

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ À *Glypheapomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) PELAS CATEGORIAS DE RESISTÊNCIA E ASSOCIAÇÃO DO COMPORTAMENTO ALIMENTAR COM ELECTRICAL PENETRATION GRAPH (EPG)

Franciele Cristina da Silva
Engenheira Agrônoma

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ À *Glypheapomis spinosa*
(Hemiptera: Pentatomidae) PELAS CATEGORIAS DE RESISTÊNCIA
E ASSOCIAÇÃO DO COMPORTAMENTO ALIMENTAR COM
ELECTRICAL PENETRATION GRAPH (EPG)**

Franciele Cristina da Silva

Orientador: Prof. Dr. Arlindo Leal Boiça Júnior

Coorientador: Prof. Dr. Flávio Gonçalves de Jesus

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Entomologia Agrícola).

2021

S586s

Silva, Franciele Cristina da

Seleção de genótipos de arroz à *Glypheapomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) pelas categorias de resistência e associação do comportamento alimentar com Electrical Penetration Graph (EPG) / Franciele Cristina da Silva. -- Jaboticabal, 2022

111 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Arlindo Leal Boiça Júnior

Coorientador: Flávio Gonçalves de Jesus

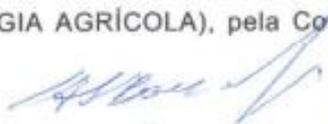
1. *Glypheapomis spinosa*. 2. percevejos. 3. *Oryza sativa*. 4. Resistência constitutiva. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ À *Glypheidomyces spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) PELAS CATEGORIAS DE RESISTÊNCIA E ASSOCIAÇÃO DO COMPORTAMENTO ALIMENTAR COM ELECTRICAL PENETRATION GRAPH (EPG)

AUTORA: FRANCIELE CRISTINA DA SILVA
ORIENTADOR: ARLINDO LEAL BOIÇA JUNIOR
COORIENTADOR: FLÁVIO GONÇALVES DE JESUS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ARLINDO LEAL BOIÇA JUNIOR (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola Fitossanidade / FCAV UNESP Jaboticabal


Pesquisador Dr. JOSÉ ALEXANDRE FREITAS BARRIGOSI (Participação Virtual)
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão / Santo Antônio de Goiás/GO


Profa. Dra. NILZA MARIA MARTINELLI (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Fitossanidade) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 03 de novembro de 2021

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

FRANCIELE CRISTINA DA SILVA – Natural de Pires do Rio, Goiás, nascida em 14 de fevereiro de 1996, filha de Nélio de Jesus da Silva e Aurora Aparecida Moraes da Silva. Engenheira Agrônoma graduada pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Urutaí, Goiás, no ano de 2019. Durante a graduação foi bolsista ITI A do Programa de Tecnologia e Inovação (CNPq) e do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBIT/CNPq) desenvolvendo atividades nas áreas de Manejo Integrado de Pragas e Resistência de Plantas a Insetos sob orientação do Prof. Dr. Flávio Gonçalves de Jesus. Em agosto de 2019, iniciou o curso de Mestrado, no Programa de Pós-graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola), pela Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP/FCAV, Câmpus de Jaboticabal, SP, atuando com pesquisas em Resistência de Plantas a Insetos, sob a orientação do Prof. Dr. Arlindo Leal Boiça Júnior e sendo bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

E-mail: franciele.csva@gmail.com

DEDICO...

Ao meu pai Nélio de Jesus da Silva e minha mãe Aurora Aparecida Morais da Silva, pelo amor incondicional, e por todo o incentivo para chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar todo meu caminho durante esta caminhada, agradeço pela vida e pelas oportunidades.

Aos meus pais Nélio de Jesus da Silva e Aurora Aparecida Morais da Silva por todo amor, compreensão, zelo, por sempre terem me incentivado e apoiado a ir atrás dos meus objetivos.

Ao meu companheiro, Thiago Henrique de Lima, por todo o amor, compreensão, incentivo, paciência, companheirismo, apesar da distância, sempre esteve presente e apoiou todas as minhas decisões.

Ao Prof. Dr. Arlindo Leal Boiça Júnior, pela oportunidade, valiosa orientação, enorme contribuição para minha formação e amizade.

Ao Prof. Dr. Flávio Gonçalves de Jesus e ao Dr. André Cirilo de Souza Almeida pelo incentivo, pela amizade, por toda confiança depositada em mim, e por todos os conhecimentos transmitidos durante a graduação e pós-graduação, os quais foram imprescindíveis para a minha formação profissional e pessoal.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – UNESP/FCAV, e ao Instituto Federal Goiano, Câmpus Urutaí, por toda estrutura fornecida para a condução deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Entomologia Agrícola, pela oportunidade de realização do mestrado e sólida formação profissional. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de mestrado (Processo: 134349/2019-9).

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Entomologia Agrícola, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos Professores Dra. Nilza Maria Martinelli e Dr. Daniel Júnior de Andrade pela participação e colaboração no Exame Geral de Qualificação.

À minha amiga e parceira de trabalho Ma. Thaise Mylena Pascutti pelo companheirismo, parceria e amizade, por compartilhar seus conhecimentos, e colaboração em todas as etapas deste trabalho.

A todos os amigos que fiz em Jaboticabal, agradeço pelo companheirismo, amizade e carinho. Em especial Ma. Amanda Cristiane Motta, Eg.^a Carolina Veluci, Ma. Claudiane Martins e Ma. Sabrina Juvenal.

Aos colegas do Laboratório de Resistência de Plantas a Insetos LARPI - UNESP/FCAV, Dr. Carlos Alessandro de Freitas, Me. Lucas Adjuto Ulhoa, Dr. Marcelo Mueller de Freitas e Ma. Thaise Mylena Pascutti, e do laboratório de Manejo Integrado de Pragas do IF Goiano Amanda Hammes Maldaner, Fabrício de Lima, Otacílio Divino R. Neto, Renato W. R. Nascimento e Walter Baida pela amizade e auxílio na condução dos experimentos.

Ao Dr. Zulene Antônio Ribeiro, pelo auxílio em todos os momentos necessários, convívio e amizade construída.

Ao Dr. José Alexandre Barrigossi, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, pelo fornecimento de sementes dos genótipos de arroz utilizados neste trabalho e insetos para início de nossa criação.

E a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada!

Sumário

CAPÍTULO 1 - Considerações gerais.....	1
1. Introdução.....	1
2. Revisão de Literatura.....	3
2.1 Aspectos gerais da Cultura do arroz	3
2.2 <i>Glypheapomis spinosa</i>	5
2.3 Resistência de plantas a insetos em arroz.....	7
2.4 Monitoramento do comportamento alimentar por EPG	9
3. Referências.....	11
CAPÍTULO 2 - Antixenose em genótipos de arroz á <i>Glypheapomis spinosa</i> (Hemiptera: Pentatomidae): Uma praga potencial para a cultura do arroz	23
1. Introdução.....	25
2. Materiais e Métodos.....	26
2.1. Metodologia de criação	26
2.2. Material Vegetal	27
2.3. Não preferência (antixenose) para alimentação.....	28
2.4. Não preferência (antixenose) para oviposição	29
2.5. Dureza e Cor.....	29
2.6. Análise estatística	30
3. Resultados.....	31
4. Discussão	38
5. Referências.....	41
Capítulo 3 – Antibiose e Tolerância em genótipos de arroz a <i>Glipheapomis spinosa</i> (Hemiptera: Pentatomidae)	47
1. Introdução.....	49
2. Materiais e Métodos.....	50
2.1. Metodologia de criação	51
2.2. Plantio dos genótipos de arroz.....	51
2.3. Antibiose	52
2.3.1. Variáveis biológicas reprodutivos	52
2.3.2. Variáveis biológicas dos adultos.....	53
2.4. Tolerância	54

Análise estatística	56
2.4.1. Antibiose	56
2.4.2. Tolerância	57
3. Resultados	57
3.1. Antibiose	57
3.1.1. Variáveis biológicas dos insetos adultos	57
3.1.2. Antibiose variáveis reprodutivos	63
3.2. Tolerância	65
4. Discussão	73
4.1. Antibiose	73
4.2. Tolerância	76
5. Referências	78
CAPÍTULO 4 – Estabelecimento de metodologia para estudos de resistência de <i>Glypheapomis spinosa</i> (Hemiptera: Pentatomidae) em genótipos de arroz através da técnica de eletropenetrografia	
1. Introdução	86
2. Materiais e Métodos	87
2.1 Criação de <i>G. spinosa</i> (Hemiptera: Pentatomidae)	88
2.2 Material Vegetal	88
2.3 Aramização dos insetos e gravações no EPG	88
2.4 Experimento I	90
2.5 Experimento II	90
2.6 Análise estatística	91
2.6.1 Experimento I	91
2.6.2 Experimento II	91
3. Resultados	91
3.1 Experimento I	94
3.2 Experimento II	97
4. Discussão	99
4.1 Experimento I	101
4.2 Experimento II	102
5. Referências	105
CAPÍTULO 5 – Considerações Finais	
	110

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ À *Glyphepomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) PELAS CATEGORIAS DE RESISTÊNCIA E ASSOCIAÇÃO DO COMPORTAMENTO ALIMENTAR POR MEIO DA TÉCNICA ELECTRICAL PENETRATION GRAPH (EPG)

RESUMO – A espécie *Glyphepomis spinosa* Campos & Grazia (Hemiptera: Pentatomidae) está presente nos cultivos de arroz irrigado e sequeiro. A resistência de plantas a insetos pode trazer contribuições significativas para o manejo da espécie. Os objetivos deste estudo, foram identificar genótipos de arroz resistente a *G. spinosa*, estabelecer uma metodologia de pesquisa em estudo de resistência de plantas a percevejos através da técnica do *Electrical Penetration Graph* (EPG) e caracterizar o comportamento alimentar em plantas de arroz com diferentes níveis de resistência. Quinze genótipos de arroz foram utilizados para avaliação de antixenose, antibiose e tolerância. Foram realizados testes com e sem chance de escolha para os ensaios de antixenose para alimentação e oviposição, complementando com mensuração de cor e dureza do colmo. Avaliou-se variáveis de desenvolvimento biológico e reprodutivo dos insetos nos ensaios de antibiose. No ensaio de tolerância avaliou-se os atributos morfológicos (número de folhas, altura, número de perfilhos, número de perfilhos atacados, número de perfilhos com “coração morto”, massa seca da parte aérea e massa seca do sistema radicular) das plantas previamente infestadas por um casal de percevejos e plantas sem infestação (testemunha), e propôs uma escala de nota de injúrias. Utilizando a técnica do EPG, avaliou-se três fases de desenvolvimento da espécie (fêmea adulta, macho adulto, ninfas de 5º instar e ninfas de 3º instar) para verificar qual a mais adequada para estudos com resistência de plantas. Com base nos resultados dos demais ensaios e histórico de resistência para outras espécies de insetos sugadores, foram selecionados quatro genótipos de arroz (Canela de Ferro, BRS Esmeralda, Primavera e Xingu), com diferentes níveis de resistência para estudar o comportamento alimentar de fêmeas de *G. spinosa*. Os genótipos menos atrativos pelo aos insetos e que possuem maior dureza de tecido foram Primavera, BRS Esmeralda, BRS Pepita, Canela de Ferro, Guarani e Nenenzinho e os genótipos menos preferidos para oviposição foram Canela de Ferro, BRS Esmeralda e Guarani. Os genótipos Canela de Ferro, Bacaba Branco, Bico Ganga, Nenenzinho, Miúdo Branco e Lageado Ligeiro afetaram negativamente o desenvolvimento dos insetos de *G. spinosa*. Os genótipos Bonança e Primavera possuem traços que evidenciam presença de tolerância. A fase de desenvolvimento que mais realiza sondagens são fêmeas, seguida pelos machos. Estudando o comportamento alimentar da espécie em genótipos com diferentes níveis de resistência foram verificados 6 tipos/subtipos de formas de ondas, semelhantes às verificadas para a espécie *Tibraca limbativentris* Stal (Hemiptera: Pentatomidae). A espécie utiliza duas estratégias para se alimentar dos colmos de arroz: bainha salivar e ruptura celular (laceração e maceração). O tempo de sondagem foi maior nos genótipos que possuem resistência e menor no genótipo suscetível, tendo alongado o tempo de primeira prova para os genótipos Canela de Ferro e BRS Esmeralda. Com os resultados obtidos neste estudo, espera-se contribuir para melhor entendimento dos mecanismos de defesa em arroz a insetos sugadores, além de melhor compreensão da relação inseto-hospedeiro, e fornecer recursos para desenvolver técnicas de controle satisfatórias, fornecendo metodologia específica para trabalhos futuros envolvendo resistência de plantas a percevejos e

técnica do EPG, que poderão colaborar para o Manejo Integrado de Pragas na cultura do arroz.

Palavras-chave: eletropenetografia, categorias de resistência, *Oryza sativa* L., pentatomídeo, percevejo-pretinho, resistência de plantas a insetos

SELECTION OF RICE GENOTYPES TO *Glypheapomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) BY CATEGORIES OF RESISTANCE AND FEEDING BEHAVIOR ASSOCIATION USING THE ELECTRICAL PENETRATION GRAPH (EPG) TECHNIQUE

ABSTRACT - The species *Glypheapomis spinosa* Campos & Grazia (Hemiptera: Pentatomidae) is present in irrigated and upland rice crops. Plant resistance to insects can make significant contributions to the management of the species. The objectives of this study were to identify rice genotypes resistant to *G. spinosa*, to establish a research methodology in the study of plant resistance to bed bugs using the Electrical Penetration Graph (EPG) technique and to characterize the feeding behavior of rice plants with different resistance levels. Fifteen rice genotypes were used to assess antixenosis, antibiosis and tolerance. Choice and no-choice tests were carried out for the antixenosis tests for feeding and oviposition, complementing with measurement of color and hardness of the stalk. Variables of biological and reproductive development of insects were evaluated in antibiosis assays. In the tolerance test, the morphological attributes (number of leaves, height, number of tillers, number of attacked tillers, number of tillers with "dead heart", dry mass of aerial part and dry mass of root system) of previously plants were evaluated infested by a couple of bugs and plants without infestation (witness), and proposed an injury rating scale. Using the EPG technique, three stages of development of the species were evaluated (adult female, adult male, 5th instar nymphs and 3rd instar nymphs) to verify which is the most suitable for studies on plant resistance. Based on the results of the other tests and history of resistance to other species of sucking insects, four rice genotypes (Canela de Ferro, BRS Esmeralda, Primavera and Xingu) with different levels of resistance were selected to study the feeding behavior of females *G. spinosa*. The genotypes less attractive to insects and with greater tissue hardness were Primavera, BRS Esmeralda, BRS Pepita, Canela de Ferro, Guarani and Nenezinho and the least preferred genotypes for oviposition were Canela de Ferro, BRS Esmeralda and Guarani. The genotypes Canela de Ferro, Bacaba Branco, Bico Ganga, Nenezinho, Miúdo Branco and Lageado Ligeiro negatively affected the development of *G. spinosa* insects. The Bonança and Primavera genotypes have traits that show the presence of tolerance. The developmental stage that most probes are females, followed by males. Studying the feeding behavior of the species in genotypes with different levels of resistance, 6 types/subtypes of waveforms were verified, similar to those verified for the species *Tibraca limbativentris* Stal (Hemiptera: Pentatomidae). The species uses two strategies to feed on rice stalks: salivary sheath and cell rupture (laceration and maceration). The probing time was longer in the resistant genotypes and shorter in the susceptible genotype, having lengthened the first test time for the Canela de Ferro and BRS Esmeralda genotypes. With the results obtained in this study, it is expected to contribute to a better understanding of the defense mechanisms in rice against sucking insects, in addition to a better understanding of the insect-host relationship, and provide resources to develop satisfactory control techniques, providing specific methodology for future work involving plant resistance to stink bugs and the EPG technique, which could contribute to Integrated Pest Management in rice cultivation.

Keywords: electropenetography, resistance categories, *Oryza sativa* L., little black bug, pentatomid, plant resistance to insects

CAPÍTULO 1 - Considerações gerais

1. Introdução

Os percevejos pentatomídeos estão entre as principais espécies de insetos sugadores da cultura do arroz e seus danos às plantas são decorrentes de sua alimentação. A principal espécie praga da cultura de arroz no Brasil é o percevejo-do-colmo *Tibraca limbativentris* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) e os percevejos-da-panícula *Oebalus poecilus* (Dallas) e *Oebalus ypsilongriseus* (De Geer) (Hemiptera: Pentatomidae) (Ferreira, 1997; Silva et al., 2002; Ferreira e Vieira, 2002; Ferreira e Barrigossi, 2006; Pantoja, 2007; Martins et al., 2009; Cherry e Nuessly, 2010; Krinski e Foerster, 2017, Weber et al., 2020).

O percevejo *Glypheapomis spinosa* Campos & Grazia (Hemiptera: Pentatomidae), vem sendo constatada em lavouras de arroz (*Oryza sativa* L.) nas regiões neotropicais. No Brasil, apresenta potencial elevado de causar perdas maiores que as mensuradas para principal pentatomídeo dos cultivos de arroz, o *T. limbativentris*, que ocasiona perdas de rendimento de até 90% nos cultivos de arroz no Brasil (Ferreira et al., 1997; Martins et al., 2009; Alves et al., 2012; Alves et al., 2016).

Além disso, existem fatores, como, a espécie ter mais de uma geração por cultivo da cultura, se manterem abrigados na base e entre os colmos da planta de arroz, o que dificulta sua detecção, se reproduzem em qualquer período do ano, pois não apresentam diapausa, sobrevivem em cultivos de arroz de sequeiro e irrigado, que destaca seu potencial adaptativo. O dano principal está associado a morte da porção central do colmo de arroz "coração morto" na fase vegetativa e "panícula branca" na fase reprodutiva, em consequência de sua alimentação o que afeta diretamente a produtividade da planta (Alves et al., 2012).

Dada a importância mundial da cultura do arroz, por ser um cereal amplamente cultivado, alimento básico em vários países do mundo (Pan et al., 2018; Qi et al., 2018), e a crescente demanda por maiores produções, juntamente com exigências de grãos de qualidade, se faz necessário estudos que visem oferecer formas de manejo para as espécies com potencial de causar danos a cultura do arroz.

A resistência de plantas a insetos (RPI) é um importante método de controle inserido no manejo integrado de pragas (MIP), que pode ser empregada em alternância ou conjunta ao controle químico. Plantas resistentes mantêm a população dos insetos-praga abaixo do nível de dano econômico, é compatível com outras táticas de manejo e geralmente não onera gastos a mais ao produtor (Smith, 2005; Seif et al., 2013).

As características expressas pelas plantas resistentes estão relacionadas a fatores físicos, morfológicos e químicos que proporcionam alterações no comportamento de alimentação, oviposição e/ou abrigo (antixenose), no desenvolvimento do inseto (antibiose), ou as plantas apresentam maior capacidade de suportar o ataque dos insetos (tolerância) por fatores de compensação, como regeneração dos tecidos atacados, maior perfilhamento e/ou número de folhas, entre outros (Smith, 2005; Boiça Júnior et al., 2013; Baldin et al., 2019).

A principal dificuldade em estudos de insetos sugadores é a não visualização das atividades que ocorrem durante seu comportamento alimentar dentro do tecido das plantas (Lucini e Panizi, 2018b). Na década de 60, o desenvolvimento da técnica de monitoramento do comportamento alimentar de insetos sugadores, conhecida como *Electrical Penetration Graph* (EPG) representou um avanço nos estudos com insetos sugadores (McLean e Kinsey, 1964; Backus e Bennett, 2009). A técnica foi aperfeiçoada, e vêm sendo empregada em estudos de percevejos da família Pentatomidae (Tjallingii, 1978; Backus e Bennett, 2009; Lucini e Panizi, 2016, 2017a; Almeida et al., 2020).

Essa técnica representa uma evolução no estudo de resistência de plantas a insetos sugadores, pois ela permite visualizar o percurso do estilete do inseto, dentro do tecido vegetal, observar as principais estratégias e sítios de alimentação usados pelo inseto, permitindo relacionar o comportamento de alimentação do inseto com possíveis fatores responsáveis pela resistência conferida ao genótipo (Van Helden, 1995; Jiang et al., 2001).

Pesquisas visando resistência de plantas a insetos sugadores usando o EPG, vem sendo desenvolvidas. Lei et al. (1999), verificaram através da técnica do EPG, que a resistência em plantas de pimentão é baseada em fatores da superfície/epiderme e/ou na camada do mesófilo das plantas. Baldin et al. (2018), ao

estudarem o comportamento alimentar de *Aphis glycines* Matsumura (Hemiptera: Aphididae), em soja expressando resistência por antixenose, antibiose e tolerância verificaram que as diferentes categorias de resistência influenciam no comportamento alimentar do inseto e descobriram que o genótipo 'Dowling' expressa antixenose e/ou antibiose para *A. glycines* através de fatores de resistência localizadas no floema e que o comportamento alimentar dos pulgões na soja tolerante KS4202 não é afetado.

Lucini et al. (2021) ao avaliarem resistência de cultivares de soja ao *Euchistus heros* L. (Hemiptera: Pentatomidae) usando técnica da eletropenetragrafia (EPG) verificaram que os adultos dessa espécie gastam menos tempo em atividades de alimentação em plantas resistentes em comparação com as suscetíveis. Descobriram ainda, que os insetos permanecem se alimentando por menos tempo no endosperma das sementes e seus eventos predominantes são compostos pela estratégia da ruptura celular (laceração e maceração) sem ingestão de conteúdo celular.

Os estudos envolvendo esta ferramenta em resistência de plantas a pentatomídeos ainda são incipientes. Dada a importância de *G. spinosa* a cultura do arroz, o objetivo deste estudo, foi identificar genótipos de arroz resistente a *G. spinosa*, estabelecer uma metodologia de pesquisa em estudo de resistência de plantas a percevejos através da técnica do *Electrical Penetration Graph* (EPG), e caracterizar o comportamento alimentar de *G. spinosa* em plantas de arroz com diferentes níveis de resistência.

2. Revisão de Literatura

2.1 Aspectos gerais da Cultura do arroz (*Oryza sativa* L.)

O *Oryza sativa* L. está classificada no grupo de plantas com sistema fotossintético C3, e adaptada a ambientes aquáticos (Kellogg, 2009). Pertence à família Poaceae e gênero *Oryza* (Kellogg, 2009; Jacquemin et al., 2013). Possui origem asiática e é cultivada mundialmente (Nayar, 2012; Wanbugu et al., 2021).

O ciclo de desenvolvimento do arroz compreende de 100 a 210 dias, e pode ser dividido em duas fases: fase vegetativa (germinação, crescimento e perfilhamento)

e a fase reprodutiva (emissão da panícula, floração e maturação) (Streck et al., 2006; Walter et al., 2010; Borém e Nakano, 2015).

É uma das plantas cultivadas mais importantes no mundo, se destacando entre as culturas anuais (Peng et al., 2016). Pois apresenta uma grande adaptabilidade às mais variadas condições climáticas e detém posição privilegiada do ponto de vista social e econômico (Embrapa, 2005; Kamar, et al., 2018). O arroz é uma importante fonte para alimentação humana, e devido ao seu alto valor nutricional, é considerado alimento básico mundial (Chen et al., 2017; Kalaivani et al., 2018; Mammadov et al., 2018; Pan et al., 2018).

Seu cultivo é estabelecido em cinco continentes, e aproximadamente 90% da produção e do consumo mundial estão concentrados na Ásia (Fritz et al., 2011; Wailes e Chavez, 2012). O Brasil está entre os dez maiores produtores mundiais, e o cultivo está presente em todos os estados brasileiros (Borém e Nakano, 2015). A produção brasileira na safra 2020/2021 foi de 11.626,2 mil de toneladas. A região Sul apresenta a maior produção brasileira, enquanto, a região Centro Oeste encontra-se na terceira posição (Conab, 2021)

O Brasil possui condições privilegiadas para a produção do arroz, que é cultivado em dois grandes ambientes principais, denominado várzeas, em que normalmente se cultiva o arroz por inundação, e arroz de terras altas ou sequeiro, que pode ou não haver irrigação suplementar por aspersão (Lanna et al., 2012; Borém e Nakano, 2015). O sistema de arroz irrigado, principalmente por inundação é responsável pela maior produção, quando comparado aos outros sistemas, se concentra na região Sul do Brasil, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, responsáveis por 80% da produção nacional (Borém e Nakano, 2015; Conab, 2021). O arroz de sequeiro é cultivado principalmente nos estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Pará e partes do Maranhão (Embrapa, 2016).

Entre os principais fatores que contribuem para a redução da produção no cultivo de arroz no Brasil, estão os percevejos pentatomídeos que atacam o colmo e a panícula da planta (Souza et al., 2009; Quintela et al., 2013). O percevejo-do-colmo *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) destaca-se dentre as espécies mais importantes que danifica o colmo da planta de arroz (Ferreira et al., 1997). A espécie *Glypheidon spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) foi descrita como potencial praga de

colmo da cultura do arroz no Brasil (Alves et al., 2012). Dentre as espécies que atacam a panícula da planta de arroz *Oebalus poecilus* e *Oebalus ypsilon* (Hemiptera: Pentatomidae) são as mais importantes no Brasil (Pantoja, 2007; Souza et al., 2009).

Há várias outras espécies relatadas alimentando-se de plantas de arroz, como *Mormidea* spp. e *Thyanta perditor* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) (Ferreira et al., 2001). Nos últimos anos, outras espécies de percevejos não descritos anteriormente como pragas do arroz também foram observadas danificando o arroz como *Cyptocephala alvarengai* Rolston (Hemiptera: Pentatomidae) (Barrigossi et al., 2017), *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) (Aghaee et al., 2018) e *Oebalus pugnax* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) (Awuni et al., 2015). E as espécies *Diceraus (Dichelops) melacanthus* (Dallas) e *Euchistus taurulos* Berg (Hemiptera: Pentatomidae) foram verificadas que em condições de laboratório ou casa de vegetação completaram o ciclo de vida alimentando-se em plantas de arroz.

2.2 *Glyphepomis spinosa*

A espécie *G. spinosa* é exclusivamente neotropical, com ocorrência geográfica nos estados brasileiros de Goiás, Tocantins, Mato Grosso e São Paulo (Campos e Grazia, 1998; Zachrisson, 2019). Foi relatada danificando plantas de arroz em lavouras nos estados de Goiás e Tocantins, sendo denominada como nova praga da cultura. A espécie tem ocorrência em arroz de terras altas e em campos inundados (Alves et al., 2012).

Popularmente, a espécie vem sendo denominada de percevejo pretinho do colmo (Alves et al., 2012). Os adultos geralmente são de coloração preta, ventralmente de coloração ferrugínea com faixas laterais mais claras, e ângulos umerais do pronoto pontiagudos (Campos e Grazia, 1998). Apresenta comportamento alimentar semelhante ao *T. limbativentris* (Ferreira, 1997; Alves et al., 2012).

O único hospedeiro relatado em literatura para espécie foi o arroz (*Oryza sativa* L.) (Campos e Grazia, 1998). Em decorrência da sua alimentação no estágio vegetativo da cultura, observa-se formação de lesões amareladas, com ou sem orifícios nas folhas e necrose parcial ou total da porção central do colmo do arroz, denominado de “coração morto”. Quando a alimentação ocorre em estágio

reprodutivo, pode haver formação de panículas com alto percentual de espiguetas vazias e/ou manchadas (Alves et al., 2012). As lesões decorrentes da sua alimentação podem ser vistas nas plantas de 3 a 5 dias após a alimentação do percevejo, tendo o inseto permanecido apenas 16 horas na planta.

O ciclo dura em média 50 dias, mas é bastante variável uma vez que fêmeas adultas podem sobreviver por até 90 dias. Seu desenvolvimento de ovo até adulto, dura aproximadamente 37,2 dias, com período embrionário variando de 5 a 10 dias, primeiro instar de 1 a 5 dias, segundo instar de 3 a 12 dias, terceiro instar de 2 a 13 dias, quarto instar de 5 a 10 dias e quinto instar de 8 a 25 dias. O quarto e o quinto instar são os estágios mais longos do desenvolvimento das ninfas. Cada fêmea de *G. spinosa* pode ovipositar uma média de 148 ovos e apresentam pico de oviposição com 20 dias de idade (Alves et al., 2012).

Essa espécie apresenta ciclo de vida multivoltino, sem ocorrência de diapausa, diferentemente de *T. limbativentris* que apresenta diapausa (Alves et al., 2012, Klein et al., 2012). Possuem hábito de se abrigarem sob torrões de terra, folhas secas e entre os colmos, mais próximos ao solo e raízes (Alves et al., 2012).

Esses fatores dificultam a detecção dos insetos e manejo apropriado. O inseto não entrar em diapausa, significa que em hospedeiro adequado ele encontra-se em reprodução constante, e por terem o hábito de “esconder” ficam menos propensos ao ataque de inimigos naturais, e dificulta o contato de produtos aplicados para controle. Diante do exposto e da crescente ocorrência da espécie nas plantações de arroz brasileiras o torna uma praga potencialmente danosa a cultura (Alves et al., 2012).

Por se tratar de uma espécie pouco estudada, não são relatadas táticas de controle em literatura. O manejo de percevejos na cultura de arroz, envolve principalmente a aplicação de inseticidas químicos de amplo espectro de ação (Hickel et al., 2016; Maciel et al., 2016). Responsáveis por efeitos adversos em insetos não alvos, meio ambiente e saúde humana, além de que seu amplo uso contribui para a seleção de insetos resistentes (Guedes, 2017; Woodcock et al., 2017; Han et al., 2018; Stehle et al., 2018). Portanto, é necessário o uso de práticas de controle sustentáveis compatíveis com programa de Manejo Integrado de Pragas (MIP). A utilização de variedades resistentes, é uma ferramenta alternativa e muito promissora, totalmente compatível com o MIP.

2.3 Resistência de plantas a insetos em arroz

Em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) é preconizada a adoção de diferentes táticas e estratégias de manejo, visando manter a população de pragas em níveis que não causam danos econômicos (Busoli et al., 2015). A utilização de variedades resistentes têm mostrado resultados promissores em programas de MIP (Mitchell et al., 2016). A técnica permite a redução da população de insetos-praga, não interfere no meio ambiente, seu efeito é cumulativo, persistente e não poluente, não aumenta gastos de produção, além de reduzir problemas de resistência á inseticidas e ressurgência de insetos (Smith, 2005; Boiça Júnior et al., 2013; Seif et al., 2013; Queiroz et al., 2020).

Plantas resistentes a determinado inseto-praga tende a apresentar-se menos danificada do que outras em igualdade de condições (Smith, 2005; Boiça Junior, et al., 2013, Baldin et al., 2019). A planta resistente, usa diferentes estratégias para resistir ao ataque dos insetos pragas. Essas estratégias são explicadas por três categorias: não preferência (antixenose), antibiose e tolerância (Painter, 1951; Smith, 2005).

A antixenose afeta diretamente o comportamento dos insetos em relação à planta hospedeira devido a presença de fatores físicos, morfológicos e químicos, ocorre quando a planta é menos preferida para oviposição, alimentação ou abrigo, em igualdade de condições que outras plantas (Boiça Júnior et al., 2015, Baldin et al., 2019).

Na antibiose, a presença principalmente de fatores químicos e morfológicos afetam negativamente as variáveis biológicas do inseto, como aumento do tempo de desenvolvimento, redução no tamanho ou peso, menores percentuais de fertilidade, fecundidade e sobrevivência (Smith, 2005; Boiça Júnior et al., 2015; Vendramim et al., 2019).

A resistência por tolerância, refere-se à capacidade da planta em suportar ou recuperar-se de uma injúria causada por um mesmo nível de infestação de inseto, sem afetar comportamento ou biologia do inseto (Smith, 2005). Envolve fatores de compensação, como regeneração de tecidos danificados, compensação a injúria

sofrida através da emissão de novas estruturas, aumento da taxa fotossintética, aumento da biomassa, realocação de recursos (Boiça Júnior et al., 2015; Koch et al., 2019).

No Brasil, estudos relacionados a resistência de plantas a percevejos na cultura do arroz, ainda são poucos, porém encontram-se em ascensão. Souza et al. (2008a), ao estudarem 60 genótipos de arroz verificaram que os genótipos Nenenzinho, Miúdo Branco, Lageado Ligeiro, Guabirú, Branco Tardão, Agulhinha do Seco, Arroz do Governo, Arroz Misturado, Vermelho Trinca Ferro, Vermelhão, Chatão, Cutiã, Vermelho, Bacaba Branco, Catetão, Buriti, Bacaba, Agulha, Arroz Comum, Vermelho, Pingo D'Água, Marabá Branco, Come Cru Vermelho e Agulhão são fontes de resistência por antibiose e os genótipos Pela Mão, Arroz do Governo, Cana Roxa, Come Cru Branco, Bico Preto, Pingo de Ouro, Matão, Gojobinho, Buriti, Rabo de Burro, Poupa Preguiça, Vermelho Trinca Ferro, Miúdo Branco, Ligeiro Curto, Vermelho Agulha, Agulhão, Marabá Branco, Gojoba\75 Dias\Ligeiro, Pingo D'Água, Arroz Comum e Vermelho são fontes de resistência por tolerância ao *T. limbativentris*.

Souza et al. (2008b) observaram antibiose nas variedades Arroz Comum e Desconhecido Branco a ninfas de *T. limbativentris*, aumentando principalmente mortalidade de ninfas e redução na massa corpórea desta praga. Souza et al. (2009) estudando a divergência genética de variedades de arroz, observaram que Marabá Branco e Bico Ganga são consideradas promissoras em cruzamentos para melhoramento visando resistência ao percevejo do colmo, pois afetaram negativamente a biologia desta praga.

Almeida et al. (2019), verificaram antixenose e antibiose nos genótipos de arroz BRS Esmeralda, Canela de Ferro, Desconhecido Branco e Primavera por apresentarem menor proporção de colmos danificados, serem menos atrativos aos insetos adultos e reduzir a sobrevivência de ninfas de *T. limbativentris*.

Em arroz a causa de resistência tem sido relatada devido a rigidez estrutural do tecido do colmo da planta que reduz a atração e alimentação de *T. limbativentris* (Almeida et al., 2019). O diâmetro do colmo interno e externo também são responsáveis pela resistência, onde plantas de arroz com menor diâmetro interno do colmo foram resistentes a *Diatraea saccharalis* (F.) (Lepidoptera: Crambidae) (Nascimento e Barrigossi 2014; Correa et al., 2018). As características morfológicas

da casca, que incluem a ausência de fissura ou a dureza dos grãos, e / ou a inibidores químicos como a presença de um inibidor de amilase foram os principais fatores associados a resistência das plantas a pragas de grãos armazenados (Marsaro Junior et al., 2005; Ribeiro et al., 2012).

2.4 Monitoramento do comportamento alimentar por EPG

O comportamento alimentar dos insetos sugadores é bastante complexo, pois suas atividades de alimentação ocorrem internamente nos tecidos vegetais das plantas (Walker, 2000; Lucini et al., 2018b). Devido a isso, a técnica do monitoramento alimentar, através do uso do *Electrical Penetration Graph* (EPG) foi empregada para esclarecer com exatidão as atividades dos estiletos dos hemípteros nos tecidos das plantas durante suas atividades alimentares (McLean e Kinsey, 1964; Tjallingii, 1978).

Os primeiros monitores utilizados (primeira geração) de EPG empregavam sistema de corrente elétrica alternada (AC) e baixas impedâncias (10^6 Ohms) (McLean e Kinsey, 1964). A segunda geração foi desenvolvida na década de 1970, onde aplicava-se corrente contínua (DC) e impedâncias maiores (10^9 Ohms) (Tjallingii, 1978). E, mais recentemente, desenvolveram um monitor universal chamado monitor EPG AC-DC (terceira geração), o qual permite aplicar ambas as correntes elétricas (AC e DC) e também múltiplas impedâncias, variando de 10^6 a 10^{13} Ohms (Backus e Bennett, 2009). A principal melhoria no EPG terceira geração é a capacidade de poder selecionar a impedância a qual deseja trabalhar (Backus et al., 2013; Lucini et al., 2016; Lucini e Panizzi, 2017a).

A técnica da EPG consiste no estudo do caminhar do estilete dos insetos sugadores nos tecidos das plantas, baseado no princípio de que a planta e o inseto fazem parte de um circuito elétrico fechado. Com a alimentação do inseto ocorre a variação da voltagem que são registradas ao longo do tempo em diferentes tipos de ondas e formas, e estas são usadas no estudo do comportamento da alimentação do inseto (Tjallingii, 1978; Walker, 2000; Backus e Bennett, 2009).

Já foi empregada em estudos de comportamento alimentar de pulgões (McLean e Kinsey, 1964; Zhong-Ping, 2017), tripes (Kindt et al., 2006), cigarrinhas (Lett et al., 2001; Jin et al., 2012), mosca branca (Jiang et al., 1999; Jiang et al., 2001),

cochonilhas (Huand et al., 2012), psilídeos (Bonani et al., 2010; Sandanayaka et al., 2014) e percevejos (Backus et al., 2007; Cervantes et al., 2016; Lucini e Panizzi 2016; Almeida et al., 2020).

O comportamento alimentar de várias espécies de pentatomídeos foi descrito usando EPG: *Edessa mediotubunda* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) em soja (Lucini e Panizzi 2016), *Piezodorus guildinii* (Westwood) (Hemiptera: Pentatomidae) em soja (Lucini et al., 2016), *D. melacanthus* (Hemiptera: Pentatomidae) em milho (Lucini e Panizzi, 2017a), *Diceraus (Dichelops) furcatus* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) em trigo (Lucini e Panizzi, 2017b), *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) em soja (Lucini e Panizzi, 2018a), *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae) em soja (Mitchell et al., 2018), *Halyomorpha halys* Stål (Hemiptera: Pentatomidae) em favas (*Vicia faba* L.) (Serteyn et al., 2020), e o *T. limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) em plantas de arroz (Almeida et al., 2020).

De acordo com Lucini e Panizzi (2018b), o EPG tem grande potencial para aumentar a compreensão do processo de alimentação dos percevejos, o que pode levar a novas formas de mitigar os impactos nas lavouras e estratégias de manejo potenciais, como a seleção de plantas com maior resistência aos insetos. Pois, a técnica do EPG permite verificar o sítio de alimentação e a estratégia alimentar que o inseto emprega, auxiliando no entendimento da natureza do dano (Backus et al., 2019). Os estiletes seguem um caminhar inter/intracelular até chegarem ao sítio de alimentação. A estratégia e o sítio de alimentação adotados podem variar em função dos muitos fatores de resistência da planta que pode incluir barreiras ao estilete (Jiang et al., 2001).

Os Heteroptera usam duas estratégias de alimentação. Durante a penetração do estilete do inseto no tecido da planta, ocorre a formação de uma bainha ao seu redor composta por saliva gelatinosa, que é denominado de estratégia da bainha salivar. A outra estratégia de alimentação é a ruptura celular (laceração e / ou maceração), onde o inseto insere o estilete no tecido da planta e o movimenta de forma a lacerar mecanicamente as células do tecido (laceração) e a destruir quimicamente as células através da secreção de saliva aquosa (maceração) para ingestão (Hori, 2000; Backus et al., 2005, Lucini e Panizzi, 2018b). A laceração e

maceração podem ocorrer simultaneamente ou separadamente (Lucini e Panizzi, 2018b)

A espécie *T. limbativentris* adota ambas as estratégias de alimentação (bainha salivar e ruptura celular) se alimentado de colmos de arroz. Seis formas de onda de EPG (Z, Np, TI1, TI2, TI3a e TI3b) foram identificadas no estudo do comportamento alimentar dessa espécie (Almeida et al., 2019). Foi verificado que suas formas de onda foram semelhantes em aparência e significado biológico às de *D. melacanthus* se alimentando de plantas jovens de milho (Lucini e Panizzi, 2017a; Almeida et al., 2019)

A forma de onda Z representa o inseto parado na superfície da planta, enquanto a forma de onda Np está associada com o caminhar/movimentação do inseto na superfície da planta. A forma de onda TI1 está relacionada a inserção/penetração do estilete no tecido da planta. A TI3a é associada ao comportamento de preparação do alimento através da laceração / maceração, enquanto TI3b representa a ingestão de conteúdo celular que foi degradado durante TI3a. Já a forma de onda TI2 foi associada à ingestão de tecido vascular, especificamente vasos do xilema. As formas de onda TI1, TI3a, TI3b e TI2 são encontradas durante uma seção de alimentação da espécie (Almeida et al., 2019).

3. Referências

Aghaee M, Riceb SL, Milnesc JM, Godingd, KM, Godfreyd LD (2018) Is *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) a threat to California rice?. **Crop Protection** 111:1–5. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.04.014>

Almeida ACS, Dierings C, Borella Júnior C, Jesus FG, Barrigossi JAF (2019) Resistance of rice genotypes to *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal of Economic Entomology** 113:482-488. <https://doi.org/10.1093/jee/toz277>

Almeida ACS, Jesus FG, Barrigossi JAF (2020) Unveiling the Feeding Behavior of *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) on Rice Using an Electropenetrography Waveform Library **Journal of Insect Science** 20:1-8. <https://doi-org.ez369.periodicos.capes.gov.br/10.1093/jisesa/ieaa064>

Alves TM, Barrigossi JAF, Quintela ED (2012) Life cycle of *Glypheidemia spinosa* Campos & Grazia (Hemiptera: Pentatomidae): a new pest of rice in Brazil. **Neotropical Entomology** 41:437-441. <https://doi.org/10.1007/s13744-012-0067-3>

Alves TM, Maia AH, Barrigossi JAF (2016) Spatial distribution and coexisting patterns of adults and nymphs of *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) in paddy rice fields. **Environmental Entomology** 45:1505–1514. <https://doi.org/10.1093/ee/nvw141>

Awuni GA, Gore J, Cook D, Musser F, Catchot A, Dobbins C (2015) Impact of *Oebalus pugnax* (Hemiptera: Pentatomidae) Infestation Timing on Rice Yields and Quality. **Journal of Economic Entomology** 108:1739–1747. <https://doi.org/10.1093/jee/fov123>

Backus EA, Bennett WH (2009) 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** 55: 869–884. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2009.05.007>

Backus EA, Cervantes FA, Guedes RNC, Li Ay, Wayadande AC (2019) AC–DC Electropenetrography for In-depth Studies of Feeding and Oviposition Behaviors, **Annals of the Entomological Society of America** 112:236–248, <https://doi.org/10.1093/aesa/saz009>

Backus EA, Cline AR, Ellerseick MR, Serrano MS (2007) *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** 100:296–310. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2007\)100\[296:LHHMFO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2007)100[296:LHHMFO]2.0.CO;2)

Backus EA, Rangasamy M, Stamm M, McAuslane HJ, Cherry R (2013) Waveform library for chinch bugs (Hemiptera: Heteroptera: Blissidae): characterization of electrical penetration graph waveforms at multiple input impedances. **Annals of the Entomological Society of America** 106: 524–539. <https://doi.org/10.1603/AN13015>

Backus EA, Serrano MS, Ranger CM (2005) Mechanisms of hopperburn: an overview of insect taxonomy, behavior, and physiology. **Annual Review of Entomology** 50: 125–151. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.49.061802.123310>

Baldin E LL, Stamm MD, Bentivenha, JPF, Koch KG, Heng-Moss TM, Hunt TE (2018) Feeding behavior of *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae) on soybeans exhibiting antibiosis, antixenosis, and tolerance resistance. **Florida Entomologist** 101:223+.

Baldin ELL, Pannuti AER, Bentivenha JPF (2019) Antixenose. In: Baldin ELL, Vendramim JD, Lourenção AL. **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Piracicaba: FEALQ, pp. 137-183.

Baldin ELL, Vendramim JD, Lourenção AL (2019) Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações. Piracicaba: FEALQ, 480p.

Barrigossi JAF, Silva CV, Alonso JDS, Hirose E (2017) " Notes on Biology of the Stink Bug *Cyptocephala alvarengai* Rolston (Hemiptera: Pentatomidae) Feeding on Rice Panicles. **Florida Entomological Society** 100: 823+. <https://doi.org/10.1653/024.100.0412>

Boiça Júnior AL, Souza BHS, Lopes GS, Costa EM, Moraes RFO, Eduardo WI (2013) Atualidades em resistência de plantas a insetos. In: Busoli AC, Alencar JRCC, Fraga DF, Souza LA, Souza BHS, Grigolli JFJ. **Tópicos em Entomologia Agrícola VI**. Jaboticabal: Multipress, p. 207-224.

Boiça Júnior AL, Souza BHS, Ribeiro ZA, Moraes RFO, Eduardo WI, Nogueira L (2015) A defesa das plantas ao ataque dos insetos. In.: Busoli AC, Castilho RDC, Andrade DJ, Rossi GD, Viana DL, Fraga DF, Souza LA (eds.) **Tópicos em Entomologia Agrícola - VIII**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel - ME, p. 161-180.

Bonani JP, Fereres A, Garzo E, Miranda MP, Appezzato-Da-Gloria B, Lopes JRS (2010) Characterization of electrical penetration graphs of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, in sweet orange seedlings. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 134: 35–49. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2009.00937.x>

Borém A, Nakano PH (2015) Arroz: do plantio à colheita. UFV, Viçosa, 242p.

Busoli AC, Guerreiro JC, Viana DdL, Pessoa R, Fraga DF, Santos LS (2015) Tópicos em manejo integrado de pragas em sistemas agrícolas. In.: Busoli AC, Castilho RdC, Andrade DJ, Rossi GD, Viana DdL, Fraga DF, Souza LA (eds.) **Tópicos em Entomologia Agrícola - VIII**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel - ME, p. 277-303.

Campos LA, Grazia J (1998) Revisão de *Glyphepomis* Berg, 1891 (Heteroptera, Pentatomidae, Pentatomini). **Revista Brasileira de Entomologia** 41:203–212.

Cervantes FA, Backus EA, Godfrey L, Akbar W, Clark TL (2016) Characterization of an EPG waveform library for adult *Lygus lineolaris* and *Lygus hesperus* (Hemiptera:

Miridae) feeding on cotton squares. **Annals of the Entomological Society of America** 109: 684–697. <https://doi.org/10.1093/aesa/saw039>

Chen H, Tang Y, Liu J, Tan L, Jiang J, Wang M, Zhu Z, Sun X, Sun C (2017) Emergence of a Novel Chimeric Gene Underlying Grain Number in Rice. **Genetics** 205:993–1002. <https://doi.org/10.1534/genetics.116.188201>

Cherry R, Nuessly G (2010) Establishment of a new stink bug pest, *Oebalus insularis* (Hemiptera: Pentatomidae), in Florida Rice. **Florida Entomologist** 93:290-293, 2010.

Conab - Companhia Nacional de Abastecimento (2021) Acompanhamento da safra brasileira: grãos, nono levantamento. 8(11). Brasília: Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acessado em: 21 julho 2021.

Correa F, Silva CLT, Pelosi AP, Almeida ACS, Heinrichs EA, Barrigossi JAF, Jesus FG (2018) Resistance in 27 rice cultivars to sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae). **Journal of Economic Entomology** 111: 422–427. <https://doi.org/10.1093/jee/tox291>

Embrapa (2016) Dados de conjuntura da produção de arroz (*Oryza sativa* L.) no Brasil (1986-2016). Embrapa, 2016.

Embrapa (2005) Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil. Sistemas de Produção. Embrapa, 2005. v. 3. 270p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/744542>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2021.

Ferreira E, Barrigossi JAF (2006) Produção e qualidade do grão do arroz irrigado infestado por adultos de percevejo-das-panículas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 41:1083-1091.

Ferreira E, Barrigossi JAF, Vieira NRA (2001) **Percevejo das panículas do arroz: fauna Heteroptera associada ao arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 43). Disponível em: http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/circular tecnica/ct_43/index.htm (last accessed 21 Dec 2014)

Ferreira E, Vieira NRA, Rangel PHN (2002) Evaluation of damages caused by *Oebalus* spp. in irrigated rice genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 27:763-768.

Ferreira E, Zimmermann FJD, Santos AB, Neves BP (1997) **O percevejo do colmo na cultura do arroz**. Goiânia: Embrapa-CNPAP, 43p. (Embrapa - CNPAP. Documentos, 75).

Fritz LL, Heinrichs EA, Machado V, Andreis TF, Pandolfo M, Salles SM, Oliveira JV, Fiuza LM (2011) Diversity and abundance of arthropods in subtropical rice growing areas in the Brazilian south. **Biodiversity and Conservation** 20:2211. <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0083-3>

Grazia J, Panizzi AR, Greve C, Schwertner CF, Campos LA, Garbelotto TA, Fernandes JAM (2019) Stink Bugs (Pentatomidae). In.: Panizzi AR, Grazia J (eds). **True Bugs (Heteroptera) of the Neotropics**. p. 681-756. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9861-7>

Guedes RN (2017) Insecticide resistance, control failure likelihood and the first law of geography. **Pest Management Science** 73:479–484. <https://doi.org/10.1002/ps.4452>

Han W, Tian Y, Shen X (2018) Human exposure to neonicotinoid insecticides and the evaluation of their potential toxicity: An overview. **Chemosphere** 192:59-65. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.149>

Hickel ER, Prando HF, Eberhardt DS (2016) **Percevejos nas lavouras catarinenses de arroz irrigado: ocorrência, monitoramento e manejo integrado**. Florianópolis: Epagri, 55p.

Hori K (2000). Possible causes of disease symptoms resulting from the feeding of phytophagous Heteroptera, pp. 11–35. In C. W. Schaefer, Panizzi AR (eds.), **Heteroptera of economic importance**. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Huand F, Tjallingii FW, Zhang P, Zhang J, Lu Y, Lin J (2012) EPG waveform characteristics of solenopsis mealybug stylet penetration on cotton. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 143: 47–54. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2012.01233.x>

Jacquemin J, Bhatia D, Singh K, Wing RA (2013) The International Oryza Map Alignment Project: development of a genus-wide comparative genomics platform to help solve the 9 billion-people question. **Current Opinion in Plant Biology** 16:147–156 <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2013.02.014>

Jiang YX, Lei H, Collar JL, Martin B, Muniz M, Fereres A (1999) Probing and feeding behavior of two distinct biotypes of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato plants. **Journal of Economic Entomology** 92:357–366.

Jiang YX, Nombela G, Muñiz M (2001) Analysis by DC-EPG of the resistance to *Bemisia tabaci* on an Mi -tomato line. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 99:295–302. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2001.00828.x>

Jin S, Chen ZM, Backus EA, Sun XL, Xiao B (2012) Characterization of EPG waveforms for the tea green leafhopper, *Empoasca vitis* Gothe (Hemiptera: Cicadellidae), on tea plants and their correlation with stylet activities. **Journal of Insect Physiology** 58:1235–1244.

Kalaivani K, Kalaiselvi MM, Nathan SS (2018) Effect of Methyl Salicylate (MeSA) induced changes in rice plant (*Oryza sativa*) that affect growth and development of the rice leafhopper, *Cnaphalocrocis medinalis*. **Physiological and Molecular Plant Pathology** 101:116-126. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2017.07.001>

Kamar S, Haq R, Prasad K (2018). Studies on physico-chemical, functional, pasting and morphological characteristics of developed extra thin flaked rice. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences** 17:259-267. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.05.004>

Kellogg EA (2009) A história evolutiva de Ehrhartoideae, Oryzeae e *Oryza*. **Arroz**. 2:1-14.

Kindt F, Joosten NNF, Tjallingii WF (2006) Electrical penetration graphs of thrips revised: combining DC- and AC-EPG signals. **Journal of Insect Physiology** 52:1-10.

Klein JT, Radaelli LR, Barcellos A (2012) Occurrence of Diapause and the Role of *Andropogon bicornis* (Poaceae) Tussocks on the Seasonal Abundance and Mortality of *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae). **Florida Entomologist** 95: 813-818. <https://doi.org/10.1653/024.095.0401>

Koch GK, Donze-Reiner T, Hunt TE, Heng-Moss T, Baldin ELL (2019) Antixenose. In: Baldin ELL, Vendramim JD, Lourenção AL. **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Piracicaba: FEALQ, p. 137-183.

Krinski D, Foerster LA (2017) Quantitative and qualitative damage caused by *Oebalus poecilus* (Hemiptera, Pentatomidae) to upland rice cultivated in new agricultural frontier of the Amazon rainforest (Brazil). **Ciência e Agrotecnologia** 41:300-311.

Lanna AC, Carvalho MAF, Heinemann AB, Stein VC (2012) **Panorama ambiental e fisio-molecular do arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 32p. (Documentos, 274).

Lei H, Van Lenteren JC, Tjallingii WF (1999) Analysis of resistance in tomato and sweet pepper against the greenhouse whitefly using electrically monitored and visually observed 302 probing and feeding behavior. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 92: 299–309

Lett JM, Granier M, Grondin M, Turpin P, Molinaro F, Chiroleu F, Peterschmitt M, Reynaud B (2001) Electrical penetration graphs from *Cicadulina mbila* on maize, the fine structure of its stylet pathways and consequences for virus transmission efficiency. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 101:93–109.

Lucini T, Panizzi AR (2016) Waveform characterization of the soybean stem feeder *Edessa mediatubunda* (F.) (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): overcoming the challenge of wiring pentatomids for EPG. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 158:118–132. <https://doi.org/10.1111/eea.12389>

Lucini T, Panizzi AR (2017a) Feeding behavior of the stink bug *Dichelops melacanthus* Dallas on corn seedlings: an EPG analysis at multiple input impedances and histology correlation. **Annals of the Entomological Society of America** 110: 160–171. <https://doi.org/10.1093/aesa/saw070>

Lucini T, Panizzi AR (2017b) Probing behavior of *Dichelops furcatus* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae) on wheat plants characterized by electropenetrography (EPG) and histological studies. **Journal of Insect Science** 17:1-15. <http://dx-doi.ez369.periodicos.capes.gov.br/10.1093/jisesa/iex044>

Lucini T, Panizzi AR (2018a) Electropenetrography Monitoring of the Neotropical Brown-Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae) on Soybean Pods: An Electrical Penetration Graph-Histology Analysis. **Journal of Insect Science** 18:1-14. <https://doi-org.ez369.periodicos.capes.gov.br/10.1093/jisesa/iey108>

Lucini T, Panizzi AR (2018b) Electropenetrography (EPG): a breakthrough tool unveiling stink bug (Pentatomidae) feeding on plants. **Neotropical Entomology** 47:6–18. <https://doi-org.ez87.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s13744-017-0574-3>

Lucini T, Panizzi AR, Bueno AF (2021) Evaluating resistance of the soybean block technology cultivars to the Neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (F.). **Journal of Insect Physiology** 131:104228. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2021.104228>

Maciel DN (2016). **Resistência a inseticidas em populações de percevejo-do-colmo do arroz *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae)**. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade), Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

Mammadov J, Buyyarapu R, Guttikonda SK, Parliament K, Abdurakhmonov IY, Kumpatla SP (2018) Wild relatives of maize, rice, cotton, and soybean: treasure troves for tolerance to biotic and abiotic stresses. **Frontiers in Plant Science** 9:886. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.008864>

Marsaro Junior AL, Lazzari SMN, Figueira ELZ, Hirooka EY (2005). Inibidores de amilase em híbridos de milho como fator de resistência a *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology** 34: 443-450. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2005000300013>

Martins JFS, Barrigossi JAF, Oliveira JV, Cunha US (2009) **Situação do manejo integrado de insetos-praga na cultura do arroz no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 40p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 290).

McLean DL, Kinsey MG (1964). A technique for electronically recording aphid feeding and salivation. **Nature** 202:1358–1359.

Mitchell C, Brennan RM, Graham J, Karley AJ (2016) Plant defense against herbivorous pests: exploiting resistance and tolerance traits for sustainable crop protection. **Frontiers in Plant Science** 7:1132. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01132>.

Mitchell PL, Cooke SB, Smaniotto LF (2018) Probing Behavior of *Nezara viridula* on Soybean: Characterization and Comparison of Electrical Penetration Graph (EPG) Waveforms on Vegetative and Reproductive Plant Structures. **Journal of Agricultural and Urban Entomology** 34:19-43. <https://doi.org/10.3954/JAUE18-09.1>

Nascimento JB, Barrigossi JAF (2014) Responses of rice mini-core collection accessions to damage by *Diatraea saccharalis* (Fabricius) stem borer. **Scientia Agrícola** 5: 776–784. <https://doi.org/10.4236/as.2014.59082>

Nayar NM (2012) Evolution of the African Rice: A Historical and Biological Perspective. **Crop Science** 52:505-513, 2012. <https://doi.org/10.2135/cropsci2010.10.0605>

Painter RH (1951) Insect resistance in crop plants. New York: McMillian, 520p.

Pan G, Liu Y, Ji L, Zhang X, Huang J, Qiu Z, Liu D, Sun Z, Xu T, Liu L, Wang C, Jiang L, Cheng X, Wan J (2018). Brassinosteroids mediate susceptibility to brown planthopper by integrating with the salicylic acid and jasmonic acid pathways in rice. **Journal of Experimental Botany** 69:4433–4442. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery223>

Pantoja A, Trianal M, Bastidas H, Garcia C, Mejia OI, Duque MC (2007) Damage by *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) to rice in Southwestern Colombia. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico** 91:11-18. <https://doi.org/10.46429/jaupr.v91i1-2.2649>

Peng L, Zhao Y, Wang H, Zhang J, Song C, Shangguan X, Zhu L, He G (2016) Comparative metabolomics of the interaction between rice and the brown planthopper. **Metabolomics** 12:1-15. <https://doi.org/10.1007/s11306-016-1077-7>

Qi J, Malook S, Shen G, Gao L, Zhang C, Li J, Zhang J, Wang L, Wu J (2018) Current understanding of maize and rice defense against insect herbivores, **Plant Diversity** 40:189-195. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2018.06.006>.

Queiroz EB, Silva FC, Borela Júnior C, Araújo MS, Hirose E, Jesus FG (2020) Antixenosis in soybean to *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae) mediated by leaf color and trichome density. **Phytoparasitica** 48:813–821. <https://doi.org/10.1007/s12600-020-00840-5>

Quintela ED, Mascarin GM, Silva RA, Barrigossi JAF, Martins JFS (2013) Enhanced susceptibility of *Tibraca limbativentris* (Heteroptera: Pentatomidae) to *Metarhizium anisopliae* with sublethal doses of chemical insecticides. **Biological Control** 66:56–64. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.03.018>

Ribeiro CSN, Martins GV, Guimarães JFR, Silva EF (2012). Resistência de genótipos de arroz a pragas de grau armazenado. **Caatinga** 25: 183-187.

Sandanayaka WRM, Moreno A, Tooman LK, Page-Weir NEM (2014) Stylet penetration activities linked to the acquisition and inoculation of *Candidatus Liberibacter solanacearum* by its vector tomato potato psyllid. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 151: 170–181. <https://doi.org/10.1111/eea.12179>

Seifi A, Visser RGF, Bai Y (2013) How to effectively deploy plant resistances to pests and pathogens in crop breeding. **Euphytica** 190:321–334. <https://doi.org/10.1007/s10681-012-0823-9>

Serteyn L, Ponnet L, Backus EA, Francis F (2020) Characterization of electropenetrography waveforms for the invasive heteropteran pest, *Halyomorpha halys*, on *Vicia faba* leaves. **Arthropod-Plant Interactions** 14:113–126. <https://doi-org.ez369.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11829-019-09722-y>

Silva DR, Ferreira E, Vieira NRA (2002) Avaliação de perdas causadas por *Oebalus* spp. (Hemiptera: Pentatomidae altas) em arroz e terras. Pesquisa **Agropecuária Tropical** 32:39-45.

Smith CM (2005) Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches. Berlin: Springer Science & Business Media, 423p.

Souza JR, Ferreira E, Boiça Júnior AL, Cargnelutti Filho A, Chagas EF, Mondego J M (2008a) Avaliação de resistência em cultivares de arroz ao ataque do percevejo-do-colmo, *Tibraca limbativentris* Stal, 1860 (Hemiptera: Pentatomidae). **Arquivos do Instituto Biológico** 75:443–448.

Souza JR, Ferreira E, Cargnelutti Filho A, Boiça Junior AL, Chagas EF, Mondego JM (2009) Divergência genética de cultivares de arroz quanto à resistência a *Tibraca limbativentris* Stal (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology** 38:671-676. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2009000500018>

Souza JR, Ferreira E, Chagas EF., Mondego JM, Maciel ASS, Sardinha DHS, Gonçalves KMM, Carvalho Filho JA (2008b) Resistência do tipo antibiose a ninfas de *Tibraca limbativentris* (Stal, 1860) (Heteroptera: Pentatomidae) em variedades e arroz. **Arquivos do Instituto Biológico** 73:321–326.

Stehle S, Bub S, Schulz R (2018) Compilation and analysis of global surface water concentrations for individual insecticide compounds. **Science Total Environment**, 639:516–525. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.158>

Streck NA, Bosco LC, Michelon S, Walter LC (2006) Duração do ciclo de desenvolvimento de cultivares de arroz em função da emissão de folhas no colmo principal. **Ciência Rural** 36:1086-1093. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782006000400007>

Tjallingii WF (1978) Electronic recording of penetration behaviour by aphids. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 24: 721–730

Van Helden M, Van Heest HPN, Van Beek TA, Tjallingii WF (1995) Development of a bioassay to test phloem sap samples from lettuce for resistance to *Nasonovia ribisnigri* (Homoptera, Aphididae). **Journal of Chemical Ecology** 21:761–774. <https://doi.org.ez369.periodicos.capes.gov.br/10.1007/BF02033459>

Vendramim JD, Guzzo EC, Ribeiro LP (2019) Antibiose. In: Baldin ELL, Vendramim J D, Lourenção AL. **Resistência de plantas a insetos: Fundamentos e aplicações**. Piracicaba: FEALQ, p 185-224.

Wailes EJ, Chavez EC (2012) World Rice Outlook, International Rice Baseline with Deterministic and Stochastic Projections, 2012-2021. Department of Agricultural Economics and Agribusiness, Division of Agriculture. University of Arkansas, 2012, 80p.

Walker GP (2000) **A beginner's guide to electronic monitoring of homopteran probing behavior** pp. 14–40. In G. P. Walker and E. A. Backus (eds.), Principles and applications of electronic monitoring and other techniques in the study of homopteran feeding behavior. Entomological Society of America, Lanham, Maryland.

Walter LC, Streck NA, Rosa HT, Krügerl CAMB (2010) Mudança climática e seus efeitos na cultura do arroz. **Ciência Rural**, 40:2411-2418. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010001100028>

Wambugu PW, Ndjiondjop MN, Henry R (2021) Genetics and Genomics of African Rice (*Oryza glaberrima* Steud) Domestication Genética e Genômica da Domesticação do Arroz Africano (*Oryza glaberrima* Steud). **Rice** 14:1-14 <https://doi.org/10.1186/s12284-020-00449-6>.

Weber CN, Redaelli LR, Santos EM, Werner FM (2020) Quantitative and qualitative damages of *Oebalus poecilus* on irrigated rice in southern Brazil. **Revista Ceres** 67:126-132. <https://doi.org/10.1590/0034-737x202067020005>

Woodcock BA, Bullock JM, Shore RF, Heard MS, Pereira MG, Readhead J, Ridding L, Dean H, Sleep D, Henrys P, Peyton J, Hulmes S, Hulmes L, Sárospataki M, Saure M, Edwards M, Genersch E, Knäbe S, Pywell RF (2017). Countryspecific effects of neonicotinoid pesticides on honey bees and wild bees. **Science** 356:1393–1395. <https://doi.org/10.1126/science.aaa1190>

Zachrisson B (2019) Rice. In: Souza B, Marucci RC, Vásquez LL. **Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical: Agroecosystems Biological Control and Functional Biodiversity**. (Pp 383-396). Switzerland: Springer Nature.

Zhong-Ping H, Shu-Min H, Bao-Cheng H, Fang H, Xiang-Li D (2017) Assessment of Probing Behavior of the Cabbage Aphid, *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae), on Three *Brassica napus* Cultivars at Three Developmental Stages Using Electropenetrography (EPG). **Journal of the Kansas Entomological Society** 90:1-23). <https://doi.org/10.2317/JKES-D-16-00018.1>

CAPÍTULO 2 - Antixenose em genótipos de arroz á *Glypheapomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae): Uma praga potencial para a cultura do arroz

RESUMO - A espécie de percevejo *Glypheapomis spinosa* Campos & Grazia (Hemiptera: Pentatomidae) é considerada praga secundária da cultura do arroz, com potencial para se tornar praga primária, pois apresenta comportamento alimentar semelhante ao principal percevejo praga do arroz, *Tibraca limbativentris* Stål (Hemiptera: Pentatomidae). Assim, o objetivo deste estudo foi identificar fontes de resistência por antixenose a adultos de *G. spinosa* em genótipos de arroz. Avaliou-se atratividade e índice de preferência para alimentação em testes com e sem chance de escolha. Avaliou número de ovos e posturas e índice de preferência para oviposição em testes sem e com chance de escolha. E, variáveis colorimétricas e dureza de colmo para correlacionar com o comportamento de alimentação e oviposição de *G. spinosa*. Os genótipos menos atrativos e que possuem maior dureza de tecido foram Primavera, BRS Esmeralda, BRS Pepita, Canela de Ferro, Guarani e Nenenzinho e os genótipos menos ovipositados foram Canela de Ferro, BRS Esmeralda e Guarani, todos mostraram possuir antixenose. Esses genótipos de arroz podem ser usados como fontes doadoras em programas de melhoramento de plantas resistentes a insetos e auxiliar nas estratégias de controle no Manejo Integrado de Pragas.

Palavras-chave: atratividade, não-preferência, percevejo, *Oryza sativa* L.

CHAPTER 2 - Antixenosis in rice genotypes to *Glypompis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae): A potential pest for rice cultivation

ABSTRACT – The stink bug species *Glypompis spinosa* Campos & Grazia (Hemiptera: Pentatomidae) is considered a secondary pest of rice, with the potential to become a primary pest, as it has feeding behavior similar to the main rice pest, *Tibraca limbativentris* Stål (Hemiptera: Pentatomidae). Thus, the aim of this study was to identify sources of antixenosis resistance to adults of *G. spinosa* in rice genotypes. Attractiveness and food preference index were evaluated in tests with and without choice. Evaluated number of eggs and postures and index of preference for oviposition in tests with and without choice. E, colorimetric parameters and stem hardness to correlate with the feeding and oviposition behavior of *G. spinosa*. The less attractive genotypes with greater tissue hardness were Primavera, BRS Esmeralda, BRS Pepita, Canela de Ferro, Guarani and Nenezinho and the less oviposited genotypes were Canela de Ferro, BRS Esmeralda and Guarani, all of which showed antixenosis. These rice genotypes can be used as donor sources in insect resistant plant breeding programs and assist in control strategies in Integrated Pest Management.

Keywords: attractiveness, non-preference, bug, *Oryza sativa* L.

1. Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.), é uma das plantas cultivadas mais importante no mundo (Peng et al., 2016). Devido ao seu alto valor nutricional é considerado alimento básico mundial (Chen et al., 2017; Mammadov et al., 2018; Pan et al., 2018).

Diversos fatores bióticos e abióticos afetam a produção deste cereal. Os percevejos da família Pentatomidae são responsáveis por significativas perdas nos cultivos. Uma das espécies mais importantes na América do Sul, é o percevejo-do-colmo, *Tibraca limbativentris* Stål (Pantoja et al., 2007), que causa redução da produtividade na cultura do arroz, com perdas de até 90% no rendimento de grãos (Ferreira, 1997; Martins et al., 2009; Quintela et al., 2013; Heinrichs et al., 2017).

Outra espécie de percevejo praga, foi encontrada danificando plantas de arroz no Brasil (Alves et al., 2012; Zachrisson, 2019). Populações da espécie *Glyphepomis spinosa* Campos & Grazia (Hemiptera: Pentatomidae) foram constatadas nos estados de Goiás e Tocantins com comportamento alimentar semelhante ao de *T. limbativentris*, o que a torna potencialmente prejudicial a cultura (Alves et al., 2012; Alves et al., 2016).

Os danos podem ocorrer na fase vegetativa, evidenciando o sintoma de “coração morto”, que corresponde a morte da porção central do colmo de arroz, dessa forma, ou na fase reprodutiva, ocorre formação de panículas brancas e/ou vazias, semelhantes aos danos verificados pelo *T. limbativentris* (Ferreira, 1997; Alves et al., 2012).

Na literatura, não há relatos de táticas de controle registradas para essa espécie. O manejo de pentatomídeos no arroz envolve principalmente a aplicação de inseticidas e seu amplo uso contribui para a seleção de insetos resistentes, e causam efeitos adversos no meio ambiente e em insetos não alvos (Krinski e Foerster, 2016; Guedes, 2017; Woodcock et al., 2017; Stehle et al., 2018).

Para minimizar tais problemas, outras abordagens são necessárias. A utilização de variedades resistentes tem mostrado resultados promissores em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Mitchell et al., 2016). Plantas resistentes a insetos permitem a redução da população de insetos-praga, podem afetar negativamente variáveis biológicas das pragas, geralmente são compatíveis

com outras táticas de controle, além de reduzir problemas de resistência a inseticidas (Smith, 2005; Seif et al., 2013).

Na resistência de plantas a insetos, há a categoria de resistência por antixenose, que ocorre quando a planta é menos preferida para oviposição, alimentação ou abrigo, promovendo alterações no comportamento do inseto (Painter, 1951; Smith, 2005; Vendramim et al., 2019).

No Brasil, diversos estudos relacionados a resistência de percevejos no arroz estão sendo conduzidos. Souza et al. (2008a) ao estudarem sessenta genótipos de arroz, verificaram vinte e três fontes de resistência por antibiose e vinte uma fontes por tolerância a adultos de *T. limbativentris*. Os genótipos Arroz Comum e Desconhecido Branco apresentam antibiose a ninfas de *T. limbativentris* (Souza et al. 2008b). Almeida et al. (2019), verificaram antixenose e antibiose nos genótipos de arroz BRS Esmeralda, Canela de Ferro, Desconhecido Branco e Primavera por serem menos atrativos aos insetos adultos, reduzir a sobrevivência de ninfas e apresentar menor percentual de colmos danificados. Dada a importância de *G. spinosa* como potencial praga-chave para a cultura do arroz, o objetivo deste estudo, foi identificar fontes de antixenose a adultos de *G. spinosa*, pela dureza do colmo e variáveis colorimétricas em genótipos de arroz.

2. Materiais e Métodos

Os experimentos de antixenose para alimentação foram conduzidos no Laboratório de Resistência de Plantas a insetos, localizado no Departamento de Ciências da Produção Agrícola da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista - Câmpus Jaboticabal (Jaboticabal, São Paulo, Brasil) e experimentos de antixenose para oviposição foram conduzidos no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas do Instituto Federal Goiano, Câmpus Urutaí (Urutaí, Goiás, Brasil).

2.1. Metodologia de criação

Adultos de *G. spinosa* foram obtidos pela Embrapa Arroz e Feijão, (Santo Antônio de Goiás, Goiás, Brasil). A criação foi conduzida de acordo com metodologia de Alves et al. (2012), com adequações. Adultos foram mantidos em plantas de arroz do genótipo suscetível (BR Irga 409), cultivados em vasos plásticos (8 litros). As plantas com os insetos foram mantidas em casa de vegetação, de onde as posturas foram coletadas. Os ovos coletados eram transferidos para um recipiente plástico (11×11×3,5 cm) forrado com papel toalha umedecido e mantidos em laboratório (T 25±2 °C, UR 70±10%, fotoperíodo de 14 horas) até eclosão. As ninfas foram mantidas nas mesmas condições até atingirem o segundo instar e, a seguir, transferidas para plantas de arroz (BR Irga 409, coberta com tecido voal até atingirem a fase adulta.

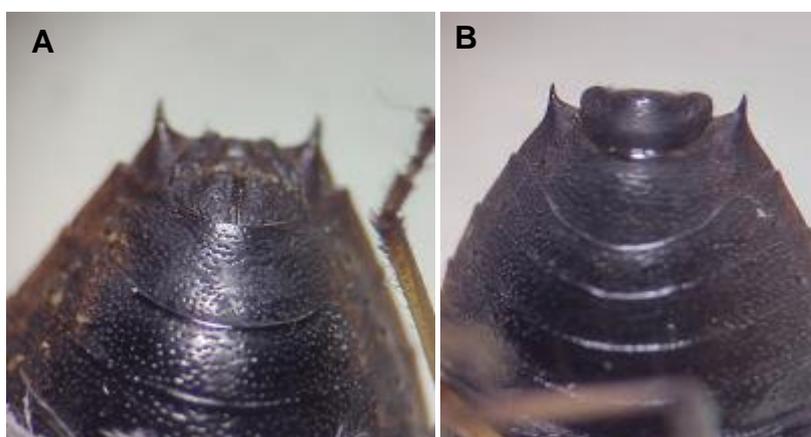


Figura 1. Último segmento abdominal ventral de uma fêmea (A) e macho (B) de adultos de *Glyphepomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae).

2.2. Material Vegetal

As sementes dos genótipos de arroz (Tabela 1) foram semeadas em recipientes plásticos transparentes (500 mL), contendo como substrato solo (Latosolo Vermelho distrófico + adubação), e mantidas em casa de vegetação (T 30±6 °C, UR 70±20 %). As plantas receberam adubação conforme recomendado para cultivo de arroz (Sousa e Lobato, 2004) e irrigadas periodicamente de acordo com a necessidade hídrica das plantas. Os ensaios foram instalados após as plantas atingirem 45 dias após plantio das sementes (45 DAP).

Tabela 1. Genótipos de arroz com seu código de identificação (ID) do banco de germoplasma de arroz (Embrapa Arroz e Feijão), origem geográfica e histórico de resistência de outros insetos-praga.

Genótipos	ID	Origem	Cultivar/ Linhagem	Histórico de resistência	Referências
Bacaba Branco	BGA 012322	Brasil	Linhagem	--	
Bico Ganga	BGA 000420	Brasil	Linhagem	<i>T. limbativentris</i>	Souza et al., 2009.
Bonança	BGA 008172	Colômbia	Variedade	<i>Diatraea saccharalis</i>	Ferreira et al., 2000.
BRS A 502	-	Brasil	Variedade	--	
BRS Esmeralda	BGA 015465	Brasil	Variedade	<i>T. limbativentris</i>	França et al., 2018; Almeida et al., 2019
BRS Pepita	BGA 009019	Brasil	Variedade		
Canela de Ferro	BGA 0011523	Brasil	Linhagem	<i>T. limbativentris</i>	Almeida et al., 2019
Guarani	BGA 4121	Brasil	Variedade	--	
Irga 417	BGA 10675	Brasil	Variedade	--	
Lageado Ligeiro	BGA 11384	Brasil	Linhagem	--	
Miúdo Branco	BGA 11370	Brasil	Linhagem	--	
Nenezinho	BGA 11315	Brasil	Linhagem	--	
Primavera	BGA 008070	Brasil	Variedade	<i>T. limbativentris</i>	Almeida et al., 2019
Progresso	BGA 004813	Brasil	Variedade	--	
Xingu	BGA 014016	Brasil	Variedade	--	

2.3. Não preferência (antixenose) para alimentação

Em teste sem chance de escolha, cada recipiente plástico com uma planta de arroz (n = 15) consistiu em uma repetição. Foi liberado um casal de adultos de *G. spinosa* por genótipo (Figura 1) e a arena foi coberta com tecido do tipo voal (50 cm de comprimento x 30 cm de largura) para evitar a fuga dos insetos.

Em teste com chance de escolha, os genótipos de arroz foram divididos em dois grupos distintos (grupo I - Bacaba Branco, Lageado Ligeiro, Bico Ganga, Xingu, Canela de Ferro, Nenezinho e Miúdo Branco; grupo II - BRS A 502, Progresso, BR Irga 417, Bonança, BRS Pepita, BRS Esmeralda, Primavera e Guarani), para selecionar os melhores genótipos para compor um terceiro grupo (grupo III – Xingu, Nenezinho, Miúdo Branco, Guarani, Bonança, Canela de Ferro, Primavera e BRS Esmeralda). Os recipientes com os genótipos de arroz de cada grupo foram distribuídos de forma equidistante e aleatória em arena de formato circular. Foram liberados um casal de adultos por genótipo no centro da arena, e posteriormente cada

arena foi vedada com uma gaiola confeccionada de estrutura de metal (70 cm de comprimento x 60 cm de largura x 40 cm de altura) e tecido “tule”. Cada arena foi considerada uma repetição.

Em ambos os testes, após a liberação dos adultos, o número de insetos em cada genótipo foi avaliado nos intervalos de tempo de 15 e 30 minutos e 1, 3, 6, 12, 24, 48 e 72 horas.

Para testes com e sem chance de escolha foi adotado delineamento de blocos ao acaso (DBC), com dez repetições. Antes da instalação dos ensaios os insetos foram separados por sexo, através da diferenciação no último segmento abdominal e mantidos em jejum por 15 horas.

2.4. Não preferência (antixenose) para oviposição

Em teste sem chance de escolha, cada recipiente plástico contendo uma planta de arroz foi colocada dentro de gaiolas confeccionadas de garrafas plásticas (2,0 L), com abertura (10 cm de comprimento x 4 cm de largura) coberta com tecido do tipo voal. Foi colocado um casal de insetos por gaiola. O delineamento adotado foi inteiramente casualizado (DIC), com dez repetições.

Em teste com chance de escolha, cada recipiente contendo uma planta de arroz de cada genótipo foi distribuída em uma arena circular de forma aleatória e equidistante. Foi liberado um casal de insetos por genótipo no centro da arena, e posteriormente foi vedada com gaiolas (1,0 metro de comprimento x 1,0 m de largura x 0,5 m de altura) confeccionada de estrutura de madeira e tecido “tule”. O delineamento adotado foi de blocos ao acaso (DBC), com dez repetições.

Decorridas 72 horas da instalação do ensaio, as gaiolas foram retiradas e quantificadas o número de posturas e de ovos por genótipo.

2.5. Dureza e Cor

A dureza do colmo das plantas de arroz foi medida conforme metodologia de Almeida et al. (2019). O Penetrômetro ENGCO (Piracicaba, São Paulo, Brasil), foi calibrado para profundidade de penetração de 2 mm e velocidade de 7 mm/s com

ponta P 1500. Os resultados foram expressos em quilograma-força por centímetro (kgf/cm), que representou a força máxima necessária para penetração no colmo, simulando a penetração do estilete do percevejo na planta.

A mensuração da cor foi realizada na região mediana da folha de cada genótipo com colorímetro Konica Minolta (CR 10 Plus, Osaka, Japan). A coloração foi dada pelos índices L^* , a^* e b^* , sendo o ângulo Hue equivalente ao (arco tangente (b^*/a^*)) e o Chroma ao $[(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}]$ (Minolta 1998). Os valores do ângulo Hue foram transformados de acordo com McGuire (1992).

Foi adotado para ambos as variáveis analisadas delineamento inteiramente casualizado (DIC), com dez repetições.

2.6. Análise estatística

Nos ensaios de antixenose para alimentação e oviposição, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). A normalidade foi verificada usando teste de Shapiro-Wilk e homoscedasticidade pelo teste de Levene. Quando as premissas não foram atendidas, realizou-se ranqueamento para variável atratividade (número médio de insetos por genótipo) e transformação de \sqrt{x} para número de ovos e posturas em teste com chance de escolha, para desprezar tais pressuposições. Aplicou-se teste de Scott-Knott ($P = 0,05$) para comparações múltiplas entre os tratamentos.

O Índice de Preferência (IP) dos adultos de *G. spinosa*, foi determinado para cada genótipo de acordo com Kogan and Goeden (1970). Foi utilizado como padrão os genótipos Xingu (teste sem chance de escolha) e Bonança e Xingu (teste com chance de escolha). O índice foi obtido a partir da equação: $IP = 2G/G+P$; sendo G = número de insetos no genótipo avaliado e, P = número de insetos no genótipo padrão. De acordo com esse método, os $IP = 1$ indicam atração semelhante entre o genótipo avaliado e o padrão suscetível (neutro), $IP < 1$ indica menor atração no genótipo avaliado (deterrente) e $IP > 1$ indica maior atração no genótipo avaliado (estimulante).

O Índice de Preferência para oviposição (IPO) de adultos *G. spinosa*, foi calculado através da fórmula proposta por Fenemore (1980): $IPO = [(T - M) / (T + M)] \times 100$. Sendo T = número de ovos no genótipo avaliado, e M = número de ovos no

genótipo padrão. Foi utilizado como padrão o genótipo BRS Pepita e Primavera. Este índice varia de +100 (muito estimulante), 0 (neutro), até -100 (muito deterrência).

Os genótipos padrões suscetíveis foram determinados com base em qual genótipo comercial aproximava-se mais ao número médio de insetos/número médio de ovos em ambos os experimentos. Isso foi realizado, devido à escassez de informações referentes a materiais suscetíveis e resistentes na literatura.

O teste t foi utilizado para avaliar a correlação de Pearson. A Análise de Componentes Principais (PCA) foi realizada para discriminação de quais variáveis apresentam maior covariância para cada genótipo. Ambas as análises foram feitas para mesmas variáveis: atratividade, dureza, °Hue, Chroma, L*, número de ovos em teste com chance de escolha. O PCA e correlação não foram feitas para os grupos I e II, pois estes foram utilizados somente para selecionar os melhores genótipos para compor o grupo III no teste de antixenose para alimentação. Todas as análises foram realizadas utilizando software R 4.0.2 (R Core Time, 2021).

3. Resultados

A atração média dos insetos adultos nos genótipos de arroz na média dos tempos foi significativa para teste sem chance de escolha (15 e 30 min e 1, 2, 3, 6, 12, 24, 48 e 72 horas) ($P < 0,01$). O genótipo Progresso foi o mais atrativo aos adultos de *G. spinosa* (Tabela 2).

De acordo com ao índice de preferência os genótipos Progresso, BRS A 502, Irga 417, Miúdo Branco, Canela de Ferro, e Bacaba Branco foram classificados como estimulantes a alimentação de *G. spinosa*. O genótipo Lageado Ligeiro foi considerado neutro, que se igualou ao genótipo padrão, enquanto os demais genótipos foram considerados deterrentes (Tabela 2).

Tabela 2. Atratividade (\pm EPM) de adultos de *Glypheapomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) e índice de preferência alimentar em genótipos de arroz em teste sem chance de escolha (Antixenose para alimentação).

Genótipos	Atratividade média	Índice de preferência	<i>p</i> -value
Progresso	1,50 \pm 0,070a	1,18 \pm 0,02a	<0,01
BRS A 502	1,33 \pm 0,060b	1,13 \pm 0,04a	0,02

IRGA 417	1,23±0,061b	1,09±0,04a	0,05
Miúdo Branco	1,09±0,080c	1,02±0,05b	0,77
Canela de Ferro	1,08±0,071c	1,01±0,04b	0,44
Bacaba Branco	1,07±0,066c	1,01±0,06b	0,92
Xingu	1,03±0,087c	1,00±0,06b	0,95
Lageado Ligeiro	1,03±0,077c	1,00±0,06b	0,95
BRS Pepita	0,90±0,085d	0,93±0,05b	0,18
Nenezinho	0,87±0,077d	0,91±0,08b	0,30
Bonança	0,86±0,078d	0,89±0,13b	0,64
Bico Ganga	0,83±0,064d	0,94±0,05b	0,30
BRS Esmeralda	0,78±0,062d	0,85±0,05c	<0,01
Guarani	0,59±0,062e	0,72±0,07c	<0,01
Primavera	0,41±0,067e	0,58±0,06c	<0,01
Valor F	14,6360		
<i>p-value</i>	<0,01		

*Medias seguidas pela mesma letra em uma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. EPM = erro padrão da média.

Houve diferença significativa para atratividade média nos três grupos nos genótipos de arroz (15 e 30 minutos e 1, 3, 6, 12, 24, 48 e 72 horas) ($P<0,01$). No grupo I, o genótipo mais atrativo aos adultos de *G. spinosa* foi Bacaba Branco, em contrapartida, o menos atrativo foi Miúdo Branco. De acordo com índice de preferência, os genótipos Bacaba Branco, Lageado Ligeiro e Bico Ganga foram os mais preferidos pelos percevejos, classificados como estimulantes. Os demais genótipos foram considerados deterrentes, exceto o genótipo Canela de Ferro que teve ação neutra (Tabela 3).

No grupo II, os genótipos mais atrativos foram BRS A 502, Progresso e Irga 417 aos adultos de *G. spinosa*. Os genótipos classificados como estimulantes de acordo com índice de preferência neste grupo foram BRS A 502, Progresso e Irga 417 e os demais genótipos foram deterrentes a alimentação dos adultos (Tabela 3).

Os genótipos Xingu, Nenezinho, Miúdo Branco Guarani, Bonança e Canela de Ferro Xingu foram os mais atrativos aos insetos no grupo III, e os menos atrativos foram BRS Esmeralda e Primavera. Os genótipos classificados como estimulantes a alimentação de *G. spinosa* de acordo com índice de preferência foram Xingu, Nenezinho, Miúdo Branco, Guarani, Bonança e Canela Ferro, Guarani e os deterrentes a alimentação foram BRS Esmeralda e Primavera (Tabela 3).

Tabela 3. Atratividade (\pm EPM) de adultos de *Glyphepomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) e índice de preferência para alimentação em três grupos distintos de arroz em teste com chance de escolha.

Grupo I			
Genótipos	Atratividade média	Índice de Preferência	<i>p-value</i>
Bacaba Branco	1,86 \pm 0,12a	1,24 \pm 0,06a	0,02
Lageado Ligeiro	1,32 \pm 0,08b	1,07 \pm 0,08b	0,76
Bico Ganga	1,26 \pm 0,06b	1,05 \pm 0,06b	0,68
Xingu	1,14 \pm 0,08b	1,00 \pm 0,09b	0,54
Canela de Ferro	1,14 \pm 0,07b	1,00 \pm 0,06b	0,64
Nenezinho	0,82 \pm 0,08c	0,84 \pm 0,06c	0,02
Miúdo Branco	0,47 \pm 0,09d	0,58 \pm 0,06c	<0,01
Valor F	21,2957		
<i>p-value</i>	<0,01		
Grupo II			
Genótipos	Atratividade média	Índice de Preferência	<i>p-value</i>
BRS A 502	2,36 \pm 0,11a	1,38 \pm 0,07a	<0,01
Progresso	2,13 \pm 0,17a	1,34 \pm 0,04a	<0,01
IRGA 417	2,06 \pm 0,17a	1,32 \pm 0,05a	<0,01
Bonança	1,06 \pm 0,12b	1,00 \pm 0,13b	0,33
BRS Pepita	0,93 \pm 0,09b	0,94 \pm 0,10b	0,23
BRS Esmeralda	0,90 \pm 0,08b	0,92 \pm 0,05b	0,11
Primavera	0,66 \pm 0,08c	0,84 \pm 0,07c	0,02
Guarani	0,60 \pm 0,11c	0,71 \pm 0,10c	0,01
Valor F	47,9593		
<i>p-value</i>	<0,01		
Grupo III			
Genótipos	Atratividade média	Índice de Preferência	<i>p-value</i>
Xingu	2,56 \pm 0,15a	1,42 \pm 0,04a	0,11
Nenezinho	2,48 \pm 0,07a	1,41 \pm 0,05a	0,07
Miúdo Branco	2,07 \pm 0,14a	1,33 \pm 0,02a	0,07
Guarani	1,96 \pm 0,15a	1,30 \pm 0,05a	0,75
Bonança	1,81 \pm 0,15a	1,27 \pm 0,07a	0,73
Canela de Ferro	1,50 \pm 0,24b	1,06 \pm 0,06a	0,09
Primavera	1,03 \pm 0,11c	1,00 \pm 0,03b	<0,01
BRS Esmeralda	0,92 \pm 0,11c	0,94 \pm 0,05c	<0,01
Valor F	11,0021		
<i>p-value</i>	<0,01		

*Medias seguidas pela mesma letra em uma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. EPM= erro padrão da média.

Não houve diferença significativa nas variáveis número de ovos e número de posturas em teste sem chance de escolha ($P>0,05$). No teste com chance de escolha os genótipos BRS Esmeralda e Canela de Ferro apresentaram os menores valores médios dos números de ovos de *G. spinosa*, e os genótipos Bonança, BRS Esmeralda, BRS Pepita e Canela de Ferro tiveram as menores médias de posturas. Os demais genótipos apresentaram as maiores médias para ambas as variáveis (Tabela 4).

Tabela 4. Número médio de ovos e posturas (\pm EPM) e índice de preferência para oviposição de adultos de *Glyphepomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) em diferentes genótipos de arroz em testes com e sem chance de escolha (Antixenose para oviposição).

Genótipos	Número de ovos		Número de posturas	
	Sem chance	Com chance	Sem chance	Com chance
Bonança	18,0 \pm 4,56a	22,6 \pm 7,54a	1,8 \pm 0,42a	1,4 \pm 0,36b
Progresso	17,4 \pm 3,38a	31,6 \pm 8,75a	1,8 \pm 0,20a	2,8 \pm 0,70a
BRS Pepita	17,0 \pm 3,50a	26,7 \pm 10,94a	1,5 \pm 0,32a	2,5 \pm 1,06b
Xingu	16,9 \pm 3,55a	40,9 \pm 10,27a	1,7 \pm 0,37a	3,2 \pm 0,80a
Bacaba Branco	14,7 \pm 2,99a	45,2 \pm 11,51a	1,3 \pm 0,25a	3,2 \pm 0,83a
BRS Esmeralda	14,6 \pm 2,71a	11,8 \pm 4,15b	1,7 \pm 0,30a	1,3 \pm 0,45b
Nenezinho	14,5 \pm 5,30a	22,5 \pm 4,57a	1,7 \pm 0,48a	2,0 \pm 0,41a
Lageado Ligeiro	13,9 \pm 2,86a	24,8 \pm 6,15a	1,5 \pm 0,25a	2,5 \pm 0,78a
Primavera	13,4 \pm 3,37a	36,6 \pm 11,85a	1,3 \pm 0,37a	2,8 \pm 0,70a
Bico Ganga	13,3 \pm 2,85a	22,1 \pm 3,61a	1,3 \pm 0,25a	1,8 \pm 0,25a
BRS A 502	13,1 \pm 3,25a	22,5 \pm 5,27a	1,4 \pm 0,36a	2,0 \pm 0,46a
Miúdo Branco	12,2 \pm 4,68a	43,4 \pm 13,37a	1,2 \pm 0,50a	3,6 \pm 1,19a
Irga 417	10,5 \pm 3,46a	41,9 \pm 10,73a	1,2 \pm 0,36a	3,4 \pm 0,75a
Guarani	7,80 \pm 3,16a	21,5 \pm 6,41a	1,1 \pm 0,36a	1,9 \pm 0,53a
Canela de Ferro	7,10 \pm 2,80a	3,40 \pm 2,80b	0,7 \pm 0,35a	0,3 \pm 0,20b
Valor F	0,8221	2,3009	0,7385	2,1609
<i>p-value</i>	0,6442	0,0076	0,7326	0,0127

*Medias seguidas pela mesma letra em uma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. EPM= erro padrão da média.

De acordo com índice de preferência para oviposição os genótipos Bonança, Progresso, BRS Pepita, Xingu, Bacaba Branco, BRS Esmeralda e Lageado Ligeiro

foram estimulantes a oviposição de *G. spinosa*. Os demais genótipos foram menos preferidos pelas fêmeas, exceto o genótipo padrão Primavera (Figura 1).

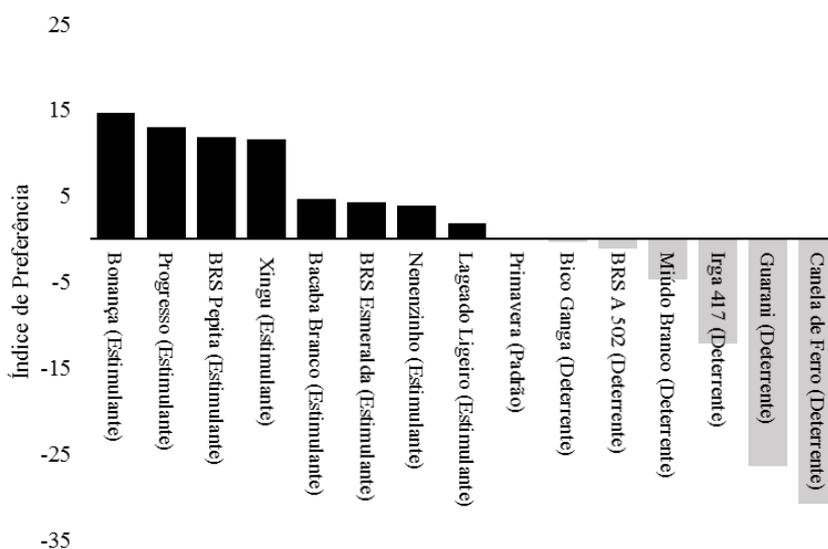


Figura 1. Índice de Preferência para oviposição de *Glypheidomyces spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) em genótipos de arroz em teste sem escolha.

Os genótipos Bacaba Branco, Miúdo Branco, Irga 417, Xingu, Primavera, Progresso e Xingu estimularam a oviposição de *G. spinosa* de acordo com índice de preferência, enquanto os demais genótipos foram dissuasivos (Figura 2).

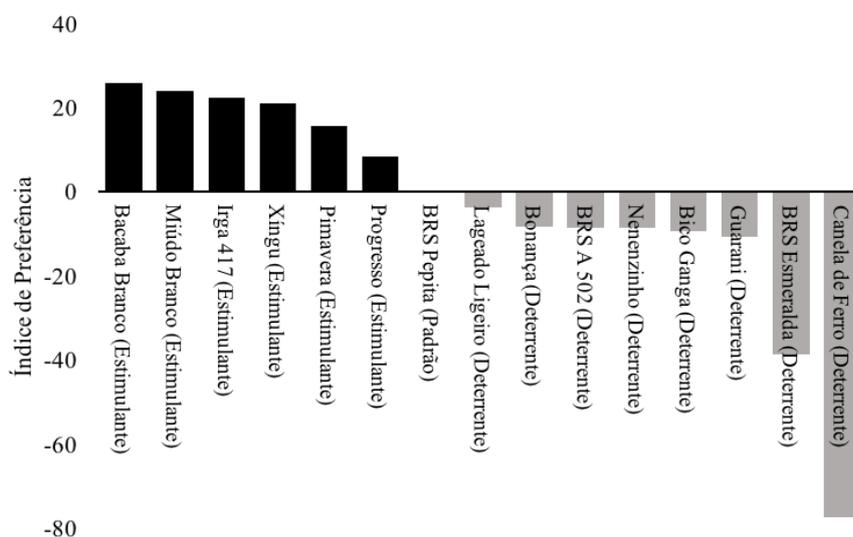


Figura 2. Índice de Preferência para oviposição de *Glypheidomyces spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) em genótipos de arroz em teste com escolha.

Os genótipos Primavera e Guarani exibiram as maiores médias de dureza do colmo, enquanto os genótipos BRS A 502, Miúdo Branco e Xingu tiveram os colmos menos resistentes ($P<0,01$). Verifica-se ainda, que o genótipo Primavera possui 48,6 % de resistência nos tecidos do colmo a mais que o genótipo BRS A 502 (Tabela 5).

Não houve diferença significativa entre os genótipos para variável °Hue ($P>0,05$). A saturação ou cromaticidade (Chroma) foi maior nos genótipos Bacaba Branco, Bico Ganga, Bonança, Canela de Ferro, Guarani, Irga 417, Lageado Ligeiro, Nenenzinho e Progresso, e menor nos demais genótipos. Os genótipos que produziram maiores valores de índice de luminosidade (L^*), foram Bacaba Branco, Bico Ganga, BRS A 502, BRS Pepita, Guarani, Nenenzinho, Primavera e Progresso (Tabela 4).

Tabela 5. Dureza de colmo (kgf/cm^2) e variáveis de índice colorimétrico (\pm EPM) em diferentes genótipos de arroz.

Genótipos	Dureza de colmo (kgf)	°Hue	Chroma	L^*
Primavera	189,09 \pm 2,17a	110,68 \pm 0,46a	25,09 \pm 0,75b	37,50 \pm 0,53a
Guarani	177,51 \pm 2,67b	109,34 \pm 0,41a	27,53 \pm 0,72a	37,98 \pm 0,52a
Canela de Ferro	170,44 \pm 3,94c	109,58 \pm 0,32a	26,94 \pm 0,43a	36,94 \pm 0,43b
BRS Pepita	169,84 \pm 4,68c	112,09 \pm 1,90a	25,55 \pm 1,07b	37,26 \pm 0,57a
BRS Esmeralda	162,81 \pm 5,10c	110,36 \pm 0,54a	24,32 \pm 0,47b	35,92 \pm 0,32b
Nenenzinho	160,15 \pm 3,43c	109,73 \pm 0,37a	26,69 \pm 0,73a	37,58 \pm 0,53a
Irga 417	130,83 \pm 4,76d	111,90 \pm 1,80a	27,94 \pm 2,21a	36,87 \pm 0,50b
Bacaba Branco	129,96 \pm 2,98d	109,34 \pm 0,51a	28,60 \pm 0,74a	38,64 \pm 0,55a
Bico Ganga	125,40 \pm 2,42d	108,72 \pm 0,33a	28,77 \pm 0,51a	38,80 \pm 0,55a
Lageado Ligeiro	122,73 \pm 3,50d	109,32 \pm 0,40a	28,09 \pm 0,88a	36,75 \pm 1,28b
Bonança	120,92 \pm 1,29d	109,58 \pm 0,31a	26,87 \pm 0,52a	36,83 \pm 0,38b
Progresso	117,43 \pm 8,57d	108,92 \pm 0,33a	27,79 \pm 0,73a	38,00 \pm 0,50a
Xingu	103,44 \pm 2,19e	111,11 \pm 0,29a	24,87 \pm 0,35b	35,77 \pm 0,34b
Miúdo Branco	102,32 \pm 2,14e	110,44 \pm 0,33a	25,24 \pm 0,60b	36,89 \pm 0,28b
BRS A 502	96,69 \pm 2,94e	110,14 \pm 0,39a	25,94 \pm 0,64b	37,65 \pm 0,51a
Valor F	68,4304	1,7255	2,7244	2,3479
<i>p-value</i>	<0,01	0,0573	<0,01	<0,01

*Medias seguidas pela mesma letra em uma coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. EPM= erro padrão da média.

^a L^* = Luminosidade

Verificou-se uma correlação negativa de moderada e fraca entre atratividade, atratividade grupo III e dureza. Indicando que quanto maior a dureza do colmo, menor a quantidade de insetos que se alojaram e/ou alimentaram no genótipo. Correlação fraca e negativa entre °Hue e Chroma, correlação média e negativa entre °Hue e L*, e correlação positiva forte entre Chroma e L*. As demais correlações entre as variáveis avaliadas não foram significativas ($P>0,05$) (Tabela 6).

Tabela 6. Correlação de Pearson entre atratividade, dureza de colmo, °Hue, Chroma, Índice L*, número de posturas e ovos em diferentes genótipos de arroz.

	Dureza	°Hue	Chroma	L*	NPs	NPc	NOs	NOc
Atratividade	-0,4334** <0,01	0,0393 ^{ns} 0,6332	0,1552 ^{ns} 0,0579	-0,0036 ^{ns} 0,9647	0,0830 ^{ns} 0,3129	0,1345 ^{ns} 0,1008	-0,0210 ^{ns} 0,2688	0,0909 ^{ns} 0,2360
Atratividade (grupo III)	-0,2659* 0,0179	-0,0336 ^{ns} 0,7687	0,2155 ^{ns} 0,0565	0,1426 ^{ns} 0,2100	0,0591 ^{ns} 0,6052	0,0121 ^{ns} 0,9160	0,0799 ^{ns} 0,4841	0,0859 ^{ns} 0,4952
Dureza		0,0510 ^{ns} 0,5356	0,0198 ^{ns} 0,8096	0,0878 ^{ns} 0,2854	-0,1059 ^{ns} 0,1971	-0,0756 ^{ns} 0,3579	-0,0651 ^{ns} 0,4288	-0,1055 ^{ns} 0,1990
Hue°			-0,1753* 0,0319	-0,4255** <0,01	0,0714 ^{ns} 0,3844	0,0215 ^{ns} 0,7929	0,0600 ^{ns} 0,4661	0,0563 ^{ns} 0,5120
Chroma				0,6361** <0,01	-0,0481 ^{ns} 0,5587	-0,0576 ^{ns} 0,4840	-0,0188 ^{ns} 0,8183	0,0500 ^{ns} 0,7263
L*					-0,0809 ^{ns} 0,3248	-0,0979 ^{ns} 0,2332	-0,0526 ^{ns} 0,5225	-0,0726 ^{ns} 0,4925

*Significativo a 5% de significância pelo teste t. Atratividade = número médio de insetos em teste sem chance de escolha; Atratividade grupo III = número médio de insetos em teste com chance de escolha para grupo III; NPs e NOs = número de posturas e ovos em teste com chance de escolha; NPc e NOc = número de posturas em teste sem chance de escolha.

A análise de componentes principais (PCA) (Figura 3-A) mostrou que os dois primeiros componentes (PC1-33,4% e PC – 30,0%) explicaram 63,4% da variabilidade de todas as variáveis avaliadas. Os genótipos BRS Esmeralda, BRS Pepita, Canela de Ferro, Guarani, Nenenzinho e Primavera apresentam como similaridades maior dureza do colmo e menor atratividade. Dentre estes genótipos o Canela de Ferro e o Guarani foram os menos preferidos para oviposição. Os genótipos BRS Esmeralda,

BRS Pepita e Primavera estão entre aqueles genótipos com menores valores de Chroma e maiores valores de °Hue.

Verifica-se que no PCA (Figura 3-B) os dois primeiros componentes (PC1- 49,7% e PC2 – 24,5%) explicam 74,2% dos dados. Os genótipos Canela de Ferro, BRS Esmeralda, Guarani e Primavera possuem como similaridades as maiores durezas de colmo, destes o Canela de Ferro e Guarani foram menos ovipositados. Os genótipos BRS Esmeralda, Canela de Ferro e Primavera foram os menos atrativos aos insetos. Os genótipos Guarani e Nenenzinho apresentam maiores valores de Chroma e índice L*, dos genótipos avaliados.

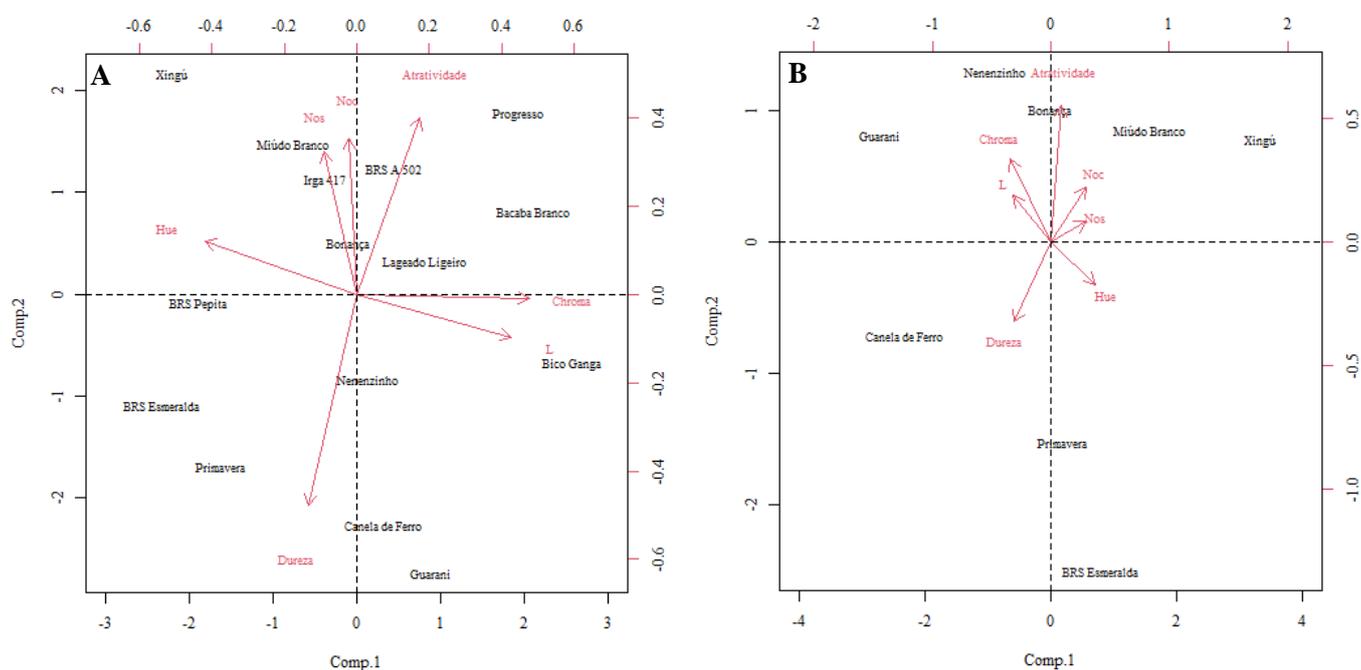


Figura 3. Biplot com valores médios dos 15 genótipos de arroz em dois componentes principais. Características avaliadas: Atratividade, dureza do colmo, número médio de ovos em teste com e sem chance de escolha e índice colorimétrico. A – Atratividade sem chance de escolha; B- Atratividade com chance de escolha grupo III.

4. Discussão

A antixenose afeta o comportamento dos insetos na seleção hospedeira, seja para alimentação, oviposição ou exploração (Smith, 2005; Baldin et al., 2019). Essas alterações estão vinculadas a presença de defesas na planta que podem ser físicas, relacionadas principalmente a cor do hospedeiro, morfológicas que correspondem as

variações estruturais na planta, como dureza de tecido, e químicas, referentes a produção de compostos químicos pelas plantas (Smith, 2005; Seifi et al., 2013; Mitchell et al., 2016; Baldin et al., 2017).

Os genótipos BRS Esmeralda, BRS Pepita, Canela de Ferro, Guarani, Nenenzinho e Primavera foram os menos preferidos pelos adultos de *G. spinosa* nos testes de antixenose para alimentação com e sem chance escolha e apresentaram as maiores médias de dureza do colmo. Almeida et al. (2019), também verificaram que os genótipos BRS Esmeralda, BRS Pepita e Primavera foram menos preferidos por ninfas de *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae).

O genótipo Primavera, menos atrativo (0,41 e 1,03 insetos), apresentou uma dureza 48,6 % maior, que um dos genótipos com maior atração BRS A 502 (1,33 e 2,36 insetos). Em trabalho avaliando antixenose em genótipos de arroz a ninfas de *T. limbativentris*, o genótipo Primavera também apresentou dureza de tecido superior aos outros (Almeida et al., 2019). Assim, é possível inferir que uma das causas da resistência para este genótipo está relacionada a dureza do tecido.

A correlação negativa entre atratividade e dureza do colmo (-0,4334 e -0,2659) e os vetores do PCA inversamente proporcionais entre estas variáveis, evidenciaram que a maior dureza do colmo, gerou uma menor atração e preferência dos adultos de *G. spinosa*. Confirmando que a resistência desses genótipos está relacionada ao fator morfológico dureza do colmo.

A maior dureza e resistência das estruturas vegetais, formam uma barreira, dificultando a alimentação dos insetos sugadores, mas variam conforme a quantidade e disposição dos constituintes da parede celular (Molina e Trumper, 2012; Silva et al., 2014). As fibras, por exemplo, devido a sua deposição na parede celular, podem dificultar ou impedir a penetração dos estiletes dos insetos sugadores (Schoonhoven et al., 2005).

Os genótipos Miúdo Branco e Bico Ganga estão entre aqueles menos preferidos pelos insetos, porém apresentaram colmos com menor rigidez de tecido. Assim, a resistência para estes genótipos é atribuída a outro fator, como a presença de compostos voláteis repelentes na planta, uma vez que não houve correlação significativa entre atratividade e variáveis colorimétricas.

As plantas utilizam uma série de compostos químicos sintetizados através do metabolismo secundário como defesa, e grande parte desses compostos atuam contra o ataque de insetos (Boiça Júnior et al., 2014). Foi constatado que plantas de arroz liberam composto salicilato de metila após alimentação dos insetos (Köllner et al., 2010; Qi et al., 2011). Oluwafemi et al. (2011) verificaram ação de salicilato de metila repelindo cigarrinhas da espécie *Cicadulina storeyi* China (Hemiptera: Cicadellidae) em plantas de milho.

As fêmeas se alimentaram antes ou durante a oviposição, e assim, puderam avaliar a resistência do tecido. A dureza do tecido também pode influenciar na preferência dos insetos por determinado hospedeiro para oviposição, uma vez que as fêmeas vão optar por hospedeiros que proporcionem melhor desempenho de seus descendentes e não dificulte sua alimentação (Jaenike, 1978; Hoffman e Rao, 2011). Isso justifica o fato de os genótipos BRS Esmeralda, Canela de Ferro e Guarani possuírem uma relação proporcional entre menor oviposição e maior dureza de colmo. Porém são necessários mais estudos para confirmação de tal evento.

Os compostos fitoquímicos que influenciam o comportamento de preferência a alimentação dos insetos, também podem alterar o comportamento de oviposição (Boiça Júnior et al., 2013). Alguns estudos demonstraram que há efeitos na alimentação e oviposição dos insetos fitófagos devido a ação de diversos flavonoides (Simmonds, 2001).

Não foi observada uma correlação significativa entre número de ovos e atratividade. Porém, é possível verificar que grande parte dos genótipos mais atrativos aos insetos foram também os que apresentaram maior número de ovos. Embora a oviposição não se relacione diretamente com a alimentação do adulto, há a hipótese de que ambas estejam associadas e possuam uma relação positiva. A fêmea seleciona hospedeiros mais favoráveis ao desempenho de sua prole, fornecendo alimento mais nutritivo para seus descendentes, de acordo com teoria da oviposição ideal (Jaenike, 1978).

A cor é o fator mais importante para a seleção do hospedeiro à distância, responsável juntamente com estímulos químicos pela orientação dos insetos até potencial hospedeiro (Lenteren e Noldus, 1990; Green et al., 1994, Baldin et al., 2019).

De acordo com Moericke (1969) os insetos tendem a ter preferências por tonalidades de cores ou brilho emitidos pelos hospedeiros possivelmente favoráveis.

Não foi relatada relação da cor do hospedeiro com as atividades de atração e oviposição pelos insetos da espécie estudada. Porém é possível perceber uma tendência dos genótipos suscetíveis, apresentarem maiores valores de Chroma e índice L*, que correspondem a cores de tonalidades mais claras e maior saturação.

Os genótipos BRS Esmeralda, Canela de Ferro e Guarani foram resistentes pela categoria antixenose para alimentação e oviposição, e os genótipos BRS Pepita, Nenenzinho e Primavera foram resistentes somente pela categoria antixenose para alimentação, por terem sido menos ovipositados e atrativos aos adultos de *G. spinosa*, e por possuírem maiores valores de dureza de colmo. A dureza de colmo, pode ser usada como parâmetro para selecionar genótipos de arroz resistentes a percevejos. Esses genótipos podem ser usados em programas de melhoramento de arroz como fontes de resistência a *G. spinosa*.

5. Referências

Almeida ACS, Dierings CA, Borella Júnior C, Jesus FG, Barrigossi JAF (2019) Resistance of rice genotypes to *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal of Economic Entomology**. 113:482-488. <https://doi.org/10.1093/jee/toz277>

Alves TM, Maia AH, Barrigossi JAF (2016) Spatial distribution and coexisting patterns of adults and nymphs of *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) in paddy rice fields. **Environmental Entomology**. 45:1505–1514. <https://doi.org/10.1093/ee/nvw141>

Alves TM, Barrigossi JAF, Quintela ED (2012) Life cycle of *Glyphestomus spinosa* Campos & Grazia (Hemiptera: Pentatomidae): a new pest of rice in Brazil. **Neotropical Entomology**. 41:437-441. <https://doi.org/10.1007/s13744-012-0067-3>

Baldin ELL, Pannuti AER, Bentivenha JPF (2019) Antixenose. In: Baldin ELL, Vendramim JD, Lourenção AL (eds.). **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Piracicaba: FEALQ, p. 137-183).

Baldin ELL, Cruz PL, Morando R, Silva IF, Bentivenha JPF, Tozin LRS, Rodrigues TM (2017) Characterization of antixenosis in soybean genotypes to *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype. **Journal of Economic Entomology**. 110:1869–1876. <https://doi.org/10.1093/jee/tox143>

Boiça Júnior AL, Souza BHS, Lopes GS, Costa EN, Moraes RFO, Eduardo WI (2013) Atualidades em Resistência de Plantas a insetos. In: Busoli AC, Alencar JRCC, Fraga DF, Souza LA, Souza BHS, Grigolli JFJ (eds.). **Tópicos em Entomologia Agrícola-VI**. Jaboticabal: Gráfica Multipress, p. 207-224.

Boiça Júnior AL, Souza BHS, Costa EN, Moraes RFO, Eduardo WI, Ribeiro ZA (2014) Resistência de plantas e produtos naturais e as implicações na interação inseto-planta. In: Busoli AC, Souza LA, Alencar JRCC, Fraga DF, Grigolli JFJ (eds.). **Tópicos em Entomologia Agrícola-VII**. Jaboticabal: Gráfica Multipress, p. 291-308.

Chen H, Tang Y, Liu J, Tan L, Jiang J, Wang M, Zhu Z, Sun X, Sun C (2017) Emergence of a Novel Chimeric Gene Underlying Grain Number in Rice. **Genetics**. 205:993–1002. <https://doi.org/10.1534/genetics.116.188201>

Fenemore PG (1980) Oviposition of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zell. (Lepidoptera: Gelechiidae), identification of host-plant factors influencing oviposition response. **New Zealand Journal of Zoology** 7:435-439. <https://doi.org/10.1080/03014223.1980.10423798>

Ferreira E, Breseghello F, Castro EM, Barrigossi JAF (2000) **Resistência de arroz de terras altas a broca-do-colmo (*Diatraea saccharalis* Fabricius, 1974)**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 42p.

Ferreira E, Zimmermann FJD, Santos AB, Neves BP (1997) **O percevejo do colmo na cultura do arroz**. Goiânia: Embrapa-CNPAP, 43p. (Embrapa - CNPAP. Documentos, 75).

França LL, Dierings CA, Almeida ACS, Araújo MS, Heinrichs EA, Silva AR, Barrigossi JAF, Jesus FG (2018) Resistance in rice to *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) influenced by plant silicon content. **Florida Entomologist** 101:587–591. <https://doi.org/10.1653/024.101.0419>

Green TAR, Prokopy J, Hosmer DW (1994). Distance of response to host tree models by female apple maggot flies *Rhagoletis pomonella* (Walsh) (Diptera: Tephritidae):

interaction of visual and olfactory stimuli. **Journal of Chemical Ecology** 20: 393-413. <https://doi.org/10.1007/BF02033209>

Guedes RN (2017) Insecticide resistance, control failure likelihood and the first law of geography. **Pest Management Science** 73:479–484. <https://doi.org/10.1002/ps.4452>

Heinrichs EA, Nwilene FE, Stout MJ, Hadi BAR, Freitas T (2017) **Rice insect pests and their management**. Burleigh Dodds Science Publishing Limited: Cambridge, UK.

Hoffman GD, Rao S (2011) Oviposition site selection on oats: the effect of plant architecture, plant and leaf age, tissue toughness, and hardness on cereal leaf beetle, *Oulema melanopus*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 141: 232–244. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2011.01194.x>

Jaenike J (1978) On optimal oviposition behavior in phytophagous insects. **Theoretical Population Biology** 14: 350-356. doi: [https://doi.org/10.1016/0040-5809\(78\)90012-6](https://doi.org/10.1016/0040-5809(78)90012-6).

Kogan M, Goeden RD (1970) The host-plant range of *Lema trilineata daturaphila* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Annals of the Entomological Society of America** 63:1175-1180.

Köllner TG, Lenk C, Zhao N, Seidi-Adams I, Gershenzon J, Chen F, Degenhardt J (2010) Herbivore-Induced SABATH Methyltransferases of Maize That Methylate Anthranilic Acid Using S-Adenosyl-L-Methionine. **Plant Physiology** 153:1795–1807. <https://doi.org/10.1104/pp.110.158360>

Krinski D, Foerster LA (2016) Toxicity of essential oils from leaves of Piperaceae species in rice stalk stink bug eggs, *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae). **Ciência e Agrotecnologia** 40:676–687. <https://doi.org/10.1590/1413-70542016406021616>

Lenteren JCV, Noldus PJJ (1990). Whitefly-plant relationships: Behavioral and ecological aspects. In: Gerling D (Eds). **Whiteflies: Their bionomics, pest status and management**. Wimborne: Intercept. Andover, p. 47-89.

Mammadov J, Buyyarapu R, Guttikonda SK, Parliament K, Abdurakhmonov IY, Kumpatla SP (2018) Wild relatives of maize, rice, cotton, and soybean: treasure troves

for tolerance to biotic and abiotic stresses. **Frontiers in Plant Science** 9:886. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00886>

Martins JFS, Barrigossi JAF, Oliveira JV, Cunha US (2009) **Situação do manejo integrado de insetos-praga na cultura do arroz no Brasil**. Embrapa ClimaTemperado. Pelotas, 40p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 290)

Mcguire RG (1992) Reporting of Objective Color Measurements. **HortScience** 27:1254-1255. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.27.12.1254>.

Minolta K (1998) Precise color communication: color control from perception to instrumentation. Konica Minolta Sensing Inc. Osaka, Japão.

Mitchell C, Brennan RM, Graham J, Karley AJ (2016) Plant defense against herbivorous pests: exploiting resistance and tolerance traits for sustainable crop protection. **Frontiers in Plant Science** 7:1132. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01132>.

Moericke V (1969) Host-plant specific colour behaviour by *Hyalopterus pruni* (Aphididae). **Entomologia Experimentalis et Applicata** 12: 524-534. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1969.tb02550.x>

Molina GAR, Trumper EV (2012) Selection of Soybean Pods by the Stink Bugs, *Nezara viridula* and *Piezodorus guildinii*. **Journal of Insect Science** 12:1–16. doi:10.1673/031.012.10401

Oluwafemi S, Bruce TJA, Pickett JA, Ton J, Birkett MA (2011) Behavioral Responses of the Leafhopper, *Cicadulina storeyi* China, a Major Vector of Maize Streak Virus, to Volatile Cues from Intact and Leafhopper-Damaged Maize. **Journal of Chemical Ecology** 37:40–48. <https://doi.org/10.1007/s10886-010-9891-2>

Painter RH (1951) Insect resistance in crop plants. New York: McMillan, 534p.

Pan G, Liu Y, Ji L, Zhang X, Huang J, Qiu Z, Liu D, Sun Z, Xu T, Liu L, Wang C, Jiang L, Cheng X, Wan J (2018) Brassinosteroids mediate susceptibility to brown planthopper by integrating with the salicylic acid and jasmonic acid pathways in rice. **Journal of Experimental Botany** 69:4433–4442. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery223>

Pantoja A, Trianal M, Bastidas H, Garcia C, Mejia OL, Duque MC (2007) Damage by *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) to rice in Southwestern Colombia. **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico** 91:11-18. <https://doi.org/10.46429/jaupr.v91i1-2.2649>

Peng L, Zhao Y, Wang H, Zhang J, Song C, Shanguan X, Zhu L, He G (2016) Comparative metabolomics of the interaction between rice and the brown planthopper. **Metabolomics**. 12:1-15. <https://doi.org/10.1007/s11306-016-1077-7>

Qi J, Zhou G, Yang L, Erb M, Lu Y, Sun X, Cheng J, Lou Y (2011) The Chloroplast-Localized Phospholipases D $\alpha 4$ and $\alpha 5$ Regulate Herbivore-Induced Direct and Indirect Defenses in Rice. **Plant Physiology** 157:1987–1999. <https://doi.org/10.1104/pp.111.183749>

Quintela ED, Mascarin GM, Silva RA, Barrigossi JAF, Martins JFS (2013) Enhanced susceptibility of *Tibraca limbativentris* (Heteroptera: Pentatomidae) to *Metarhizium anisopliae* with sublethal doses of chemical insecticides. **Biological Control** 66:56–64. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.03.018>

R Core Team (2021) R: the R project for statistical computing. Version 4.0.2. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Schoonhoven LM, Van Loon JJA, Dicke M (2005). Insect-Plant Biology. Oxford University Press, 440p.

Seifi A, Visser RGF, Bai Y (2013) How to effectively deploy plant resistances to pests and pathogens in crop breeding. **Euphytica** 190:321–334. <https://doi.org/10.1007/s10681-012-0823-9>

Silva JPGF, Baldin ELL, Canassa VF, Souza EF, Lourenção ALL (2014). Assessing antixenosis of soybean entries against *Piezodorus guildinii* (Hemiptera: Pentatomidae). **Arthropod-Plant Interactions** 8:349–359. <https://doi.org/10.1007/s11829-014-9316-1>

Simmonds MSJ (2001) Importance of flavonoids in insect-plant interactions: feeding and oviposition. **Phytochemistry** 56:245-252. [https://doi.org/10.1016/s0031-9422\(00\)00453-2](https://doi.org/10.1016/s0031-9422(00)00453-2)

Smith CM (2005) Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches. Dordrecht: Springer, 421p.

Souza DMG, Lobato E (2004) Cerrado: correção do solo e adubação. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 421p.

Souza JR, Ferreira E, Cargnelutti Filho A, Boiça Júnior AL, Chagas EF, Mondego JM (2009) Divergência genética de cultivares de arroz quanto a resistência a *Tibraca limbativentris* Stal (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology** 38:671–676. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2009000500018>

Souza JR, Ferreira E, Boiça Júnior AL, Cargnelutti Filho A, Chagas EF, Mondego JM (2008a) Avaliação de resistência em cultivares de arroz ao ataque do percevejo-do-colmo, *Tibraca limbativentris* Stal, 1860 (Hemiptera: Pentatomidae). **Arquivos do Instituto Biológico** 75:443–448.

Souza JR, Ferreira E, Chagas EF, Mondego JM, Maciel ASS, Sardinha DHS, Gonçalves KMM, Carvalho Filho JA (2008b) Resistência do tipo antibiose a ninfas de *Tibraca limbativentris* (Stal, 1860) (Heteroptera: Pentatomidae) em variedades e arroz. **Arquivos do Instituto Biológico** 73, 321–326.

Stehle S, Bub S, Schulz R (2018) Compilation and analysis of global surface water concentrations for individual insecticide compounds. **Science of the Total Environment** 639:516–525. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.158>

Vendramim JD, Guzzo EC, Ribeiro LP (2019) Antibiose. In: Baldin ELL, Vendramim JD, Lourenção AL (eds.). **Resistência de plantas a insetos: Fundamentos e aplicações**. Piracicaba: FEALQ, p.185-224.

Woodcock BA, Bullock JM, Shore RF, Heard MS, Pereira MG, Redhead J, Ridding L, Dean H, Sleep D, Henrys P, Peyton J, Hulmes S, Hulmes L, Sárospataki M, Saure C, Edwards M, Genersch E, Knäbe S, Pywell RF (2017) Countryspecific effects of neonicotinoid pesticides on honey bees and wild bees. **Science**, 356:1393–1395. <https://doi.org/10.1126/science.aaa1190>

Zachrisson B (2019) Rice. In: Souza B, Marucci RC, Vásquez LL. **Natural Enemies of Insect Pests n Neotropical: Agroecosystems Biological Control and Functional Biodiversity**. Switzerland: Springer Nature, p 383-396.

Capítulo 3 – Antibiose e Tolerância em genótipos de arroz a *Glypheapomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae)

RESUMO - *Glypheapomis spinosa* Campos & Grazia (Hemiptera: Pentatomidae) são classificados em grau de importância para a cultura do arroz como moderado, juntamente com a espécie *Tibraca limbativentris* Stål (Hemiptera: Pentatomidae), principal praga chave da cultura. Essa espécie vem despertando grande preocupação devido ao seu potencial adaptativo e por possuir comportamento alimentar semelhante ao *T. limbativentris*. Assim, o objetivo deste estudo foi identificar em genótipos de arroz fontes de resistência por antibiose e tolerância a *G. spinosa*. No estudo de antibiose, adotou delineamento de blocos ao acaso (DBC), com 80 repetições (insetos). Plantas de arroz foram infestadas com ninfas de 3º instar e foram realizadas avaliações de variáveis relacionadas aos insetos adultos (superfície corporal, biomassa viva, longevidade dos adultos, índice de crescimento relativo (RGR), mortalidade, razão sexual e ciclo e variáveis reprodutivos (número de ovos, número de posturas, tempo de eclosão das ninfas, número de ninfas e viabilidade de ovos). Para tolerância, adotou-se delineamento de blocos ao acaso (DBC), com cinco repetições em esquema de parcelas subdivididas, na qual a parcela principal constituiu dos tratamentos (genótipos: infestação) e a subparcela o tempo. Plantas de arroz foram infestadas com casais de *G. spinosa*, que permaneceram nas plantas por 72 horas. Posteriormente, com cinco e dez dias após a retirada dos insetos avaliou-se atributos morfológicos das plantas testemunhas e infestadas (número de folhas, altura, diâmetro externo do colmo, número de perfilhos, número de perfilhos atacados, número de perfilhos com “coração morto” das plantas infestadas, massa seca da parte aérea, sistema radicular e nota de injúria). Os genótipos Canela de Ferro, Bacaba Branco, Bico Ganga, Nenenzinho, Miúdo Branco e Lageado Ligeiro não foram satisfatórios ao desenvolvimento de *G. spinosa*. Os genótipos Bonança e Primavera possuem traços que evidenciam tolerância a *G. spinosa*. Esses genótipos podem ser usados em programas de melhoramento de arroz que visem incorporar fontes de resistência a *G. spinosa* como estratégia no Manejo Integrado de Pragas (MIP).

Palavras chaves: Categorias de resistência, injúria, resistência de plantas a insetos, *Oryza sativa* L., mortalidade.

Chapter 3 – Antibiosis and Tolerance in rice genotypes to *Glypheapomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae)

ABSTRACT – *Glypheapomis spinosa* Campos & Grazia (Hemiptera: Pentatomidae) are classified as moderate in their importance for rice cultivation, together with the species *Tibraca limbativentris* Stål (Hemiptera: Pentatomidae), the main key pest of the crop. This species has been of great concern due to its adaptive potential and its feeding behavior similar to *T. limbativentris*. Thus, the aim of this study was to identify sources of antibiosis resistance and tolerance to *G. spinosa* in rice genotypes. In the study of antibiosis, it adopted a randomized block design (DBC), with 80 replications (insects). Rice plants were infested with 3rd instar nymphs and evaluations of variables related to adult insects (body surface, living biomass, adult longevity, relative growth index (RGR), mortality, sex ratio and cycle and reproductive parameters) were performed (number of eggs, number of lays, nymph hatching time, number of nymphs and egg viability). For tolerance, a randomized block design (DBC) was adopted, with five replications in a split-plot scheme, in which the main plot constituted the treatments (genotypes: infestation) and the subplot the time. Rice plants were infested with pairs of *G. spinosa*, which remained on the plants for 72 hours. Afterwards, five and ten days after insect removal, the morphological attributes of the control and infested plants were evaluated (number of leaves, height, external diameter of the stem, number of tillers, number of attacked tillers, number of tillers with "dead heart" " of infested plants, dry mass of aerial part, root system and injury note). The Canela de Ferro, Bacaba Branco, Bico Ganga, Nenenzinho, Miúdo Branco and Lageado Ligeiro genotypes were not satisfactory for the development of *G. spinosa*. The Bonança and Primavera genotypes have traits that show tolerance to *G. spinosa*. These genotypes can be used in rice breeding programs that aim to incorporate sources of resistance to *G. spinosa* as a strategy in Integrated Pest Management (IPM).

Keywords: Resistance Categories, injury, plant resistance to insects, *Oryza sativa* L., mortality.

1. Introdução

Glyphepomis spinosa (Campos & Grazia, 1998) (Hemiptera: Pentatomidae) é considerada importante nos cultivos de arroz na América Latina, foi encontrada nos estados do centro-oeste e norte do (Alves et al., 2012; Grazia et al., 2019; Zachrisson, 2019). Essa espécie apresenta comportamentos alimentares semelhantes a praga mais importante no país para cultura do arroz, o percevejo-do-colmo, *Tibraca limbativentris* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) (Ferreira 1997; Alves et al., 2012). De acordo com Zachrisson (2019), ambas espécies são classificadas em grau de importância para a cultura como moderado, sendo que o *T. limbativentris*, pode causar perdas de até 90% no rendimento final da cultura (Ferreira, 1997).

G. spinosa desperta grande preocupação, pois possui características que destacam sua capacidade adaptativa, e evidencia seu potencial de se tornar ainda mais danosa a cultura do arroz. Os insetos de *G. spinosa* sobrevivem em cultivos de sequeiro e irrigado, se reproduzem continuamente, uma vez que não entram em diapausa, se abrigam entre os colmos das plantas, folhas secas e torrões de terra, que dificulta a localização pelos inimigos naturais e aplicações de produtos (Alves et al., 2012).

Os insetos alimentam-se no colmo das plantas de arroz (Alves et al., 2012), porém foi verificado sua alimentação também nas panículas. Além disso, a espécie é capaz de completar seu desenvolvimento em hospedeiros alternativos ao arroz, como em vagens de feijão, quiabo e plântulas de milho em condições de casa de vegetação e laboratório.

Em geral, o controle químico é a principal estratégia utilizada para manejo de pentomídeos praga na cultura do arroz (Krinski e Foerster, 2016; Cherry et al., 2018). Porém, não há registros de inseticidas químicos e biológicos para a espécie (Agrofit, 2021). O uso de genótipos resistentes destaca-se como uma alternativa potencialmente eficiente nos Programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Liu et al., 2016). Nesse sentido, a adoção de genótipos resistentes pode representar uma importante via de investigação para determinar sua eficiência e adequação de controle, uma vez que não há relatos na literatura de estratégias adotadas no manejo dessa espécie.

Para resistir ao ataque das pragas, a planta pode apresentar diferentes estratégias, que podem ser explicadas por três categorias: não preferência (antixenose), antibiose e tolerância (Painter, 1951; Smith, 2005). A antibiose é elucidada pelos efeitos negativos que os genótipos exercem sobre o desenvolvimento dos insetos, já a tolerância é explicada pela capacidade da planta de suportar a injúria resultante do ataque do inseto, através de fatores de compensação (Boiça Júnior et al., 2015; Koch et al., 2019; Vendramim et al., 2019).

Em geral, foram poucos os estudos que investigaram a resistência de plantas a percevejos pentatomídeos em genótipos de arroz e a maioria dos estudos se concentram na detecção principalmente de antibiose e antixenose. Souza et al. (2008) observaram antibiose nas variedades Arroz Comum e Desconhecido Branco a ninfas de *T. limbativentris*, aumentando principalmente mortalidade de ninfas e redução na massa corpórea desta praga. Almeida et al. (2019), verificaram antixenose e antibiose nos genótipos de arroz BRS Esmeralda, Canela de Ferro, Desconhecido Branco e Primavera por serem menos atrativos aos insetos adultos, reduzir a sobrevivência de ninfas, e apresentar menor proporção de colmos danificados. Almeida et al., (2021), relataram traços de tolerância a *T. limbativentris* no genótipo Primavera por apresentar a menor redução da atividade fotossintética, manter o teor de clorofila após a infestação e manter suas variáveis produtivos mesmo após a infestação pelos insetos, quando comparado aos demais genótipos estudados. Assim, devido a crescente preocupação dos insetos de *G. spinosa* para a cultura do arroz, o objetivo deste estudo, foi identificar fontes de antibiose e tolerância a *G. spinosa* em genótipos de arroz.

2. Materiais e Métodos

O experimento de tolerância foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Resistência de Plantas a insetos da Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus Jaboticabal (Jaboticabal, São Paulo, Brasil) e o experimento de antibiose foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas do Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí (Urutaí, Goiás, Brasil).

2.1. Metodologia de criação

Adultos da espécie *G. spinosa* foram obtidos pela colônia mantida na Embrapa Arroz e Feijão (Santo Antônio de Goiás, Goiás, Brasil). A metodologia de criação foi conduzida de acordo com Alves et al. (2012). Os insetos foram mantidos em plantas de arroz do genótipo suscetível (BR Irga 409), cultivados em vasos plásticos (5 litros) e mantidos em casa de vegetação. As posturas eram coletadas das plantas contendo os insetos adultos e depositadas em recipiente plástico (11×11×3,5 cm) forrado com papel toalha umedecido e mantidos em condições controladas (T 25±2 ° C, UR 70±10%, fotoperíodo de 14 horas) até eclosão das ninfas. Ninfas de segundo instar eram transferidas para plantas de arroz (BR Irga 409, coberta com tecido voal) até atingirem a fase adulta. As manutenções foram realizadas a cada dois dias, consistindo de limpeza dos vasos, substituição das plantas quando necessário e coleta das posturas.

2.2. Plantio dos genótipos de arroz

Os genótipos estudados foram obtidos do Banco de germoplasma de Arroz da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio, Goiás, Brasil. As sementes de arroz (Tabela 1) foram semeadas em recipientes plásticos transparentes (500 mL) para ensaio de tolerância, e em vasos plásticos (5 litros) e recipientes plásticos transparentes (500 mL) para ensaio de antibiose, contendo como substrato solo (Latosolo Vermelho distrófico + adubação), e mantidos em casa de vegetação em condições ambientais (T 32±6 ° C, UR 70±20 %; 26±8 ° C, 65±20% UR). As plantas receberam adubação conforme recomendado para cultivo de arroz (Sousa e Lobato 2004) e irrigadas periodicamente de acordo com a necessidade hídrica das plantas. Não foram pulverizados inseticidas ou fungicidas.

Foi realizado desbaste das plantas, deixando o equivalente a uma planta nos recipientes para ensaio de tolerância e três plantas nos vasos para ensaio de antibiose. Ambos os ensaios foram instalados após as plantas atingirem 45 dias após a plantio (DAP).

Tabela 1. Genótipos de arroz com seu código de identificação (ID) do banco de germoplasma (Embrapa Arroz e Feijão), origem geográfica e histórico de resistência de outros insetos-pragas.

Genótipos	ID	Origem	Cultivar/ Linhagem	Histórico de resistência	Referências
Bacaba Branco	BGA 012322	Brasil	Linhagem	--	
Bico Ganga	BGA 000420	Brasil	Linhagem	<i>T. limbativentris</i>	Souza et al., 2009.
Bonança	BGA 008172	Colômbia	Variedade	<i>Diatraea saccharalis</i>	Ferreira et al., 2000.
BRS A 502	-	Brasil	Variedade	--	
BRS Esmeralda	BGA 015465	Brasil	Variedade	<i>T. limbativentris</i>	França et al., 2018 Almeida et al., 2019
BRS Pepita	BGA 009019	Brasil	Variedade		
Canela de Ferro	BGA 0011523	Brasil	Linhagem	<i>T. limbativentris</i>	Almeida et al., 2019.
Guarani	BGA 4121	Brasil	Variedade	--	
Irga 417	BGA 10675	Brasil	Variedade	--	
Lageado Ligeiro	BGA 11384	Brasil	Linhagem	--	
Miúdo Branco	BGA 11370	Brasil	Linhagem	--	
Nenezinho	BGA 11315	Brasil	Linhagem	--	
Primavera	BGA 008070	Brasil	Variedade	<i>T. limbativentris</i>	Almeida et al., 2019
Progresso	BGA 004813	Brasil	Variedade	--	
Xingu	BGA 014016	Brasil	Variedade	--	

2.3. Antibiose

O delineamento adotado foi de blocos ao acaso (DBC) com 80 repetições. As plantas de arroz foram infestadas com 45 DAP com 20 ninfas de terceiro instar de *G. spinosa* por parcela (vaso). As ninfas foram obtidas conforme metodologia descrita anteriormente. Os vasos contendo as plantas com as ninfas foram cobertos com gaiolas confeccionadas de tecido voal.

Utilizou-se ninfas de terceiro instar pois as ninfas de *G. spinosa* se aglomeram no primeiro instar e iniciam alimentação no segundo instar. Além disso, quando as plantas eram infestadas com ninfas de segundo instar ocorria alta taxa de mortalidade. Quinze dias após liberação das ninfas foram realizadas inspeções diárias para verificação de insetos adultos os quais eram removidos diariamente. O experimento foi encerrado quando houve a captura do último inseto adulto de cada parcela.

2.3.1. Variáveis biológicas reprodutivas

Após detecção dos adultos, foram separados dez casais (separados por sexo, conforme Capítulo 2), por genótipos e cada casal foi transferido para uma planta do mesmo genótipo que se desenvolveu (previamente plantada em recipiente de 500 mL) sem presença de insetos. Os casais foram vistoriados periodicamente para verificação de presença de posturas. Após detecção da presença de posturas, foram realizadas coletas periódicas das posturas durante 14 dias, do início até pico de oviposição da espécie.

As posturas coletadas eram depositadas em placas de Petri (9 cm de diâmetro) forradas com papel filtro umedecido e mantidas sob condições controladas ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\pm 10\%$ UR, fotoperíodo de 14 horas). Onde permaneceram até eclosão das ninfas. Os variáveis avaliados foram: número de ovos, número de posturas, tempo para eclosão das ninfas, número de ninfas eclodidas e viabilidade dos ovos.

2.3.2. Variáveis biológicas dos adultos

Dez insetos adultos de cada bloco (cinco fêmeas e cinco machos, total 40 insetos por genótipo) foram usados para medição dos seguintes variáveis dos insetos: superfície corporal (mm^2), biomassa do inseto adulto vivo (24 horas de idade). A massa corporal do inseto foi determinada usando uma balança analítica (Marte - Modelo AY220, Marte Científica, Suzano, Brasil) e a superfície corporal foi estimada a partir da mensuração do comprimento e largura dos insetos utilizando paquímetro digital (Zaas — Modelo Absoluto, Mitutoyo, São Paulo, Brasil).

Todos os insetos, exceto os utilizados para avaliações das variáveis biológicas reprodutivos, foram coletados e acondicionados em tubos de ensaio de vidro e vedados com algodão, onde permaneceram sem alimento até sua morte, para verificação da longevidade do inseto adulto sem se alimentar. Além da longevidade do adulto foram avaliados superfície corporal, biomassa do inseto adulto vivo, mortalidade, índice de crescimento relativo (RGR), razão sexual e ciclo.

O índice de crescimento relativo (RGR), foi calculado pela adaptação da fórmula de Waldbauer (1964), $\text{RGR} = (\text{PF} - \text{PI}) / (\text{PF} + \text{PI}/2) * \text{NDA}$. Sendo, PF = peso final dos percevejos, PI= peso inicial das ninfas e NDA= número de dias se alimentando.

2.4. Tolerância

O delineamento adotado foi de blocos ao acaso (DBC), com cinco repetições. Foi adotado esquema em parcelas subdivididas, na qual a parcela principal constitui do fator sob investigação tratamentos (genótipos: infestação) e a subparcela o tempo. As plantas controle (sem infestação) de cada genótipo apresentavam a mesma idade e foram conduzidas em casa de vegetação separada dos tratamentos.

Antes da instalação do ensaio os insetos foram separados por sexo, de acordo com a diferenciação do último segmento abdominal (Conforme Capítulo 2) e mantidos em jejum por 15 horas. As plantas de cada genótipo foram infestadas com um casal de *G. spinosa*. Os insetos permaneceram nas plantas por três dias. As avaliações iniciaram com cinco e dez dias após a retirada dos insetos das plantas.

Estudando as lesões ocasionadas por *G. spinosa*, observou-se a necessidade de classificar as injúrias. Dessa forma, foi elaborada uma escala de nota de injúria, a partir das lesões visualizadas nas plantas, com base na adaptação das escala de notas proposta inicialmente no trabalho de Roza-Gomes et al. (2011). A escala de notas varia de 0 a 6 (Figura 1).

As variáveis avaliadas foram: nota de injúria, altura, diâmetro do colmo, número de folhas, número de perfilhos, número de perfilhos atacados, número de perfilhos com “coração morto”, massa seca da parte aérea e massa seca do sistema radicular.



Nota 0 – Planta sem sintoma;



Nota 1 – Planta sem sintoma de "coração morto", mas com sinal de alimentação do inseto, com leve amarelecimento e sem presença de orifícios no local da alimentação;



Nota 2 – Planta sem sintoma de "coração morto", mas com formação de lesões amareladas intensas e desenvolvimento de constrictões sem ocorrer orifícios ou morte parcial e/ou total da folha;

Nota 3 – Planta sem sintoma de "coração morto", mas com lesões de coloração amarelo intenso com formação de orifícios, ou perda da parte apical da folha;



Nota 4 – Planta sem sintoma de "coração morto", com morte parcial (dois terços da folha) e/ou total, ou perda da folha lateral ou central (não haja morte da folha central do perfilho);

Nota 5 – Planta com até metade dos perfilhos com sintoma de "coração morto";

Nota 6 – Planta com mais da metade dos perfilhos com sintoma de "coração morto".

Figura 1. Escala de notas de injúrias causadas por insetos adultos de *Glypheapomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) em plantas de arroz.

A altura de plantas foi mensurada da base do colmo até “colar” da última folha totalmente expandida. O diâmetro foi mensurado na base de cada colmo com paquímetro digital (Zaas — Modelo Absoluto, Mitutoyo, São Paulo, Brasil). Para avaliação do número de folhas foram consideradas somente as folhas totalmente expandidas e vivas. Foi feita a quantificação para número de perfilhos, perfilhos atacados e com “coração morto”.

Para massa seca da parte aérea e raiz, as plantas foram retiradas dos recipientes plásticos com cuidado e as raízes das plantas lavadas sob água corrente, posteriormente foi separado a parte aérea do sistema radicular de cada planta e colocada em sacos de papel. Estes foram levados para laboratório e secos em estufa (Modelo MA 035, Marconi, Piracicaba, São Paulo, Brasil) a 60° C por 48 horas. Além disso, os materiais vegetais foram pesados em balança analítica de precisão (Modelo AS200S, Florham Park, New Jersey, EUA).

A porcentagem de redução das variáveis morfológicas das plantas (Altura, diâmetro do colmo, número de folhas, número de perfilhos, massa seca da parte aérea e massa seca do sistema radicular) de cada genótipo foi determinado a partir da equação de Reese et al. (1994), $X = (MA - MD) / MA * 100$, onde X= porcentagem de redução (%); MA = parâmetro de crescimento das plantas testemunhas; MD= parâmetro de crescimento das plantas infestadas.

2.4 Análise estatística

2.4.1. Antibiose

Nos ensaios de antibiose, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). A normalidade foi verificada usando teste de Shapiro-Wilk e homoscedasticidade pelo teste de Levene. Quando as premissas não foram atendidas, realizou-se transformação de \sqrt{x} para as variáveis superfície corporal e biomassa viva para atender aos pressupostos da análise de variância. Aplicou-se teste de Scott-Knott ($P = 0,05$) para comparações múltiplas entre os tratamentos.

Os dados obtidos no bioensaio de antibiose foram submetidos a análise de Modelo Linear generalizado (GLM), assumindo distribuição de Poisson, para as variáveis ciclo de fêmeas, machos e total.

As variáveis avaliadas foram submetidas à análise multivariada de componentes principais (PCA). Todas as análises foram realizadas utilizando software R 4.0.2 (R Core Team, 2021).

2.4.2. Tolerância

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos e homogeneidade da variância pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Atendida as premissas, os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA). Em caso de significância as médias foram comparadas pelo teste média de Scott Knott ($P < 0.05$).

As variáveis avaliadas para porcentagem de redução foram submetidas à análise multivariada de componentes principais (PCA). Todas as análises foram realizadas utilizando software R 4.0.2 (R Core Team, 2021).

3. Resultados

3.1. Antibiose

3.1.1. Variáveis biológicas dos insetos adultos

Verificou-se diferença estatística para superfície corporal entre os genótipos e razão sexual dos insetos de *G. spinosa* ($P < 0,01$), porém a interação não foi significativa para superfície corporal. Os insetos machos em todos os tratamentos foram menores que os insetos fêmeas. As menores superfícies corporais para as fêmeas foram verificadas nos genótipos Bico Ganga, Lageado Ligeiro, Miúdo Branco, Guarani, Canela de Ferro e Nenenzinho. E as menores superfícies corporais para os machos foram observadas nos genótipos Progresso, Bacaba Branco, Bico Ganga e Miúdo Branco (Tabela 2).

Para biomassa viva dos insetos, os tratamentos, razão sexual e interação foram significativas ($P < 0,01$). Em todos os tratamentos as fêmeas se sobressaíram aos machos, com valores médios de biomassa maiores. Os tratamentos que apresentaram os menores valores de biomassa viva das fêmeas foram Progresso, Bacaba Branco e Bico Ganga. Já para os machos os menores valores foram constatados nos genótipos BRS Pepita, Progresso, Bacaba Branco, Bico Ganga, Miúdo Branco, Canela de Ferro e Nenezinho.

Os tratamentos e razão sexual foram significativos para longevidade de adulto ($P < 0,01$), porém não foi observada interação significativa ($P > 0,05$). Os machos sobrevivem por menos dias que as fêmeas, como visto nos genótipos Primavera, Xingu, Progresso, Bonança, Miúdo Branco e Canela de Ferro. Os genótipos que proporcionaram menor longevidade de adulto para as fêmeas foram Bacaba Branco, Bico Ganga, Lageado Ligeiro e Nenezinho. Já as menores longevidades de machos foram observadas nos genótipos Bacaba Branco, Bico Ganga, Miúdo Branco, Canela de Ferro e Nenezinho.

Tabela 2. Variáveis biológicas de adultos da *Glypheapomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) em genótipos de arroz.

Genótipos	Superfície corporal (mm)		Biomassa viva (mg)		Longevidade adulto (dias)	
	Fêmea	Macho	Fêmea	Macho	Fêmea	Macho
BRS Pepita	33,60±0,74aA	26,39±0,67aB	32,00±0,90aA	23,40±0,80bB	4,20±0,27aA	3,95±0,17aA
Primavera	33,54±0,71aA	26,45±0,60aB	34,30±0,90aA	24,80±0,50aB	4,55±0,20aA	3,95±0,17aB
Xingu	33,39±0,66aA	26,22±0,66aB	33,80±0,90aA	25,40±0,70aB	5,05±0,20aA	4,15±0,22aB
BRS Esmeralda	33,28± 0,77aA	27,81±0,54aB	33,90±0,12aA	26,00±0,90aB	4,65±0,21aA	4,35±0,17aA
Progresso	33,26±0,62aA	25,31±0,63bB	28,20±0,90cA	22,22±0,80bB	3,75±0,13bA	4,05±0,14aB
Bonança	32,99±0,65aA	26,77±0,75aB	36,50±0,14aA	24,20±0,80aB	4,55±0,25aA	3,90±0,18aB
Irga 417	32,32±0,70aA	28,08±0,50aB	31,40±0,60bA	25,80±0,30aB	4,20±0,24aA	4,20±0,16aA
BRS A 502	32,31± 0,63aA	26,18±0,95aB	30,50±0,12bA	25,80±0,10aB	4,75±0,18aA	4,35±0,22aA
Bacaba Branco	30,76±0,36aA	24,67±0,58bB	26,90±0,90cA	23,90±0,60bB	4,15±0,21bA	3,60±0,21bA
Bico Ganga	32,11±0,68bA	24,26±0,59bB	28,20±0,10cA	21,90±0,10bB	4,10±0,22bA	3,65±0,12bA
Lageado Ligeiro	31,88±0,35bA	26,35±0,43aB	30,60±0,70bA	25,30±0,60aB	4,15±0,20bA	3,95±0,14aA
Miúdo Branco	31,73±0,42bA	24,84±0,57bB	30,00±0,90bA	22,10±0,60bB	4,55±0,14aA	3,70±0,21bB
Guarani	31,69±0,62bA	25,85±0,59aB	30,00±0,90bA	25,10±0,50aB	4,55±0,14aA	4,10±0,22aA
Canela de Ferro	30,90±0,73bA	26,20±0,55aB	29,70±0,10bA	23,30±0,70bB	4,40±0,28aA	3,70±0,15bB
Nenezinho	29,88±0,65bA	26,08±0,51aB	31,60±0,11bA	22,30±0,70bB	3,95±0,25bA	3,55±0,17bA
Valor F						
Genótipos	3,8818		7,2969		3,2910	
RS ^a	709,7979		454,2392		29,2210	
Bloco	2,0810		5,4982		2,8410	
Interação						
Genótipos x RS	2,0098		3,0541		1,4970	
<i>p</i> -valor						
Genótipos	<0,01		<0,01		<0,01	
RS	<0,01		<0,01		<0,01	
Bloco	0,1016		<0,01		0,0373	

Interação

Genótipos x RS	0,0154	<0,01	0,1071
----------------	--------	-------	--------

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, a 5% de significância.

EPM = Erro Padrão da Média.

^aRS = Razão Sexual

Houve diferença estatística para mortalidade e índice de crescimento relativo (RGR) dos insetos ($P < 0,01$). Os genótipos que apresentaram os maiores percentuais de mortalidades foram Lageado Ligeiro, Canela de Ferro e Miúdo Branco. Os menores RGR foram observados nos genótipos Lageado Ligeiro, Miúdo Branco, Bacaba Branco, Nenenzinho, BRS Pepita e Primavera. Não houve diferença estatística entre as fêmeas para razão sexual ($P > 0,05$), e os genótipos com maior percentual de insetos machos foram BRS Esmeralda, BRS Pepita, Bonança, Xingu, Bico Ganga, Primavera, BR Irga 417 e Guarani ($P < 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3. Mortalidade (%), índice de crescimento relativo (RGR) (mg/mg/dia) e razão sexual (%) de insetos de *Glypepomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) em genótipos de arroz.

Genótipos	RGR (mg/mg/dia)	Mortalidade (%)	Razão sexual (%)	
			Fêmeas	Machos
Lageado Ligeiro	0,075±0,012b	46,25±5,59 ^a	26,25±4,72a	27,50±4,79b
Canela de Ferro	0,076±0,014b	43,75±5,57 ^a	28,75±3,74a	27,50±6,60b
Miúdo Branco	0,074±0,013b	37,50±5,45 ^a	36,25±5,14a	26,25±4,27b
Bacaba Branco	0,074±0,014b	33,75±5,31b	36,25±7,47a	30,00±5,39b
BRS Esmeralda	0,080±0,009a	30,00±5,97b	32,50±1,43a	38,75±3,15a
Nenenzinho	0,076±0,013b	30,00±5,16b	35,00±3,54a	35,00±5,39b
Progresso	0,078±0,013a	28,75±5,01b	38,75±2,38a	32,50±4,32b
BRS Pepita	0,074±0,015b	27,50±5,01b	30,00±3,54a	42,00±2,49a
Bonança	0,077±0,018a	26,25±4,94b	36,25±2,32a	37,50±6,60a
BRS A 502	0,079±0,015a	21,25±4,59c	43,75±7,46 a	35,00±2,03b
Xingu	0,080±0,010a	21,25±4,59c	38,75±6,24 a	40,00±2,03a
Bico Ganga	0,076±0,013b	16,25±4,14c	38,75±5,91 a	45,00±4,55a
Primavera	0,076±0,015b	16,25±4,14c	45,00±2,03 a	40,00±6,76a
Irga 417	0,077±0,012a	13,75±3,86c	45,00±3,54 a	41,25±3,74a
Guarani	0,080±0,014a	7,50±2,95c	45,00±3,54a	47,50±3,23a
Valor F	3,54	5,135	1,711	2,041
<i>p</i> -valor	<0,01	<0,01	0,08678	0,03584

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, a 5% de significância. EPM = Erro Padrão da Média.

Não houve diferença entre os genótipos de arroz para ciclo de vida dos insetos machos ($P > 0,05$). Os genótipos BRS Pepita, Nenenzinho e Guarani proporcionaram os maiores ciclos para fêmeas ($P < 0,05$) e os genótipos BRS A 502, BRS Esmeralda e Xingu apresentaram os menores ciclos. Insetos da *G. spinosa* que se desenvolveram nos genótipos BRS Esmeralda, BRS A 502 e Xingu apresentaram as menores durações de ciclo total e os maiores ciclos foram nos genótipos Nenenzinho, Bacaba Branco e BRS Pepita ($P < 0,01$) (Figura 2).

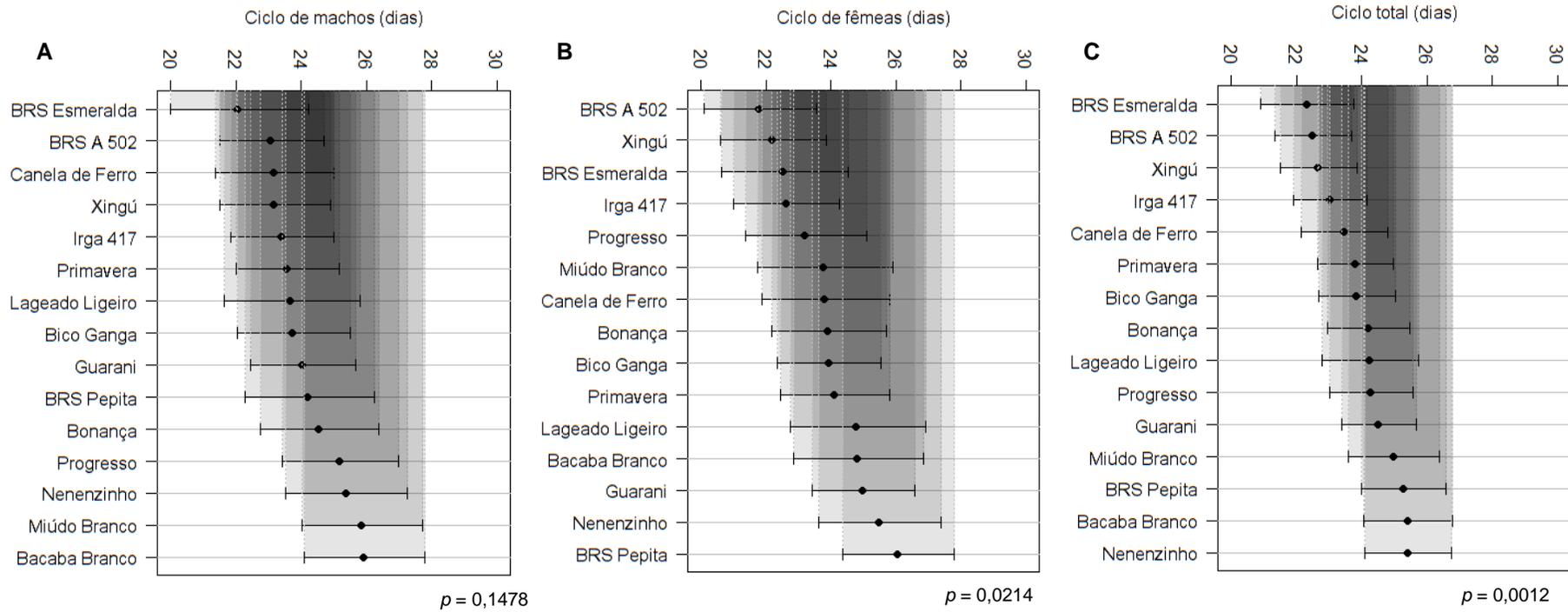


Figura 2. Ciclo biológico (dias) de fêmeas, machos e total de *Glypheidomyia spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) em genótipos de arroz.

O primeiro componente principal (CP1) concentrou 72,01 % e o segundo componente principal (CP2) concentrou 17,87%, totalizando 89,88% da variabilidade dos dados. Os genótipos Bacaba Branco, BRS Pepita, Nenezinho, possuem como medidas de similaridades maior ciclo total dos insetos, menores superfícies corporais e longevidade de insetos adultos. O genótipo Canela de Ferro se manteve isolado com maiores valores de ciclo total e menores de longevidade de adulto e RGR, em contrapartida a superfície corporal e biomassa viva foram intermediárias. Os genótipos Bonança, Primavera, BRS Esmeralda, Xingu e Lageado Ligeiro apresentam como similaridades menores períodos de ciclo total e maiores RGR (Figura 3).

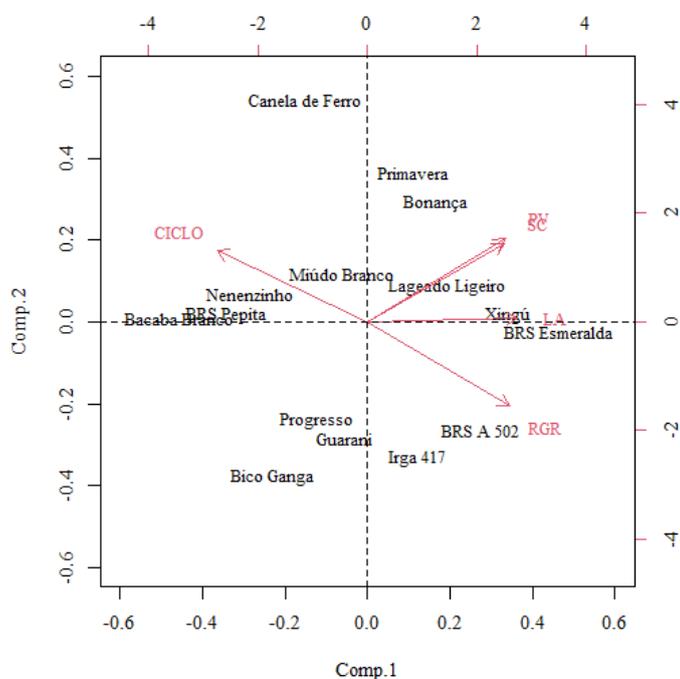


Figura 3. Biplot com distribuição das variáveis biológicas dos insetos adultos de *Glyphepomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) em genótipos de arroz.

3.1.2. Antibiose variáveis reprodutivos

Verificou-se diferença estatística para número de ovos, número de posturas, tempo para eclosão das ninfas, número de ninfas eclodidas e viabilidade de ovos ($P < 0,01$). Os genótipos que apresentaram menores valores médios de número de ovos e posturas foram Nenezinho, Bacaba Branco, Miúdo Branco e Bico Ganga. Os genótipos que apresentaram tempos mais longos para eclosão das ninfas foram

Bonança, Canela de Ferro, Nenenzinho e Bico Ganga. Os genótipos com menores números médios de ninfas eclodidas foram Canela de Ferro, Nenenzinho, Bacaba Branco, Miúdo Branco e Bico Ganga. E as menores viabilidades foram verificadas nos genótipos Canela de Ferro e Bico Ganga (Tabela 4).

Tabela 4. Número de ovos, Número de posturas, tempo para eclosão das ninfas (dias), número de ninfas eclodidas e viabilidade de ovos de insetos de *Glypheapomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) em genótipos de arroz.

Genótipos	Número de ovos	Número de posturas	Tempo para eclosão das ninfas (dias)	Número de ninfas eclodidas	Viabilidade (%)
Irga 417	88,5±2,59a	6,8±0,33a	5,00±0,10c	87,3±2,71a	98,59±0,48a
Guarani	85,9±4,33a	6,8±0,42a	5,29±0,15b	83,4±4,10a	97,12±0,38a
Lageado Ligeiro	80,4±3,08a	6,6±0,53a	4,95±0,12c	75,3±4,43a	93,06±3,36a
Progresso	80,4±1,93a	6,8±0,19a	5,14±0,10b	78,9±1,84a	98,17±0,60a
Xingu	80,1±4,42a	5,8±0,42a	5,19±0,17b	77,6±4,39a	96,85±0,63a
BRS A 502	79,8±2,65a	6,1±0,41a	4,73±0,23c	78,4±2,34a	98,20±0,59a
Primavera	74,1±6,03a	5,2±0,33b	5,07±0,21b	71,8±6,22a	96,32±1,72a
BRS Esmeralda	68,9±4,27b	4,8±0,42b	4,81±0,11c	64,4±4,21b	93,32±1,16a
BRS Pepita	66,9±4,54b	5,2±0,25b	5,20±0,16b	64,5±4,42b	95,49±0,93a
Bonança	64,4±3,99b	5,0±0,26b	5,95±0,12a	60,5±4,02b	93,75±0,82a
Canela de Ferro	64,4±3,99b	5,0±0,26b	5,95±0,12a	54,1±2,80c	84,55±1,85c
Nenenzinho	53,0±3,76c	4,4±0,31c	6,04±0,22a	50,2±3,54c	94,88±1,72a
Bacaba Branco	53,0±2,96c	4,0±0,26c	5,40±0,20b	51,1±3,02c	96,30±0,91a
Miúdo Branco	49,6±6,69c	3,7±0,46c	4,76±0,14c	46,5±6,33c	94,10±1,87a
Bico Ganga	48,8±3,23c	4,0±0,30c	5,50±0,15a	44,5±4,18c	90,06±5,10b
Valor F	11,3790	9,3920	6,7810	12,4550	3,4780
<i>p</i> -valor	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, a 5% de significância. EPM = Erro Padrão da Média.

O primeiro componente principal (CP1) concentrou 78,10 % e o segundo componente principal (CP2) concentrou 20,40% dos dados, totalizando 98,50% da variabilidade dos dados. Os genótipos Bonança, BRS Pepita e Guarani possuem como similaridades os maiores valores de tempo de eclosão para as ninfas. Os genótipos Irga 417 e Lageado Ligeiro possuem maiores valores de Número de posturas, Número de ovos e Número de ninfas. Os genótipos Bacaba Branco, Bico Ganga, Nenenzinho e BRS Pepita, possuem menores valores de número de ovos,

número de posturas, número de ninfas e possuem maior duração de tempo para eclosão das ninfas (Figura 4).

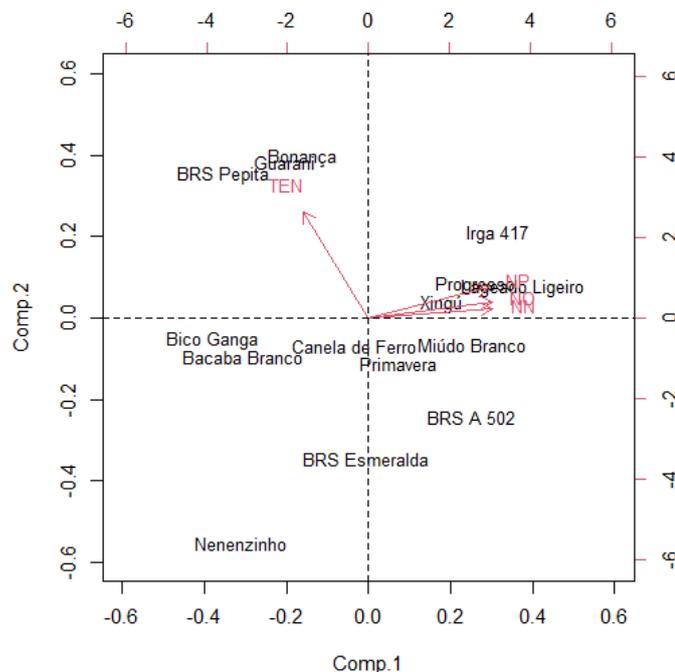


Figura 4. Biplot com distribuição das variáveis reprodutivas dos insetos de *Glyphepomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) em genótipos de arroz.

3.2. Tolerância

Diferenças significativas foram encontradas na porcentagem de redução da altura entre os tratamentos ($P < 0,01$), mas não houve diferença entre o tempo e interação (tempo x tratamentos) ($P > 0,05$). As menores reduções de altura das plantas foram verificadas nos genótipos Bacaba Branco (2,86%), Bico Ganga (1,04%), Bonança (0,00%), BRS Esmeralda (1,57%), BRS Pepita (9,20%), Irga 417 (8,50%), Canela de Ferro (8,63%), Guarani (6,46%), Miúdo Branco (7,15%), Nenenzinho (6,42%) e Progresso (0,07%) no tempo de cinco dias. No tempo de dez dias as menores reduções foram observadas nos genótipos Irga 417 (12,88%), Xingu (5,11%), Canela de Ferro (4,12%), Bico Ganga (3,35%), Primavera (2,70%), BRS Esmeralda (0,21%), Nenenzinho (0,00%), Progresso (0,00%) e Bonança (0,00%) (Tabela 5).

Houve diferença significativa somente entre os tratamentos ($P < 0,01$) para percentual de redução do diâmetro externo do colmo. As menores reduções no tempo de cinco dias foram verificadas nos genótipos BRS A 502 (0,00%), Irga 417 (0,00%), Nenezinho (0,00%) e Bico Ganga (0,00%). No tempo de dez dias não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 5).

Para número médio de folhas constatou diferenças significativas na porcentagem de redução entre os tratamentos e o tempo ($P < 0,01$), mas a interação não foi significativa ($P > 0,05$). Aos cinco dias as menores reduções foram observadas nos genótipos Primavera (10,48%), Lageado Ligeiro (10,39%), Bonança (8,39%) e Nenezinho (6,09%). Aos dez dias as menores reduções foram nos genótipos Bacaba Branco (15,56%), Miúdo Branco (11,43%), Lageado Ligeiro (9,32%), Bonança (9,19%), Canela de Ferro (7,49%), Progresso (7,10%) e Bico Ganga (4,86%). Comparando ambos os tempos os genótipos Primavera e Nenezinho apresentaram menores percentuais de redução aos cinco dias, enquanto os genótipos Canela de Ferro, Bacaba Branco e Bico Ganga apresentaram os menores percentuais aos dez dias (Tabela 5).

Diferenças significativas na porcentagem de redução do número de perfilhos entre os tratamentos e o tempo ($P < 0,01$), mas a interação não foi significativa ($P > 0,05$). Aos cinco dias os genótipos com menores reduções número de perfilhos foram Irga 417 (17,13%), BRS Esmeralda (16,67%), Bacaba Branco (14,67%), Canela de Ferro (12,73%), Bico Ganga (11,99%), Lageado Ligeiro (11,99%), Primavera (8,00%), Nenezinho (6,67%), BRS Pepita (6,67%), Miúdo Branco (4,43%) e Bonança (3,32%). Aos dez dias o genótipo que apresentou menor redução para mesmo parâmetro foi o Bonança (0,00%). Os genótipos BRS Pepita, Miúdo Branco e Nenezinho apresentaram as maiores reduções no tempo de dez dias quando comparados aos de cinco dias (Tabela 5).

Houve diferença significativa no percentual de redução da massa seca da parte aérea entre os tratamentos avaliados ($P < 0,01$), porém, não houve diferença para tempo e interação (Tratamentos x tempo) ($P > 0,05$). Aos cinco dias não houve diferença significativa entre os tratamentos. Aos dez dias os menores percentuais de redução de massa seca da parte aérea foram verificadas nos genótipos Primavera

(21,61%), Bico Ganga (14,10%), Miúdo Branco (13,89%), BRS Pepita (13,47%), BRS Esmeralda (9,90%), Xingu (3,77%), BRS Esmeralda (9,90%) e Bonança (3,77%) (Tabela 5).

Não houve diferença significativa no percentual de redução entre os tratamentos, tempo e interação para parâmetro massa seca do sistema radicular ($P > 0,05$) (Tabela 5).

Tabela 5. Porcentual de redução (média \pm EPM) das variáveis altura das plantas, diâmetro externo do colmo, número de folhas, número de perfilhos, massa seca da parte aérea e massa seca do sistema radicular de genótipos de arroz infestado com adultos de *Glyphepomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae).

Tratamentos	Altura		Diâmetro externo do colmo		Número de folhas	
	Tempo (DAI) ^a		Tempo (DAI) ^a		Tempo (DAI) ^a	
	5	10	5	10	5	10
BRS A 502	24,16 \pm 4,13aA	6,53 \pm 2,79bA	0,00 \pm 6,88bA	0,00 \pm 4,05aA	22,29 \pm 2,29aA	19,99 \pm 4,41aA
Primavera	18,00 \pm 6,89aA	2,70 \pm 6,33bA	2,28 \pm 4,49aA	0,00 \pm 1,83aA	10,48 \pm 2,32cB	25,32 \pm 2,48aA
Guarani	17,52 \pm 3,07aA	24,10 \pm 2,29aA	6,46 \pm 9,19aA	14,66 \pm 8,31aA	25,15 \pm 1,93aA	25,00 \pm 4,06aA
Lageado Ligeiro	15,07 \pm 2,83aA	17,13 \pm 7,02aA	1,08 \pm 1,01aA	0,00 \pm 8,95aA	10,39 \pm 6,02cA	9,32 \pm 2,86bA
Xingu	11,38 \pm 4,93aA	5,11 \pm 6,41bA	5,28 \pm 4,51aA	7,62 \pm 5,38aA	22,11 \pm 3,87aA	21,94 \pm 1,53aA
BRS Esmeralda	1,57 \pm 5,59bA	0,21 \pm 2,58bA	6,79 \pm 6,46aA	4,30 \pm 2,30aA	28,47 \pm 4,85aA	22,15 \pm 2,15aA
BRS Pepita	9,20 \pm 5,18bA	22,60 \pm 1,43aA	8,55 \pm 2,09aA	11,76 \pm 2,48aA	18,61 \pm 1,59bA	23,62 \pm 2,32aA
Canela de Ferro	8,63 \pm 4,95bA	4,12 \pm 2,56bA	2,56 \pm 9,91aA	0,00 \pm 4,56aA	18,39 \pm 4,83bA	7,49 \pm 0,50bB
Irga 417	8,50 \pm 8,52bA	12,88 \pm 2,87bA	0,00 \pm 1,63bA	7,12 \pm 6,23aA	30,66 \pm 3,92aA	31,68 \pm 4,99aA
Miúdo Branco	7,15 \pm 7,10bA	15,59 \pm 4,31aA	3,92 \pm 5,16aA	10,40 \pm 7,86aA	16,35 \pm 1,74bA	11,43 \pm 5,92bA
Nenezinho	6,42 \pm 5,29bA	0,00 \pm 2,72bA	0,00 \pm 4,30bA	10,16 \pm 5,06aA	6,09 \pm 5,07cB	18,61 \pm 3,08aA
Bacaba Branco	2,86 \pm 2,69bA	17,41 \pm 1,50aA	6,19 \pm 4,95aA	4,21 \pm 1,01aA	25,70 \pm 3,13aA	15,56 \pm 2,71bB
Bico Ganga	1,04 \pm 3,07bA	3,35 \pm 4,57bA	0,00 \pm 5,70bA	4,53 \pm 6,64aA	15,56 \pm 1,80bA	4,83 \pm 4,01bB
Progresso	0,07 \pm 6,43bA	0,00 \pm 1,02bA	2,40 \pm 4,75aA	5,40 \pm 5,04aA	15,79 \pm 2,34bA	7,10 \pm 2,57bA
Bonança	0,00 \pm 6,14bA	0,00 \pm 4,66bA	2,82 \pm 2,48aA	3,29 \pm 5,58aA	8,39 \pm 3,15cA	9,19 \pm 2,01bA
Valor F						
Tratamentos	3,9490		2,0950		7,7810	
Tempo	0,0020		3,5290		2,5800	
Bloco	0,4190		1,1089		0,8650	
Interação						

Tratamentos x tempo	1,5480	0,8960	1,2580
<i>p-valor</i>			
Tratamentos	<0,01	0,0170	<0,01
Tempo	0,7950	0,0630	0,0032
Bloco	0,7950	<0,01	0,4877
Interação Tratamentos x tempo	0,1050	0,5654	0,2644

Tratamentos	Número de perfilhos		Massa seca da parte aérea		Massa seca do sistema radicular	
	Tempo (DAI)		Tempo (DAI)		Tempo (DAI)	
	5	10	5	10	5	10
BRS A 502	41,32±3,27aA	37,49±3,94aA	30,36±4,49aA	45,50±7,95aA	20,64±5,43aA	5,07±8,25aA
Xingu	36,00±4,00aA	29,08±3,39aA	22,31±4,89aA	3,77±3,47bA	18,92±6,41aA	9,69±5,39aA
Guarani	25,70±2,86bA	19,99±4,90bA	22,59±7,50aA	24,98±6,19aA	0,52±2,12aA	0,00±8,22aA
Progresso	22,34±7,06bA	32,62±2,58aA	25,62±7,34aA	33,31±13,68aA	13,42±15,09aA	9,16±11,08aA
Irga 417	17,13±4,90cA	21,32±3,62bA	45,36±21,42aA	35,57±7,60aA	14,00±17,16aA	14,97±4,76aA
BRS Esmeralda	16,67±0,10cA	22,34±2,87bA	23,96±8,35aA	9,90±4,21bA	0,00±7,08aA	2,65±3,48aA
Bacaba Branco	14,67±5,32cA	19,99±5,00bA	12,42±13,72aA	34,23±6,66aA	20,30±9,93aA	9,86±1,65aA
Canela de Ferro	12,73±6,70cA	14,29±4,39bA	13,33±2,54aA	30,36±11,71aA	0,00±4,32aA	0,00±6,28aA
Bico Ganga	11,99±4,90cA	16,35±7,26bA	21,63±4,78aA	14,19±7,54bA	19,29±6,17aA	14,50±1,48aA
Lageado Ligeiro	11,99±4,43cA	12,73±4,07bA	8,19±10,96aA	30,42±9,84aA	10,40±11,23aA	6,27±3,47aA
Primavera	8,00±4,90cA	13,32±6,24bA	17,54±12,18aA	21,61±5,93bA	0,00±13,50aA	0,00±9,63aA
Nenezinho	6,67±6,67cB	23,64±2,34aA	20,23±5,93aA	38,57±7,38aA	0,81±6,40aA	12,78±12,73aA
BRS Pepita	6,67±3,64cB	31,75±0,60aA	22,02±14,21aA	13,47±3,53bA	13,43±18,01aA	16,36±3,74aA
Miúdo Branco	4,43±8,30cB	26,67±3,64aA	22,87±11,87aA	17,89±10,07bA	17,40±13,29aA	8,42±2,97aA

Bonança	3,32±6,24cA	0,00±0,56cA	2,11±2,30aA	3,77±1,91bA	0,00±7,62aA	0,00±12,00aA
Valor F						
Tratamentos	7,4680		2,8130		1,4720	
Tempo	9,8960		1,3400		0,2180	
Bloco	0,6240		1,8680		3,2250	
Interação Tratamentos x tempo	2,0580		1,0550		0,3880	
<i>p-valor</i>						
Tratamentos	<0,01		<0,01		0,1320	
Tempo	<0,01		0,061		0,6410	
Bloco	0,6460		0,2494		0,0150	
Interação Tratamentos x tempo	0,0191		0,4068		0,9760	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, a 5% de significância. EPM = Erro Padrão da Média.^a DAI = Dias após retirada dos insetos.

Para as variáveis número de perfilhos atacados, número de perfilhos com “coração morto” e notas de injúria houve diferença estatística somente entre os tratamentos ($P < 0,01$). No tempo de cinco dias para número de perfilhos, os tratamentos foram iguais estatisticamente. No tempo de dez dias os genótipos que apresentaram maior número médio de perfilhos atacados Bacaba Branco, Bico Ganga, Irga 417 e Xingu (Tabela 6).

No tempo de cinco e dez dias os genótipos com maiores valores médios de perfilhos com “coração morto” foram Bacaba Branco, BRS A 502, Irga 417 e Xingu e Lageado Ligeiro no tempo de cinco dias (Tabela 6).

Tabela 6. Médias do Número de perfilhos atacados e número de perfilhos com “coração morto” com cinco e dez dias após infestação com adultos de *Glypheidomyces spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae), em genótipos de arroz.

Tratamentos	Número de perfilhos atacados		Número de perfilhos com “coração morto”	
	Tempo (DAI) ^a		Tempo (DAI) ^a	
	5	10	5	10
Bacaba Branco	3,6±0,75aA	3,2±0,36aA	2,4±0,23aA	1,8±0,72aA
Bico Ganga	2,4±0,60aA	3,0±0,55aA	0,8±0,36bA	1,2±0,36bA
Bonança	2,0±0,32aA	2,4±0,23bA	1,0±0,10bA	1,0±0,45bA
BRS A 502	3,0±0,61aA	3,4±0,40aA	2,4±0,68aA	2,8±0,49aA
BRS Esmeralda	2,2±0,36aA	2,6±0,23bA	0,0±0,10bB	0,8±0,49bA
BRS Pepita	2,4±0,23aA	2,6±0,51bA	0,6±0,39bA	0,6±0,60bA
Canela de Ferro	1,8±0,19aA	2,0±0,32bA	0,0±0,10bA	0,4±0,40bA
Guarani	1,8±0,36aA	2,0±0,62bA	0,6±0,40bA	0,4±0,23bA
Irga 417	2,6±0,68aA	3,6±0,60aA	2,2±0,49aA	2,4±0,23aA
Lageado Ligeiro	2,2±0,49aA	2,2±0,20bA	1,4±0,68aA	1,4±0,60bA
Miúdo Branco	1,4±0,51aA	2,4±0,23bA	0,4±0,23bA	0,6±0,23bA
Nenezinho	2,6±0,39aA	2,0±0,32bA	0,8±0,19bA	0,8±0,49bA
Primavera	1,8±0,19aA	2,2±0,36bA	0,4±0,23bA	0,6±0,40bA
Progresso	2,6±0,80aA	2,6±0,51bA	1,0±0,45bA	1,4±0,98bA
Xingu	3,0±0,32aA	3,8±0,20aA	1,6±0,40aA	2,6±0,60aA
Valor F				
Tratamentos	2,7850		5,5960	
Tempo	3,3730		1,5730	
Bloco	0,6470		0,2240	
Interação				
Tratamentos x tempo	0,4900		0,3490	
<i>p</i> -valor				
Tratamentos	0,0013		<0,01	
Tempo	0,0688		0,2120	
Bloco	0,6300		0,9240	
Interação				
Tratamentos x tempo	0,9345		0,9850	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott, a 5% de significância. EPM = Erro Padrão da Média. ^a DAI = Dias após retirada dos insetos.

As maiores notas de injúrias foram visualizadas nos genótipos Bacaba Branco, Bico Ganga, Bonança, BRS A 502, BRS Pepita, Irga 417, Lageado Ligeiro, Nenezinho, Progresso e Xingu no tempo de cinco dias. E, as maiores notas de injúria

no tempo de dez dias foram nos genótipos Bacaba Branco, Bico Ganga, BRS A 502, BRS Pepita, Irga 417 e Xingu (Figura 5).

Visualmente, é possível verificar que com o decorrer do tempo alguns genótipos se recuperaram das injúrias decorrentes da alimentação dos insetos, como nos genótipos Bonança, Lageado Ligeiro, Nenenzinho e Progresso, por apresentarem menores notas de injúria no tempo de dez dias. E outros, continuaram a evolução das lesões como Bico Ganga, BRS Esmeralda, BRS Pepita e Canela de Ferro, pois as notas de injúrias aumentaram com o decorrer do tempo (Figura 5).

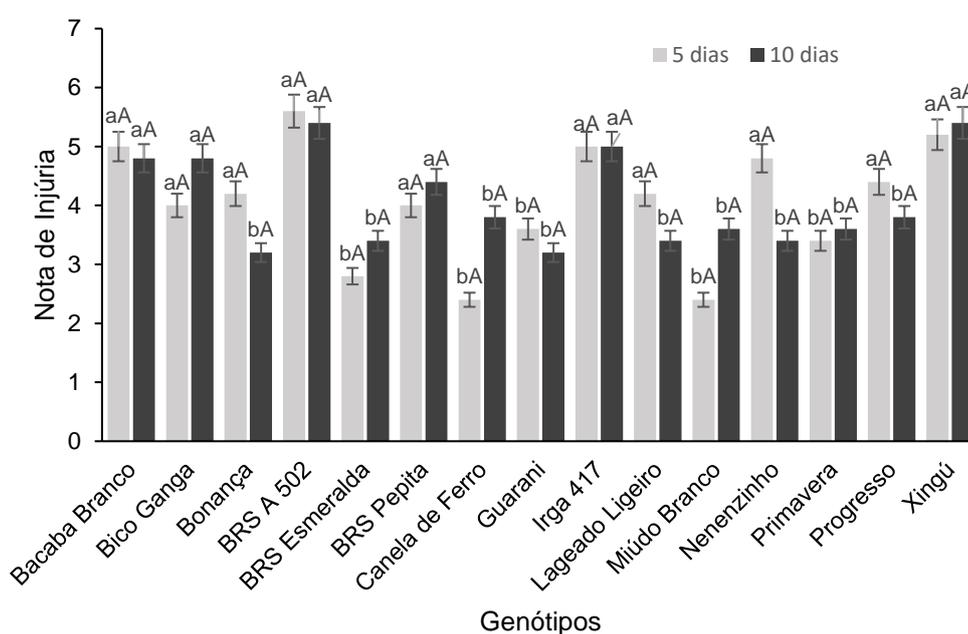


Figura 5. Nota de injúria com cinco e dez dias após infestação por adultos de *Glyphestoma spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) em genótipos de arroz. Barras seguidas de letra minúscula, comparação entre tratamentos, barras seguidas de letra maiúscula, comparação entre o tempo. Barras com diferentes letras diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

De acordo com análise de componentes principais para tempo de cinco dias, o primeiro componente principal (CP1) concentrou 50,76 % da variabilidade total. O segundo componente principal (CP2) concentrou 20,71 % da variabilidade. O genótipo Bonança possui como similaridades as menores reduções principalmente para as variáveis número de perfilhos, número de folhas, massa seca da parte aérea, já os genótipos o Canela de Ferro, Nenenzinho, Lageado Ligeiro e Primavera foram

influenciados principalmente pela menor redução da massa seca do sistema radicular. E, os demais genótipos foram influenciados pelas maiores reduções (Figura 6).

Para tempo de dez dias, através da análise de componentes principais, o primeiro componente principal (CP1) concentrou 45,07 % e o segundo componente principal (CP2) concentrou 20,45% da variabilidade dos dados. O genótipo Bonança possui como similaridades as menores reduções para as variáveis. Os genótipos Irga 417, BRS Pepita e BRS A 502 foram influenciados pelas maiores reduções principalmente das variáveis Massa seca do sistema radicular, massa seca da parte aérea, número de perfilhos e número de folhas (Figura 6).

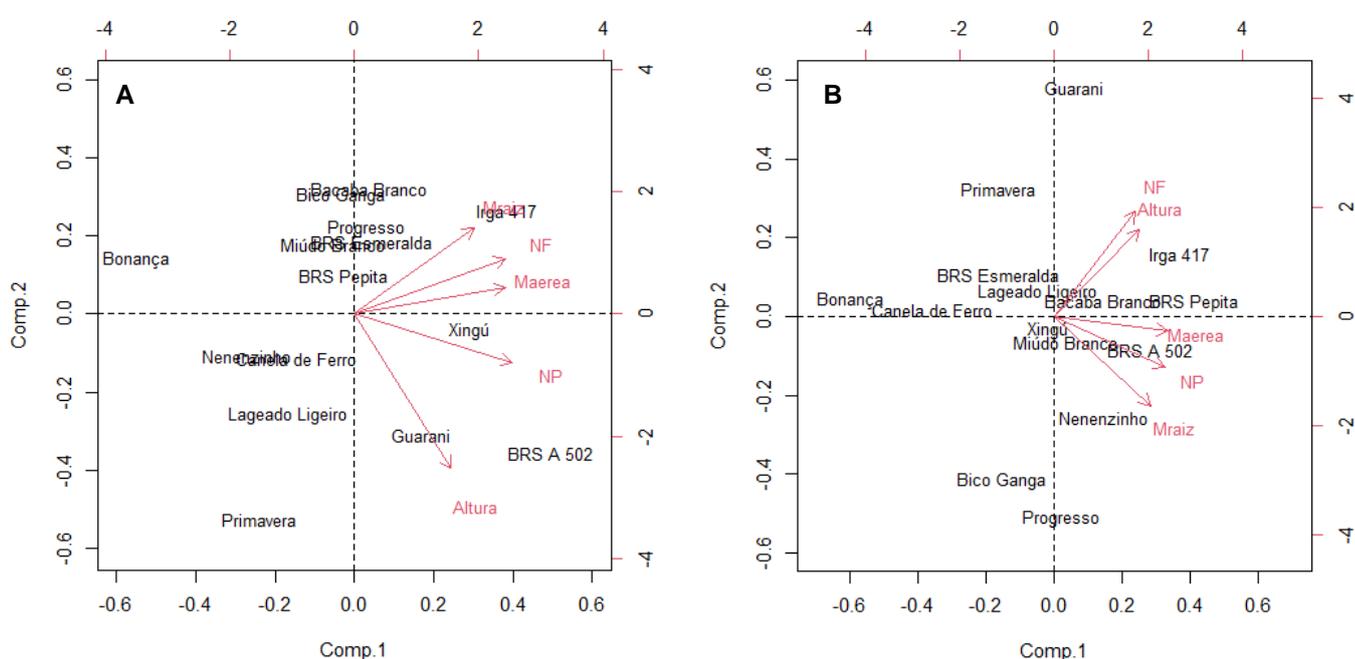


Figura 6. Biplot com valores médios dos genótipos de arroz nos dois componentes principais para tempo de cinco e dez dias após retirada dos insetos. A- Biplot tempo avaliado aos 5 dias após retirada dos insetos; B- Biplot tempo avaliado aos 10 dias após retirada dos insetos. Características avaliadas: NF=Número de folhas, NP= Número de perfilhos; Marea= Massa seca da parte aérea; Mraiz= Massa seca do sistema radicular.

4. Discussão

4.1. Antibiose

Observou-se diferentes níveis de resistência por antibiose nos genótipos de arroz, devido a alterações das variáveis biológicas da espécie *G. spinosa*. A antibiose causa efeitos adversos no desenvolvimento dos insetos, onde os efeitos antibióticos podem variar de leve a letal (Smith, 2005; Vendramim et al., 2019).

Os genótipos Bico Ganga, Miúdo Branco, Canela de Ferro, Nenezinho e Bacaba Branco apresentam menores valores de superfície corporal, biomassa viva e RGR. Um dos principais efeitos de genótipos resistentes por antibiose são o subdesenvolvimento e redução do peso dos insetos (Boiça Júnior et al., 2013; Boiça Júnior et al., 2015; Vendramim et al., 2019).

Avaliar o tempo de sobrevivência do inseto sem alimento, demonstra o potencial nutritivo do genótipo como hospedeiro para alimentação ao inseto. Os genótipos Bacaba Branco, Bico Ganga, Lageado Ligeiro, Nenezinho, Canela de Ferro e Miúdo Branco afetaram a longevidade de adulto e menores RGR. Infere-se que esses genótipos influenciam no desenvolvimento do inseto, refletindo em menor período de sobrevivência do inseto adulto utilizando sua reserva nutritiva. A qualidade e quantidade de alimento ingerido na fase imatura, influência diretamente nos insetos adultos (Naseri et al., 2010).

Neste estudo, os maiores percentuais de mortalidade vistos nos genótipos Lageado Ligeiro (46,25%), Canela de Ferro (43,75%) e Miúdo Branco (37,50%), são indicativos de presença de efeitos antibióticos nas plantas de arroz (Qiu et al. 2011; Vendramim et al., 2019). Maiores índices de mortalidade dos insetos na fase imatura são efeitos da antibiose em plantas (Boiça Júnior et al., 2013; Boiça Júnior et al., 2015; Vendramim et al., 2019).

Souza et al. (2008) ao avaliarem resistência de cultivares de arroz ao *T. limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) também verificaram menor sobrevivência de ninfas nos genótipos Bacaba Branco, Nenezinho e Miúdo Branco e concluíram que esses genótipos se destacam por apresentar resistência por antibiose. Almeida et al. (2019) verificaram que o genótipo Canela de Ferro proporcionou menor sobrevivência de insetos para espécie *T. limbativentris*.

O prolongamento do ciclo de vida dos insetos provenientes dos genótipos Nenezinho, Bacaba Branco e BRS Pepita podem ser decorrentes de efeitos antibióticos. Provavelmente estes genótipos não foram adequados para atender a

demanda nutricional do inseto e o reflexo foi prolongamento do ciclo. Esse parâmetro é um indicativo de menor adequação alimentar, devido a fatores como espessura da epiderme e/ou compostos bioquímicos adversos ao percevejo, que afetam o desempenho e ocasionam a necessidade de um período mais longo para que o inseto complete o ciclo de vida, em comparação a genótipos suscetíveis. (Smith, 2005; Smith e Clement, 2012; Boiça Júnior et al., 2015).

Em resistência de plantas a insetos, o prolongamento do ciclo de vida do inseto é desejável, pois quanto menor for o número de gerações da praga no ano agrícola, menor a densidade populacional e danos causados pelos insetos na cultura agrícola (Lara, 1991; Vendramim et al., 2019).

Naseri et al. (2010) relatam que variações das variáveis na fase adulta da praga pode ser consequência da qualidade e quantidade de nutrientes e da presença de compostos secundários na planta usada na alimentação da forma jovem do inseto. Assim, genótipos que apresentam menor número de ovos e maior período de eclosão de ninfas como Nenezinho, Bacaba Branco, Bico Ganga, Miúdo Branco e Canela de Ferro reforçam a ocorrência de antibiose.

De acordo com Alves et al. (2012) o período médio de incubação dos ovos de *G. spinosa* são de cinco dias. Nesse trabalho, observou que os genótipos que apresentaram efeito adverso aos insetos a média do período de incubação foram acima deste período.

Segundo Wheeler (1996), a capacidade de postura dos insetos é determinada pela ovogênese, processo fisiológico regulado pela disponibilidade de nutrientes presentes no corpo da fêmea, que é dado pelo alimento ingerido. Assim, aqueles genótipos com baixa qualidade nutricional, resultam em fêmeas menores e que produziram menor número de posturas e ovos, como os genótipos Nenezinho, Bacaba, Miúdo Branco e Bico Ganga. Dessa forma, qualquer fator que afete a assimilação de nutrientes pelo inseto poderá afetar a ovogênese e, conseqüentemente, número de ovos e posturas.

A maior viabilidade dos ovos, número de ninfas eclodidas e maior superfície corporal e biomassa corporal dos insetos demonstram em geral, que as fontes alimentares foram adequadas para as ninfas e adultos da espécie.

Menor viabilidade de ovos e maior duração do período para eclosão das ninfas, foi verificado nos genótipos Canela de Ferro e Bico Ganga. Isso sugere que esses genótipos foram nutricionalmente deficientes as fêmeas adultas e impactou nas suas variáveis reprodutivas. O menor RGR nos genótipos, também evidencia uma influência adversa da nutrição desses genótipos, impactando na viabilidade dos ovos.

A partir dos resultados observados no ensaio de antibiose verifica-se que os genótipos Canela de Ferro, Bacaba Branco, Bico Ganga, Nenenzinho, Miúdo Branco e Lageado Ligeiro proporcionaram variáveis não satisfatórias para o desenvolvimento biológico desta espécie e podem ser considerados moderadamente resistentes a espécie *G. spinosa*.

Os próximos passos são verificar se em condições de campo esses materiais mantêm o nível de resistência, e identificar com maior exatidão os mecanismos responsáveis por conferir resistência a *G. spinosa* e aumentar sua expressão na planta ou incorporá-lo em cultivares comerciais através de programas de melhoramento genético.

4.2 Tolerância

Significativas variações morfológicas e graus de injúrias provocados pelos insetos adultos de *G. spinosa* foram verificados nos genótipos de arroz indicando que as variedades responderam diferentemente e podem indicar presença de tolerância. A tolerância é a capacidade de uma planta resistir ou se recuperar de uma lesão sem causar impacto no rendimento após o dano da praga (Stout, 2013; Kock et al., 2016; Ramsden et al., 2017).

Como a tolerância é uma medida relativa, ela pode ser avaliada medindo a capacidade da planta, como seus atributos agrônômicos que influenciam na produtividade da planta, como biomassa área e radicular, altura, entre outras variáveis (Simms, 2000; Wise e Carr, 2008; Horgan et al., 2018).

De forma geral o genótipo Bonança se destacou pelos menores percentuais de redução de praticamente as variáveis avaliadas em ambos os tempos. Essa característica pode se tratar de uma das particularidades de plantas que tendem a apresentar tolerância. De acordo com Mitchell et al. (2016), a tolerância ocorre quando

as características da planta reduzem os efeitos negativos dos danos dos herbívoros na cultura não afetando a produção.

A maior redução da biomassa área e/ou radicular, como visto nos genótipos BRS A 502, Xingu, Guarani, Progresso, Irga 417, Canela de Ferro, Bacaba Branco, Lageado Ligeiro, Primavera e Nenenzinho é uma grande desvantagem para as plantas, pois diminuem sua capacidade de compensar os danos causados pelo inseto a curto prazo, uma vez que estas variáveis estão intimamente relacionadas a absorção e produção de fotoassimilados.

Acredita-se que as raízes estejam envolvidas nos mecanismos compensatórios da tolerância (Trumble, 1993). O aumento da massa das raízes, conseqüentemente gera maior absorção das raízes por recursos, ou seja, maior quantidade de fotoassimilados sendo absorvidos. Está resposta pode ser associada aos genótipos Bonança e Primavera, que não apresentaram redução da massa do sistema radicular e apresentaram pequenas reduções do número de folhas, número de perfilhos e massa seca da parte área comparadas aos demais genótipos.

Almeida et al. (2021) verificaram que o genótipo Primavera, após avaliações da resposta fisiológica da planta frente ao ataque de *T. limbativentris* e atributos agrônômicos, apresenta traços de tolerância a espécie.

A recuperação do crescimento, evidenciado pela não redução da altura pode ser característica de um genótipo tolerante, isso pode ser visualizado para os genótipos Bonança e Progresso. A recuperação do crescimento requer a superação da reprogramação celular causada pelos insetos (Koch et al., 2016). Os insetos de *G. spinosa* devido a sua alimentação interrompem ou danificam o sistema de transporte de fotoassimilados, e conseqüentemente prejudicam o desenvolvimento regular da planta, requerendo dela uma adaptação para se desenvolver normalmente.

Os elevados percentuais de redução do número de folhas, como observado para BRS A 502, Guarani, Xingu, BRS Esmeralda e Irga 417 podem levar essas plantas a atingirem uma provável senescência de folhas antecipadas decorrentes da alimentação do inseto, isso sugere que possam passar do estágio vegetativo para reprodutivo de forma mais abrupta. Isso é uma desvantagem, pois é necessário tempo suficiente para recuperação dos recursos perdidos, dessa forma, se a mudança for

relativamente precoce para outro estado ou abrupta, a planta terá pouca oportunidade de compensar os recursos perdidos.

Esses resultados evidenciam que a injúria causada pelo percevejo *G. spinosa* afetaram o desempenho desses genótipos, devido aos maiores percentuais de redução das variáveis avaliadas. Roza-Gomes et al. (2011), encontraram valores de massa seca da parte aérea similares para plantas infestadas e não infestadas avaliando danos de *Diceraus (Dichelops) melacanthus* (Hemiptera: Pentatomidae) em plantas de milho. No entanto, esses mesmos autores observaram redução na altura das plantas infestadas, redução do número de folhas expandidas, aumento da intensidade de injúria e redução da massa seca das raízes do milho.

Os maiores percentuais de redução das variáveis avaliadas visualizadas nos BRS A 502, Irga 417 e Xingu, indicam não ter ocorrido indícios de compensação e regeneração de tecidos, uma vez que apresentaram declínios acelerados de perda de massa. Essa informação pode ser confirmada, uma vez que apresentaram maiores notas de injúrias e número de perfilhos atacados e sintomas de “coração morto”.

Assim, é aceitável utilizar tais variáveis para discriminação de genótipos resistentes pela categoria tolerância. Os genótipos Bonança e Primavera possuem traços que evidenciam tolerância a *G. spinosa*. Portanto, o uso de genótipos de arroz tolerantes a percevejos do colmo como um componente do manejo integrado de pragas tem o potencial de reduzir a perda de rendimento do arroz de sequeiro.

5. Referências

AGROFIT - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2019) Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acessado em: 18 de julho de 2021.

Almeida ACS, Dierings C, Borella Júnior C, Jesus FG, Barrigossi JAF (2019) Resistance of rice genotypes to *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal of Economic Entomology** 113:482-488. <https://doi.org/10.1093/jee/toz277>

Almeida ACS, Jesus FG, Heng-Moss TM, Lanna AC, Barrigossi JAF (2021) Evidence for rice tolerance to *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae). **Pest Management Science** 77:4181–4191. <https://doi.org/10.1002/ps.6455>

Alves TM, Barrigossi JAF, Quintela ED (2012) Life cycle of *Glyphepomis spinosa* Campos & Grazia (Hemiptera: Pentatomidae): a new pest of rice in Brazil. **Neotropical Entomology**. 41:437-441. <https://doi.org/10.1007/s13744-012-0067-3>

Boiça Júnior AL, Souza BHS, Lopes GS, Costa EM, Moraes RFO, Eduardo WI (2013) Atualidades em resistência de plantas a insetos. In: Busoli AC, Alencar JRCC, Fraga DF, Souza LA, Souza BHS, Grigolli JFJ. **Tópicos em Entomologia Agrícola VI**. Jaboticabal: Multipress, p. 207-224.

Boiça Júnior AL, Souza BHS, Ribeiro ZA, Moraes RFO, Eduardo WI, Nogueira L (2015) A defesa das plantas ao ataque dos insetos. In.: Busoli AC, Castilho RDC, Andrade DJ, Rossi GD, Viana DL, Fraga DF, Souza LA (eds.) **Tópicos em Entomologia Agrícola - VIII**. Jaboticaba: Maria de Lourdes Brandel - ME, p. 161-180.

Campos LA, Grazia J (1998) Revisão de *Glyphepomis* Berg, 1891 (Heteroptera, Pentatomidae, Pentatomini). **Revista Brasileira de Entomologia** 41:203–212.

Cherry R, Otero C, Karounos M, Fernandez J. (2018) Insecticidal Control for the Rice Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae) Complex Found in Florida Rice. **Journal of Entomological Science** 53:372–378. <https://doi.org/10.18474/jes17-126.1>

Ferreira E, Breseghello F, Castro EM, Barrigossi JAF (2000) **Resistência de arroz de terras altas a broca-do-colmo (*Diatraea saccharalis* Fabricius, 1974)**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 42p.

Ferreira E, Zimmermann FJD, Santos AB, Neves BP (1997) **O percevejo do colmo na cultura do arroz**. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 43p. (Embrapa - CNPAF. Documentos, 75).

França LL, Dierings CA, Almeida ACS, Araújo MS, Heinrichs EA, Silva AR, Barrigossi JAF, Jesus FG (2018) Resistance in rice to *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) influenced by plant silicon content. **Florida Entomologist** 101:587–591. <https://doi.org/10.1653/024.101.0419>

Grazia J, Panizzi AR, Greve C, Schwertner CF, Campos LA, Garbelotto TA, Fernandes JAM (2019). Stink Bugs (Pentatomidae). In.: Panizzi AR, Grazia J (eds). **True Bugs (Heteroptera) of the Neotropics**. p. 681-756. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9861-7>

Horgan FG, Peñalver Cruz A, Bernal CC, Ramal AF, Almazan MLP, Wilby A (2018) Resistance and tolerance to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal), in rice infested at different growth stages across a gradient of nitrogen applications. **Field Crops Research** 217:53-65. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.12.008>.

Koch KG, Chapman K, Louis J, Heng-Moss T, Sarath G (2016) Plant tolerance: a unique approach to control hemipteran pests. **Frontiers in Plant Science** 7:1363. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01363>

Koch GK, Donze-Reiner T, Hunt TE, Heng-Moss T, Baldin ELL (2019) Antixenose. In: Baldin ELL, Vendramim JD, Lourenção AL. **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Piracicaba: FEALQ, p. 137-183.

Krinski D, Foerster LA (2016) Toxicity of essential oils from leaves of Piperaceae species in rice stalk stink bug eggs, *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae). **Ciência e Agrotecnologia** 40:676–687. <https://doi.org/10.1590/1413-70542016406021616>

Lara FM (1991) Princípios de resistência de plantas a insetos. São Paulo: Ícone, 336p.

Liu Y, Chen L, Liu Y, Dai H, He J, Kang H, Pan G, Huang J, Qiu Z, Wang Q, Jinlong H, Linglong L, Yezhi C, Xianian C, Ling J, Jianmin W (2016) Marker assisted pyramiding of two brown planthopper resistance genes, Bph3 and Bph27 (t), into elite rice cultivars. **Rice (NY)** 9: 27. <https://doi.org/10.1186/s12284-016-0096-3>

Mitchell C, Brennan RM, Graham J, Karley AJ (2016) Plant defense against herbivorous pests: exploiting resistance and tolerance traits for sustainable crop protection. **Frontiers in Plant Science** 7:1132. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01132>.

Naseri B, Fathipour Y, Moharramipour S, Hosseininaveh V, Gatehouse AM (2010) Digestive proteolytic and amylolytic activities of *Helicoverpa armigera* in response to feeding on different soybean cultivars. **Pest Management Science** 66:1316-1323. <https://doi.org/10.1002/ps.2017>

Painter RH (1951) Insect resistance in crop plants. New York: McMillian, 520p.

Qiu Y, Guo J, Jing S, Tang M, Zhu L, Guangcun H (2011) Identification of antibiosis and tolerance in rice varieties carrying brown planthopper resistance genes. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 141: 224–231. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2011.01192.x>

R Core Team (2021) R: the R project for statistical computing. Version 4.0.2. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Ramsden MW, Kendall SL, Ellis AS, Berry PMA (2017) Review of economic thresholds for invertebrate pests in UK arable crops. **Crop Protection** 96:30-43. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.01.009>

Resse JC, Schwenke JR, Lamont PS, Zehr DD (1994) Importance and Quantification of Plant Tolerance in Crop Pest Management Programs for Aphids: Greenbug Resistance in Sorghum. **Journal of Agricultural Entomology** 11:255-270.

Roza-Gomes MF; Salvadori JR; Pereira PRVS; Panizzi AR (2011) Injúrias de quatro espécies de percevejos pentatomídeos em plântulas de milho. **Ciência Rural** 41:1-5.

Simms EL (2000) Defining tolerance as a norm of reaction. **Evolutionary Ecology** 14:563-570. <https://doi.org/10.1023/A:1010956716539>

Smith CM (2005) Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches. Dordrecht: Springer, 421 p.

Smith CM, Clement SL (2012) Molecular bases of plant resistance to arthropods. **Annual Review of Entomology** 57: 309-328. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100642>.

Souza DMG, Lobato E (2004) Cerrado: correção do solo e adubação. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 421p.

Souza JR, Ferreira E, Boiça Júnior AL, Cargnelutti Filho A, Chagas EF, Mondego J M (2008) Avaliação de resistência em cultivares de arroz ao ataque do percevejo-do-colmo, *Tibraca limbativentris* Stal, 1860 (Hemiptera: Pentatomidae). **Arquivos do Instituto Biológico** 75:443–448.

Souza JR, Ferreira E, Cargnelutti Filho A, Boiça Junior AL, Chagas EF, Mondego JM (2009) Divergência genética de cultivares de arroz quanto à resistência a *Tibraca limbativentris* Stal (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology** 38:671-676. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2009000500018>

Stout MJ (2013) Reevaluating the conceptual framework for applied research on hostplant resistance. **Insect Science** 20: 263-272. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12011>

Trumble JT, Kolodnyhirsch DM, Ting IP (1993) Plant Compensation for Arthropod Herbivory. **Annual Review of Entomology** 38:93–119.

Vendramim JD, Guzzo EC, Ribeiro LP (2019) Antibiose. In: Baldin ELL, Vendramim J D, Lourenção AL. **Resistência de plantas a insetos: Fundamentos e aplicações**. Piracicaba: FEALQ, p. 185-224.

Waldbauer GP (1968) The consumption and utilization of food by insects. In.: Beament JWL, Treherne JE, Wigglesworth VB (eds.) **Advances in Insect Physiology**. London: Academic Press, p. 229-288.

Wheeler D (1994) The Role of Nourishment in Oogenesis. **Annual Review of Entomology** 41:407-431. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.002203>

Wise MJ, Carr DE (2008) On quantifying tolerance of herbivory for comparative analyses. **Evolution** 62:2429-2434. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2008.00458.x>

Zachrisson B (2019) Rice. In: Souza B, Marucci RC, Vásquez LL. **Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems: Biological Control and Functional Biodiversity**. Switzerland: Springer Nature, p. 383-396.

CAPÍTULO 4 – Estabelecimento de metodologia para estudos de resistência de *Glypheapomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) em genótipos de arroz através da técnica de eletropenetrografia

RESUMO – Insetos de *Glypheapomis spinosa* Campos & Grazia (Hemiptera: Pentatomidae) foram observados em estados brasileiros danificando plantas de arroz. Os danos decorrentes da sua alimentação causam principalmente morte do tecido central dos colmos das plantas de arroz, e recebem o nome de “coração morto”. Essa espécie possui comportamento alimentar muito semelhante a espécie praga *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae), principal pentatomídeo praga dos arrozais. Em função das poucas informações a respeito da espécie, é necessário compreender melhor seu comportamento para elaborar técnicas eficientes de controle, sendo a resistência das plantas uma opção viável e compatível com Manejo Integrado de Pragas (MIP). Dentro deste contexto, a técnica do *Electrical Penetration Graph* é ideal, pois permite compreender as atividades envolvidas na alimentação dos insetos sugadores que ocorrem dentro do tecido vegetal das plantas. Assim, o objetivo do estudo foi estabelecer uma metodologia de estudo de resistência a pentomídeos e analisar o comportamento da espécie *G. spinosa* em genótipos de arroz com diferentes níveis de resistência. Dois experimentos foram conduzidos utilizando plantas com 30 dias após emergência (DAE). O delineamento adotado para ambos foi de blocos ao acaso (DBC). As gravações foram realizadas por 16 horas contínuas através do monitor EPG AC-DC com impedância de entrada de 10^7 Ohms. No experimento 1, avaliou-se 15 indivíduos para cada fase de desenvolvimento de *G. spinosa* (machos e fêmeas adultas e ninfas de 3° e 5° instar). Através dos resultados obtidos do experimento I, definiu-se que fêmeas adultas é a melhor fase de desenvolvimento para condução do experimento II. No experimento II, quatro genótipos de arroz (BRS Esmeralda, Canela de Ferro, Primavera e Xingu) foram utilizados para estudar o comportamento alimentar de *G. spinosa*, foram realizadas gravações de 15 fêmeas adultas por genótipo. Foram verificados 6 tipos/subtipos de formas de ondas, semelhantes às encontradas para *T. limbativentris*, porém com maior irregularidade e pico mais acentuados. A espécie utiliza duas estratégias para se alimentar dos colmos de arroz baihna salivar para alimentação de vasos do xilema e ruptura celular (laceração e maceração) para alimentação de células do parênquima. A fase de desenvolvimento que mais realiza sondagens são fêmeas adultas, seguida pelos machos adultos. As ninfas de 3° e 5° instar permaneceram grande parte do período de gravação imóveis ou apenas se locomovendo sobre a planta. Houve diferença estatística no comportamento dos insetos de *G. spinosa* alimentando-se de genótipos com diferentes níveis de resistência. O tempo de sondagem foi maior nos genótipos que possuem resistência e menor no genótipo suscetível, tendo alongado o tempo de primeira prova para os genótipos Canela de Ferro e BRS Esmeralda. Portanto, a melhor fase de desenvolvimento para estudos com pentatomídeos são fêmeas e os resultados encontrados indicam forte influência de componente antixenótico associado à epiderme/mesofilo e nos próprios vasos condutores de xilema. Estudos sobre os constituintes do xilema são necessários para investigar melhor esse mecanismo de defesa.

Palavras-chaves: “coração morto”; EPG; percevejos; Resistência de plantas a insetos.

CHAPTER 4 – Establishment of a methodology for resistance studies of *Glypheidon spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) in rice genotypes using the electropenetrography technique

ABSTRACT – Insects of *Glypheidon spinosa* Campos & Grazia (Hemiptera: Pentatomidae) have been observed in Brazilian states damaging rice plants. Damage resulting from their feeding mainly causes death of the central tissue of the stalks of rice plants, and is called “dead heart”. This species has feeding behavior very similar to the pest species *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae), the main pentatomid pest of rice fields. Due to the limited information about the species, it is necessary to better understand its behavior in order to develop efficient control techniques, with plant resistance being a viable option compatible with Integrated Pest Management (IPM). Within this context, the Electrical Penetration Graph technique is ideal, as it allows understanding the activities involved in feeding the sucking insects that occur within the plant tissue of plants. Thus, the aim of the study was to establish a methodology to study resistance to pentatomids and analyze the behavior of *G. spinosa* species in rice genotypes with different levels of resistance. Two experiments were carried out using plants with 30 days after emergence (DAE). The design adopted for both was randomized blocks (DBC). The recordings were carried out for 16 continuous hours through the EPG AC-DC monitor with an input impedance of 107 Ohms. In experiment I, 15 individuals were evaluated for each developmental stage of *G. spinosa* (adult males and females and 3rd and 5th instar nymphs). Through the results obtained from experiment I, it was defined that adult females is the best stage of development for conducting experiment II. In experiment II, four rice genotypes (BRS Esmeralda, Canela de Ferro, Primavera and Xingu) were used to study the feeding behavior of *G. spinosa*, recordings of 15 adult females per genotype were performed. Six types/subtypes of waveforms were verified, similar to those found for *T. limbativentris*, but with greater irregularity and sharper peaks. The species uses two strategies to feed on salivary sheath rice stalks to feed xylem vessels and cell rupture (laceration and maceration) to feed parenchymal cells. The species uses two strategies to feed on salivary sheath rice stalks to feed xylem vessels and cell rupture (laceration and maceration) to feed parenchymal cells. The 3rd and 5th instar nymphs remained for most of the recording period immobile or just moving over the plant. There was a statistical difference in the behavior of *G. spinosa* insects feeding on genotypes with different levels of resistance. The probing time was longer in the resistant genotypes and shorter in the susceptible genotype, having lengthened the first test time for the Canela de Ferro and BRS Esmeralda genotypes. Therefore, the best developmental stage for studies with pentatomids are females and the results found indicate a strong influence of the antixenotic component associated with the epidermis/mesophyll and on the xylem-conducting vessels themselves. Studies on the constituents of xylem are needed to further investigate this defense mechanism.

Keywords: "dead heart"; EPG; bugs; Resistance of plants to insects.

1. Introdução

A espécie *Glypheapomis spinosa* (Campos & Grazia, 1998) (Hemiptera: Pentatomidae), praga secundária em cultivos de arroz, desperta grande preocupação, devido a sua capacidade adaptativa, expressa potencial de se tornar praga chave a cultura (Alves et al., 2012; Grazia et al., 2019; Zachrisson, 2019). A espécie é classificada em grau de importância aos cultivos de arroz, como moderado, juntamente com o principal pentatomídeo praga do cultivo, *Tibraca limbativentris* Stål. (Hemiptera: Pentatomidae) (Ferreira, 1997; Alves et al., 2012). Além disso, ambas as espécies possuem comportamentos alimentares semelhantes (Zachrisson, 2019).

Praga constatada nos estados brasileiros de Goiás, Tocantins, Mato Grosso e São Paulo (Campos e Grazia, 1998; Zachrisson, 2019). Possuem preferência por se alimentar do colmo das plantas de arroz (Alves et al., 2012), porém foi observado sua alimentação das estruturas reprodutivas da cultura e em hospedeiros alternativos (vagens de feijão verde, quiabos e plântulas de milho) em condições de casa de vegetação e laboratório (Informação pessoal).

Devido sua ocorrência nos cultivos de arroz e falta de informações sobre a interação da praga com o hospedeiro. Mais estudos são necessários para entender melhor seu comportamento alimentar e com isso ter subsídios para desenvolver técnicas de controle satisfatórias. As principais dificuldades nos estudos de insetos sugadores são visualização e entendimento do comportamento alimentar, pois as atividades mais relevantes ocorrerem internamente nos tecidos das plantas (Walker, 2000). Os estudos mais comuns para averiguar as atividades alimentares de pentatomídeos usualmente são baseados em observação visual e contagem de bainhas alimentares deixadas após a penetração dos estiletes nos tecidos (Bowling, 1979; Panizzi et al., 1995).

A técnica do *Electrical Penetration Graph* denominada como eletropenetrografia (EPG) é considerada ideal nos estudos com insetos sugadores, pois fornece meios completos e precisos para avaliar o comportamento alimentar de qualquer hemíptero (McClean e Kinsey, 1964; Tjallingii, 1978). A técnica monitora o comportamento alimentar dos insetos em diferentes tecidos vegetais, além de

determinar o sítio de alimentação e a estratégia alimentar que o inseto emprega (Backus et al., 2019).

Nesta técnica, um circuito elétrico entre o inseto sugador e sua fonte de alimento são formados, a partir de uma baixa corrente elétrica que flui através do sistema e gera formas de onda que são apresentadas na tela de um computador. Essas formas de onda representam as diferentes e principais atividades de alimentação que ocorrem dentro do tecido vegetal, como penetração de estilete, salivação e ingestão, e as atividades de não alimentação como: o inseto parado ou caminhando sobre a superfície da planta (Tjallingii, 1978; Walker, 2000).

A inserção das análises de EPG em estudos de resistência de plantas a insetos representa uma importante contribuição para a distinção das categorias envolvidas, além de auxiliar na identificação de fatores de resistência (Zhu et al., 2011; Khan et al., 2015; Todd et al., 2016; Backus et al., 2019). Ao comparar os comportamentos alimentares de insetos em plantas hospedeiras resistentes e suscetíveis, a localização e as características da resistência podem ser identificadas, para estabelecer correlações envolvendo mecanismos físicos e/ou químicos de resistência das plantas (Prado e Tjallingii, 2007).

Essa ferramenta vem sendo utilizada desde a década de 60 em estudos de resistência de plantas a insetos, em pulgões (Reese et al., 1964; Crompton; Ode, 2010; Zhu et al., 2011; Todd et al., 2016) e cigarrinhas (Miao et al., 2014). Para pentatomídeos, apesar de sua importância econômica, ainda não foi realizado estudos envolvendo técnica do EPG e resistência de plantas a insetos.

Portanto, os objetivos deste estudo foram: 1) estabelecer uma metodologia de pesquisa em estudo de resistência de plantas a pentatomídeos através da técnica de eletropenetrografia (EPG), e 2) caracterizar o comportamento alimentar de *G. spinosa* em plantas de arroz com diferentes níveis e categorias de resistência.

2. Materiais e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação e Laboratório de Manejo Integrado de Pragas do Instituto Federal Goiano, Câmpus Urutaí (Urutaí, Goiás, Brasil).

2.1 Criação de *G. spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae)

Plantas de arroz de genótipo suscetível BR IRGA 409 foram cultivadas em vasos plásticos (8 litros), contendo como substrato solo + adubo. Insetos doados pela Embrapa Arroz e Feijão (Santo Antônio de Goiás, Goiás, Brasil), foram conduzidos conforme metodologia de Alves et al., (2012), com adequações. Os insetos eram mantidos nas plantas de arroz (idade superior a 40 dias após plantio (DAP) em casa de vegetação. Periodicamente, as plantas contendo os insetos eram vistoriadas para coleta de posturas e limpeza dos vasos. As posturas coletadas eram depositadas em recipientes plásticos transparentes (11 x 11 x 3,5 cm) forrado com papel filtro umedecido e mantidas em laboratório em condições controladas (T 25±2 ° C, UR 70±10%, fotoperíodo de 14 horas). Diariamente respingava água sobre os ovos, até eclosão das ninfas. Ninfas de segundo instar eram colocadas novamente nas plantas de arroz e cobertas com gaiolas confeccionadas de tecido voal, para evitar fuga e predação dos insetos por outros organismos e parasitoides de ovos.

2.2 Material Vegetal

As sementes dos genótipos estudados, foram semeadas em recipientes plásticos transparentes (500 mL), tendo como substrato solo (Latossolo Vermelho) + adubo. Os genótipos de arroz foram conduzidos em casa de vegetação (T 30 ± 6 ° C, UR 70 ± 20 %). A adubação foi realizada conforme recomendado para cultivo de arroz (Sousa e Lobato, 2004) e irrigadas periodicamente de acordo com a necessidade hídrica das plantas. Não foram realizadas aplicações de produtos fitossanitários.

Foi realizado desbaste das plantas aos 15 (DAE), deixando o equivalente a uma planta por recipiente. Os ensaios foram instalados após as plantas atingirem 30 dias após a plantio (DAP).

2.3 Aramização dos insetos e gravações no EPG

Foram montados dois bioensaios. Em ambos, os insetos de *G. spinosa* foram separados por sexo (conforme Cap. 2) e fase de desenvolvimento e mantidos em

jejum por 5 horas antes das gravações. Um pedaço de fio de ouro (3,5 cm de comprimento e 0,1 mm de diâmetro) foi colado a um pedaço de fio de cobre ($\pm 3,5$ cm de comprimento) previamente soldado a um pequeno prego de latão. Na extremidade solta do fio de ouro, formou-se um pequeno laço que foi dobrado para cima para que a alça ficasse plana no dorso do inseto, para aumentar área de contato com a inseto e melhorar a condutividade elétrica. O processo de aramização dos insetos, seguiu metodologia de Lucini e Panizi (2016). Os insetos foram imobilizados em superfície lisa móvel com fita adesiva presa na porção posterior do abdome, onde os insetos tiveram seu pronoto lixado, com exceção das ninfas. O fio de ouro foi fixado ao pronoto do inseto com cola condutiva de prata. Após, esperou secar por aproximadamente 40 minutos antes de iniciar as gravações. Após a secagem, a fita adesiva foi removida com cuidado para evitar ferimentos nos insetos.

Um monitor EPG AC-DC de quatro canais (Backus e Bennett 2009, Backus e Shih, no prelo; EPG Technologies, Inc., Gainesville, FL) foi usado para registrar a atividade de alimentação dos insetos. As configurações padrão do equipamento foram as mesmas adotadas por Almeida et al. (2020). Os registros de EPG foram feitos usando sinal aplicado de 50 mV AC, impedância de entrada de 10^7 Ohms e configuração de amplificação (ganho) na caixa de controle de $400 \times$ (ganho real de 4000). As formas de onda foram registradas usando o software Windaq Waveform Browser (Dataq).

As formas de onda foram categorizadas de acordo com a aparência e características elétricas (frequência, amplitude relativa e origem elétrica (Almeida e Backus, 2004). As formas de onda foram nomeadas conforme nomenclatura proposta por Almeida et al. (2020).

Tabela 1: Formas de onda do EPG AC-DC e seus significados biológicos propostos para cada forma de onda registrada durante o comportamento alimentar de *Tibraca limbativentris* em colmo de arroz.

Estágio	Tipo ou subtipo	Significado biológico
Non-probing	Z	Inseto parado, nenhum movimento sobre a superfície do colmo
	Np	Inseto se movimentando sobre a superfície do colmo
Pathway	TI1	Penetração/ inserção do estilete e secreção da bainha salivar
Ingestão	TI2	Ingestão de seiva xilema

Salivação / ingestão	TI3a	Laceração celular, maceração enzimática de tecidos do caule
Ingestão	TI3b	Ingestão dos tecidos macerados

Fonte: Almeida et al. (2020).

Cinco variáveis foram calculadas: TPP (Tempo para primeira prova), WDI (duração da forma de onda por inseto), NWEI (número de eventos de forma de onda por inseto), WDEI (duração da forma de onda por evento por inseto) e PRT (porcentagem de tempo de registro) (Backus et al. 2007). Os registros do EPG de *G. spinosa* foram divididos em dois experimentos.

2.4 Experimento I

Para determinar uma metodologia de pesquisa para estudo de resistência de plantas *G. spinosa*, analisou o comportamento alimentar de *G. spinosa*, em três fases de desenvolvimento: 3º instar, 5º instar, e em adultos (fêmeas e machos) com 10 dias de idade, para verificar qual fase é mais adequada para os estudos em EPG. Foram registrados 15 insetos por fase de desenvolvimento. As gravações foram realizadas por período de 16 horas consecutivas.

O genótipo de arroz utilizado foi BR IRGA 409, material suscetível, o mesmo utilizado na criação dos insetos. O experimento foi realizado em condições de laboratório (25 ± 2 ° C, UR $70 \pm 10\%$) e luminosidade artificial contínua. O delineamento adotado foi de blocos casualizados (DBC).

2.5 Experimento II

Para caracterizar o comportamento alimentar de *G. spinosa* em plantas de arroz com diferentes níveis de resistência, foram utilizados quatro genótipos: BRS Esmeralda, Canela de Ferro, Primavera e Xingu. A escolha por esses genótipos se deu em função dos experimentos anteriores e histórico de resistência para outras espécies (França et al., 2018 Almeida et al., 2019).

Quinze fêmeas de *G. spinosa* foram gravadas por 16 horas consecutivas. A fase de desenvolvimento utilizada foi determinada através do experimento anterior (fêmea adulta). O delineamento adotado foi de blocos ao acaso (DBC). As gravações

foram realizadas em condições controladas (25 ± 2 ° C, UR $70 \pm 10\%$) e luminosidade artificial constante.

2.6 Análise estatística

2.6.1 Experimento I

Adotou-se análise de Modelo linear generalizado (GLM) com distribuição de Poisson para os dados de contagem NWEI, os quais foram ajustados por link de log. E para as variáveis de duração WDI, WDEI E PRT os dados foram comparados pelo modelo de Gamma. As médias foram comparadas usando o teste t pareado com a correlação de Tukey dos p-valores para comparações múltiplas. As diferenças foram consideradas significativas em $\alpha = 0,05$. As análises estatísticas foram realizadas no software R versão 4.0.1 (R Core, 2021).

2.6.2 Experimento II

Os resultados foram analisados através de Modelo linear generalizado (GLM) com distribuição de Poisson para os dados de contagem NWEI, os quais foram ajustados por link de log. Para variável TPP adotou modelo Gaussiana inversa. Para WDI adotou modelo gaussiana e para WDEI adotou modelo Gamma. As médias foram comparadas usando o teste t pareado com a correlação de Tukey dos p-valores para comparações múltiplas. As diferenças foram consideradas significativas em $\alpha = 0,05$, e as análises estatísticas foram realizadas no software R versão 4.0.1 (R Core, 2021).

3. Resultados

Em ambos os experimentos foram observados seis tipos/subtipos de ondas: Z, Np, TI1, TI2, TI3a e TI3b. As ondas provenientes do comportamento alimentar de *G. spinosa* mostrou a mesma aparência que as formas de onda da espécie *T. limbativentris*, porém foram menos nítidas que as ondas de *T. limbativentris*. As formas de onda representativas são apresentadas na Figura 1A-G.

O comportamento alimentar da espécie, consistia em atividades de não sondagem/non-probing e posteriormente atividades de sondagem/ Pathway + ingestão e salivação (secções de alimentação). As atividades de não sondagem consistiam na alternância das formas de onda Z e Np. As atividades de sondagem iniciavam com formas de onda TI1, seguidas de ondas TI3a ou TI2. Ondas TI3a eram frequentemente alternadas a TI3b, já as formas de onda TI2 foram pouco frequentes.

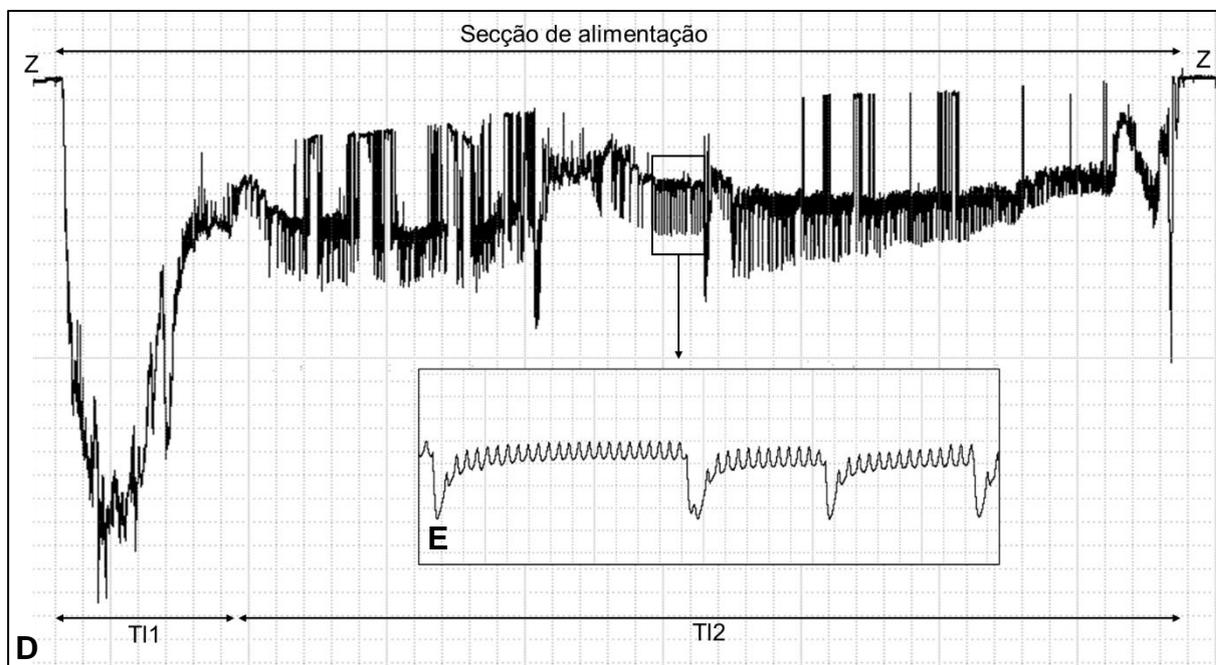
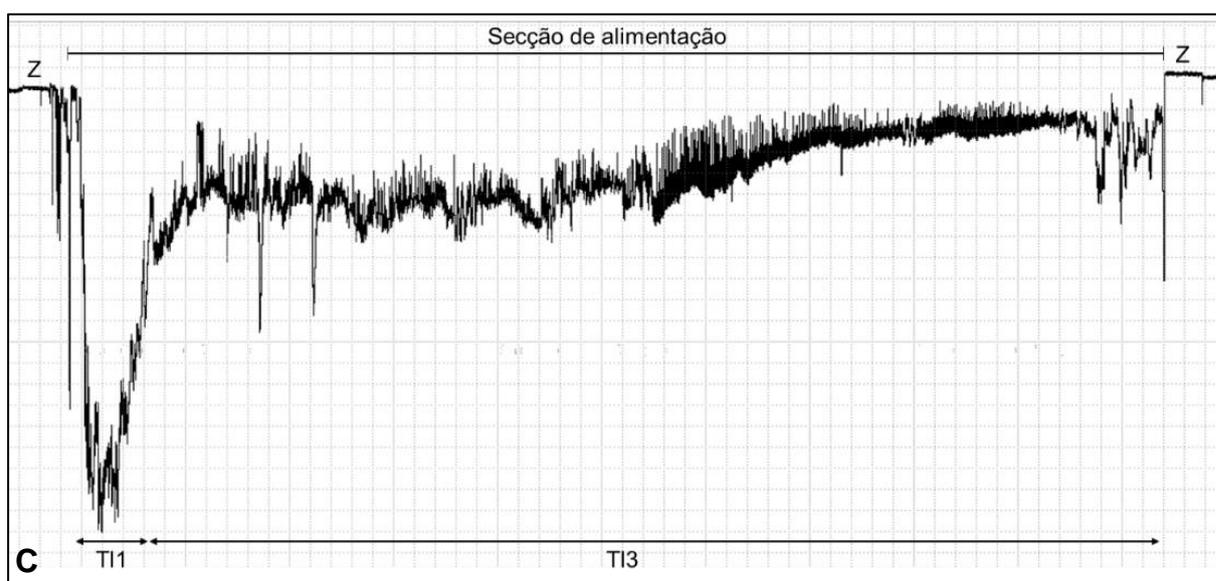
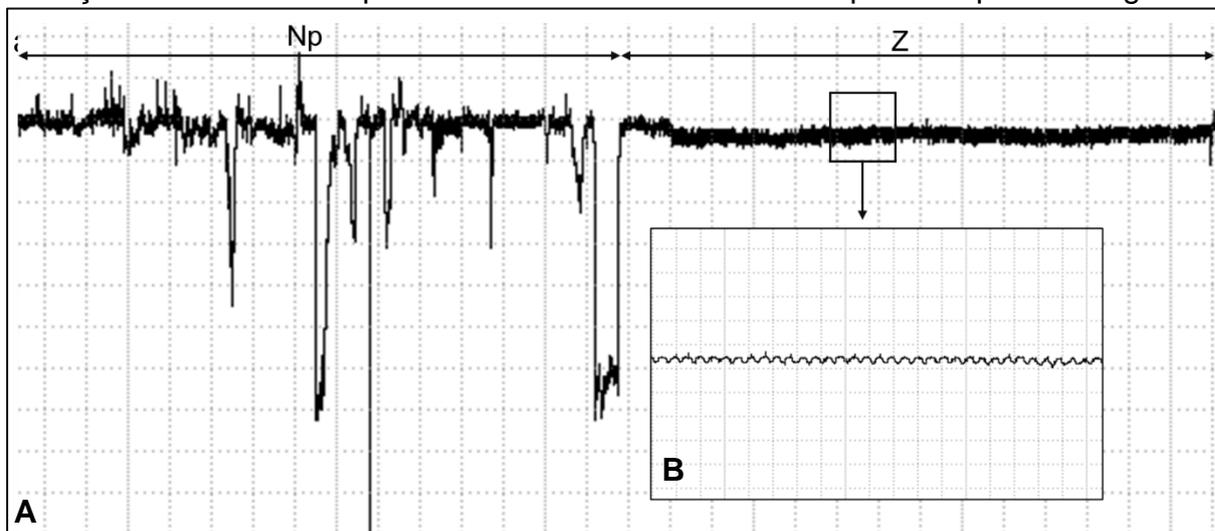
A forma de onda Z, foi observada quando o inseto estava parado na superfície do colmo da planta, essa forma de onda não apresenta mudanças bruscas na aparência e possui amplitude mais baixa (Figura 1A, B). Os eventos Z foram intercalados com formas de onda Np, relacionada ao inseto se movimentando sobre a superfície do hospedeiro, apresentou amplitude média, com frequência e picos irregulares (Fig. 1A).

A forma de onda TI1 representa a inserção dos estiletos e penetração mais profunda no tecido do colmo em direção ao local de alimentação (pathway) (Figura 1C, D). Apresentou maior amplitude comparada as demais formas de onda, sendo bastante irregular. De fácil visualização, grande parte foram monofásicas negativas, porém houve monofásicas positivas. A forma de onda TI1 sempre apareceu antes dos tipos TI3 e TI2 (Figura 1C, D). Difícil distinção entre finalização da forma de onda TI1 e início da TI3a. No geral, foram formas de ondas breves com duração máxima de 1,3 minutos por inseto, e número máximo de 10 vezes sendo realizada por inseto.

As ondas TI2 foram relacionadas a ingestão de xilema pelos insetos. Eram regulares com frequência semelhante e presença de picos intercalados e bem definidos (Figura 1 D, E e G). As durações de ingestão de xilema foram de curtos períodos variando de 2,6 a 4,0 minutos e número de eventos variando de 1,1 a 4,3 eventos por inseto.

As formas de onda TI3a foram correlacionadas com as atividades de maceração e laceração do tecido vegetal, correspondendo a movimentos contínuos do estilete dentro do colmo e secreção de saliva aquosa. Em geral, eram ondas com frequência e picos irregulares positivos e negativos (Figura 1F). Ondas de longa duração, podendo o inseto permanecer cerca de 50% do tempo de gravação realizando essas atividades.

A forma de onda TI3b representava a ingestão dos fluídos resultantes das atividades do estilete representadas pelas ondas TI3a. Ondas com frequência e duração reduzidas comparadas a TI3a. Caracterizadas pela frequência regular e



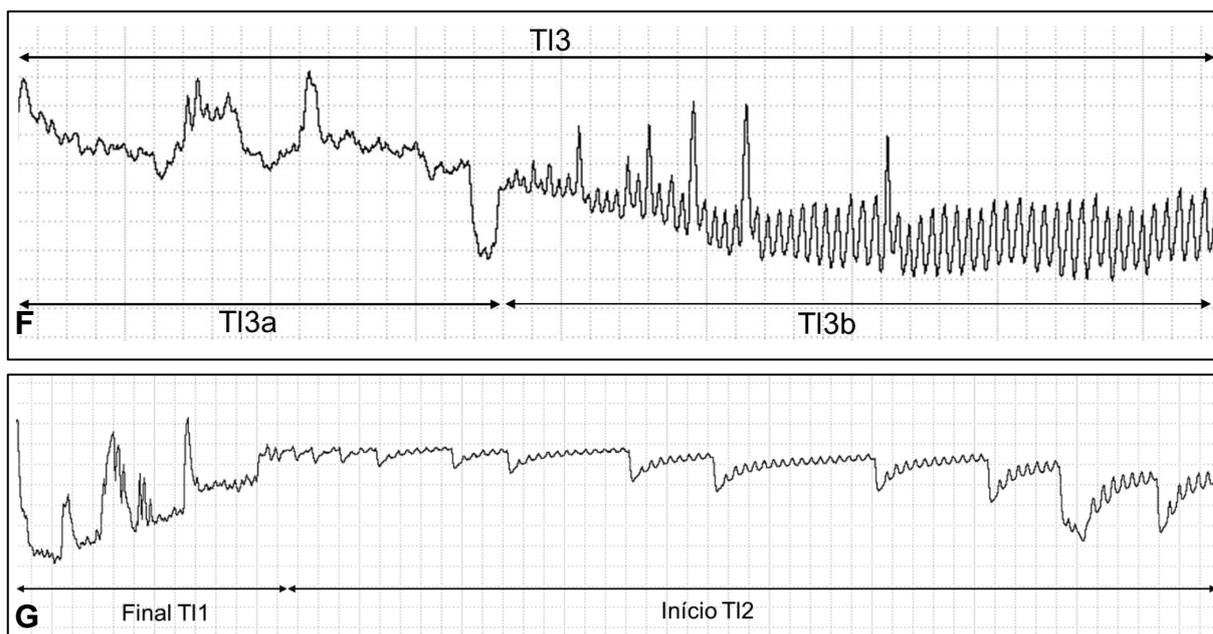


Figura 1. Formas de ondas produzidas por insetos de *Glyphepomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) em colmos de plantas de arroz. A) Formas de onda Np e Z; B) Detalhe da forma de onda Z; C) Visão Geral de uma secção de alimentação, possuindo tipos de onda T11 e T13; D) Visão Geral de uma secção de alimentação, possuindo tipos de onda T11 e T12; E) Detalhe forma de onda T12; F) Formas de ondas tipo T13 e subtipos T13a e T13b; G) Formas de onda subtipo T11 e tipo T12. Estrutura grosseira de formas de onda observadas com Windaq: A) Ganho 32 x (2 s / div. Vertical); B) Ganho 32 x (0,4 s / div. Vertical); C) Ganho 16 x (20 s / div. Vertical); D) Ganho 16 (20 s / div. Vertical); E) Ganho 32 x (0,4 s / div. Vertical); F, G) Ganho 16 x (0,4 s / div. Vertical).

2.4 Experimento I

Verificou-se diferença estatística nas ondas Z, T11, T12, T13a e T13b para duração da forma de onda ($P < 0,01$). As fêmeas adultas permaneceram por menor período paradas (Z) sobre a superfície do colmo de arroz, em contrapartida, as ninfas de 3° e 5° instar permaneceram por maior período imóveis. Verificou-se que os insetos machos e fêmeas permaneceram por maiores períodos em processo de inserção e penetração do estilete no colmo (T11) e ingerindo xilema (T12). As fêmeas adultas permaneceram por períodos mais longos realizando maceração/laceração (T13a) e

ingerindo os fluídos (TI3b), seguido, os insetos adultos machos apresentaram os maiores períodos. Não houve diferença estatística para onda Np ($P>0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2. Variável duração de forma de onda (WDI (min)), para as fases de desenvolvimento de fêmea e machos adultos, ninfa de 3º instar e ninfa de 5º instar em plantas de arroz.

Fase de desenvolvimento	Z	Np	TI1	TI2	TI3a	TI3b
Fêmeas	319,5a	19,3 ^a	4,9c	9,5c	524,9c	69,8d
Machos	496,5b	18,0a	4,0c	10,3c	352,9b	21,6c
Ninfas 3º instar	899,4c	31,8 ^a	0,1a	0,1a	4,4a	0,1a
Ninfas 5º instar	870,3c	24,3 ^a	1,6b	2,2b	57,4a	0,9b
Deviance	11,42	0,71	15,79	16,41	21,24	49,87
<i>p</i> -valor	<0,0001	0,551	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

*Medias seguida de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si.

*As durações são relatadas em minutos.

Fêmeas, machos e ninfas de 5º instar foram iguais estatisticamente para tempo de primeira prova. Porém, apresentaram período menor quando comparado as ninfas de 3º instar ($P<0,05$) (Figura 2).

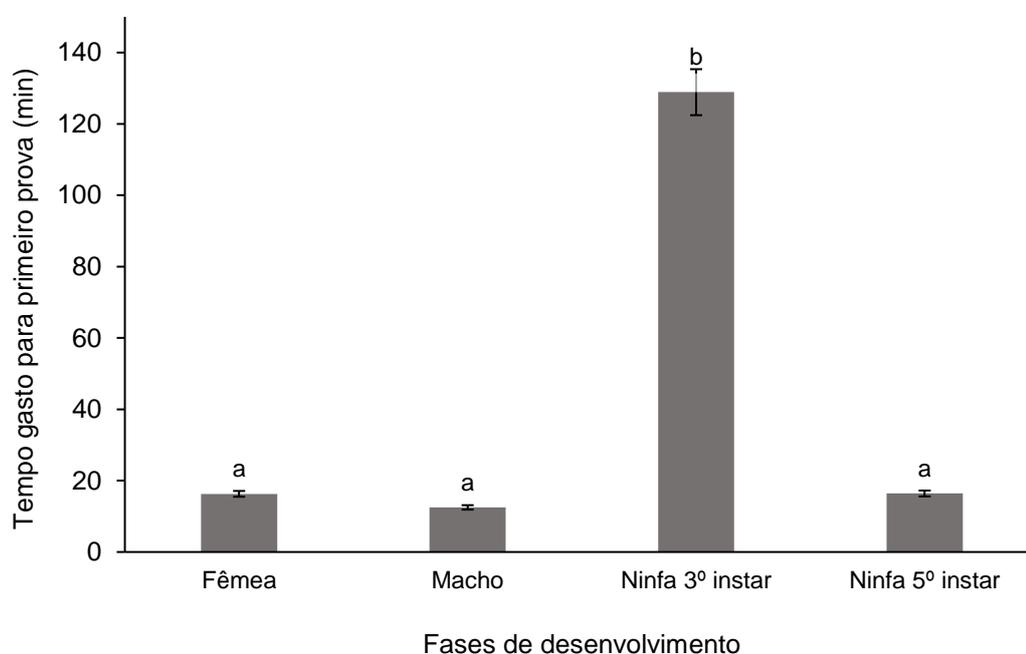


Figura 2. Tempo médio gasto para primeira prova nas plantas de arroz nas fases de desenvolvimento da espécie *Glyphepomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) avaliadas.

Foram constatadas diferenças significativas para número de eventos de onda por inseto, nas formas de onda Z, TI1, TI2, TI3a e TI3b ($P < 0,01$). Os insetos fêmeas e machos foram iguais estatisticamente e tiveram maior número de ondas Z, TI1 e TI2, comparadas as ninfas de 3° e 5° instar. As fêmeas adultas se destacaram por apresentarem maior número de eventos de ondas TI2, TI3a e TI3b por inseto. Não houve diferença estatística para número de eventos por inseto para onda Np ($P > 0,05$) (Tabela 3)

Tabela 3. Variável número de eventos de onda por inseto (NWEI) para as fases de desenvolvimento de fêmea e machos adultos, ninfa de 3° instar e ninfa de 5° instar em plantas de arroz.

Fase de desenvolvimento	Z	Np	TI1	TI2	TI3a	TI3b
Fêmea	15,6b	11,51a	5,93c	1,66b	23,93d	17,66c
Macho	16,2b	13,04a	4,46c	1,86b	11,66c	7,00b
Ninfa 3°	12,2a	10,33a	0,06a	0,06a	0,13a	0,01a
Ninfa 5°	13,4a	11,32a	1,53b	0,40a	2,33b	0,60a
Deviance	11,47	1,68	4,84	6,57	15,22	17,84
<i>p</i> -valor	<0,01	0,1779	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

*Medias seguida de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si.

Observou que a duração das formas de ondas registradas por evento em adultos e ninfas apresentaram diferença estatística, para ondas Z, TI1, TI2, TI3a e TI3b ($P < 0,05$). Verificou que as fêmeas foram as que apresentaram menor duração de forma de Z. Para TI1, TI3a e TI3b insetos machos e fêmeas e ninfas de 5° instar foram iguais estatisticamente e apresentaram os maiores períodos. Para TI2 os insetos machos e fêmeas apresentaram os maiores períodos. Não houve diferença estatística para ondas Np ($P > 0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4. Variável duração de forma de onda por evento por inseto (WDEI (min)) para as fases de desenvolvimento de fêmea e machos adultos, ninfa de 3° instar e ninfa de 5° instar em plantas de arroz.

Fase de desenvolvimento	Z	Np	TI1	TI2	TI3a	TI3b
Fêmea	27,73a	1,82 ^a	0,88b	3,68b	23,15b	3,59b
Macho	108,44b	1,57 ^a	0,80b	3,63b	25,71b	1,59b
Ninfa 3°	206,76c	3,06 ^a	0,16a	0,14a	2,26a	0,00a

Ninfa 5 ^o	157,85bc	2,04 ^a	0,54b	2,01a	10,38b	0,70b
Deviance	4,70	1,68	6,96	11,47	2,99	19,59
<i>p</i> -valor	<0,01	0,18	<0,01	<0,0001	0,0383	<0,0001

*Medias seguida de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si. *As durações são relatadas em minutos.

Nota-se que para as formas de onda Z, TI1, TI2, TI3a e TI3b houve diferença estatística entre o percentual de tempo de gravação ($P < 0,01$). As fêmeas adultas tiveram menor percentual de tempo total sob forma de onda Z, além disso, permaneceram cerca de 64,10% do período de gravação em processo de alimentação (TI1 +TI2 +TI3a +TI3b). Atividades sem sondagem (Z+Np) foram significativamente mais longas que as atividades de sondagem dos insetos machos, ninfas de 3^o e 5^o instar, variando de 53,77 % a 97,18% do tempo total de registro. Para formas de onda TI1 e TI2 os insetos machos e fêmeas apresentaram os maiores períodos de gravação. E as para as formas de onda TI3a e TI3b os maiores percentuais de gravação foram verificados para as fêmeas. Não houve diferença estatística para forma de onda Np ($P > 0,05$) (Tabela 5).

Tabela 5. Variável porcentagem de tempo de gravação (PRT) para as fases de desenvolvimento de fêmea e machos adultos, ninfa de 3^o instar e ninfa de 5^o instar em plantas de arroz.

Fase de desenvolvimento	Z	Np	TI1	TI2	TI3a	TI3b
Fêmea	33,37a	2,10a	0,60b	1,07b	54,44c	7,36c
Macho	51,81b	1,96a	0,51b	1,17b	36,85b	2,30b
Ninfa 3 ^o	93,78c	3,40a	0,06a	0,04a	0,45a	0,00a
Ninfa 5 ^o	90,75c	2,62a	0,25a	0,32a	6,12a	0,09a
Deviance	25,32	0,6624	8,78	5,1	21,24	10,28
<i>p</i> -valor	<0,0001	0,5786	<0,0001	0,0034	<0,0001	<0,0001

*Medias seguida de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si.

2.5 Experimento II

Observou diferença estatística entre os genótipos avaliados para tempo gasto para primeira prova em fêmeas de *G. spinosa* ($P < 0,05$). Constatou-se que nos genótipos BRS Esmeralda e Canela de Ferro, o tempo gasto para iniciar primeira prova dos insetos foi superior aos demais genótipos (Figura 3).

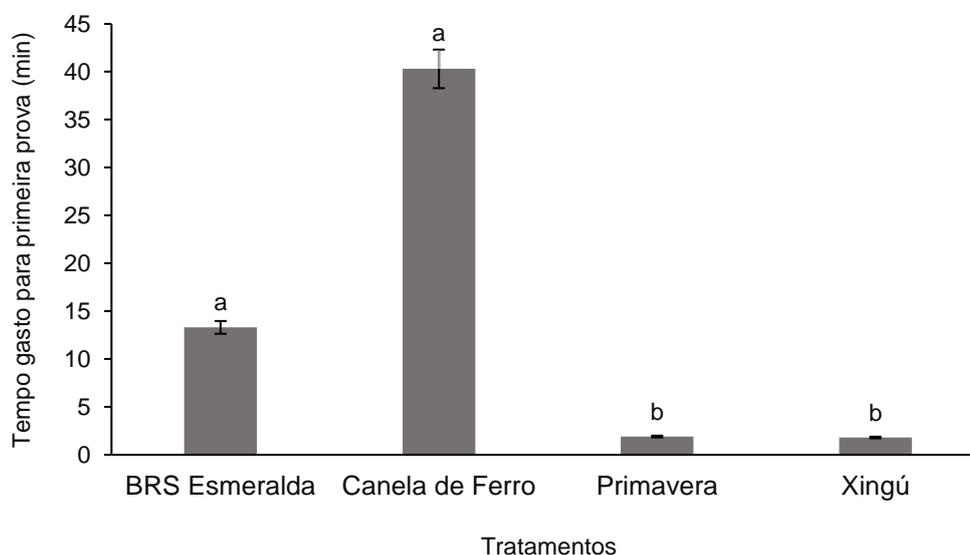


Figura 3. Tempo médio gasto para primeira prova para fêmeas adultas de *Glypompis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae), nos genótipos de arroz estudados.

Não houve diferença estatística para duração de forma de onda durante fases de non-probing, pathway e alimentação ($P > 0,05$) (Tabela 6).

Tabela 6. Variável duração de forma de onda (WDI (min)), para fêmeas adultas de *Glypompis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) em genótipos de arroz.

Tratamentos	Z	Np	TI1	TI2	TI3a	TI3b
Esmeralda	587,9a	36,5 ^a	8,0a	6,5a	272,3a	44,5a
Canela de Ferro	430,0a	54,9 ^a	6,3a	24,2a	322,1a	107,8a
Primavera	410,5a	60,6 ^a	12,5a	20,5a	341,7a	112,5a
Xingu	518,7a	39,5 ^a	11,8a	7,4a	267,4a	113,9a
Deviance	1,2348	0,7657	1,6505	1,9368	0,3159	0,7471
<i>p</i> -valor	0,3065	0,5184	0,1873	0,1351	0,8138	0,5290

*Medias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si.

*As durações são relatadas em minutos.

Para número de eventos de cada tipo de onda por inseto, verificou-se diferença estatística entre os genótipos nas formas de onda Z, Np, TI1, TI2, TI3a e TI3b ($P < 0,01$). Observou menor número de eventos para formas de onda Z, Np e TI1 nos genótipos BRS Esmeralda e Canela de Ferro. Os genótipos BRS Esmeralda e Xingu foram os que apresentaram menor número de eventos na forma de onda TI2. Foi verificado

menor número de eventos de ondas TI3a e TI3b nos genótipos BRS Esmeralda, enquanto o genótipo Xingu apresentou maior número de eventos para mesmas formas de onda (Tabela 7).

Tabela 7. Variável número de eventos de onda por inseto (NWEI) para fêmeas adultas de *Glypheapomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) em diferentes genótipos de arroz.

Tratamentos	Z	Np	TI1	TI2	TI3a	TI3b
BRS Esmeralda	26,0a	24,3 ^a	7,3a	1,1a	25,6a	19a
Canela de Ferro	28,7a	21,7 ^a	6,0a	4,3c	34,4b	26,7b
Primavera	47,4b	43,0b	10,0b	3,9b	44,4c	34,3c
Xingu	69,0c	64,3c	10,2b	1,0a	88,7d	80,5d
Deviance	1118,0	1216,5	271,6	246,1	1601,5	1740,5
<i>p</i> -valor	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

*Medias seguida de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si.

Houve diferença estatística para duração das formas de onda Np e TI3a por inseto ($P < 0,05$), onde notou-se que os genótipos BRS Esmeralda, Canela de Ferro e Primavera tiveram maior tempo de duração por inseto para ambas as formas de onda. Verificou-se que os insetos permaneceram por maior período realizando ondas TI3a nos genótipos BRS Esmeralda, Canela de Ferro e Primavera. Não verificou diferença estatística para mesmo parâmetro nas formas de onda Z, TI1, TI2 e TI3b ($P > 0,05$) (Tabela 8).

Tabela 8. Variável duração de forma de onda por evento por inseto (min) (WDEI) para fêmeas adultas de *Glypheapomis spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae) em diferentes genótipos de arroz.

Tratamentos	Z	Np	TI1	TI2	TI3a	TI3b
BRS Esmeralda	38,7a	1,5b	1,3a	3,1a	10,6b	1,7a
Canela de Ferro	33,2a	2,0b	1,0a	2,8a	9,3b	3,7a
Primavera	13,9a	1,4b	1,4a	4,0a	10,4b	3,1a
Xingu	21,3a	0,8 ^a	1,1a	2,6a	4,2a	1,6a
Deviance	69,04	6,99	1,23	0,32	1,80	1,67
<i>p</i> -valor	0,3373	0,0001	0,3071	0,8132	0,049	0,1843

*Medias seguida de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si.

*As durações são relatadas em minutos.

3 Discussão

Os heterópteros podem usar duas estratégias de alimentação: via bainha salivar ou via ruptura de células (Backus et al., 2005). Na primeira o inseto secreta

uma bainha salivar formada por saliva solidificante (geleificante), que envolve os estiletes durante toda penetração até localizar o sítio de alimentação. A segunda estratégia é dividida em duas táticas na primeira os insetos movem continuamente os estiletes no interior do tecido vegetal (laceração) e secretam saliva aquosa rica em enzimas (maceração) para quebra mecânica e química das células, para posterior ingestão dos fluidos (Miles, 1972; Hori, 2000).

Em geral, os insetos de *G. spinosa* adotam as duas estratégias (bainha salivar e ruptura celular) para se alimentar de colmos das plantas de arroz. Ao ingerir os vasos do xilema adota estratégia de bainha salivar, e ao ingerir conteúdo das células do parênquima adota estratégia de ruptura celular. As formas de onda da espécie, são semelhantes as espécies *T. limbiventris* se alimentando de colmos de plantas de arroz, e as ondas de *Diceraus (Dichelops) melacanthus* se alimentando de mudas de milho, e ambas as espécies empregam as duas estratégias de alimentação em estruturas vegetativas (Lucini e Panizzi, 2017a; Almeida et al., 2020).

Durante as gravações foi observado comportamento particular da espécie. As fêmeas ~~adultas~~ possuíam tendência de permanecerem com a cabeça voltada para cima durante período de alimentação, enquanto os machos ~~adultos~~ permaneciam com a cabeça voltada para baixo. Esse fato foi relacionado, aos insetos machos permanecerem maior período se alimentando de vasos do xilema.

Panizzi e Lucini (2019) e Almeida et al. (2020) também verificaram comportamento das espécies de percevejos *T. limbiventris* e *D. melacanthus* se alimentarem com a cabeça voltada para baixo em estruturas vegetativas de plantas de arroz e milho, respectivamente. Segundo Panizzi e Lucini (2019), os insetos permanecem com a cabeça voltada para baixo durante período de alimentação por ser mais eficiente sua alimentação de vasos do xilema, pois ficam contra o fluxo de seiva que sobe das raízes sentido as folhas.

No presente estudo não verificou, formas de onda associadas a ingestão de floema por insetos de *G. spinosa* em nenhum dos experimentos. Esse mesmo fato foi observado por Almeida et al. (2020), ao estudarem o comportamento alimentar de *T. limbiventris* em arroz. Isso sugere que os insetos se hidratam da seiva diluída (xilema) e obtém os nutrientes essenciais através da maceração e laceração do tecido do parênquima.

3.4 Experimento I

As diferenças observadas do comportamento alimentar da espécie em diferentes fases de desenvolvimento podem ser explicadas pelas necessidades nutricionais entre insetos machos e fêmeas e ninfas. Através do estudo, verificou-se que as fêmeas apresentaram maior período de sondagem e frequência, comparado as demais fases de desenvolvimento. As necessidades nutricionais são maiores para as fêmeas devido ao custo para uma reprodução bem-sucedida (Lee, 2010).

Piubelli et al. (2003) verificaram que fêmeas de *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) comparadas aos insetos machos acumulam maior teor de lipídeos no corpo, isso evidencia as maiores demandas metabólicas e longos períodos de alimentação para as fêmeas.

Os insetos adultos requerem maior quantidade de nutrientes para realizar a reprodução (Panizzi, 1991). O que justifica o fato dos insetos adultos (machos e fêmeas) terem permanecido realizando atividades de sondagem com maior frequência e períodos comparados as ninfas, que permaneceram grande parte do tempo em atividades de não sondagem.

Além disso, a morfologia das formas jovens dos percevejos pode impedir ou dificultar a sua alimentação, pois são mais frágeis e devido ao menor tamanho do aparelho bucal das ninfas, a alimentação pode ser dificultada, por conta disso, em várias espécies de pentatomídeos, as formas imaturas não se alimentam de sementes maduras (Panizzi, 1991).

A utilização dos recursos nutritivos utilizados nas diferentes fases de desenvolvimento do inseto, está diretamente ligado ao efeito no seu desenvolvimento e processos ligados à reprodução (Scheirs et al., 2000, 2005). A alimentação do inseto aumenta de acordo com sua fase de desenvolvimento, como visto, ninfas de 5º instar foram mais ativas e se alimentaram mais que ninfas de 3º instar, inferindo que sua alimentação aumente de acordo com as necessidades nutricionais para seu desenvolvimento.

O presente estudo visa compreender o comportamento alimentar da espécie, é necessário que a fase de desenvolvimento utilizada para os estudos seja aquela que mais se alimenta, pois são maiores as chances de visualização de todas as atividades

envolvidas e contidas no processo de alimentação. Portanto, a melhor fase de desenvolvimento para estudos de comportamento alimentar em *G. spinosa* são fêmeas, devido a maior frequência de eventos de alimentação e duração.

3.5 Experimento II

Os resultados deste estudo demonstraram que os diferentes níveis de resistência presentes nos genótipos de arroz avaliados afetaram o comportamento alimentar dos insetos de *G. spinosa*. Os genótipos BRS Esmeralda e Canela de Ferro prolongaram significativamente o tempo de primeira prova, isso pode ser considerado um indicativo de presença de fatores de resistência localizados na superfície da planta (Alvarez et al., 2006).

A resistência da superfície é a primeira linha de defesa contra-ataques de insetos-praga. Um período maior para primeira prova reflete os efeitos de estímulos físicos ou químicos presentes na superfície do hospedeiro, como a dureza do tecido (Van Helden e Tjallingii, 1993). Assim, o tempo para a primeira prova pode ser considerado como uma avaliação dos tecidos pelos insetos (Troncoso et al., 2005). Isso é importante, pois a composição da cera epicuticular e a espessura da cutícula epidérmica podem influenciar a aceitação da planta hospedeira (Lei et al., 2001).

O menor período de atividades ligadas a alimentação (sondagem) e maior número de eventos, pode inferir que os genótipos são favoráveis ao inseto, são fontes ricas nutricionalmente suprimindo as necessidades do inseto em pouco período de alimentação, ou não apresentam nenhum mecanismo de resistência que dificulte ou impeça a alimentação. Como visto no genótipo Xingu, o tempo de sondagem menor, indica acesso mais fácil ao local adequado de alimentação.

Nos genótipos que os insetos permaneceram maiores períodos em atividades de sondagem, infere-se que a fonte era pobre nutricionalmente e dessa forma foi necessário o inseto permanecer por maior tempo para suprir suas necessidades ou apresentou algum mecanismo de defesa que dificultou a chegada do estilete até local de alimentação. O que justifica o maior período de sondagem nos genótipos Primavera, BRS Esmeralda e Canela de Ferro. Em plantas resistentes, a fase de sondagem do estilete em muitos hemípteros é frequentemente caracterizada por maior duração nas formas de ondas (Dreyer e Campbell, 1987).

Sugere-se que devido aos resultados de rigidez de tecido elevada nesses genótipos obtidos em estudo anterior (Cap. 2), o tecido lignificado possa impedir o progresso do estilete em direção ao tecido ao qual o inseto prefere se alimentar, por isso o período mais longo nas formas de onda diretamente ligadas a alimentação (TI2, TI3).

A espécie *D. melacanthus* se alimentando de plântulas de milho apresentou número elevado de eventos de curta duração (Lucini e Panizzi, 2017). Lucini e Panizi (2016), estudando comportamento alimentar de *Edessa meditabunda* (Hemiptera: Pentatomidae) com EPG em hastes de plantas de soja verificaram que os percevejos repetiram o número de eventos de ingestão várias vezes, com longos períodos em cada evento de ingestão, aproximadamente 1 hora. Assim a frequência de alimentação pode causar alta ou baixa duração de alimentação, isso varia em função do hospedeiro e presença ou não de algum fator de resistência.

Os resultados deste estudo também mostram que os percevejos foram capazes de localizar o sítio de alimentação, no entanto, em vez de ingerir por longos períodos (TI3b), foi gasto mais tempo macerando e lacerando (TI3a), isso é perceptível nos genótipos BRS Esmeralda, Canela de Ferro e Primavera. Uma possível justificativa seja que haja algum fator de resistência nos tecidos encontrados pelos estiletos dos percevejos antes de atingir o sítio de alimentação usando estratégia de ruptura celular.

Embora não tenha verificado diferença significativa entre os genótipos, os insetos permaneceram por períodos reduzidos em fase de ingestão de xilema no genótipo Xingu. A ingestão de xilema é importante para os insetos preservarem o equilíbrio da água (Spiller et al., 1990), entretanto, a seiva do xilema pode não fornecer o equilíbrio adequado de nutrientes, sendo necessário tempo maior de ingestão ou busca por outros locais de alimentação. Justificando o fato dos insetos nos genótipos BRS Esmeralda, Canela de Ferro e Primavera, permaneceram por períodos mais longos ingerindo xilema e a maior frequência de eventos por inseto.

Khan et al., (2015) ao estudarem o comportamento alimentar de dois biótipos de *Diuraphis noxia* (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo e cevada suscetíveis e resistentes usando a técnica do EPG, verificaram prolongamento da ingestão de xilema, e maior número de eventos produzidos por insetos do biótipo 2 em plantas de trigo resistente, corroborando com os resultados do presente estudo.

Os insetos de *G. spinosa* alcançaram os feixes vasculares com igual sucesso em ambos os genótipos estudados. Conseqüentemente, sugerimos que o mecanismo de resistência nos materiais estudados não é resultado de fatores que possam interferir na localização dos vasos de xilema. A resistência pode ser expressa nos próprios vasos condutores de seiva. Nesse contexto, inferimos, presença de componentes antibióticos nos vasos de xilema do genótipo Canela de Ferro, devido a maior frequência e tendência de períodos mais longos dos eventos envolvendo a forma de onda TI2. Como visto em resultados anteriores (Cap.3) esse genótipo influencia negativamente o desenvolvimento dos insetos dessa espécie e apresenta resistência por antibiose.

A necrose dos tecidos dos colmos das plantas de arroz (“coração morto”), após alimentação de *G. spinosa*, pode ser associado principalmente aos períodos de salivação/ingestão dos insetos, ou pode estar relacionada ao comportamento de inserção e retirada dos estiletes que podem causar maior lesão às paredes celulares.

Sabe-se que o modo de inserção e retirada dos estiletes está associado a diferentes níveis de destruição de tecidos (Cohen 1996). No presente estudo, observou-se que o genótipo Xingu apresentou alta frequência de eventos de ondas TI1 e TI3a. Verificou-se ainda no trabalho de tolerância (Cap. 3), que esse genótipo comparado aos demais apresenta elevadas notas de injúrias, número de perfilhos

atacados e com “coração morto”. Inferindo, que a frequência com que os insetos de *G. spinosa* inserem o estilete no tecido da planta e realizam quebra mecânica e química dos tecidos esteja relacionada a acentuada presença de colmos danificados e com “coração morto”.

As injúrias e danos ocasionados por *G. spinosa* aparecem nas plantas de 3 a 5 dias após a alimentação do percevejo, tendo o inseto permanecido apenas 16 horas na planta (Informação pessoal). Assim, o papel da saliva dos hemípteros e das enzimas salivares é fundamental para a compreensão da etiologia dos danos que esses insetos causam às plantas.

Portanto, a presença de antixenose é observada e consistente nos resultados, indicando atrasos para primeira prova e maior duração em processo de ruptura celular. Nossos resultados indicam forte influência de componente antixenótico associado à epiderme/mesofilo e nos próprios vasos condutores de xilema. Estudos

sobre os constituintes do xilema são necessários para investigar melhor esse mecanismo de defesa.

4 Referências

Almeida RPP, Backus EA (2004) Stylet penetration behaviors of *Graphocephala atropunctata* (Signoret) (Hemiptera, Cicadellidae): EPG waveform characterization and quantification. **Annals of the Entomological Society of America** 97:838-851. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2004\)097\[0838:SPBOGA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2004)097[0838:SPBOGA]2.0.CO;2)

Almeida ACS, Dierings C, Borella Júnior C, Jesus FG, Barrigossi JAF (2019) Resistance of rice genotypes to *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal of Economic Entomology** 113:482-488. <https://doi.org/10.1093/jee/toz277>

Almeida ACS, Jesus FG, Barrigossi JAF (2020) Unveiling the Feeding Behavior of *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) on Rice Using an Electropenetrography Waveform Library. **Journal of Insect Science** 20:1-8 <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieaa064>

Alvarez AE, Tjallingii WF, Garzo E, Vleeshouwers V, Dicke M, Vosman B (2006) Location of resistance factors in the leaves of potato and wild tuber-bearing Solanum species to the aphid *Myzus persicae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 121: 145–157. <https://doi.org/10.1111/j.1570-8703.2006.00464.x>

Alves TM, Barrigossi JAF, Quintela ED (2012) Life cycle of *Glypheidemia spinosa* Campos & Grazia (Hemiptera: Pentatomidae): a new pest of rice in Brazil. **Neotropical Entomology** 41:437-441. <https://doi.org/10.1007/s13744-012-0067-3>

Backus EA, Bennett WH (2009) 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** 55: 869–884. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2009.05.007>

Backus EA, Cline AR, Ellerseick MR, Serrano MS (2007) Behaviour: *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** 100: 296–310. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2007\)100\[296:LHHMFO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2007)100[296:LHHMFO]2.0.CO;2)

Backus EA, Serrano MS, Ranger CM (2005) Mechanisms of hopperburn: An overview of insect taxonomy, behavior, and physiology. **Annual Review of Entomology** 50:125-15. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.49.061802.123310>

Backus EA, Cervantes FA, Guedes RNC, Li AY, Wayadande AC (2019) AC–DC Electropenetrography for In-depth Studies of Feeding and Oviposition Behaviors. **Annals of the Entomological Society of America** 112:236–24. <https://doi.org/10.1093/aesa/saz009>

Bowling CC (1979) The stylet sheath as an indicator of feeding activity of the rice stink bug. **Journal of Economic Entomology** 72:259-260.

Campos LA, Grazia J (1998) Revisão de *Glypheapomis* Berg, 1891 (Heteroptera, Pentatomidae, Pentatomini). **Revista Brasileira de Entomologia** 41:203–212.

Cohen AC (1996) Plant feeding by predatory Heteroptera: evolutionary and adaptational aspects of trophic switching. In Alomar, O. & R. N. Wiedenmann (eds.). **Zoophytophagous Heteroptera: implications for life history and integrated pest management**. Lanham: Entomological Society of America, p. 1-17.

Crompton DS, Ode PJ (2010) Feeding behavior analysis of the soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) on resistant soybean 'Dowling.' **Journal of Economic Entomology** 103:648-653. <https://doi.org/10.1603/EC09370>

Dreyer DL, Campbell AC (1987) Chemical basis of host-plant resistance to aphids. **Plant, Cell & Environment** 10: 353-361. <https://doi.org/10.1111/1365-3040.ep11603601>

Ferreira E, Zimmermann FJD, Santos AB, Neves BP (1997) O percevejo do colmo na cultura do arroz. Goiânia: Embrapa-CNPAP, 43p. (Embrapa - CNPAP. Documentos, 75).

França LL, Dierings CA, Almeida ACS, Araújo MS, Heinrichs EA, Silva AR, Barrigossi JAF, Jesus FG (2018) Resistance in rice to *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae) influenced by plant silicon content. **Florida Entomologist** 101:587–591. <https://doi.org/10.1653/024.101.0419>

Grazia J, Panizzi AR, Greve C, Schwertner CF, Campos LA, Garbelotto TA, Fernandes JAM (2019) Stink Bugs (Pentatomidae). In.: Panizzi AR, Grazia J (eds). **True Bugs (Heteroptera) of the Neotropics**. p. 681-756. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9861-7>

Hori K (2000) Possible causes of disease symptoms resulting from the feeding of phytophagous Heteroptera, In C. W. Schaefer, Panizzi AR (eds.), **Heteroptera of economic importance**. Florida: CRC Press, p. 11–35.

Khan SA, Marimuthu M, Predeesh C, Aguirre-Rojas LM, Reese JC, Smith CM (2015) Electrical Penetration Graph Recording of Russian Wheat Aphid (Hemiptera: Aphididae) feeding on Aphid-Resistant Wheat and Barley. **Journal of Economic Entomology** 108:2465–2470. <https://doi.org/10.1093/jee/tov183>

Lee KP (2010) Sex-specific differences in nutrient regulation in a capital breeding caterpillar, *Spodoptera litura* (Fabricius). **Journal of Insect Physiology** 56: 1685-1695. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2010.06.014>

Lei H, Van Lenteren JC, Xu RM (2001) Effects of plant tissue factors on the acceptance of four greenhouse vegetable host plants by the greenhouse whitefly: an Electrical Penetration Graph (EPG) study. **European Journal of Entomology** 98:31–36. <https://doi.org/10.14411/eje.2001.005>

Lucini T, Panizzi AR (2016) Waveform characterization of the soybean stem feeder *Edessa meditabunda* (F.) (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): overcoming the challenge of wiring pentatomids for EPG. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 158:118-132. <https://doi.org/10.1111/eea.12389>

Lucini T, Panizzi AR (2017) Feeding behavior of the stink bug *Dichelops melacanthus* Dallas on corn seedlings: an EPG analysis at multiple input impedances and histology correlation. **Annals of the Entomological Society of America** 110: 160–171. <https://doi.org/10.1093/aesa/saw070>

Mclean DL, Kinsey MG (1964) A technique for electronically recording aphid feeding and salivation. **Nature** 202:1358–1359.

Miao J, Han BY, Zhang QH (2014) Probing Behavior of *Empoasca vitis* (Homoptera: Cicadellidae) on Resistant and Susceptible Cultivars of Tea Plants. **Journal of Insect Science** 14: 223. <https://doi-org.ez87.periodicos.capes.gov.br/10.1093/jisesa/ieu085>

Miles PW (1972) The saliva of Hemiptera. **Advances in Insect Physiology** 9:183-255. [https://doi.org/10.1016/S0065-2806\(08\)60277-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2806(08)60277-5)

Panizzi AR, Niva CC, Hirose E (1995) Feeding preference by stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) for seeds within soybean pods. **Journal of Entomological Science** 30:333-341.

Panizzi AR (1991) Ecologia nutricional de insetos sugadores de sementes. In: Panizzi AR, Parra JRP (eds.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo, Editora Manole Ltda, p. 253-287.

Panizzi AR, Lucini T (2019) Body position of the stink bug *Dichelops melacanthus* (Dallas) during the feeding from stems of maize seedlings. **Brazilian Journal of Biology** 79: 304–310. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.18250>

Piubelli GC, Hoffmann-Campo CB, De Arruda IC, Lara FM (2003) Nymphal development, lipid content, growth and weight gain of *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae) fed on soybean genotypes. **Neotropical Entomology** 32: 127-132. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2003000100019>

Prado E, Tjallingii WF (2007) Behavioral evidence for local reduction of aphid-induced resistance. **Journal of Insect Science** 7:48. <https://doi.org/10.1673/031.007.4801>

R Core Team (2021) R: the R project for statistical computing. Version 4.0.2. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Reese JC, Margolies DC, Backus EA, Noyes S, Bramel-Cox P, Dixon AGO (1994) Characterization of aphid host plant resistance and feeding behavior through use of a computerized insect feed monitor. In: Ellsbuty MM, Backus EA, Ullman DL. **History, Development, and Application of AC Electronic Insect Feeding Monitors**. Lanham: Thomas Say Publications in Entomology, Entomological Society of America p.52–72.

Scheirs J, Jordaens K, De Bruyn L (2005). Have genetic trade-offs in host use been overlooked in arthropods? **Evolutionary Ecology** 19: 551–561

Scheirs JBL, Verhagen R (2000) Optimization of adult performance determines host choice in a grass miner. **Proceedings of the Royal Society of London** 267: 2065-2069. <https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1250>

Souza DMG, Lobato E (2004) Cerrado: correção do solo e adubação. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 421p.

Spiller NJ, Koenders L, Tjallingii WF (1990) Xylem ingestion by aphids - a strategy for maintaining water balance. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 55:101-104. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1990.tb01352.x>

Tjallingii WF (1978) Electronic recording of penetration behaviour by aphids. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 24: 721–730

Todd JC, Rouf Mian MA, Backus EA, Finer JJ, Redinbaugh MG (2016) Feeding behavior of soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) biotype 2 on resistant and susceptible soybean. **Journal of Economic Entomology** 109: 426-433. <https://doi.org/10.1093/jee/tov315>

Troncoso AJ, Vargas RR, Tapia DH, Olivares-Donoso R, Niemeyer HM (2005) Host selection by the generalist aphid *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) and its subspecies specialized on tobacco, after being reared on the same host. **Bulletin of Entomological Research** 95:23–28. <https://doi.org/10.1079/BER2004334>

Van Helden M, Tjallingii WF (1993) Tissue localisation of lettuce resistance to the aphid *Nasonovia ribisnigri* using electrical penetration graphs. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 68:269-278. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1993.tb01713.x>

Walker GP (2000) A beginner's guide to electronic monitoring of homopteran probing behavior. In G. P. Walker and E. A. Backus (eds.). **Principles and applications of electronic monitoring and other techniques in the study of homopteran feeding behavior**. Maryland: Entomological Society of America, p. 14–40.

Zachrisson B (2019) Rice. In: Souza B, Marucci RC, Vásquez LL. **Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical: Agroecosystems Biological Control and Functional Biodiversity**. Switzerland: Springer Nature, p. 383-396.

Zhu L, Reese JC, Louis J, Campbell L, Chen MS (2011) Electrical Penetration Graph Analysis of the Feeding Behavior of Soybean Aphids on Soybean Cultivars With Antibiosis. **Journal of Economic Entomology** 104:2068–2072. <https://doi.org/10.1603/ec11203>

CAPÍTULO 5 – Considerações Finais

Na cultura do arroz há incidência de diversos pentatomídeos pragas capazes de ocasionar danos e injúrias as estruturas vegetativas e reprodutivas das plantas, sendo responsáveis por significativa redução no rendimento da cultura. Nos Programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP), diversas táticas de controle podem ser adotadas e utilizadas em conjunto ou de forma isolada, para minimizar problemáticas, como a presença de insetos-praga. Uma das táticas que vêm se mostrando mais promissoras é a Resistência de Plantas a Insetos (RPI). Neste estudo foi demonstrado que a resistência de plantas é uma alternativa viável para espécie *G. spinosa*, principalmente porque ainda não há táticas registradas para controle de sua população.

No presente trabalho foi verificado que os genótipos Canela de ferro, Bacaba Branco, Bico Ganga, Nenenzinho, Miúdo Branco e Lageado Ligeiro não foram satisfatórios ao desenvolvimento dos insetos de *G. spinosa*. Dentro do contexto do MIP, genótipos com presença de antibiose são bastante desejáveis pois reduzem o desempenho biológico do inseto-praga, reduzem o número de gerações do inseto por ciclo da cultura, além disso, podem diminuir o nível populacional da espécie, mantendo-a abaixo do nível e controle.

A tolerância é altamente interessante no MIP, pois por não afetarem o comportamento e nem o desenvolvimento dos insetos, reduz a pressão de seleção sobre a espécie, reduz número de aplicações de inseticidas e conserva a população inimigos naturais, que conseqüentemente auxilia no controle da espécie. No trabalho, constatou-se que os genótipos Bonança e Primavera possuem indícios de presença de tolerância. Assim, em programas de melhoramento essa característica pode ser mais bem explorada, sem alterar as questões de produtividade e qualidade dos grãos. Mas para isso, estudos futuros devem ser realizados, principalmente, em condições de campo.

Neste estudo, é proposto uma metodologia que leva em consideração a melhor fase de desenvolvimento da espécie estudada *G. spinosa* para condução de estudos no EPG, que melhor permite observar as principais atividades que ocorrem internamente no tecido vegetal. Além disso, o emprego da técnica de EPG nesse

trabalho permitiu investigar e desvendar muitas informações, até então incertas sobre o comportamento alimentar da espécie. As informações obtidas, representam um grande benefício para a área de resistência de plantas a insetos, uma vez que essa ferramenta auxilia na localização e correlações dos fatores envolvidos na resistência dos materiais estudados. Além disso, essas informações serão úteis para o entendimento das causas dos danos e para desenvolvimento de tecnologias para melhorar o controle de percevejos pragas em estudos futuros.

Dado o potencial da espécie *G. spinosa* de se tornar uma praga primária da cultura do arroz, os resultados deste estudo podem ser úteis para programas de melhoramento de arroz que visam o desenvolvimento de plantas resistentes a essa espécie. Porém futuramente, devem ser realizadas análises químicas e moleculares para identificação de compostos químicos e locos genéticos envolvidos na resistência desses percevejos.

Além disso, em especial os genótipos BRS Esmeralda e Primavera são disponíveis comercialmente e podem ser promovidos para plantios em regiões onde há incidências da espécie. A utilização desses genótipos, associadas a outras técnicas de controle de pragas, podem auxiliar no manejo da espécie, reduzindo significativamente populações dos insetos.

Dessa forma, este estudo contribui de forma efetiva no manejo da espécie, e fornece subsídios para uso de uma ferramenta para seleção de genótipos comerciais e não comerciais resistentes a insetos sugadores, contribuindo para programas de melhoramento de plantas que visam identificar materiais com características de resistência a *G. spinosa*. Além disso, é promovido e disponibilizado aos produtores o conhecimento de materiais comerciais com alta produtividade que apresentam resistência e que estão aptos a serem utilizados no campo.