado e tem-se a variação dos sinais elétricos de acordo com as atividades alimentares. Esses sinais, são registrados pelo equipamento e apresentados na forma de um gráfico de ondas. Através dessas ondas e com o auxílio de estudos histológicos,

é possível identificar duas principais fases da alimentação: inserção e penetração dos estiletes, salivação e ingestão do conteúdo celular (McLEAN & KINSEY, 1964; 1965; 1967 TJALLINGII, 1978, KIMMINS & TJALLINGII, 1985; WALKER, 2000; BONANI et al., 2010).

Apesar desta técnica fornecer informações bastante pertinentes, poucos estudos foram feitos visando insetos de interesse econômico para a agricultura, como os percevejos fitófagos (Hemiptera: Pentatomidae) (PANIZZI et al., 2021). Portanto, esse trabalho teve objetivo de caracterizar comportamento alimentar de *D. melacanthus*, através da técnica de eletropenetrografia quantificando e comparando contagens e durações das formas de onda produzidas pelo percevejo em três cultivares de soja block[®] (BRS 391, BRS 543RR, BRS 1003IPRO) e uma suscetível (BRS 388RR) para verificar a existência de possíveis mecanismos de resistência.

2. Objetivos

2.1 Objetivo geral

Caracterizar o comportamento alimentar de *D. melacanthus* em cultivares de soja tolerantes e suscetível por meio da utilização da técnica de monitoramento eletrônico, eletropenetrografia (EPG), para identificar possíveis mecanismos de resistência do tipo antixenose envolvidos.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar os padrões de alimentação nas diferentes cultivares.
- Determinar a duração de cada fase do comportamento alimentar e comparar entre diferentes cultivares.
- Identificar possíveis mecanismos de resistência aos percevejos associados ao comportamento de alimentação.
- Estudar o desempenho de ninfas e adultos por meio de estudos de biologia comparada como modo complementar ao EPG, visando identificar possíveis mecanismos de resistência do tipo antibiose.

3 Revisão bibliográfica

3.1 Percevejo *D. melacanthus* e o sistema produtivo soja - milho

O percevejo *D. melacanthus* mede cerca de 10,5 mm de comprimento, possui coloração castanha em vista dorsal e abdome esverdeado em vista ventral (**Figura 1A**) (GRAZIA, 1978). Seu ciclo é de aproximadamente 26 dias, do estágio de ovo até adulto contando com primeiro, segundo terceiro, quarto e quinto instares com duração média respectiva de 3,2; 4,8; 3,6; 4,1; e 6,0 dias. As posturas têm em média 13 ovos que variam de verde claro (quando recentemente ovipositados) a verde escuro (**Figura 1B**), (PEREIRA et al., 2007).

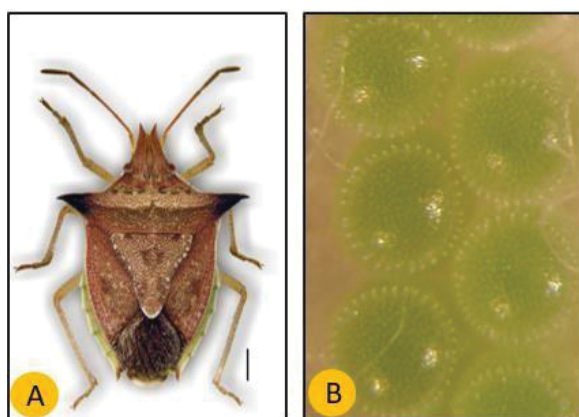


Figura 1. Adulto de *D. melacanthus* (A) e seus ovos recém ovipositados (B). Fonte: Pereira et al., 2007.

Diceraeus melacanthus caracteriza-se por alimentar-se de diferentes culturas de interesse econômico tais como aveia (*Avena sativa* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), soja (*Glycine max* L.) e milho (*Zea mays* L.), sendo considerado, nesta última como uma praga-chave (VALICENTE, 2015; CORRÊA-FERREIRA & SOSA- GOMEZ, 2017). Sua importância nos últimos anos vem aumentando devido algumas mudanças que ocorreram no cenário agrícola, principalmente no que tange ao sistema de produção e a intensificação do processo produtivo (PANIZZI et al., 2015; 2022). A partir dos anos 2000, áreas antes prioritárias com cultivo convencional foram sendo substituídas pelo plantio direto (PANIZZI et al., 2015), que apesar dos benefícios comprovados para a qualidade física e química do solo (SATURNINO, 1997; SILVA, 2015), proporciona abrigo e maior disponibilidade de

alimentos advindos do cultivo intensivo e perdas no processo de colheita devido a formação da palhada e o não revolvimento do solo (BIANCO, 2005; PANIZZI et al., 2015; ÁVILA et al., 2020). Além disso, muitos insetos e também plantas daninhas deixaram de ser controlados mecanicamente através dos processos de escarificação e subsolagem fazendo com que o produtor aumentasse a utilização de inseticidas e herbicidas, o que tende a influenciar no controle natural afetando negativamente os inimigos naturais presentes na área (PANIZZI et al., 2022). Outro marco importante refere-se ao início da utilização de materiais geneticamente modificados (tecnologia Bt) no Brasil (BERNARDI et al., 2016). Com a adoção generalizada desses materiais, uma grande quantidade de inseticidas que eram aplicados para o controle de lagartas desfolhadoras deixou de serem necessários (MEISSLE et al., 2010; KOUSER & QAIM, 2011), e com isso insetos como percevejos que antes eram controlados indiretamente com tais produtos passaram a ter maior ocorrência nas lavouras e a causar danos mais significativos (CATARINO et al., 2015).

Quanto ao processo de produção, este sofreu expansão considerável nos últimos anos, principalmente no que se refere as culturas da soja e do milho, onde em grande parte das áreas, a soja é posicionada na primeira safra (verão) e o milho na segunda safra ou safrinha (outono-inverno). Essa configuração de plantio ganhou espaço principalmente pela otimização do manejo dos maquinários e mão-de-obra da propriedade. Entretanto, estas condições de cultivo facilitam a formação da “ponte-verde”, onde os insetos têm oferta contínua de alimento, favorecendo surtos populacionais, a exemplo do que vem sendo observado com o percevejo *D. melacanthus* (SMANIOTTO & PANIZZI, 2015).

3.2 Estratégia alimentar de insetos sugadores

Os pentatomídeos em sua maioria são fitófagos e pertencem a Ordem Hemiptera que é considerada uma das mais diversas existentes. Dentro desta Ordem, tem-se três sub ordens: Sternorrhyncha, Auchenorrhyncha e a maior delas Heteroptera, da qual os percevejos fazem parte. Uma das principais diferenciações das três sub ordens é a posição do rostro, que pode originar-se, respectivamente, entre as coxas anteriores, após as posteriores ou da região anterior a cabeça (SCHUH & SLATER, 1995).

O rostro é uma estrutura que aloja os estiletes, típico em insetos dessa ordem que

possuem um complexo aparelho bucal do tipo sugador labial ou também chamado de picador-sugador. Esse aparelho é constituído por estruturas denominadas de labro, hipofaringe, mandíbula, maxila e lábio, sendo que mandíbula e a maxila se modificam para formar os estiletes (**Figuras 2A e 2B**), que são estruturas presentes em pares no formato de agulhas, caracterizando-se por serem pontiagudas e flexíveis que são inseridas no tecido vegetal ou animal para sucção do alimento (SCHUH & SLATER, 1995).

Os estiletes desempenham diferentes funções fisiológicas, os maxilares são responsáveis pela formação de dois canais: o salivar, que realiza a secreção de diferentes tipos de saliva (gelificante ou aquosa) (HORI, 2000), e o alimentar que serve para a ingestão do conteúdo celular das plantas. Já os estiletes mandibulares auxiliam na quebra física do alimento, possuindo para isso pequenos dentes na sua extremidade (**Figura 2C**) (CHAPMAN, 1998).



Figura 2. Aparelho bucal de percevejo, composto por estilete sem rostro (A), estiletes mandibulares dispostos externamente e dos dois maxilares unidos, formando uma única estrutura no centro (B). Fonte: Lucini, 2019. Detalhe da ponta da mandíbula, mostrando a presença de pequenos dentes (C). Fonte: Depieri; Panizzi. 2010

Os diferentes tipos de saliva que são secretados dependem do tipo de estratégia alimentar que o inseto irá utilizar, que pode ser via bainha salivar ou via ruptura celular. Na primeira, tem-se a presença de saliva gelificante que formará uma bainha, envolvendo os estiletes, acompanhando-o durante todo seu percurso no interior dos tecidos até atingir o sítio alimentar. Quanto a estratégia de ruptura celular, há a produção da saliva tipo aquosa e apenas de uma pequena quantidade da gelificante, somente o necessário para formar parcialmente uma bainha, auxiliando apenas no início da inserção dos estiletes (BACKUS et al., 2005).

Na segunda estratégia, de ruptura celular, os percevejos podem utilizar-se de

duas táticas principais: dilaceramento ou maceramento ou ambas simultaneamente. No dilaceramento, como o próprio nome infere, tem-se a destruição mecânica do tecido vegetal através de movimentos rápidos e profundos realizados pelos estiletes mandibulares. Na tática de maceramento, tem-se movimentos lentos aliados a produção de saliva aquosa, que é rica em enzimas digestivas e promoverá a degradação químicas dos tecidos (BACKUS et al., 2005; JIN et al., 2012).

3.3 Danos causados por percevejos e seu manejo na cultura da soja

A cultura da soja está sujeita ao ataque de pragas desde a sua germinação até a colheita dos grãos, sendo os percevejos considerados como uma das pragas mais importantes, pois causam danos significativos no produto final que será comercializado (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000; FRANÇA-NETO et al., 2018; NETTO et al., 2020).

Os danos causados se dividem em diretos e indiretos. Os diretos referem-se à sucção do conteúdo celular concomitante a liberação de substâncias tóxicas que causam distúrbios fisiológicos nas plantas, e os indiretos, referem-se as injúrias físicas causadas pelo processo alimentar que favorecem a entrada de fitopatógenos (CORRÊA-FERREIRA & PANIZZI, 1999). Tais processos, portanto, fazem com que os grãos se tornem menores, malformados, enrugados e chochos acarretando ainda na retenção foliar (folhas permanecem verdes mesmo na época de colheita) o que leva a perdas mecânicas durante esse processo (PANIZZI & SLANSKY, 1985; SOUZA et al., 2021).

Os percevejos iniciam a colonização da lavoura no final do período vegetativo ou durante a floração (R1 a R2). A partir do aparecimento das vagens (R3), inicia-se a reprodução, momento em que o número de ninfas aumenta, chegando ao ápice no final do desenvolvimento das vagens (R4) e início do enchimento dos grãos (R5.1). Esse período é conhecido como período crítico onde as plantas estão mais suscetíveis ao ataque destes indivíduos. A população de percevejos tem seu máximo crescimento populacional no final do enchimento dos grãos (R6) e quando a cultura atinge a maturação fisiológica (R7), os mesmos começam a dispersar-se para hospedeiros alternativos (CORRÊA-FERREIRA & PANIZZI, 1999).

O manejo destes insetos é baseado prioritariamente no controle químico através de aplicações de inseticidas. Entre os produtos mais utilizados estão aqueles do grupo

dos neonicotinoides e piretroides como os mais recorrentes (SOSA-GÓMEZ & SILVA, 2010). O emprego deste método muitas vezes é imprescindível, contudo, o uso repetido de moléculas de mesmo modo ação impõe pressões constantes de seleção de resistência as espécies submetidas ao controle (BRATTSTEN et al., 1986; OLIVEIRA, 2021). Aliado a isto, a falta de conhecimento técnico sobre a tolerância da planta ao ataque da praga (CORRÊA-FERREIRA, 2005), em que o produtor deixa de adotar o nível de controle para realizar aplicações calendarizadas e falhas no processo de aplicação são fatores determinantes para o surgimento e evolução da resistência a inseticidas (BUENO et al., 2015).

Dentro desse contexto, é imprescindível quando possível, que o produtor considere outros métodos de manejo que atuem em conjunto com o controle químico, como o uso de cultivares resistentes/tolerantes. A utilização de cultivares com estas características torna os cultivos mais sustentáveis e equilibrados diminuindo inclusive os custos de produção (PINHEIRO et al., 2006).

3.4 Controle varietal

O controle varietal consiste na utilização de cultivares que possuem algum tipo de resistência genética e é considerado o método ideal, pois permite a manutenção da praga em níveis inferiores ao de dano econômico, não causa prejuízos ambientais e tem a vantagem de ser compatível com qualquer programa de manejo de pragas, permitindo ainda maior flexibilidade na adoção de medidas de controle (LARA, 1991; PINHEIRO et al., 2006; SOSA-GÓMEZ et al., 2020).

A resistência que as cultivares apresentam podem ser basicamente de três tipos: antixenose (não preferência), antibiose e tolerância. A antixenose é caracterizada pela presença de fatores químicos ou morfológicos na planta que afetam negativamente o comportamento do inseto ao utilizar a planta para abrigo, alimentação ou oviposição. Na antibiose, a planta interfere na biologia do inseto, afetando seu ciclo de desenvolvimento, reprodução e sobrevivência. Ressalta-se que esses dois tipos de resistência podem realizar pressão de seleção sobre o inseto-praga pois ambas representam uma resposta do inseto. Quanto a tolerância, esta refere-se à habilidade da planta em recuperar-se de injúrias causadas pelo inseto, sem afetar o comportamento ou a sua biologia. Contrariamente aos outros tipos de resistência, a tolerância não impõe pressão de

seleção sobre as populações do inseto já que ela ocorre em função de uma resposta da planta, sendo, portanto, considerada a mais sustentável dentre as categorias de resistência (PAINTER, 1951; SMITH, 2005).

A obtenção de cultivares resistentes é uma estratégia de controle altamente recomendada sendo um dos principais objetivos dos pesquisadores (BUENO et al., 2020). Anteriormente houve alguns estudos identificando a presença de antibiose em genótipos de soja ao percevejo *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) (SILVA et al., 2013), antixenose ao *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (SOUZA et al., 2013) e tolerância ao complexo de percevejos (ROSSETTO, 1995), entretanto a maioria das variedades apresentou uso comercial limitado devido à falta de características agrônômicas adequadas. Ressalta-se que a obtenção de plantas resistentes e com adequada produtividade demanda um período de tempo longo (anos), uma vez que essas características são quantitativas e são controlados por um grande número de genes possuindo ainda baixa herdabilidade (RAMALHO et al., 2012; SOSA-GÓMEZ et al., 2020).

Recentemente, houve no mercado o lançamento de cultivares de soja portadoras da tecnologia block®. Essas cultivares de soja com essa tecnologia apresentam resistência do tipo tolerância ao percevejo *E. heros* que é praga-chave da cultura. As cultivares disponibilizados até o momento para comercialização e cultivo dos produtores no Brasil são a BRS 1003IPRO, BRS 543RR, BRS 539, BRS 523 e BRS 391. Para a obtenção destas cultivares, as plantas foram, por anos, sucessivamente expostas a altos níveis de infestação do percevejo. As plantas que foram mais tolerantes ao ataque, apresentando boa qualidade das sementes e adequada produtividade foram selecionadas. Essas cultivares se caracterizam por tolerarem quatro percevejos por metro de linha (duas vezes a densidade tolerada pelas variedades atualmente cultivadas) sem perdas de rendimento ou qualidade da semente (EMBRAPA SOJA, 2019; ARIAS et al.; 2020).

3.5 Origem e evolução da técnica do EPG (Electrical Penetration Graph)

A ideia de monitorar eletronicamente a alimentação surgiu da necessidade de elucidar melhor o comportamento alimentar de insetos sugadores visto que a maior parte desses processos ocorrem internamente nos tecidos da planta (WALKER, 2000). O

termo “comportamento alimentar” é abrangente e envolve ações como locomoção sobre o hospedeiro, busca de novos sítios de alimentação, penetração e retirada dos estiletes além de atividades associadas a ingestão do conteúdo celular de diferentes tecidos vegetais (TJALLINGII, 2000). Originalmente a técnica recebeu o nome de “sistema de monitoramento elétrico” (EMS - Electrical Monitoring System) e foi criada por McLean e Kinsey na década de 60 sendo responsável inicialmente por monitorar detalhadamente as atividades de afídeos. Este primeiro sistema criado caracterizou-se por utilizar monitores AC - corrente alternada, (1º geração), que registravam oscilações de voltagem na relação inseto-planta através de baixas impedâncias (10^6 Ohms).

Posteriormente, essa tecnologia ganhou maior visibilidade e o modelo Giga 8 foi desenvolvido (2º geração), ficando a técnica conhecida como “gráfico de penetração elétrica – EPG”, bastante utilizado para monitorar as atividades de pulgões, mosca branca e psílídeos. Nessa atualização, passou-se a empregar corrente elétrica DC – contínua e uma impedância mais alta (10^9 Ohms), o que tornou o equipamento mais preciso na detecção das possíveis interações inseto-planta (TJALLINGII, 1978).

Em 2009, Backus & Bennett aprimoraram ainda mais essa ferramenta e desenvolveram o monitor EPG AC-DC universal (3º geração), o qual possibilita aplicar tanto a corrente elétrica contínua como a alternada. Além disso, esse novo monitor permitiu aplicar vários níveis de impedâncias de entrada (variando de 10^6 a 10^{13} Ohms). A aplicação destas diferentes impedâncias é crucial para o desenvolvimento de trabalhos que visam a criação de uma biblioteca de ondas. Esse modelo EPG AC-DC é o mais indicado para o estudo de insetos maiores, como os percevejos (PANIZZI & LUCINI, 2019).

3.6 Componentes e funcionamento da técnica de EPG

O monitor EPG (**Figura 3A**) é composto basicamente por dois cabos, um de entrada e um de saída, box de controle com fonte de voltagem (contínua, alternada ou ambas) e amplificadores (canais) (**Figura 3B**). Um dos eletrodos (saída) é inserido na planta (diretamente no tecido vegetal ou no substrato) enquanto que o outro (entrada) é conectado ao inseto através de um fio de ouro que é fixado no pronoto usando cola de prata condutiva (WALKER, 2000; TJALLINGII, 2006). Ressalta-se que os amplificadores,

as plantas e os insetos são mantidos dentro de uma gaiola de Faraday para evitar interferências de qualquer perturbação elétrica externa que possa existir (**Figura 3C**).

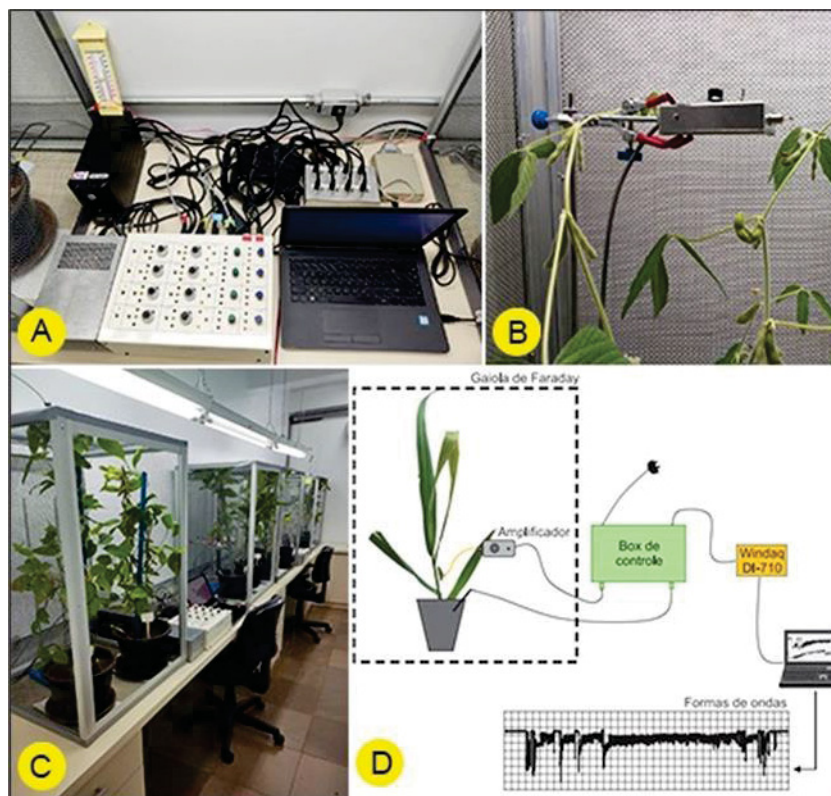


Figura 3. Monitor do EPG (A), ênfase no amplificador (canal) (B), gaiolas de Faraday e esquema do circuito elétrico de um canal de Gráfico de Penetração Elétrica com seus componentes e ondas obtidas após a gravação (D). Fonte (D): Tiago Lucini, 2019.

O princípio de funcionamento do EPG consiste em um circuito elétrico onde a planta e o inseto fazem parte (**Figura 3D**) (TJALLINGII, 1978). Nesse circuito é aplicada uma baixa corrente elétrica e no momento que o inseto insere seu aparelho bucal no tecido vegetal o circuito é fechado e um fluxo elétrico circula na interface inseto-planta. As atividades alimentares promovem alterações nos componentes elétricos que são capturados pelo monitor EPG e em seguida são convertidas e registradas em forma de ondas, pelo equipamento chamado de Windaq (modelo DI- 710 UHD) (WALKER, 2000).

As características elétricas responsáveis pelos diferentes tipos de onda são a frequência (Hz), amplitude relativa (%), nível de voltagem (intra ou extracelular) e origem elétrica (resistência e força eletromotriz) (TJALLINGII, 1978; 1985). As diversas ondas geradas referem-se a dois tipos de fases e cada uma possui suas respectivas atividades,

são elas: fase de não alimentação (inseto parado, ovipositando ou caminhando sobre a superfície) e fase de alimentação (penetração e retirada dos estiletes, alimentação nos vasos condutores, dilaceramento e maceração e ingestão do endosperma) (McLEAN & KINSEY, 1965; TJALLINGII, 1978; WALKER, 2000; BACKUS et al., 2009).

4. Referências

- ARIAS, C. A. A.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; LOPES, I. O. N. Auxílio da genética. **Revista Cultivar**, v. 229, p. 12 – 14, 2020.
- ÁVILA, C. J.; PANIZZI, A. R. Ocorrência and damage by *Dichelops* (*Neodichelops*) *melacanthus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) on corn. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 24, p. 193 - 194, 1995.
- ÁVILA, C. J.; SANTOS, V. Manejo de pragas (MIP) na cultura da soja um estudo de caso com benefícios econômicos e ambientais. Dourado: Embrapa Agropecuária Oeste, 2018. **(Documentos 143)**. 43p.
- ÁVILA, C. J.; VIEIRA, S. E. C.; SILVA, I. F. Como manejar corretamente pragas de solo. **Revista Cultivar**, v. 256, p. 30 - 34, 2020.
- BACKUS, E. A.; SERRANO, M. S.; RANGER, C. M. Mechanisms of hopperburn: an overview of insect taxonomy, behavior and physiology. **Annual Review of Entomology**, v. 50, p. 125 - 151, 2005.
- BACKUS, E. A.; BENNETT, W. H. The AC–DC Correlation Monitor: New EPG design with flexible input resistors to detect both R and emf components for any piercing-sucking hemipteran. **Journal of Insect Physiology**, v. 55, p. 869 - 884, 2009.
- BACKUS, E. A.; HOLMES, W. J.; SCHREIBER, F.; REARDON, B. J.; WALKER, G. P. Sharpshooter X wave: Correlation of an electrical penetration graph waveform with xylem penetration supports a hypothesized mechanism for *Xylella fastidiosa* inoculation. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 102, p. 847 - 867, 2009.
- BERNARDI, O.; BERNARDI, A.; HORIKOSHI, R. J. **Manejo da resistência de insetos a plantas Bt**. Engenheiro Coelho, 2016. Disponível em: <<http://www.aenda.org.br>>. Acesso em: 29 ago. 2022.
- BIANCO, R. Manejo de pragas do milho em plantio direto. **Instituto biológico**, p. 8- 17, 2005.
- BONANI, J. P.; FERERES, A.; GARZO, E.; MIRANDA, M. P.; APPEZZATO-DAGLORIA, B.; LOPES, J. R. S. Characterization of electrical penetration graphs of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, in sweet orange seedlings. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 134, p. 35 - 49, 2010.
- BRATTSTEN, L. B.; HOLYOKE, J. R.; L. W.; LEEPER, J. R.; RAFFIA, K. F. Insecticide resistance: challenge to pest management and basic research. **Science**, v. 231, n. 4743, p. 1255 - 1260, 1986.

BUENO, A. F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ROGGIA, S.; BIANCO, R. Silenciosos e daninhos. **Revista cultivar**, v. 196, p. 25 - 27, 2015.

BUENO, A. F.; DALL'AGNOLL, A. 2020. Novo momento. **Revista cultivar**, v. 257, p. 20 - 23, 2020.

CAPALBO, D. M. F.; ARANTES, O.; SUZUKI, M. T. *Bacillus thuringiensis*. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n. 34, 2005.

CATARINO, R.; CEDDIA, G.; AREAL, F. J.; PARK, J. The impact of secondary pests on *Bacillus thuringiensis* (Bt) crops. **Plant biotechnology journal**, v. 13, n. 5, p. 601- 612, 2015.

CHAPMAN, R. F. **The insects: structure and function**. Cambridge University Press, 1998.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Perspectivas para a agropecuária**, v. 6 - safra 2018/2019. Brasília: Conab, 2018. 112p.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safra 2022/23: Produção de grãos pode chegar a 308 milhões de t impulsionada pela boa rentabilidade de milho, soja e algodão**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias>>. Acesso em: 20 set. 2020.

CORREA-FERREIRA, B. S.; SÓSA-GOMEZ, D. R. Percevejos e o sistema de produção soja-milho. Londrina: Embrapa Soja, 2017. (**Documentos 397**). 99p.

CORREA-FERREIRA, B. S.; SÓSA-GOMEZ, D. R. **Cultura-armadilha: nova estratégia para o manejo do percevejo *Dichelops melacanthus* no sistema de sucessão soja-milho**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA e X CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENTOMOLOGIA, 10, 2018, Gramado. Resumo. Santo Antônio de Goiás: SEB: UFSM, 2018.

CORRÊA-FERREIRA, BEATRIZ, S.; PANIZZI, A. R. Percevejos da soja e seu manejo. Londrina: Embrapa Soja, 1999. (**Circular técnica 24**). 45p.

CORRÊA-FERREIRA, B. S. Suscetibilidade da soja a percevejos na fase anterior ao desenvolvimento das vagens. **Pesquisa Agropecuária do Brasil**, v. 40, p. 1067- 1072, 2005.

DEPIERI, R. A.; PANIZZI, A. R. Rostrum length, mandible serration, and food and salivary canals areas of selected species of stink bugs (Heteroptera, Pentatomidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 4, p. 584 - 587, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. TECNOLOGIA BLOCK. Distrito Federal, 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/soja/block/cultivares>>. Acesso em: 13 jul. 2022.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; PÁDUA, G. P.; LORINI, I. Características fisiológicas da semente: vigor, viabilidade, germinação, danos mecânicos tetrazólio, deterioração por umidade tetrazólio, dano por percevejo tetrazólio e sementes verdes. Londrina: Embrapa Soja, 2018. (**Documentos 403**). 29p.

GARRIDO, L. R.; BOTTON, M. Recomendações técnicas para evitar resistência de patógenos, insetos e ácaros-pragas na cultura da videira. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2021. (**Comunicado técnico, 220**). 13p.

GOMEZ-SOSA, D. R.; BUENO, A. F. Ocorrência de *Rachiplusia nu* e *Crociosema aporema* em soja-Bt na safra 20/21 e principais orientações de manejo aos produtores para a safra 21/22. Londrina: Embrapa Soja, 2021. (**Nota Técnica**). 6p.

GRAZIA, J. Revisão do gênero *Dichelops Spinola*, 1837 (Heteroptera, Pentatomidae, Pentatomini). **Iheringia Serie Zoológica**, v. 53, p. 3 - 119, 1978.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2014. (**Documentos 349**). 70p.

HOFFMAN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; OLIVEIRA, L.J.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; PANIZZI, A. R.; CORSO, I.; GAZZONI D. L.; OLIVEIRA, E. B. Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado. Londrina: Embrapa Soja, 2000. (**Circular técnica**). 23p.

HORI, K. **Possible causes of disease symptoms resulting from the feeding of phytophagus heteroptera**, p. 11-36. In: SCHAEFER, C. W.; PANIZZI, A. R. (Eds.). *Heteroptera of economic importance*. Boca Raton, CRC Press, 856p, 2000.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento sistemática da produção agrícola. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>>. Acesso em: 15 mai. 2022.

INAGAKI, C. H.; BOIAGO, N. P. Característica fisiológica e físico-químicas de sementes de soja sob danos de percevejos. **Revista Cultivando o Saber**, p. 19 - 30, 2020.

JIN, S.; CHEN, Z. M.; BACKUS, E. A.; SUN, X. L.; XIAO, B. Characterization of EPG waveforms for the tea green leafhopper, *Empoasca vitis* Göthe (Hemiptera: Cicadellidae), on tea plants and their correlation with stylet activities. **Journal of Insect Physiology**, v. 58, p. 1235 - 1244, 2012.

KIMMINS, F. M.; TJALLINGII, W. F. Ultrastructure of sieve element penetration by aphid stylets during electrical recording. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 39, p. 135 - 141, 1985.

KOUSER, S.; QAIM, M. Impact of Bt cotton on pesticide poisoning in small holder agriculture: A panel data analysis. **Scienc eDirect**, v. 70, n. 11, p. 2105 - 2103, 2011.

LARA, F. M. **Princípios de Resistência de Plantas a Insetos**. 2. ed. São Paulo: Ícone, 1991. 336p.

MCLEAN, D. L.; KINSEY, M. G. Probing Behavior of the Pea Aphid, *Acyrtosiphon pisum*. II. Comparisons of salivation and ingestion in host and non-host plant leaves. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 61, p. 730 – 739, 1968.

MCLEAN, D. L.; KINSEY, M. G. A technique for electronically recording aphid feeding and salivation. **Nature**, v. 202, p. 1358 - 1359, 1964.

MCLEAN, D. L.; KINSEY, M. G. Identification of electrically recorded curve patterns associated with aphid feeding and salivation. **Nature**, v. 205, p. 1130 - 1131, 1965.

MCLEAN, D. L.; KINSEY, M. G. Probing Behavior of the Pea Aphid, *Acyrtosiphon pisum*. I. Definitive correlation of electronically recorded waveforms with aphid probing activities. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 60, p. 40 - 45, 1967.

MCLEAN, D. L.; KINSEY, M. G. Probing Behavior of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*. II. Comparisons of Salivation and Ingestion in host and non-host plant leaves. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 61, p. 730 – 739, 1968.

MEISSE, M.; MOURON, P.; MUSA, T.; BIGLER, F.; PONS, X.; VASILEIADIS, V. P.; OLDENBURG, E. Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: current status and future prospects. **Journal of Applied Entomology**, v. 134, n. 5, p. 357 – 375, 2010.

MILLER, A. L.; TINDALL, K.; LEONARD, B. R. Bioassays for monitoring insecticide resistance. **Jove Journal of Visualized Experiments**, v. 46, n. e2129, 2010.

NETTO, V. G. L.; NETO, C. M. J. E.; NERES, C. D. C. **Avaliação da qualidade de sementes de soja com diferentes percentuais de dano por percevejos**. 13p. TCC – agronomia. Centro Universitário de Várzea Grande, Várzea, 2020.

OLIVEIRA, R. P. **Importância e controle do percevejo marrom na cultura da soja**. Disponível em: <<https://portal-pi.nortox.com.br/technicalinformation/file/7dc3d4b6-acc5-4ff4-b550-17fab262427b.pdf>>. Acesso em: 5 set. 2022.

PAINTER, R. H. **Insect resistance in crop plants**. New York: Macmillan, 1951. 520p.

PANIZZI, A. R.; SLANSKY JUNIOR, F. Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. **The Florida Entomologist**, v. 68, p. 184 - 214, 1985.

PANIZZI, R. A.; AGOSTINETTO, A.; LUCINI, T.; SMANIOTTO, F. L.; PEREIRA, S. V. R. P. Manejo integrado dos de percevejos barriga-verde, *Dichelops* spp. em trigo. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2015. (**Documentos 114**). 38p.

PANIZZI, A. R.; LUCINI, T. Determinação do comportamento alimentar de percevejos

pentatomídeos por meio da técnica de EPG (Gráfico de Penetração Elétrica). Passo fundo, Rio Grande. Embrapa Trigo, 2019. (**Documentos 115**). 53p.

PANIZZI, R. A.; LUCINI, T.; ALDRICH, R. J. Dynamics in pest status of phytophagous stink bugs in the neotropics. **Neotropical Entomology**, v. 51, p. 1 - 14, 2022.

PAULA, R. S.; FILHO, F. P. **Panorama do complexo soja**. Rio de Janeiro: BNDES SETORIAL, 1998.

PEREIRA, P. R. V. S.; SALVADORI, J. R.; TONELLO, L. S. Caracterização das fases de desenvolvimento e aspectos da biologia do percevejo barriga-verde *Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851). Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. (**Comunicado técnico, 214**). 10p.

PINHEIRO, B. J.; VENDRAMIM, D. J.; LOURENÇÃO, A. L. Programas geram cultivares de soja resistentes a insetos. **Visão Agrícola**, v. 5, n. 5, p. 56 - 59, 2006.

RAMALHO, P. M. A.; SANTOS, J. B.; PINTO, P. B. C. A.; SOUZA, E. A.; GONÇALVES, A. F. M.; SOUZA, J. CÂNDIDO. **Genética na Agropecuária**. 5. ed. Lavras: UFLA, 2012. 566p.

RHODEN, A. C.; COSTA, N. L.; SANTANA, A. C.; OLIVEIRA, G. N.; GABBI, T. M. T. Análise das tendências de oferta e demanda para o grão, farelo e óleo de soja no Brasil e nos principais mercados globais. **Desenvolvimento em Questão**, v. 18, n. 51, p. 93 - 112, 2020.

ROSSETTO, C. J.; GALLO, P. B.; RAZERA, L. F.; BORTOLETTO, N.; IGUE, T.; MEDINA, P. F.; TISSELI FILHO, O.; AQUILERA, V.; VEIGA, R. F. A.; PINHEIRO, J. B. Mechanisms of resistance to stink bug complex in the soybean cultivar IAC-100. **Anais Sociedade Entomologica do Brasil**, v. 24, 517 – 522, 1995.

SATURNINO, M. H. Plantio direto e a agricultura sustentável nos trópicos. **Revista de política agrícola**, v. 6, n. 4, p. 28 - 32.

SCHUH, R. T.; SLATER, J. A. **True Bugs of the World (Hemiptera: Heteroptera): classification and natural history**. Ithaca, Cornell University Press, 1995.

SILVA, A. A.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRON, S. P.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E. L. Sistema de plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 56, n. 4, p. 496 - 506, 2015.

SILVA, J. P. G. F.; BALDIN, E. L. L.; SOUZA, E. S.; CANASSA, V. F.; LOURENÇÃO, A. L. Characterization of antibiosis to the redbanded stink bug *Piezodorus guildinii* (Hemiptera: Pentatomidae) in soybean entries. **Journal of Pest Science**, v. 86, n. 4, p. 649 - 657, 2013.

SILVA, M. T. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; SOSA-GOMÉZ, D. R. Erro e resistência. **Revista Cultivar**, v. 8, n. 82, p. 22 - 25, 2006.

SMANIOTTO, L. F.; PANIZZI, A. R. Interactions of selected species of stink bugs

(Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) from leguminous crops with plants in the Neotropics. **Florida Entomologist**, v. 98, p. 7 - 17, 2015.

SMITH, C. M. Plant resistance to arthropods. In: **Plant Resistance to Arthropods**. Berlin: Springer-Verlag, 2005.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; SILVA, J. J. D. Neotropical brown stink bug (*Euschistus heros*) resistance to methamidophos in Paraná, Brazil. **Pesquisa Agropecuária do Brasil**, v. 45, p. 767 - 769, 2010.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; KRAEMER, B.; PASINI, A.; HUSCH, P. E.; VIEIRA, D. C. E.; MARTINEZ, R. C. B.; LOPES, N. I. O. Prevalence, damage, management and insecticide resistance of stink bug populations (Hemiptera: Pentatomidae) in commodity crops. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 22, n. 2, p. 99 - 118, 2020.

SOUZA, G. D.; NARCISO, R.; MORAES, J.; COTRIM, G. D. S.; da GRACA, J. P.; STUBS, R. HOFFMANN-CAMPO, C. B. Níveis de infestação de *Euschistus heros* em genótipos com características de resistência a insetos: parâmetros de produtividade e indicadores de tolerância. Londrina: Embrapa Soja, 2021. (**Documentos 440**). 11p.

SOUZA, S. E.; BALDIN, E. L. L.; SILVA, F. G. P. J.; LOURENÇÃO, A. L. Feeding preference of *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) and attractiveness of soybean genotypes. **Chilean journal of agricultural research**, v. 73, n. 4, p. 351 - 357, 2013.

TJALLINGII, W. F. Electronic recording of penetration behaviour by aphids. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 24, p. 722 - 730, 1978.

TJALLINGII, W. F. Electrical nature of recorded signals during stylet penetration by aphids. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 38, p. 177 - 186, 1985.

TJALLINGII, W. F. Comparison of AC and DC systems for electronic monitoring of stylet penetration activities by homopterans. In: WALKER, G. P.; BACKUS, E. A. (Eds.). Principles and applications of electronic monitoring and other techniques in the study of homopteran feeding behavior. **Entomological Society of America**, Lanham, Academic Press, 2000. p. 41 - 69.

TJALLINGII, W. F. Salivary secretions by aphids interacting with proteins of phloem wound responses. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, p. 739 - 745, 2006.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Oilseeds and Products Annual**. Disponível em: https://usdabrazil.org.br/wpcontent/uploads/2022/04/Oilseeds-and-Products-Annual_Brasilia_Brazil_BR2022-0026.pdf. Acesso em 5 set. 2022.

VALICENTE, F. H. Manejo Integrado de Pragas na Cultura do Milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. (**Circular Técnica, 208**). 13p.

VELLO, N. A.; SILVA, L. A. S. Genética busca atender ao consumo humano crescente. **Visão Agrícola**, v. 3, n. 05, p. 60 - 62, 2006.

WALKER, G. P. A beginner's guide to electronic monitoring of homopteran probing behavior. In: WALKER, G. P.; BACKUS, E. A. (Eds.). Principles and applications of electronic monitoring and other techniques in the study of homopteran feeding behavior. **Entomological Society of America**, Lanham, Academic Press, 260 p, 2000. p. 14 - 40.

CAPÍTULO II

Caracterização do comportamento alimentar de *Diceraeus* (*Dichelops*) *melacanthus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae) em cultivares de soja

Resumo

Estudos em laboratório foram realizados para a caracterização do comportamento alimentar de *Diceraeus melacanthus* (Dallas, 1851), em cultivares de soja *Glycine max* (L.) Merrill (Fabaceae), tolerantes a percevejo (tecnologia block[®]) e suscetível através da técnica de eletropenetrografia (EPG) e estudos de biologia comparada. Para as análises feitas com o EPG, as atividades realizadas pelos percevejos foram divididas em atividade não alimentar (onda NP) e alimentar (ondas DM1: inserção do estilete na vagem, DM2: alimentação no xilema, DM3A: laceração e maceração celular, DM3B: ingestão do endosperma da semente e DM1W: retirada dos estiletes). De modo geral, foi possível constatar que os insetos gastaram mais tempo em atividades alimentares (xilema e endosperma da semente) nas cultivares tolerantes (BRS 391, BRS 543RR e BRS 1003IPRO), porém os insetos empregaram mais tempo para realizar a inserção e penetração dos estiletes nas cultivares tolerantes, em especial na BRS 543RR, quando comparado a cultivar suscetível (BRS 388RR), indicando a possibilidade da existência de resistência do tipo antixenose relacionada a espessura da camada celular. Quanto a biologia comparada, os resultados indicaram que o tempo de desenvolvimento das ninfas foram semelhantes para todas as cultivares testadas bem como a longevidade dos adultos, peso e período de incubação. Diferenças acentuadas foram observadas quanto à viabilidade dos ovos, com a cultivar suscetível apresentando viabilidade superior a 80% e as cultivares tolerantes inferior a 40%, o que sugere a existência de resistência do tipo antibiose.

Palavras chaves: Tecnologia block[®], resistência de plantas, antibiose, antixenose, biologia, gráfico de penetração eletrônica, EPG.

1. INTRODUÇÃO

Os insetos sugadores de sementes portam-se como pragas em diversos cultivos de interesse econômico, diminuindo consideravelmente a qualidade fisiológica e sanitária das sementes (CORRÊA-FERREIRA & AZEVEDO, 2002; SOSA-GÓMEZ et al., 2020). Nesse contexto, o percevejo-marrom, *Euschistus heros* (Fabricius, 1974 (Hemiptera: Pentatomidae)) é uma das espécie mais importante e abundante na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) (SMANIOTTO & PANIZZI, 2015). Entretanto, mais recentemente, o percevejo barriga-verde *Diceraeus (Dichelops) melacanthus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae), vem ganhando maior relevância nas lavouras, devido frequentemente atingir altas populações no final da safra de verão, afetando severamente as plantas semeadas após a colheita da soja (milho e trigo) na segunda safra (outono/ inverno) (BUENO et al., 2015).

Essas situações tem levado o produtor a aumentar o consumo de inseticidas químicos, muitas vezes empregando-os de modo errôneo, o que tem contribuído para o aumento nos custos de produção, selecionando populações de percevejos resistentes aos inseticidas utilizados, além de promover sérios problemas ambientais (SOSA-GOMEZ & SILVA, 2010; BUENO et al., 2011; SOSA-GOMEZ et al., 2020; BUENO et al., 2021). Isso tem incentivado empresas a buscarem alternativas mais sustentáveis para o controle dos percevejos como o uso de cultivares resistentes, que é uma estratégia de controle altamente recomendada e um dos objetivos principais de pesquisadores (BUENO et al., 2020).

Diante desse cenário, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Soja), lançou recentemente cinco cultivares de soja (BRS1003 IPRO, BRS 543RR, BRS 539, BRS 523 e BRS 391) com resistência tipo tolerância ao ataque do percevejo-marrom, *E. heros*, nominada como tecnologia block®. Essa tecnologia permite que as plantas não reduzam a produtividade quando comparadas com outras sem essa tecnologia nas mesmas condições de cultivo e ataque da praga (EMBRAPA, 2019). A obtenção dessas cultivares foi feita utilizando-se seleção recorrente onde as linhagens de soja foram sucessivamente expostas a altos níveis de infestações do percevejo por

anos. Aquelas que obtiveram maior tolerância com adequada produtividade e apresentando poucos danos, foram selecionadas para compor esse portfólio (ARIAS et al., 2020).

Entretanto, essa tecnologia foi desenvolvida visando o percevejo *E. heros*. Não se tem muitas informações a respeito da influência desta tecnologia no comportamento alimentar e na biologia de outras espécies de percevejo em especial de *D. melacanthus*, além de outros possíveis mecanismos de resistência presentes. Conhecer detalhadamente o comportamento alimentar é de suma importância para traçar estratégias eficientes de manejo (LUCINI, 2017).

Diante desse desafio, a técnica do EPG (*Electrical Penetration Graph* ou eletropenetrografia) possibilita elucidar essas questões de modo preciso e rigoroso caracterizando atividades não alimentares (repouso, oviposição e caminhamento) e alimentares (laceramento/maceramento, vasos condutores, endosperma das sementes etc.). Seu funcionamento baseia-se em fazer com que uma planta e um inseto façam parte de um circuito elétrico no qual é aplicado uma baixa corrente elétrica. Quando o inseto insere o seu estilete no tecido vegetal, o circuito é então fechado e tem-se a geração de ondas elétricas que representam os diferentes locais de alimentação e o tempo de permanência do percevejo em estudo (TJALLINGII, 1978, 1985; WALKER, 2000; LUCINI et al., 2018). Sendo assim, o presente estudo objetivou caracterizar o comportamento alimentar do percevejo *D. melacanthus* através da técnica de EPG para comparar contagens e durações das diferentes formas de onda produzidas e estudar o desempenho de ninfas e adultos alimentados em diferentes cultivares de soja (tolerantes ao percevejo-marrom contendo a tecnologia block® e suscetíveis ao ataque da praga) para verificar a existência de possíveis mecanismos de resistência (antixenose/antibiose).

2. Material e Métodos

2.1 Criação de percevejos e cultivo das plantas

Os insetos utilizados advieram do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IAPAR-EMATER). A criação foi mantida sob condições controladas em ambiente climatizado a $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo 14/10h [C/E] (PANIZZII et al., 2000). Os adultos de *D. melacanthus* foram mantidos em caixas de plástico (20 × 20 ×

24 cm de altura) com o fundo forrado com papel filtro e nas suas laterais foram colocadas duas tiras de T.N.T para servir de substrato para as posturas. Para alimentação foi utilizada a dieta padrão composta por vagens verdes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), amendoim (*Arachis hypogaea* L.), sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) e grãos de soja (*Glycine max* L. (PANIZZI et al., 2000).

Manutenções das caixas de criação foram realizadas a cada dois dias com a troca de alimento, coleta das posturas e separação dos ovos em caixas gerbox (11 × 11 × 3,5 cm). Os gerbox foram forradas com papel filtro e como fonte de umidade no dia da eclosão das ninfas adicionou-se uma vagem verde de feijão. A partir do segundo instar, a alimentação foi incrementada adicionando-se sementes de soja e amendoim. Quando os indivíduos atingiram o quinto instar foram transferidos para os potes plásticos e receberam os mesmos procedimentos descritos anteriormente para os adultos.

As cultivares utilizadas para os experimentos foram a BRS 391, BRS 543RR e BRS 1003IPRO (portadoras da tecnologia block[®]) e BRS 388RR (suscetível). Estas foram semeadas quinzenalmente em casa de vegetação da Embrapa Soja, dentro de vasos com capacidade de 4 litros e para ambos experimentos as vagens utilizadas estavam no estágio de desenvolvimento R5 (enchimento de vagens) (FEHR et al., 1971).

2.2 Preparação dos percevejos e gravações de EPG

Para o estudo do comportamento alimentar através do EPG, utilizou-se um monitor AC-DC de quatro canais (BACKUS; BENNETT, 2009; EPG Technologies, Inc., Gainesville, FL, EUA). Fêmeas com 20 dias de idade foram individualizadas da colônia e permaneceram por três horas em jejum. Antes do início das gravações, os insetos passaram pelo processo de “aramização”, seguindo a metodologia proposta por Lucini & Panizzi (2016).

A aramização refere-se à fixação de um filamento fino e flexível de fio de ouro no corpo do inseto, sendo considerada uma das etapas mais importantes já que está diretamente ligada a qualidade das ondas que serão geradas. Para isso, primeiramente os insetos foram imobilizados, sobre uma tampa de placa de Petri, com uma fita VWR[®] Tape Lime e com uma lixa odontológica (2,0 × 0,4 cm) (Metalúrgica FAVA Ind. & Com.,

Modelo MF 435L, SP, Brasil), tiveram seu pronoto raspado por aproximadamente dez segundos. Objetivando aumentar a superfície de contato e melhorar a condutividade elétrica, na extremidade do fio de ouro foi realizado um “looping” posicionando-o na região lixada. Em seguida, o fio de ouro foi fixado no corpo do inseto por meio de uma gota da cola de prata solúvel e condutiva. Essa cola foi obtida a partir da mistura de água destilada, flocos de prata (Sigma-Aldrich, Saint Louis, MO, USA) e cola branca (Elmer's Glue.All, Westerville, OH, USA) na proporção de 1:1:1 (V:P:V) (PANIZZI & LUCINI, 2019).

O comprimento do fio de ouro foi de aproximadamente 3 - 4 cm e 0,1 mm de diâmetro, o qual é colado em um eletrodo composto por um fio de cobre de 3 cm soldado em um prego de latão (1,2 mm × 19,0 mm) (o conjunto todo é chamado de “eletrodo do inseto”) que foi conectado ao amplificador (canal do monitor de EPG). Para fechar o circuito elétrico e permitir a passagem da corrente elétrica, um segundo eletrodo (chamado de “eletrodo da planta”), também de cobre, foi inserido no solo onde a planta de soja estava.

Após 20 minutos da colagem, os insetos foram cuidadosamente descolados e posicionados individualmente nos amplificadores do EPG e colocados em seguida sobre uma vagem de soja. As atividades alimentares foram registradas aplicando uma impedância de 10^7 Ohms a uma taxa de gravação de 100 Hz por canal (por inseto) (LUCINI & PANIZZI, 2018), usando o equipamento WinDaq DI-710 (Dataq® Instruments, Akron, OH, USA) conectado a um laptop HP Pentium com o software WinDaq Lite (Dataq) instalado.

As gravações foram realizadas no laboratório de EPG da Embrapa Trigo em condições controladas de temperatura (25°C) e luz em dois períodos do dia (11:00 as 17:00 e 17:00 as 23:00), totalizando seis horas ininterruptas a cada ciclo. O delineamento experimental empregado foi de blocos ao acaso com 12 repetições. Ao todo 42 insetos foram gravados com sucesso. A descrição, nomenclatura e significado biológico das formas ondas geradas foi realizada baseando-se nos estudos com percevejos pentatomídeos de Lucini & Panizzi (2018).

2.3 Biologia de *D. melacanthus*

Paralelamente as gravações e análises de ondas no EPG foi realizado um segundo experimento completar para avaliar a biologia de *D. melacanthus* nas cultivares de soja em estudo. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (cultivares) e 15 repetições. A partir do segundo instar (ninfas de primeiro não se alimentam) (PANIZZI & SILVA 2009), cerca de dez insetos foram separados em caixas do tipo gerbox que compuseram cada unidade experimental. O gerbox foi forrado e para simular o máximo das condições possíveis de campo junto com a vagem foi alocado um trifólio de soja cuja extremidade foi inserida em um tubo de eppendorf umedecido para diminuir a desidratação do vegetal e possibilitar sua turgidez por mais tempo. A troca de alimento ocorreu a cada dois dias e como fonte de água, foi disponibilizado um chumaço de algodão.

Após atingirem a fase adulta, estes foram sexados e separados em casais com diferença de emergência de até 48 horas e o macho substituído quando ocorrido sua morte em até dois dias após sua junção com a fêmea. Cada tratamento contou com 18 repetições condicionados também em caixas gerbox, com o mesmo sistema das ninfas no que diz respeito a manutenção e alimentação. Como substrato para a oviposição colocou-se um chumaço de algodão (SILVA & PANIZZI, 2007), que diariamente foi conferido e quando houveram posturas estas foram transferidas para placas de petri (60 mm × 10 mm de diâmetro) para posteriores avaliações. Observações diárias foram realizadas para a determinação da duração das fases ninfais em dias (2º ao 5º instar), longevidade dos adultos, fecundidade das fêmeas, tempo de pré-oviposição e viabilidade dos ovos (%). Ressalta-se que após a emergência dos adultos e aos 21º dias de vida, foi realizada a pesagem dos insetos com o auxílio de uma balança analítica de precisão (Shimadzu, modelo Ay220).

2.4 Análises Estatísticas

Para os dados de EPG, as formas de onda foram analisadas manualmente usando WinDaq Waveform Software (DATAQ Instruments, Akron, OH). Cinco variáveis de EPG não sequenciais foram calculadas para cada forma de onda: WDI (duração total da forma de onda por inseto - em minutos), WDEI (duração de cada evento da forma de onda por

inseto - em minutos) e NWEI (número de eventos da forma de onda por inseto), TWD (% da duração total de cada forma de onda), TPD (% da duração total das atividades de alimentação). Ressalta-se que aqui o termo “evento” refere-se à ocorrência contínua de um determinado tipo de onda (BACKUS et al., 2007).

Os dados obtidos das ondas foram analisados para diferenças significativas usando o programa Backus 2.0 para Statistical Analysis Software (SAS Institute, 2009), sendo submetidos a análise de variância e quando significativo as médias foram comparadas usando o método LSD - mínima diferença significativa (LSMEANS; $\alpha = 0,05$) e se necessário os dados de contagem e duração foram transformados pela raiz quadrada e log, respectivamente, para atingir os pressupostos de normalidade e homocedasticidade.

Para a biologia de *D. melacanthus* os dados foram submetidos a análise de variância e se significativo, as médias foram comparadas também pelo método LSD (EMMEANS; $\alpha = 0,05$). As pressuposições de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias foram testadas por Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Para os dados de mortalidade total foi realizada a análise de variância para modelo linear generalizado considerando a distribuição quasipoisson, sendo os efeitos testados pelo teste qui-quadrado. Quanto a pré-oviposição, foi realizada comparações usando a análise de sobrevivência pelo método não- paramétrico de Kaplan-Meier e as comparações através do método de classificação de Log-Rank com correção de BH.

3. Resultados e discussão

3.1 Descrição das ondas

Durante o monitoramento do comportamento alimentar de *D. melacanthus* em vagens de soja, foram caracterizadas seis formas de ondas, as quais foram divididas em fase de não alimentação (onda NP) e alimentação (ondas DM1, DM2, DM3A, DM3B, DM1W), com seus respectivos significados biológicos apresentados na **Tabela 1** e **Figura 4**.

Tabela 1. Formas de onda de adultos de *D. melacanthus* registrados pelo EPG AC-DC em vagens de soja (estádio R5: enchimento de vagem) e suas atividades biológicas propostas.

Fase	Tipo	Atividade Biológica
Não alimentação	NP	Inseto parado, ovipositando ou locomovendo-se sobre a vagem.
Alimentação	DM1	Inserção e penetração dos estiletes no tecido vegetal e secreção da bainha salivar
	DM2	Ingestão de seiva do xilema
	DM3A	Laceração celular e maceração enzimática do tecido do endosperma da semente
	DM3B	Ingestão do conteúdo celular da semente
	DM1W	Retirada dos estiletes do tecido vegetal

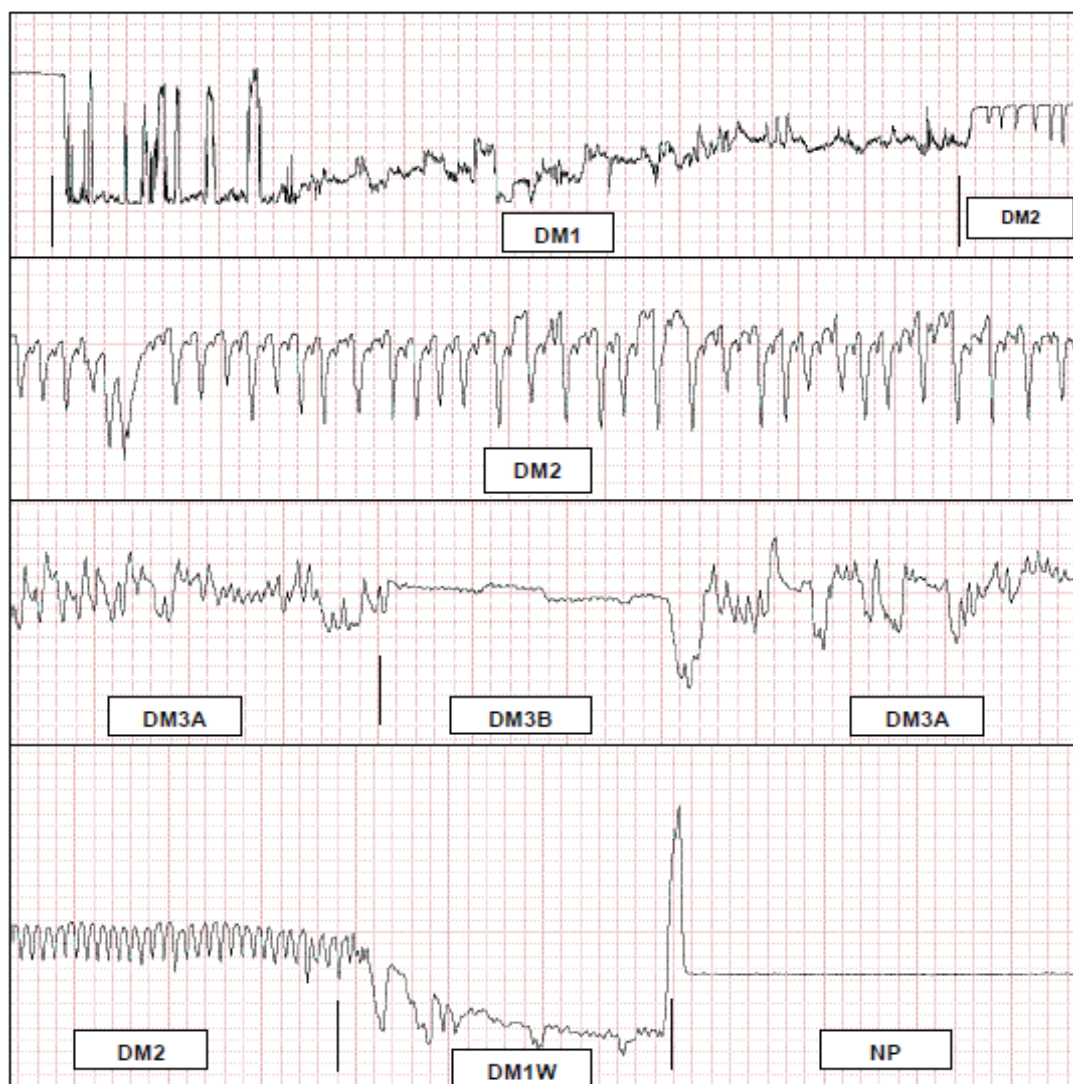


Figura 4. Representação das formas de onda produzidas por de *D. melacanthus* alimentando-se de vagens de soja da cultivar BRS 1003IPRO.

As atividades não alimentares registradas pelo EPG (caminhamento, oviposição, descanso), diferiram estatisticamente apenas para WDEI em que a cultivar BRS 388RR apresentou os maiores valores (138,82) e a cultivar BRS 391 os menores (75,74) (**Tabela 4**). Para o WDI, as maiores diferenças numéricas foram para a BRS 388RR (269,81) e a menor para a cultivar BRS 391 (232,58) (**Tabela 2**). Quanto ao NWEI, a BRS 391 obteve os maiores valores (4,64) e a BRS 388RR os menores (2,64) (**Tabela 3**). Estes resultados indicam que de modo geral os insetos passaram mais tempo em atividades não alimentares na cultivar suscetível e menor nas cultivares tolerantes o que indica que o maior tempo de alimentação ocorreu de modo inverso ao esperado, sendo maior nas cultivares block® e menor na suscetível (**Figura 2**).

Tabela 2. Médias ($\pm$ EP) da duração da forma de onda por inseto (WDI; min) de diferentes formas de onda EPG produzidas por *D. melacanthus* em vagens de soja tolerantes (BRS 391, BRS 543 RR, BRS 1003 IPRO) e suscetível (BRS 388RR).

Cultivares de Soja					
Formas de Onda	BRS 388RR	BRS 391	BRS 543RR	BRS1003IPRO	p-valor
NP	269,81 $\pm$ 9,76 a	232,58 $\pm$ 22,70 a	240,22 $\pm$ 23,45 a	240,37 $\pm$ 18,44 a	0,4519
DM1	5,01 $\pm$ 0,88 b	11,60 $\pm$ 2,30 ab	18,0 $\pm$ 4,55 a	11,73 $\pm$ 2,92 ab	0,0403
DM2	45,69 $\pm$ 8,44 a	52,93 $\pm$ 9,40 a	71,94 $\pm$ 38,63 a	51,78 $\pm$ 7,69 a	0,9071
DM3A	32,85 $\pm$ 8,02 a	56,29 $\pm$ 15,19 a	36,60 $\pm$ 8,26 a	54,03 $\pm$ 11,38 a	0,5544
DM3B	0,69 $\pm$ 0,20 a	1,18 $\pm$ 0,55 a	1,24 $\pm$ 0,51 a	1,69 $\pm$ 0,26 a	0,2125
DM1W	0,74 $\pm$ 0,56 a	3,10 $\pm$ 0,85 a	4,58 $\pm$ 4,37 a	0,21 $\pm$ 0,05 a	0,6316

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si à $\alpha < 0,05$ (teste LSD – Diferença Mínima Significativa).

Tabela 3. Médias ($\pm$ EP) do número de eventos de forma de onda por inseto (NWEI) de diferentes formas de onda EPG produzidos por *D. melacanthus* em vagens de soja tolerantes (BRS 391, BRS 543 RR, BRS 1003 IPRO) e suscetível (BRS 388RR).

Cultivares de Soja					
Formas de Onda	BRS 388RR	BRS 391	BRS 543RR	BRS1003IPRO	p-valor
NP	2,64 $\pm$ 0,49 A	4,64 $\pm$ 1,00 a	3,63 $\pm$ 0,59 a	3,17 $\pm$ 0,52 a	0,1419
DM1	3,20 $\pm$ 0,50 a	5,10 $\pm$ 0,97 a	4,30 $\pm$ 0,73 a	4,91 $\pm$ 0,90 a	0,3740
DM2	2,00 $\pm$ 0,42 a	2,20 $\pm$ 0,44 a	2,40 $\pm$ 1,16 a	2,00 $\pm$ 0,30 a	0,9861
DM3A	10,80 $\pm$ 3,36 a	17,50 $\pm$ 6,95 a	14,00 $\pm$ 5,95 a	18,70 $\pm$ 3,93 a	0,6218
DM3B	11,00 $\pm$ 3,49 a	17,60 $\pm$ 7,52 a	15,50 $\pm$ 7,15 a	17,50 $\pm$ 3,83 a	0,8110
DM1W	2,5 $\pm$ 0,49 a	4,5 $\pm$ 0,99 a	3,6 $\pm$ 0,5 a	3,0 $\pm$ 0,49 a	0,2125

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si à $\alpha < 0,05$ (teste LSD – Diferença Mínima Significativa).

Tabela 4. Médias ($\pm$ EP) da duração da forma de onda por evento por inseto (WDEI; min) de diferentes formas de onda de EPG produzidas por *D. melacanthus* em vagens de soja tolerantes (BRS 391, BRS 543 RR, BRS 1003 IPRO) e suscetível (BRS 388RR).

Cultivares de Soja					
Formas de Onda	BRS 388RR	BRS 391	BRS 543RR	BRS1003IPRO	p-valor
NP	138,82 $\pm$ 24,46 a	75,74 $\pm$ 17,11 b	80,83 $\pm$ 13,0 ab	93,25 $\pm$ 14,21 ab	0,1088
DM1	1,53 $\pm$ 0,18 b	2,68 $\pm$ 0,66 ab	4,79 $\pm$ 1,18 a	2,38 $\pm$ 0,34 ab	0,0771
DM2	27,84 $\pm$ 5,38 a	31,91 $\pm$ 7,86 a	27,36 $\pm$ 1,69 a	29,53 $\pm$ 3,97 a	0,9128
DM3A	5,41 $\pm$ 2,68 a	6,38 $\pm$ 2,74 a	7,61 $\pm$ 3,93 a	3,29 $\pm$ 0,63 a	0,9128
DM3B	0,07 $\pm$ 0,01 ab	0,06 $\pm$ 0,01 b	0,11 $\pm$ 0,05 ab	0,12 $\pm$ 0,02 a	0,1107
DM1W	0,20 $\pm$ 0,11 a	0,77 $\pm$ 0,71 a	0,68 $\pm$ 0,62 a	0,071 $\pm$ 0,01 a	0,7744

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si à $\alpha < 0,05$ (teste LSD – Diferença Mínima Significativa).

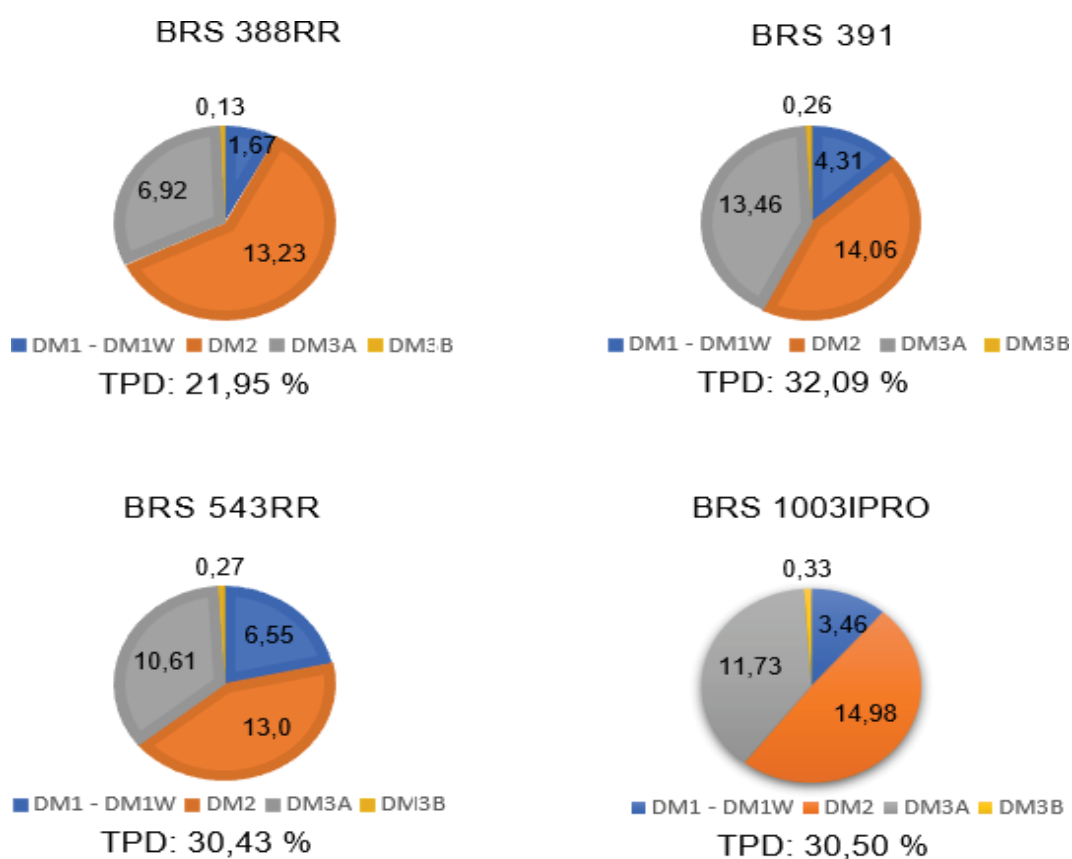


Figura 5. Duração total da alimentação em porcentagem (TPD) e porcentagem total de tempo em diferentes categorias da forma de onda (TWD), gastos por *D. melacanthus* em vagens de soja tolerantes (BRS 391, BRS 543RR, BRS 1003IPRO) e suscetível (BRS 388RR).

Existem inúmeros fatores envolvidos que podem interferir no processo alimentar e fazer com que um determinado genótipo seja mais ou menos consumido, tais como os aspectos físicos e/ou químicos que são intrínsecos a planta (PAINTER, 1951; STOUT, 2013). Alguns estudos evidenciam por exemplo que a existência de maiores densidades de tricomas presentes em alguns genótipos podem resultar em uma menor atratividade a percevejos (SOUZA et al., 2013; KRAUSE, 2022), isso possivelmente porque tais estruturas atuam como barreiras físicas dificultando o contato do inseto com a epiderme da planta (WAR et al., 2012).

Quanto aos aspectos químicos, estes referem-se à presença de aleloquímicos (metabólitos secundários) no vegetal, que podem atuar repelindo os insetos, atraindo os inimigos naturais ou diminuindo sua palatabilidade (KUBO & HANKE, 1986; WAR et al., 2012). Piubelli et al. (2003), verificaram que as injúrias causadas pelo percevejo *Nezara viridula* L. (Hemiptera: Pentatomidae) desencadearam na linhagem de soja PI227687 compostos como daidzeína e rutina, que influenciaram negativamente na sua preferência alimentar fazendo com que o mesmo evitasse a alimentação em materiais já acessados. Cultivares com altas concentrações de isoflavonóides foram menos preferidas, segundo Silva et al., (2013), para oviposição em comparação com aqueles com menores concentrações. Considerando as atividades alimentares referentes a forma da onda DM1 (penetração e inserção do aparelho bucal na vagem), houve diferença estatística para o WDI, possuindo a BRS 543RR o maior valor (18,0) e a BRS 388RR o menor (5,01) e para o WDEI onde a BRS 543RR (4,79) foi superior comparado com BRS 388RR (1,53). Referente a onda DM1W (retirada dos estiletes), houve diferença numérica para o WDI, sendo superior na cultivar BRS 543RR (4,58) e inferior na BRS 1003IPRO (0,21) e para o WDEI, superior na cultivar BRS 391 (0,77) e inferior na BRS 1003IPRO (0,071). Quanto ao NWEI, houve diferença estatística, onde BRS 391 apresentou valor superior (4,5) a BRS 388RR (2,5).

Para as formas de onda mencionadas acima, DM1 e DM1W, o TWD (porcentagem total de tempo em diferentes categorias de forma de onda), foi maior na BRS 543RR (6,55%) e menor na BRS 388RR (1,67%). O maior ou menor período de tempo empregado nestes processos pode estar associado a espessura da camada

celular que conta com uma camada celular rígida composta por células do esclerênquima que precisa ser superada para atingir o endosperma (LUCINI & PANIZZU, 2018), que parece ser maior na cultivar BRS 543 e menor na suscetível.

Na forma de onda DM2 (ingestão do xilema), nenhum parâmetro analisado diferiu estatisticamente. Para o WDI e NWEI a cultivar BRS 543RR obteve maiores valores (71,94; 2,40), respectivamente, enquanto que para o WDEI apresentou o menor valor (27,36). Referente ainda ao WDEI, a cultivar BRS 391 foi numericamente superior (31,91) e para o NWEI os menores foram para BRS 388RR e BRS 1003IPRO (2,0). Quanto ao WDI os menores valores foram observados para a BRS 388RR (45,69) e os maiores para a BRS 543RR (71,91).

O TWD para DM2 foi maior na BRS 1003IPRO (14,98%) e menor na BRS BRS 543RR (13,0%), sendo esta forma de onda a de maior duração em todos os materiais quando comparado as demais atividades alimentares. O tecido do xilema se caracteriza por ser rico em água e pela baixa concentração de nutrientes (TAIZ & ZEIGER, 2004), portanto, *D. melacanthus* poderia estar utilizando-o para sua hidratação corporal (SPILLER et al., 1990; LUCINI & PANIZZU, 2020; RIVERA & MITCHELL, 2020), e/ou objetivando equilibrar os nutrientes obtidos após a alimentação no endosperma uma vez que este é altamente concentrado (LUCINI et al., 2016).

Referente a onda DM3A (dilaceramento e maceramento), não houveram diferenças significativas. Para o WDEI, a BRS 543RR teve o valor mais alto (7,61) e a BRS 1003IPRO o menor (3,29). Contrariamente para o NWEI, a BRS 1003IPRO apresentou o valor mais alto (18,70) e a cultivar BRS 388RR o mais baixo (10,8), assim como para o WDI (32,85). Quanto a onda DM3B (ingestão do conteúdo celular), apenas o WDEI diferiu estatisticamente, sendo a BRS 1003IPRO (0,12) diferente da BRS 391 (0,06). Para o WDI e NWEI, as cultivares superiores foram BRS 1003IPRO (1,69) e BRS 391 (17,60), respectivamente. Os menores valores para os mesmos parâmetros foram da BRS 388 (0,69; 11,0).

O TWD da onda DM3A foi maior na cultivar BRS 391 (13,46%) e menor na BRS 388 (6,92%), enquanto que para DM3B a maior foi na BRS 1003IPRO (0,33%) e menor na BRS 388RR (0,13%). Tais atividades ocorreram de modo alternado onde DM3A caracterizou-se por ter longa duração e DM3B curta duração, assim como

também constado por Lucini & Panizzi (2018; 2020), em outros estudos realizados com percevejos da família Pentatomidae. Ressalta-se que apesar do curto período focado na ingestão do endosperma pelos insetos, as sementes são estruturas altamente concentradas em nutrientes (SLANSKY & PANIZZI, 1987; DE MORAES et al., 2006).

Quanto ao TPD (duração total da alimentação em porcentagem), de modo geral, os adultos de *D. melacanthus* empregaram mais tempo em atividades alimentares nas cultivares tolerantes variando de 30,42% na BRS 543RR a 32,07% na BRS 391 (**Figura 5**), enquanto que na cultivar suscetível o período de tempo empregado correspondeu a 21,94%. Em todas as cultivares, o TWD seguiu o mesmo padrão, em que os insetos passaram mais tempo no tecido do xilema seguido das ondas de laceração/maceração, inserção/retirada dos estiletes e ingestão do conteúdo celular.

Os resultados obtidos nesse trabalho vão parcialmente ao encontro do que os visualizados por Lucini et al., (2021), que utilizaram o percevejo *E. heros* com as cultivares block[®], no que diz respeito ao TWD. Entretanto, os autores não encontraram diferenças estatísticas para a onda de DM1 e visualizaram um período maior de não alimentação nas cultivares tolerantes e maior duração das atividades na semente na cultivar suscetível (BRS 5601RR). Oliveira et al., (2022) testando as mesmas cultivares verificaram também um menor tempo empregado no endosperma da semente, bem como um menor dano resultante das atividades alimentares. Estes resultados podem indicar que o mesmo genótipo pode ter diferentes padrões de suscetibilidade em relação a diferentes espécies de insetos (SMITH, 2005), e que as cultivares block[®] parecem possuir algum mecanismo de resistência do tipo antixenose relacionado a espessura da camada celular, uma vez que os insetos gastaram relativamente mais tempo para realizar a inserção e penetração dos estiletes nas cultivares block[®], especialmente na BRS 543RR do que na cultivar suscetível.

Quanto aos dados referentes as variáveis biológicas de *D. melacanthus* avaliadas, para o desenvolvimento do estágio ninfal em dias (**Tabela 5**), o tempo para a conclusão de cada instar (2º a 5º), teve duração superior aos esperados na literatura (PEREIRA et al., 2007), em N2, N4 e N5 em todas as cultivares. Houve diferença estatística apenas para o terceiro instar, em que a BRS 1003IPRO apresentou valor

superior (4,83) e a BRS 543RR inferior (3,77). A extensão do período ninfal pode estar relacionada a uma estratégia compensatória quando os insetos consomem alimentos que consideram nutricionalmente mais pobres (BEHMER, 2009). A mortalidade total foi alta e não diferiu entre os tratamentos, sendo menor na BRS 388RR (54,67%) e maior na BRS 1003IPRO (69,33%). Um estudo realizado por Chocorosqui (2001), encontrou valores similares, onde a mortalidade da população foi de 60% quando alimentadas com vagens verde de soja (variedade Paraná).

Tabela 5. Médias $\pm$ (EP) do período em dias para a conclusão do estágio de ninfa do segundo ao quinto instar (N2 a N5) e mortalidade total (M total) de *D. melacanthus*.

Instares	Cultivares de Soja				p-valor
	BRS 388RR	BRS 391	BRS 543RR	BRS 1003IPRO	
N2	5,52 $\pm$ 0,09 a	5,97 $\pm$ 0,24 a	5,51 $\pm$ 0,28 a	5,74 $\pm$ 0,13 a	0,3454
N3	4,03 $\pm$ 0,14 ab	4,18 $\pm$ 0,16 ab	3,77 $\pm$ 0,17 b	4,83 $\pm$ 0,34 a	0,0106
N4	4,67 $\pm$ 0,12 a	4,99 $\pm$ 0,23 a	4,97 $\pm$ 0,24 a	5,37 $\pm$ 0,24 a	0,1558
N5	6,92 $\pm$ 0,25 a	6,8 a $\pm$ 0,14 a	6,23 $\pm$ 0,21 a	7,00 $\pm$ 0,25 a	0,0834
M total	54,67 $\pm$ 3,63 a	62,00 $\pm$ 5,5 a	58,67 $\pm$ 5,05 a	69,33 $\pm$ 3,83 a	0,1435

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si à $\alpha < 0,05$ (teste LSD – Diferença Mínima Significativa).

Com relação aos insetos adultos (**Tabela 6**), a longevidade dos machos e das fêmeas não diferiu entre os tratamentos sendo considerada baixa variando de 12,6 a 19,4 dias. Estudos realizados por Panizzi (2007), Canassa (2015), também verificaram baixa longevidade desse percevejo quando alimentados exclusivamente com vagens de soja, apresentando durações médias respectivas de 22,6 e 23,13 dias. Quanto ao peso, houve diferença significativa apenas para as fêmeas após 21º dia, em que a BRS 1003IPRO (65 mg) foi superior a BRS 388RR (55 mg) e a BRS 543RR (52 mg). Para a pré-oviposição (**Figura 3A e 3B**), as fêmeas alimentadas com as cultivares BRS 388RR e BRS 1003IPRO levaram mais tempo em dias para a primeira postura (10,5 e 9,5), e a BRS 543RR menos dias (6,00). Segundo Parra et al., (2009), o maior período de pré-oviposição pode ser uma estratégia reprodutiva para acumular

nutrientes e energia necessários para a ovogênese (formação do ovo) e oviposição.

Tabela 6. Médias $\pm$ (EP) da duração do ciclo em dias de fêmeas (CF) e machos (CM) de *D. melacanthus*, peso (mg) após a emergência da fêmea (PAEF) e do macho (PAEM) e ao 21º dia (PA21ºF, PA21ºM).

Variáveis	Cultivares de Soja				p-valor
	BRS 388RR	BRS 391	BRS543RR	BRS 1003IPRO	
CF	18,1 $\pm$ 1,68 a	16,4 $\pm$ 1,97 a	18,3 $\pm$ 2,13 a	12,6 a $\pm$ 1,79 a	0,1376
CM	15,7 $\pm$ 2,25 a	13,4 $\pm$ 1,93 a	19,4 $\pm$ 1,89 a	14,1 $\pm$ 2,41 a	0,2008
PAEF	48 $\pm$ 0,0021 a	44 $\pm$ 0,0019 a	44 $\pm$ 0,0019 a	43 $\pm$ 0,0014 a	0,2708
PA21ºF	55 $\pm$ 0,0015 b	59 $\pm$ 0,0009 ab	52 $\pm$ 0,0011 b	65 $\pm$ 0,0010 a	0,0060
PAEM	38 $\pm$ 0,0017 a	39 $\pm$ 0,0012 a	39 $\pm$ 0,0012 a	37 $\pm$ 0,0015 a	0,6198
PA21ºM	51 $\pm$ 0,0017 a	50 $\pm$ 0,0011 a	47 $\pm$ 0,0011 a	51 $\pm$ 0,0007 a	0,4199

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si à $\alpha < 0,05$ (teste LSD – Diferença Mínima Significativa).

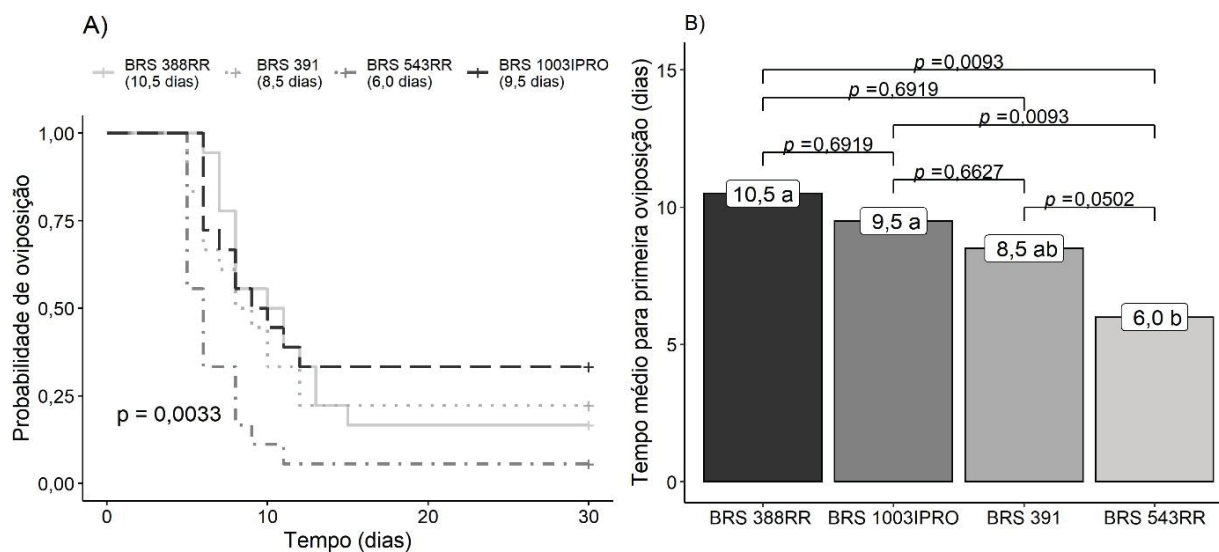


Figura 6. Análise de sobrevivência para o tempo até a primeira oviposição (A) e comparação par a par (B). $p < 0,05$ indica diferença significativa usando o método de classificação Long-Rank com correção BH.

As maiores diferenças estatísticas foram referentes a oviposição das fêmeas (**Tabela 7**), para o número de posturas, o total de ovos e a sua viabilidade, em que a cultivar BRS 1003IPRO obteve os menores valores para estes parâmetros (2; 14,25; 27,22% respectivamente). A cultivar BRS 391 foi superior para a oviposição total (47,17), porém, para a viabilidade dos ovos a cultivar BRS 388RR foi a que obteve o

maior valor (84,67%) quando comparado as demais em que a viabilidade foi abaixo de 40%.

Tabela 7. Médias $\pm$ (EP) referentes a oviposição de fêmeas de *D. melacanthus* (número de posturas, número total de ovos, viabilidade (%) e período de incubação (dias)).

Oviposição	Cultivares de Soja				p-valor
	BRS 388RR	BRS 391	BRS 543RR	BRS1003IPRO	
Posturas	5,67 $\pm$ 1,18 a	6,06 $\pm$ 1,26 a	6,06 $\pm$ 1,24 a	2,00 $\pm$ 0,57 b	0,0109
Ovos	40,22 $\pm$ 9,05 ab	47,17 $\pm$ 12,05 a	41,78 $\pm$ 8,85 ab	14,25 $\pm$ 4,31 b	0,0231
Viabilidade	34,06 $\pm$ 7,71 a (84,69%)	17,06 $\pm$ 6,21 ab (36,17%)	11,89 $\pm$ 4,11 b (28,45%)	3,88 $\pm$ 1,67 b (27,23)	0,0004 -
Incubação	5,41 $\pm$ 0,10 a	5,78 $\pm$ 0,11 a	5,96 $\pm$ 0,16 a	5,27 $\pm$ 0,10 a	0,0317

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem entre si à $\alpha < 0,05$ (teste LSD – Diferença Mínima Significativa).

Os resultados referentes a oviposição das fêmeas podem inferir que as cultivares block[®] possam ter atributos relacionados a resistência do tipo antibiose para *D. melacanthus*, pois houve efeito deletério na biologia do inseto que resultou em alta porcentagem de ovos inviáveis quando comparados a cultivar suscetível. Quanto as demais alterações ocorridas em todas as cultivares, no que se refere a maior duração dos instares em N2, N4 e N5, menor longevidade de adultos e alta mortalidade, isso pode indicar que a soja não é o alimento preferencial para esta espécie como constato por Chocorosqui (2001); Cruz et al. (2013) e Canassa (2015), e quando tais insetos consomem alimentos alternativos isso pode influenciar negativamente no desempenho de ninfas e adultos (PANIZZl, 2000), fato que pode estar associado a qualidade nutricional da semente e/ou a presença de compostos antinutricionais que reduzem a alimentação, a digestibilidade e a assimilação dos nutrientes pelos percevejos (AWMACK & LEATHER, 2002).

4. Referências

ARIAS, C. A. A.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; LOPES, I. O. N. Auxílio da genética. **Revista Cultivar**, v. 229, p. 12 – 14, 2020.

AWMACK, C. S.; LEATHER, S. R. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. **Annual review of entomology**, v. 47, n. 1, p. 817 - 844, 2002.

BACKUS, E. A.; CLINE, A. R.; ELLERSEICK, M. R.; SERRANO, M. S. *Lygus hesperus* (Hemiptera: Miridae) feeding on cotton: new methods and parameters for analysis of nonsequential electrical penetration graph data. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 100, p. 296 - 310, 2007.

BACKUS, E. A.; BENNETT, W. H. The AC – DC correlation monitor: new EPG design with flexible input resistors to detect both R and emf components for any piercing-sucking hemipteran. **Journal of Insect Physiology**, v. 55, p. 869 - 884, 2009.

BEHMER, S. T. Insect herbivore nutrient regulation. **Annual review of entomology**, v. 54, n. 1, p. 165 - 187, 2009.

BUENO, A. F.; BATISTELA, M. J.; BUENO, R. C. O. F.; FRANÇA-NETO, J. B.; NISHIKAWA, M.A.N.; LIBÉRIO F, A. Effects of integrated pest management, biological control and prophylactic use of insecticides on the management and sustainability of soybean. **Crop Protection**, v. 30, p. 937 - 945, 2011.

BUENO, A. F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ROGGIA, S.; BIANCO, R. Silenciosos e daninhos. **Revista cultivar**, v. 196, p. 25 - 27, 2015.

BUENO, A. F.; DALL'AGNOLL, A. 2020. Novo momento. **Revista cultivar**, v. 257, p. 20 - 23, 2020.

BUENO, A. F.; PANIZZI, A. R.; HUNT, T.E.; DOURADO, P. M.; PITTA, R. M.; GONÇALVES, J. 2021. Challenges for Adoption of Integrated Pest Management (IPM): the Soybean Example. **Neotropical Entomology**, v. 50, n. 1, p. 5 - 20, 2021.

CANASSA, V. F. **Resistência de genótipos de soja a *Dichelops melacanthus* (dallas) (Hemiptera: Pentatomidae)**, 2015. 77p. Dissertação, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

CHOCOROSQUI, V, R. **Bioecologia de *Dichelops (Diceraeus) melacanthus* (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae), danos e controle em soja, milho e trigo no Norte do Paraná**. 2001. 186 p. Tese - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

CORRÊA-FERRIRA, B. S.; AZEVEDO, J. Soybean seed damage by different species of stink bugs. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 4, n. 2, p. 145 - 150, 2002.

CRUZ, Y. K. S.; BORTOLOTO, O. C.; BUENO, A. F.; BARBOSA, G.C.; SILVA, G.V.; BRAGA, K.; POMARI, A. F.; QUEIROZ, A.P.; SANZOVO, A. W. S. Biologia de *Dichelops melacanthus* (Hemiptera: Pentatomidae) alimentado com soja Bt em diferentes temperaturas.

DE MORAES, R. M. A.; JOSÉ, I. C.; RAMOS, F. G.; DE BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Caracterização bioquímica de linhagens de soja com alto teor de proteína. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 725 - 729, 2006.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Tecnologia Block. Distrito Federal, 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/soja/block/cultivares>>. Acesso em 20/07/2020. Acesso em: 19 set. 2022.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E.; BURMOOD, D. T.; PENNINGTON, J. S. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, v. 11, p. 929 - 930, 1971.

JIN, S.; CHEN, Z. M.; BACKUS, E. A., SUN, X. L.; & XIAO, B. Characterization of EPG waveforms for the tea green leafhopper, *Empoasca vitis* Göthe (Hemiptera: Cicadellidae), on tea plants and their correlation with stylet activities. **Journal of insect physiology**, v. 58, n. 3, p. 1235 - 1244.

KRAUSE, F, A. **Reação de genótipos de soja ao ataque do percevejo *Euschistus heros*: atratividade, preferência alimentar e avaliação em diferentes níveis de infestação**. Dissertação de mestrado. 2022. 59 p. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2022.

KUBO, I.; F. G. HANKE. Chemical methods for isolating and identifying phytochemicals biologically active in insects. In: MILLER, J.R. & MILLER, T.A. (eds.), **Insect-plant interactions**. New York, Spring-Verlag, p. 225 - 249, 1986, 374p.

LUCINI, T.; PANIZZI, A, R.; BACKUS, E, A. Characterization of an EPG waveform library for redbanded stink bug, *Piezodorus guildinii* (Hemiptera: Pentatomidae), on soybean plants. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 109, n. 2, p. 198 - 210, 2016.

LUCINI, T. **Monitoramento eletrônico das atividades alimentares de percevejos pentatomídeos em diferentes plantas hospedeiras por meio da técnica de EPG (*electrical penetration graph*)**. 2017. 235 p. Tese – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

LUCINI, T.; PANIZZI, A. R. EPG monitoring of the Neotropical brown-stink bug, *Euschistus heros* (F.), on soybean pods: an electrical penetration graph-histology analysis. **Journal of Insect Science**, v. 18, p. 1 - 14, 2018.

LUCINI, T.; PANIZZI, A. R. Electropenetrographic (EPG) comparison of feeding behavior of *Dichelops furcatus* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae) on soybean and spring cereals. **Journal of Economic Entomology**, v. 113, 1796 – 1803, 2020.

LUCINI, T.; PANIZZI, A. R.; BUENO, A. F. Evaluating resistance of the soybean block technology cultivars to the Neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (F.). **Journal of Insect Physiology**, v. 131, p. 1 - 9, 2021.

OLIVEIRA, P. W.; LUCINI, T.; PANIZZI, A. R. Seed Damage by the Neotropical Brown Stink Bug, *Euschistus heros* (F.) to Resistant Soybean Cultivars with the Block. Technology Versus a Susceptible Cultivar. **Environmental Entomology**, v. 51, n. 2, p. 451 - 459, 2022.

PAINTER, R.H. **Insect resistance in crop plants**. New York: McMillan, 1951.

PANIZZI, A. R. Suboptimal nutrition and feeding behavior of hemipterans on less preferred plant food sources. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, p. 1 - 12, 2000.

PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P.; SANTOS, C. H.; CARVALHO, D. R. Rearing the southern green stink bug using artificial dry diet and artificial plant. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1709 - 1715, 2000.

PANIZZI, A. R.; DUO, S. L. J.; BORLOLATO, N. M.; SIQUEIRA, F. Nymph developmental time and survivorship, adult longevity, reproduction and body weight of *Dichelops elacanthus* (Dallas) feeding on natural and artificial diets. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 51, p. 484 – 488, 2007.

PANIZZI, A. R.; SILVA, F.A.C. Insetos sugadores de sementes (Heteroptera). In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 465 - 522.

PANIZZI, A. R.; LUCINI, T. Determinação do comportamento alimentar de percevejos pentatomídeos por meio da técnica de EPG (Gráfico de Penetração Elétrica). Passo fundo, Rio Grande. Embrapa Trigo, 2019. (**Documentos 115**). 53p.

PARRA, J. R. P.; PANIZZI, A. R.; HADDAD, M. L. Índices nutricionais para medir consumo e utilização de alimentos por insetos. In: PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.R. (Ed.). **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Londrina: Embrapa Soja, 2009. p. 37 -90.

PEREIRA, P. R. V. S.; SALVADORI, J. R.; TONELLO, L. S. Caracterização das fases de desenvolvimento e aspectos da biologia do percevejo barriga-verde *Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851). Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. (**Comunicado técnico, 214**). 10p.

PIUBELLI, G. C.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; ARRUDA, I. C.; FRANCHINI, J. C.; LARA, F. M. Flavonoid increase in soybean as a response to *Nezara viridula* injury and its effect on insect-feeding preference. **Journal of Chemical Ecology**, v. 29, n. 5, p. 1223 - 1233, 2003.

PEREIRA, P. R. V. S.; SALVADORI, J. R.; TONELLO, L. S. Caracterização das fases de desenvolvimento e aspectos da biologia do percevejo barriga-verde *Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851). Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. (**Comunicado técnico, 214**). 10p.

RIVERA, K. L.; MITCHELL, P.L. Probing behavior of *Nezara viridula* first instars: EPG analysis and effect of food availability on subsequent development. **Journal of Agricultural and Urban Entomology**, v. 36, 47 – 63, 2020.

SILVA, F. A. C.; PANIZZI, A. R. Cotton balls as an oviposition substrate for laboratory rearing of phytophagous stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 100, p. 745 - 748, 2007.

SLANSKY, F. J.; PANIZZI, A. R. Nutritional ecology of seed-sucking insects, p. 283–320. In: F. SLANSKY, F. J.; Rodriguez, J. G. (Eds.), **Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates**. John Wiley & Sons, New York.

SMANIOTTO, L. F.; PANIZZI, A. R. Interactions of selected species of stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) from leguminous crops with plants in the Neotropics. **Florida Entomologist**, v. 98, p. 7-17, 2015.

SMITH, C. M. Plant resistance to arthropods. In: **Plant Resistance to Arthropods**. Berlin: Springer-Verlag, 2005.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; SILVA, J. J. D. Neotropical brown stink bug (*Euschistus heros*) resistance to methamidophos in Paraná, Brazil. **Pesquisa Agropecuária do Brasil**, v. 45, p. 767 - 769, 2010.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; KRAEMER, B.; PASINI, A.; HUSCH, P.E.; DELFINO VIEIRA, C.E.; REIS MARTINEZ, C. B.; NEGRÃO LOPES, I.O. Prevalence, damage, management and insecticide resistance of stink bug populations (Hemiptera: Pentatomidae) in commodity crops. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 22, n. 2, p. 99 - 118, 2020.

SOUZA, S. E.; BALDIN, E. L. L.; SILVA, F. G. P. J.; LOURENÇÃO, A. L. Feeding preference of *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) and attractiveness of soybean genotypes. **Chilean journal of agricultural research**, v. 73, n. 4, p. 351 - 357, 2013.

SPILLER, N. J.; KOENDERS, L.; TJALLINGII, W. F. Xylem ingestion by aphids—a strategy for maintaining water balance. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 55, n. 2, p. 101 - 104, 1990.

STOUT, M. J. Reevaluating the conceptual framework for applied research on host-plant resistance. **Insect Science**, v. 20, n. 3, p. 263 - 272, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**, 3. ed. Sunderland, Massachusetts: Springer Science & Business Media, 2004.

TJALLINGII, W. F. Electronic recording of penetration behaviour by aphids. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 24, p. 722-730, 1978.

TJALLINGII, W. F. Electrical nature of recorded signals during stylet penetration by aphids. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 38, p. 177-186, 1985.

WALKER, G. P. A beginner's guide to electronic monitoring of homopteran probing behavior. In: WALKER, G. P.; BACKUS, E. A. (Eds.). Principles and applications of electronic monitoring and other techniques in the study of homopteran feeding behavior. **Entomological Society of America**, Lanham, Academic Press, 260 p, 2000. p.14 - 40.

WAR, A. R.; PAULRAJ, M. G.; AHMAD, T.; BUHROO, A. A.; HUSSAIN, B.; IGNACIMUTHU, S. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. **Plant signaling & behavior**, v. 7, n. 10, p. 1306 - 1320, 2012.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O emprego da técnica de EPG e estudos de biologia comparada nesse trabalho permitiu investigar de modo detalhado o comportamento alimentar de *D. melacanthus* em cultivares de soja tolerante (tecnologia block®) e suscetível. Com os resultados obtidos pela técnica de eletropenetrografia, foi possível identificar os padrões de alimentação nas cultivares estudadas, sendo estes: DM1: inserção e penetração dos estiletes, DM2: ingestão de seiva no xilema, DM3A: laceração celular e maceração enzimática do tecido do endosperma da semente, DM3B: ingestão do conteúdo celular da semente e DM1W: retirada dos estiletes do tecido vegetal, bem como determinar a duração de cada fase do comportamento alimentar. A partir dos dados analisados, é possível inferir as cultivares block® possam ter atributos relacionados a antixenose devido a espessura da camada celular que parece ser maior nestas pois os insetos necessitaram empregar mais tempo para acessar algum sítio de alimentação do que quando comparado a cultivar suscetível. Quanto aos resultados da biologia comparada, estes sugerem a possibilidade da existência de resistência do tipo antibiose, pois a viabilidade dos ovos foi consideravelmente afetada nas cultivares block®, abaixo de 40% em comparação com a suscetível em que a viabilidade dos ovos foi maior a 80%.

Por fim, esta pesquisa contribui para o desenvolvimento de novas cultivares de soja que possam ter resistência ao percevejo *D. melacanthus*. Ressalta-se ainda a necessidade da realização de mais estudos para a determinação do nível de danos nas sementes e pesquisas que envolvam a realização de análises químicas para determinação dos fatores responsáveis pela menor viabilidade dos ovos nas cultivares tolerantes.

Referências da dissertação

- ARIAS, C. A. A.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; LOPES, I. O. N. Auxílio da genética. **Revista Cultivar**, v. 229, p. 12 – 14, 2020.
- ÁVILA, C. J.; PANIZZI, A. R. Occurrence and damage by *Dichelops* (*Neodichelops*) *melacanthus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) on corn. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 24, p. 193 - 194, 1995.
- ÁVILA, C. J.; SANTOS, V. Manejo de pragas (MIP) na cultura da soja um estudo de caso com benefícios econômicos e ambientais. Dourado: Embrapa Agropecuária Oeste, 2018. **(Documentos 143)**. 43p.
- ÁVILA, C. J.; VIEIRA, S. E. C.; SILVA, I. F. Como manejar corretamente pragas de solo. **Revista Cultivar**, v. 256, p. 30 - 34, 2020.
- AWMACK, C. S.; LEATHER, S. R. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. **Annual review of entomology**, v. 47, n. 1, p. 817 - 844, 2002.
- BACKUS, E. A.; BENNETT, W. H. The AC – DC correlation monitor: new EPG design with flexible input resistors to detect both R and emf components for any piercing-sucking hemipteran. **Journal of Insect Physiology**, v. 55, p. 869 - 884, 2009.
- BACKUS, E. A.; CLINE, A. R.; ELLERSEICK, M. R.; SERRANO, M. S. *Lygus hesperus* (Hemiptera: Miridae) feeding on cotton: new methods and parameters for analysis of nonsequential electrical penetration graph data. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 100, p. 296 - 310, 2007.
- BACKUS, E. A.; HOLMES, W. J.; SCHREIBER, F.; REARDON, B. J.; WALKER, G. P. Sharpshooter X wave: Correlation of an electrical penetration graph waveform with xylem penetration supports a hypothesized mechanism for *Xylella fastidiosa* inoculation. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 102, p. 847 - 867, 2009.
- BACKUS, E. A.; SERRANO, M. S.; RANGER, C. M. Mechanisms of hopperburn: an overview of insect taxonomy, behavior and physiology. **Annual Review of Entomology**, v. 50, p. 125 - 151, 2005.
- BEHMER, S. T. Insect herbivore nutrient regulation. **Annual review of entomology**, v. 54, n. 1, p. 165 - 187, 2009.
- BERNARDI, O.; BERNARDI, A.; HORIKOSHI, R. J. **Manejo da resistência de insetos a plantas Bt**. Engenheiro Coelho, 2016. Disponível em: <<http://www.aenda.org.br>>. Acesso em: 29 ago. 2022.
- BIANCO, R. Manejo de pragas do milho em plantio direto. **Instituto biológico**, p. 8- 17, 2005.
- BONANI, J. P.; FERERES, A.; GARZO, E.; MIRANDA, M. P.; APPEZZATO-DAGLORIA,

B.; LOPES, J. R. S. Characterization of electrical penetration graphs of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, in sweet orange seedlings. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 134, p. 35 - 49, 2010.

BRATTSTEN, L. B.; HOLYOKE, J. R.; L. W.; LEEPER, J. R.; RAFFIA, K. F. Insecticide resistance: challenge to pest management and basic research. **Science**, v. 231, n. 4743, p. 1255 - 1260, 1986.

BUENO, A. F.; BATISTELA, M. J.; BUENO, R. C. O. F.; FRANÇA-NETO, J. B.; NISHIKAWA, M.A.N.; LIBÉRIO F, A. Effects of integrated pest management, biological control and prophylactic use of insecticides on the management and sustainability of soybean. **Crop Protection**, v. 30, p. 937 - 945, 2011.

BUENO, A. F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ROGGIA, S.; BIANCO, R. Silenciosos e daninhos. **Revista cultivar**, v. 196, p. 25 - 27, 2015.

BUENO, A. F.; DALL'AGNOLL, A. 2020. Novo momento. **Revista cultivar**, v. 257, p. 20 - 23, 2020.

BUENO, A. F.; PANIZZI, A. R.; HUNT, T.E.; DOURADO, P. M.; PITTA, R. M.; GONÇALVES, J. 2021. Challenges for Adoption of Integrated Pest Management (IPM): the Soybean Example. **Neotropical Entomology**, v. 50, n. 1, p. 5 - 20, 2021.

CANASSA, V. F. **Resistência de genótipos de soja a *Dichelops melacanthus* (dallas) (Hemiptera: Pentatomidae)**, 2015. 77p. Dissertação, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

CAPALBO, D. M. F.; ARANTES, O.; SUZUKI, M. T. *Bacillus thuringiensis*. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n. 34, 2005.

CATARINO, R.; CEDDIA, G.; AREAL, F. J.; PARK, J. The impact of secondary pests on *Bacillus thuringiensis* (Bt) crops. **Plant biotechnology journal**, v. 13, n. 5, p. 601- 612, 2015.

CHAPMAN, R. F. **The insects: structure and function**. Cambridge University Press, 1998.

CHOCOROSQUI, V, R. **Bioecologia de *Dichelops (Diceraeus) melacanthus* (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae), danos e controle em soja, milho e trigo no Norte do Paraná**. 2001. 186 p. Tese - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Perspectivas para a agropecuária**, v. 6 - safra 2018/2019. Brasília: Conab, 2018. 112p.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safra 2022/23: CORRÊA-FERREIRA, B. S. Suscetibilidade da soja a percevejos na fase anterior ao desenvolvimento das vagens**. **Pesquisa Agropecuária do Brasil**, v. 40, p. 1067- 1072, 2005.

CORREA-FERREIRA, B. S.; SÓSA-GOMEZ, D. R. **Cultura-armadilha: nova estratégia para o manejo do percevejo *Dichelops melacanthus* no sistema de sucessão soja-milho.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA e X CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENTOMOLOGIA, 10, 2018, Gramado. Resumo. Santo Antônio de Goiás: SEB: UFSM, 2018.

CORREA-FERREIRA, B. S.; SÓSA-GOMEZ, D. R. Percevejos e o sistema de produção soja-milho. Londrina: Embrapa Soja, 2017. (**Documentos 397**). 99p.

CORRÊA-FERREIRA, BEATRIZ, S.; PANIZZI, A. R. Percevejos da soja e seu manejo. Londrina: Embrapa Soja, 1999. (**Circular técnica 24**). 45p.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; AZEVEDO, J. Soybean seed damage by different species of stink bugs. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 4, n. 2, p. 145 - 150, 2002.

CRUZ, Y. K. S.; BORTOLOTO, O. C.; BUENO, A. F.; BARBOSA, G.C.; SILVA, G.V.; BRAGA, K.; POMARI, A. F.; QUEIROZ, A.P.; SANZOVO, A. W. S. Biologia de *Dichelops melacanthus* (Hemiptera: Pentatomidae) alimentado com soja Bt em diferentes temperaturas.

DE MORAES, R. M. A.; JOSÉ, I. C.; RAMOS, F. G.; DE BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Caracterização bioquímica de linhagens de soja com alto teor de proteína. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 725 - 729, 2006.

DEPIERI, R. A.; PANIZZI, A. R. Rostrum length, mandible serration, and food and salivary canals areas of selected species of stink bugs (Heteroptera, Pentatomidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 4, p. 584 - 587, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. TECNOLOGIA BLOCK. Distrito Federal, 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/soja/block/cultivares>>. Acesso em: 13 jul. 2022.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E.; BURMOOD, D. T.; PENNINGTON, J. S. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, v. 11, p. 929 - 930, 1971.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYŻANOWSKI, F. C.; PÁDUA, G. P.; LORINI, I. Características fisiológicas da semente: vigor, viabilidade, germinação, danos mecânicos tetrázio, deterioração por umidade tetrázio, dano por percevejo tetrázio e sementes verdes. Londrina: Embrapa Soja, 2018. (**Documentos 403**). 29p.

GARRIDO, L. R.; BOTTON, M. Recomendações técnicas para evitar resistência de patógenos, insetos e ácaros-pragas na cultura da videira. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2021. (**Comunicado técnico, 220**). 13p.

GOMEZ-SOSA, D. R.; BUENO, A. F. Ocorrência de *Rachiplusia nu* e *Crociosema aporema* em soja-Bt na safra 20/21 e principais orientações de manejo aos produtores para a safra 21/22. Londrina: Embrapa Soja, 2021. (**Nota Técnica**). 6p.

GRAZIA, J. Revisão do gênero *Dichelops Spinola*, 1837 (Heteroptera, Pentatomidae, Pentatomini). **Iheringia Serie Zoológica**, v. 53, p. 3 - 119, 1978.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2014. (**Documentos 349**). 70p.

HOFFMAN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; OLIVEIRA, L.J.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; PANIZZI, A. R.; CORSO, I.; GAZZONI D. L.; OLIVEIRA, E. B. Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado. Londrina: Embrapa Soja, 2000. (**Circular técnica**). 23p.

HORI, K. **Possible causes of disease symptoms resulting from the feeding of phytophagus heteroptera**, p. 11-36. In: SCHAEFER, C. W.; PANIZZI, A. R. (Eds.). *Heteroptera of economic importance*. Boca Raton, CRC Press, 856p, 2000.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento INAGAKI, C. H.; BOIAGO, N. P. Característica fisiológica e físico-químicas de sementes de soja sob danos de percevejos. **Revista Cultivando o Saber**, p. 19 - 30, 2020.

INAGAKI, C. H.; BOIAGO, N. P. Característica fisiológica e físico-químicas de sementes de soja sob danos de percevejos. **Revista Cultivando o Saber**, p. 19 - 30, 2020.

JIN, S.; CHEN, Z. M.; BACKUS, E. A.; SUN, X. L.; XIAO, B. Characterization of EPG waveforms for the tea green leafhopper, *Empoasca vitis* Göthe (Hemiptera: Cicadellidae), on tea plants and their correlation with stylet activities. **Journal of Insect Physiology**, v. 58, p. 1235 - 1244, 2012.

JIN, S.; CHEN, Z. M.; BACKUS, E. A.; SUN, X. L.; & XIAO, B. Characterization of EPG waveforms and their correlation with stylet activities. **Journal of insect physiology**, v. 58, n. 3, p. 1235 - 1244.

KIMMINS, F. M.; TJALLINGII, W. F. Ultrastructure of sieve element penetration by aphid stylets during electrical recording. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 39, p. 135 - 141, 1985.

KOUSER, S.; QAIM, M. Impact of Bt cotton on pesticide poisoning in small holder agriculture: A panel data analysis. **Scienc eDirect**, v. 70, n. 11, p. 2105 - 2103, 2011.

KRAUSE, F. A. **Reação de genótipos de soja ao ataque do percevejo *Euschistus heros*: atratividade, preferência alimentar e avaliação em diferentes níveis de infestação**. Dissertação de mestrado. 2022. 59 p. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2022.

KUBO, I.; F. G. HANKE. Chemical methods for isolating and identifying phytochemicals biologically active in insects. In: MILLER, J.R. & MILLER, T.A. (eds.), **Insect-plant**

interactions. New York, Spring-Verlag, p. 225 - 249, 1986, 374p.

LARA, F. M. **Princípios de Resistência de Plantas a Insetos**. 2. ed. São Paulo: Ícone, 1991. 336p.

LUCINI, T. **Monitoramento eletrônico das atividades alimentares de percevejos pentatomídeos em diferentes plantas hospedeiras por meio da técnica de EPG (*electrical penetration graph*)**. 2017. 235 p. Tese – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

LUCINI, T., PANIZZZI, A. R. Electropenetrographic (EPG) comparison of feeding behavior of *Dichelops furcatus* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae) on soybean and spring cereals. **Journal of Economic Entomology**, v. 113, 1796 – 1803, 2020.

LUCINI, T.; PANIZZZI, A. R.; BACKUS, E. A. Characterization of an EPG waveform library for redbanded stink bug, *Piezodorus guildinii* (Hemiptera: Pentatomidae), on soybean plants. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 109, n. 2, p. 198 - 210, 2016.

LUCINI, T.; PANIZZZI, A. R.; BUENO, A. F. Evaluating resistance of the soybean block technology cultivars to the Neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (F.). **Journal of Insect Physiology**, v. 131, p. 1 - 9, 2021.

LUCINI, T.; PANIZZZI, A. R. EPG monitoring of the Neotropical brown-stink bug, *Euschistus heros* (F.), on soybean pods: an electrical penetration graph-histology analysis. **Journal of Insect Science**, v. 18, p. 1 - 14, 2018.

MCLEAN, D. L.; KINSEY, M. G. A technique for electronically recording aphid feeding and salivation. **Nature**, v. 202, p. 1358 - 1359, 1964.

MCLEAN, D. L.; KINSEY, M. G. Identification of electrically recorded curve patterns associated with aphid feeding and salivation. **Nature**, v. 205, p. 1130 - 1131, 1965.

MCLEAN, D. L.; KINSEY, M. G. Probing Behavior of the Pea Aphid, *Acyrtosiphon pisum*. II. Comparisons of salivation and ingestion in host and non-host plant leaves. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 61, p. 730 – 739, 1968.

MCLEAN, D. L.; KINSEY, M. G. Probing Behavior of the Pea Aphid, *Acyrtosiphon pisum*. I. Definitive correlation of electronically recorded waveforms with aphid probing activities. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 60, p. 40 - 45, 1967.

MCLEAN, D. L.; KINSEY, M. G. Probing Behavior of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*. II. Comparisons of Salivation and Ingestion in host and non-host plant leaves. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 61, p. 730 – 739, 1968.

MEISSLE, M.; MOURON, P.; MUSA, T.; BIGLER, F.; PONS, X.; VASILEIADIS, V. P.; OLDENBURG, E. Pests, pesticide use and alternative options in European maize

production: current status and future prospects. **Journal of Applied Entomology**, v. 134, n. 5, p. 357 – 375, 2010.

MILLER, A. L.; TINDALL, K.; LEONARD, B. R. Bioassays for monitoring insecticide resistance. **Jove Journal of Visualized Experiments**, v. 46, n. e2129, 2010.

NETTO, V. G. L.; NETO, C. M. J. E.; NERES, C. D. C. **Avaliação da qualidade de sementes de soja com diferentes percentuais de dano por percevejos**. 13p. TCC – agronomia. Centro Universitário de Várzea Grande, Várzea, 2020.

OLIVEIRA, P. W.; LUCINI, T.; PANIZZI, A. R. Seed Damage by the Neotropical Brown Stink Bug, *Euschistus heros* (F.) to Resistant Soybean Cultivars with the Block. Technology Versus a Susceptible Cultivar. **Environmental Entomology**, v. 51, n. 2, p. 451 - 459, 2022.

OLIVEIRA, R. P. **Importância e controle do percevejo marrom na cultura da soja**. Disponível em:<<https://portal-pi.nortox.com.br/technicalinformation/file/7dc3d4b6-acc5-4ff4-b550-17fab262427b.pdf>>. Acesso em: 5 set. 2022.

PAINTER, R. H. **Insect resistance in crop plants**. New York: Macmillan, 1951. 520p.

PANIZZI, A. R. Suboptimal nutrition and feeding behavior of hemipterans on less preferred plant food sources. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, p. 1 - 12, 2000.

PANIZZI, A. R.; SILVA, F.A.C. Insetos sugadores de sementes (Heteroptera). In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 465 - 522.

PANIZZI, A. R.; DUO, S. L. J.; BORLOLATO, N. M.; SIQUEIRA, F. Nymph developmental time and survivorship, adult longevity, reproduction and body weight of *Dichelops elacanthus* (Dallas) feeding on natural and artificial diets. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 51, p. 484 – 488, 2007.

PANIZZI, A. R.; LUCINI, T. Determinação do comportamento alimentar de percevejos pentatomídeos por meio da técnica de EPG (Gráfico de Penetração Elétrica). Passo fundo, Rio Grande. Embrapa Trigo, 2019. (**Documentos 115**). 53p.

PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P.; SANTOS, C. H.; CARVALHO, D. R. Rearing the southern green stink bug using artificial dry diet and artificial plant. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1709 - 1715, 2000.

PANIZZI, A. R.; SLANSKY JUNIOR, F. Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. **The Florida Entomologist**, v. 68, p. 184 - 214, 1985.

PANIZZI, R. A.; LUCINI, T.; ALDRICH, R. J. Dynamics in pest status of phytophagous stink bugs in the neotropics. **Neotropical Entomology**, v. 51, p. 1 - 14, 2022.

PANIZZI, R. A.; AGOSTINETTO, A.; LUCINI, T.; SMANIOTTO, F. L.; PEREIRA, S. V. R. P. Manejo integrado dos percevejos barriga-verde, *Dichelops* spp. em trigo. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2015. (**Documentos 114**). 38p.

PARRA, J. R. P.; PANIZZI, A. R.; HADDAD, M. L. Índices nutricionais para medir consumo e utilização de alimentos por insetos. In: PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.R. (Ed.). **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Londrina: Embrapa Soja, 2009. p. 37 -90.

PAULA, R. S.; FILHO, F. P. **Panorama do complexo soja**. Rio de Janeiro: BNDES SETORIAL, 1998.

PEREIRA, P. R. V. S.; SALVADORI, J. R.; TONELLO, L. S. Caracterização das fases de desenvolvimento e aspectos da biologia do percevejo barriga-verde *Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851). Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. (**Comunicado técnico, 214**). 10p.

PINHEIRO, B. J.; VENDRAMIM, D. J.; LOURENÇÃO, A. L. Programas geram cultivares de soja resistentes a insetos. **Visão Agrícola**, v. 5, n. 5, p. 56 - 59, 2006.

PIUBELLI, G. C.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; ARRUDA, I. C.; FRANCHINI, J. C.; LARA, F. M. Flavonoid increase in soybean as a response to *Nezara viridula* injury and its effect on insect-feeding preference. **Journal of Chemical Ecology**, v. 29, n. 5, p. 1223 - 1233, 2003.

Produção de grãos pode chegar a 308 milhões de t impulsionada pela boa rentabilidade de milho, soja e algodão. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias>>. Acesso em: 20 set. 2020.

RAMALHO, P. M. A.; SANTOS, J. B.; PINTO, P. B. C. A.; SOUZA, E. A.; GONÇALVES, A. F. M.; SOUZA, J. CÂNDIDO. **Genética na Agropecuária**. 5. ed. Lavras: UFLA, 2012. 566p.

RHODEN, A. C.; COSTA, N. L.; SANTANA, A. C.; OLIVEIRA, G. N.; GABBI, T. M. T. Análise das tendências de oferta e demanda para o grão, farelo e óleo de soja no Brasil e nos principais mercados globais. **Desenvolvimento em Questão**, v. 18, n. 51, p. 93 - 112, 2020.

RIVERA, K. L.; MITCHELL, P.L. Probing behavior of *Nezara viridula* first instars: EPG analysis and effect of food availability on subsequent development. **Journal of Agricultural and Urban Entomology**, v. 36, 47 – 63, 2020.

ROSSETTO, C. J.; GALLO, P. B.; RAZERA, L. F.; BORTOLETTO, N.; IGUE, T.; MEDINA, P. F.; TISSELI FILHO, O.; AQUILERA, V.; VEIGA, R. F. A.; PINHEIRO, J. B. Mechanisms of resistance to stink bug complex in the soybean cultivar IAC-100. **Anais Sociedade Entomologica do Brasil**, v. 24, 517 – 522, 1995.

SATURNINO, M. H. Plantio direto e a agricultura sustentável nos trópicos. **Revista de política agrícola**, v. 6, n. 4, p. 28 - 32.

SCHUH, R. T.; SLATER, J. A. **True Bugs of the World (Hemiptera: Heteroptera): classification and natural history**. Ithaca, Cornell University Press, 1995.

SILVA, A. A.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRON, S. P.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E. L. Sistema de plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 56, n. 4, p. 496 - 506, 2015.

SILVA, F. A. C.; PANIZZI, A. R. Cotton balls as an oviposition substrate for laboratory rearing of phytophagous stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 100, p. 745 - 748, 2007.

SILVA, J. P. G. F.; BALDIN, E. L. L.; SOUZA, E. S.; CANASSA, V. F.; LOURENÇÃO, A. L. Characterization of antibiosis to the redbanded stink bug *Piezodorus guildinii* (Hemiptera: Pentatomidae) in soybean entries. **Journal of Pest Science**, v. 86, n. 4, p. 649 - 657, 2013.

SILVA, M. T. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; SOSA-GOMÉZ, D. R. Erro e resistência. **Revista Cultivar**, v. 8, n. 82, p. 22 - 25, 2006.

SLANSKY, F. J.; PANIZZI, A. R. Nutritional ecology of seed-sucking insects, p. 283–320. In: F. SLANSKY, F. J.; Rodriguez, J. G. (Eds.), **Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates**. John Wiley & Sons, New York.

SMANIOTTO, L. F.; PANIZZI, A. R. Interactions of selected species of stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) from leguminous crops with plants in the Neotropics. **Florida Entomologist**, v. 98, p. 7-17, 2015.

SMITH, C. M. Plant resistance to arthropods. In: **Plant Resistance to Arthropods**. Berlin: Springer-Verlag, 2005.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; KRAEMER, B.; PASINI, A.; HUSCH, P.E.; DELFINO VIEIRA, C.E.; REIS MARTINEZ, C. B.; NEGRÃO LOPES, I.O. Prevalence, damage, management and insecticide resistance of stink bug populations (Hemiptera: Pentatomidae) in commodity crops. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 22, n. 2, p. 99 - 118, 2020.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; SILVA, J. J. D. Neotropical brown stink bug (*Euschistus heros*) resistance to methamidophos in Paraná, Brazil. **Pesquisa Agropecuária do Brasil**, v. 45, p. 767 - 769, 2010.

SOUZA, G. D.; NARCISO, R.; MORAES, J.; COTRIM, G. D. S.; da GRACA, J. P.; STUBS, R. HOFFMANN-CAMPO, C. B. Níveis de infestação de *Euschistus heros* em genótipos

com características de resistência a insetos: parâmetros de produtividade e indicadores de tolerância. Londrina: Embrapa Soja, 2021. (**Documentos 440**). 11p.

SOUZA, S. E.; BALDIN, E. L. L.; SILVA, F. G. P. J.; LOURENÇÃO, A. L. Feeding preference of *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) and attractiveness of soybean genotypes. **Chilean journal of agricultural research**, v. 73, n. 4, p. 351 - 357, 2013.

SPILLER, N. J.; KOENDERS, L.; TJALLINGII, W. F. Xylem ingestion by aphids—a strategy for maintaining water balance. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 55, n. 2, p. 101 - 104, 1990.

STOUT, M. J. Reevaluating the conceptual framework for applied research on host-plant resistance. **Insect Science**, v. 20, n. 3, p. 263 - 272, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**, 3. ed. Sunderland, Massachusetts: Springer Science & Business Media, 2004.

TJALLINGII, W. F. Comparison of AC and DC systems for electronic monitoring of stylet penetration activities by homopterans. In: WALKER, G. P.; BACKUS, E. A. (Eds.). Principles and applications of electronic monitoring and other techniques in the study of homopteran feeding behavior. **Entomological Society of America**, Lanham, Academic Press, 2000. p. 41 - 69.

TJALLINGII, W. F. Electrical nature of recorded signals during stylet penetration by aphids. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 38, p. 177-186, 1985.

TJALLINGII, W. F. Electronic recording of penetration behaviour by aphids. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 24, p. 722-730, 1978.

TJALLINGII, W. F. Salivary secretions by aphids interacting with proteins of phloem wound responses. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, p. 739 - 745, 2006.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Oilseeds and Products Annual**. Disponível em: https://usdabrazil.org.br/wpcontent/uploads/2022/04/Oilseeds-and-Products-Annual_Brasilia_Brazil_BR2022-0026.pdf>. Acesso em 5 set. 2022.

VALICENTE, F. H. Manejo Integrado de Pragas na Cultura do Milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. (**Circular Técnica, 208**). 13p.

VELLO, N. A.; SILVA, L. A. S. Genética busca atender ao consumo humano crescente. **Visão Agrícola**, v. 3, n. 05, p. 60 - 62, 2006.

WALKER, G. P. A beginner's guide to electronic monitoring of homopteran probing behavior. In: WALKER, G. P.; BACKUS, E. A. (Eds.). Principles and applications of electronic monitoring and other techniques in the study of homopteran feeding behavior. **Entomological Society of America**, Lanham, Academic Press, 2000. p.14 - 40.

WAR, A. R.; PAULRAJ, M. G.; AHMAD, T.; BUHROO, A. A.; HUSSAIN, B.; IGNACIMUTHU,

S. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. **Plant signaling & behavior**, v. 7, n. 10, p. 1306 - 1320, 2012.