

JOÁZ DORNELES JUNIOR

**DESENVOLVIMENTO DE *Euschistus heros* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) EM
AMBIENTE ENRIQUECIDO COM CO₂**

Botucatu

2017

JOÁZ DORNELES JUNIOR

**DESENVOLVIMENTO DE *Euschistus heros* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) EM
AMBIENTE ENRIQUECIDO COM CO₂**

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Proteção de
Plantas).**

**Orientadora: Profa. Dra. Regiane Cristina
Oliveira de Freitas Bueno
Coorientadora: Dra. Simone de Souza
Prado**

**Botucatu
2017**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

D713d Dorneles Junior, Joáz, 1992-
Desenvolvimento de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) em ambiente enriquecido com CO₂ / Joáz Dorneles Junior. - Botucatu : [s.n.], 2017
56 p. : fots. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2017
Orientador: Regiane Cristina Oliveira de Freitas
Bueno
Coorientador: Simone de Souza Prado
Inclui bibliografia

1. Soja - Doenças e pragas. 2. Dióxido de carbono.
3. Percevejo (Inseto) - Controle. I. Bueno, Regiane Cristina Oliveira de Freitas. II. Prado, Simone de Souza. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte."



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "DESENVOLVIMENTO DE *Euschistus heros* (HEMIPTERA: TENTATOMIDAE) EM AMBIENTE ENRIQUECIDO COM CO₂"

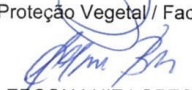
AUTOR: JOAZ DORNELES JUNIOR

ORIENTADORA: REGIANE CRISTINA OLIVEIRA DE FREITAS BUENO

COORDINADORA: SIMONE DE SOUZA PRADO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (PROTEÇÃO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dra. REGIANE CRISTINA OLIVEIRA DE FREITAS BUENO
Dep de Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu


Prof. Dr. EDSON LUIZ LOPES BALDIN
Dep de Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu


Prof. Dr. EVANDRO PEREIRA PRADO
Produção Vegetal - Defesa Fitossanitária / FCAT - Unesp - Dracena

Botucatu, 21 de fevereiro de 2017.

À minha mãe *Ana Rita Resende* e ao meu pai *Joáz Dorneles*,
pelo amor, compreensão, apoio e confiança.

DEDICO

AGRADECIMENTO

A Deus, por estar presente em todos os momentos da minha vida e pelas oportunidades colocadas no meu caminho;

Aos meus pais, Joáz Dorneles e Ana Rita Resende, por todo amor, carinho por e sempre estarem ao meu lado me apoiando e incentivando até mesmo nos momentos difíceis da minha vida;

À Profa. Dra. Regiane Cristina Oliveira de Freitas Bueno, pela orientação, conselhos e ensinamentos que formaram os fundamentos do meu caráter em pesquisa;

À Profa. Dra Sílvia Renata Siciliano Wilcken, por iniciar minha formação científica na faculdade, pelos conselhos e pela orientação;

À Dra. Simone de Souza Prado, pela orientação, ensinamentos e conselhos para minha formação e além de tudo, pela dedicação em nossos trabalhos;

À Daiana de Souza Fernandes, minha querida noiva, pelo amor carinho e compreensão;

À BUG Agentes Biológicos, pela disponibilidade do material para dar início ao meu trabalho;

Aos Professores do Departamento de Proteção Vegetal e da FCA/UNESP, pela sabedoria e ensinamentos transmitidos;

Aos amigos do Núcleo de Estudos em Manejo Integrado de Pragas na Agricultura (AGRIMIP), que muito me ajudaram e ensinaram;

À Embrapa – Meio Ambiente de Jaguariúna/SP e seus funcionários e estagiários pela colaboração e amizade;

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia / Proteção de Plantas, e à Faculdade de Ciências Agronômicas, pela oportunidade e formação;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos;

A todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigado!

RESUMO

O crescente aumento da liberação de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico, por meio de processos antrópicos, vem comprometendo a manutenção do equilíbrio dos gases atmosféricos, desencadeando alterações no planeta, tais como o aumento de temperatura global, alterações no índice pluviométrico e aumento do nível do mar, consecutivamente, nas plantas cultivadas e as previsões indicam que este processo não será revertido. As plantas cultivadas são a principal fonte alimentar do homem, e neste contexto a soja é uma das culturas mais plantada no mundo. O Brasil é o segundo maior produtor de soja no mundo e para manter a alta produtividade da soja, e evitar perdas na produção é necessário adotar o controle do percevejo *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae), uma das principais pragas da cultura. Sabe-se que o CO₂ estimula a produção de fotoassimilados nas plantas e consequentemente afeta as populações de insetos de importância agrícola, pelo favorecimento da herbivoria. No entanto, pesquisas visando a avaliação do impacto causado pelo aumento da concentração de CO₂ nos insetos de importância econômica são escassas. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi estudar a interferência do CO₂ no desenvolvimento do percevejo *E. heros*. O projeto foi realizado no Laboratório de Entomologia e Fitopatologia da Embrapa Meio Ambiente em Jaguariúna/SP. O experimento foi conduzido em câmara climática do tipo Fitotron e B.O.D. Os insetos foram acondicionados em câmaras climatizadas nas concentrações de 400±100 partes por milhão (ppm) (Fitotron) e de 900±100 ppm (B.O.D.) de CO₂. Os ovos dos insetos (400 ovos por tratamento) com idade de 24 horas foram colocados em gaiolas do tipo gerbox (11 x 11 x 3,5 cm) com aberturas nas tampas que foram cobertas por telas para trocas gasosas, posteriormente foram alocadas nas câmaras climáticas com 25±3 °C, 70±10 % de umidade relativa e fotoperíodo de 14 horas. O delineamento foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos e 20 repetições e conduzido por duas gerações de insetos. Anotações diárias foram realizadas a fim de avaliar o desenvolvimento dos percevejos e os resultados foram utilizados para a construção de tabelas de vida. Os parâmetros avaliados foram período de incubação dos ovos, viabilidade da fase de ovo, duração de cada estágio ninfal, duração do período ninfal total, número de insetos deformados, mortalidade ninfal, razão sexual, período de maturidade sexual, fecundidade, mortalidade da fase adulta e peso de fêmeas e machos na fase adulta. O desenvolvimento ninfal do *E. heros* foi afetado negativamente com a adição de CO₂. Verificou-se aumento da duração ninfal, a viabilidade dos insetos foi maior na primeira geração em relação a segunda, o peso de machos e fêmeas acasaladas foi maior e o tempo da maturidade. A produção de ovos, longevidade e a taxa de aumento da população (R₀) foram reduzidas nos insetos do tratamento com 900 ppm de CO₂.

Palavras-chave: Dióxido de carbono, percevejo marrom, biologia

ABSTRACT

The increased release of atmospheric carbon dioxide (CO₂) by anthropogenic processes is compromising the maintenance of atmospheric gases equilibrium, causing irreversible changes in the planet such as global temperature increase, rainfall and sea level rise. Cultivated plants are man's main food source, and soybean is one of the most planted crops in the world. Brazil is the second largest producer of soybeans, and to maintain the high productivity of soybeans, and to avoid losses in production, it is necessary to adopt the control of the *Euschistus heros*, the main pest of the crop. It is known that CO₂ stimulates the production of photoassimilates in plants and consequently affect insect populations of agricultural importance, favoring herbivory. However, research aimed at assessing the impact caused by increased CO₂ concentration on insects of economic importance is scarce. In this way, the objective of the work was to study the interference of CO₂ in the development of the *E. heros* stink bug. The project was carried out at the Laboratory of Entomology and Plantpathology of Embrapa Environment in Jaguariúna / SP. The experiment was conducted in a climatic chamber type Fitotron and B.O.D. The insects were packed in CO₂ air-conditioned chambers at concentrations of 400 ± 100 parts per million (ppm) and 900 ± 100 ppm of CO₂. The eggs of the insects aged 24 hours were placed in gerbox cages (11 x 11 x 3.5 cm) with openings in the covers to facilitate gas exchange, later they were allocated in the climatic chambers with 25 ± 3 ° C, 70 ± 10% relative humidity and photoperiod of 14 hours. The design was entirely randomized, with two treatments and 20 replicates and conducted by two generations of insects. Daily annotations were performed in order to evaluate the development of neotropical brown stink bug and the results were used for the construction of life tables. The parameters evaluated were egg incubation period, egg phase viability, duration of each nymphal stage, duration of the total nymphal period, number of deformed insects, nymphal mortality, sexual ratio, sexual maturity period, fecundity, adult mortality, female and male weight in adulthood. Data were submitted to normality tests and then by t test. The nymphal development of the neotropical brown stink bug was negatively affected by the addition of CO₂. There was an increase in nymphal duration, insect viability was higher in the first generation in relation to second, the weight of males and females mating was higher and the time of maturity, but egg production, longevity and population growth rate (Ro) were reduced in treatment 900 ppm of CO₂ insects.

Key-words: Carbon dioxide, neotropical brown stink bug, biology

SUMÁRIO

	Páginas
1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Gás carbônico (CO ₂) na atmosfera	15
2.2 CO ₂ na agricultura	16
2.3 A cultura da soja	17
2.4 Complexo de percevejos-praga na cultura da soja	18
2.5 <i>Euschistus heros</i>	20
2.6 Influência do CO ₂ no desenvolvimento dos insetos	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Ambientes utilizados	23
3.2 Ovos de <i>Euschistus heros</i>	23
3.3 Avaliação do período ninfal	24
3.4 Avaliação da fase adulta	26
3.5 Tabela de vida	28
3.6 Análise estatística	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Duração dos ínstaros e viabilidade	30
4.2 Peso de machos e fêmeas e os respectivos ganhos	34
4.3 Razão sexual, deformados, maturidade sexual e longevidade	37
4.4 Dias de postura, total de ovos/fêmea, número de ovos/fêmea e ovos desenvolvidos	40
4.5 Tabela de vida	44
4.6 Biologia com e sem água (sem alimento)	45
5. CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1. INTRODUÇÃO

O aumento da concentração de gás carbônico (CO_2) é um processo cíclico e natural na Terra. Contudo, com algumas atividades da sociedade humana, tais como desmatamentos, queima de combustíveis fósseis e a liberação de outras substâncias químicas (metano, cloro/flúor/carbonetos ou CFC, óxido nitroso, etc.) vem aumentando progressivamente a velocidade da concentração deste gás e de outros na atmosfera terrestre (IPCC, 2007, 2014). O nível de CO_2 atinge atualmente valores pré-históricos, de quando havia uma população decrescente de organismos fotossintetizantes, que retiravam o gás carbônico, oriundo das atividades vulcânicas, o que concentrava este gás na atmosfera. Contudo, novamente há tendência de aumentar a concentração de CO_2 , impulsionado pela emissão do gás pelos grandes centros industriais, como a China, que corresponde a 29 % do total de CO_2 liberado na Terra (ESLR, 2015).

As florestas, oceanos e o solo são responsáveis pela absorção de dois terços do CO_2 liberado pelos seres vivos. No entanto, com o aumento exagerado na liberação desse gás, por meio de processos antrópicos, a manutenção do equilíbrio ambiental está comprometida, desencadeando alterações no planeta e consecutivamente nas plantas cultivadas (ESLR, 2015).

A agricultura é extremamente influenciada pelas alterações ambientais (EITZINGER et al., 2010; GORNALL et al., 2010). A partir disso, várias pesquisas visando à avaliação do impacto causado pelo aumento da concentração de CO_2 nas plantas, de importância econômica, foram estudadas e discutidas (ZAVALA et al., 2013; CASTEEL et al., 2008; SOUZA, 2008; HEINEMANN et al., 2006; LONG et al., 2004; HEAGLE, 2003; AIDAR et al., 2002; HIBBER et al., 1996; FURBANK; HATCH, 1987).

Dentre as principais plantas estudadas com a influência de CO_2 , a soja [*Glycine max* (L.) Merrill], recebe destaque por ser uma das mais cultivada no mundo. Na agricultura, a soja assume importância mundial pela produção de grãos/sementes, com alta produtividade (CONAB 2016; MAPA 2016; USDA 2016).

Contudo, para manter a alta produtividade da soja, o controle de insetos pragas tem como objetivo evitar perdas na produção causada principalmente pelos lepidópteros e pelos percevejos da família Pentatomidae. Para a maioria das regiões

esses são os mais abundantes nas áreas dos plantios dessa cultura (PANIZZI; OLIVEIRA, 2008).

Entre as espécies, *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) é a mais abundante em território brasileiro (FARIAS et al., 2014) e o mais adaptado a mudanças de temperatura, como por exemplo o aumento oriundo do aquecimento global (MARENGO; VALVERDE, 2007).

O aumento da concentração de CO₂, oriundo do aquecimento global na atmosfera, poderá aumentar a susceptibilidade das plantas as pragas (ZAVALA et al., 2008). Para lagartas poderá ocorrer um maior aumento do consumo foliar devido as maiores concentrações de matéria seca, produzidas pelo aumento das taxas fotossintéticas (HIBBER et al., 1996), e também na compensação pela falta de nitrogênio nas folhas. Esse nutriente é importante na dieta de lepidópteros. A deficiência de nitrogênio nas folhas está relacionada à alta produção da enzima rubisco responsável pela fotossíntese (ZAVALA et al., 2013). Alguns desses trabalhos já foram estudados com outros insetos-praga (CASTEEL et al., 2008; DERMODY et al., 2008; ZAVALA et al., 2008; HAMILTON et al., 2005), mas para percevejos são escassos.

Estudo sobre o efeito do dióxido de carbono em parâmetros biológicos no percevejo-marrom é desconhecida e assim o aumento desse gás poderá ou não afetar o ataque desse percevejo nas áreas agrícolas. Um melhor aprofundamento sobre a biologia do *E. heros*, em ambiente com adição de dióxido de carbono atmosférico, poderá prever o desenvolvimento desse inseto e assim preparar as táticas de manejo dessa praga no futuro com o aumento da concentração de CO₂.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Gás carbônico (CO₂) na atmosfera

No período pré-industrial (1750), a concentração de CO₂ atmosférico era em torno de 280 partes por milhão (ppm) (IPCC, 2007, 2014). Atualmente, essa quantidade está em volta de 400 ppm, segundo dados do Observatório de Oceanografia Scripps em Mauna Loa no Havaí, EUA (NOAA, 2015).

A concentração de CO₂ aumentou no período de 1995 a 2005, em média, 1,9 ppm por ano e, em 2007, alcançou 384 ppm (IPCC, 2007, 2014). No ano de 2015, a

concentração de CO₂ atmosférico atingiu o valor de 401,24 ppm (ESRL, 2015). Com isso, o valor de CO₂ disponível na atmosfera chegou ao nível superior às encontradas há 800 mil anos (Carbonífero Médio) (LÜTHI et al., 2008), quando havia alta concentração de gases oriundos das grandes atividades vulcânicas (IPCC, 2007, 2014; LÜTHI et al., 2008).

Assim, os fatores responsáveis atualmente pelas emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE), entre eles o CO₂, são o uso de combustíveis fósseis e as alterações do uso da terra, como desmatamentos, além de outras atividades humanas e industriais. Com aumento de GEE na atmosfera ocorre a elevação da temperatura do ar, ocasionando distúrbios (PIMENTEL, 2011), às vezes, irreparáveis nos ecossistemas de maneira geral (MARENGO, 2008), como nas plantas cultivadas.

2.2 CO₂ na agricultura

A agricultura é extremamente influenciada pelas alterações ambientais (EITZINGER et al., 2010; GORNALL et al., 2010). Os fatores adversos no ambiente ameaçam as plantas de diversas maneiras, como as geadas que afetam os tecidos foliares e altas temperaturas, que causam o fechamento dos estômatos, afetando a fotossíntese (CHAVES et al., 2003).

Contudo, elevados níveis de CO₂ podem afetar o desenvolvimento das plantas e até mesmo aumentar a produtividade (GUINI et al., 2015; LONG et al., 2004). Em plantas de metabolismo C₃, a adição de CO₂, há aumento de 40 % da fotossíntese (LONG et al., 2004), mas em plantas C₄, como existem limitações fisiológicas (na bainha de Kranz é o local onde ocorre a fotossíntese e a concentração interna de dióxido de carbono é maior que do ambiente) a adição de CO₂ não confere benefícios na produção destas plantas (FURBANK; HATCH, 1987).

Como por exemplo, as folhas de soja submetidas a altas concentrações de CO₂ apresentam aumento de espessura total do limbo, com aparecimento de uma terceira camada de parênquima paliçádico. Essa terceira camada do parênquima influencia a capacidade fotossintética das plantas (THOMAS; HARVEY, 1983).

Para as plantas cultivadas, o aumento de CO₂ atmosférico pode proporcionar condições favoráveis, as quais aumentam a taxa de fotossíntese, o acúmulo de matéria seca e produção de fotoassimilados (SOUZA, 2008). A produção desses compostos, ocorre durante o transporte de CO₂ nas plantas onde, a sacarose formada,

a partir da glicose da fotossíntese é levada à mitocôndria das células vegetais para a via de glicólise citosólica. A partir dessa fase, são formados os lipídios, aminoácidos, ácidos nucleicos, lactato, etanol e energia para as células (HELDT, 2005).

Por outro lado, as plantas podem sofrer com aumento da população de insetos herbívoros, pertencentes ou não àquele habitat (ROOS et al., 2011), devido a maior abundância de fotoassimilados oriundos do acréscimo fotossintético (AIDAR et al., 2002). O aumento dos fotoassimilados de importância nutricional para os insetos pode implicar no aumento da incidência de ataques e consecutivamente o aumento das perdas de produção.

Assim, o aumento da concentração de CO₂ pode apresentar uma série de ameaças à agricultura e também, promover alterações na severidade do ataque de insetos pragas (SUDDERTH et al., 2005). Essas alterações podem agravar os fatores econômicos, sociais e ambientais (STALEY; JOHNSON, 2008). Dessa forma, a análise dos efeitos do ambiente é de fundamental para as medidas de adaptação, com finalidade de evitar prejuízos futuros (GHINI, 2015) de culturas de interesse econômico mundial.

2.3 A cultura da soja

O Brasil é o segundo maior produtor mundial do grão e o principal exportador, com área plantada de 33,2 milhões de hectares e produtividade média de 2.870 kg/ha (CONAB 2016; MAPA 2016). A soja representa 49% da área plantada no Brasil e o aumento da produtividade está associado aos avanços tecnológicos, ao manejo, eficiência dos produtores e pesquisadores em gerar novas tecnologias. A soja é uma das principais matérias primas essenciais nas rações animais e na alimentação humana no Brasil e no mundo (CONAB, 2016; USDA, 2016).

A soja também constitui uma alternativa para a fabricação do biodiesel, combustível capaz de reduzir em 78% a emissão dos gases causadores do efeito estufa na atmosfera (MAPA, 2016). A indústria nacional transforma anualmente cerca de 39,9 milhões de toneladas de soja em 7,95 milhões de toneladas de óleo comestível e 30,3 milhões de toneladas de farelo proteico, produtos e exportados para mercados como os da União Europeia e do Japão (MAPA, 2016).

A exportação do complexo soja (grãos, farelo e óleo) pelo Brasil foi de 54.895 milhões de toneladas em 2016, caracterizando como o maior exportador de soja do

mundo, sendo a China o principal comprador e maior consumidor mundial de óleo vegetal (USDA, 2016).

A soja na safra 2015/16 teve uma produção de 95.434,6 mil toneladas, 0,8 % a menos que a safra anterior (96.044,5 mil toneladas), com uma produtividade de 2.870 kg/ha, ou seja, 4,3 % inferior aos valores da safra 2014/2015 (3.011 kg/ha) em uma área de 31.902,4 mil de hectares (CONAB, 2016).

A redução na produtividade e na produção da soja, sem interferir na área plantada, é afetada por fatores ambientais (chuvas e veranicos), problemas de logística de produção e transporte, competição de plantas daninhas, ataque de doenças e de pragas (CONAB, 2016) sendo os percevejos, pragas chaves pois atacam diretamente as vagens e as sementes (PANIZZI et al., 2013).

2.4 Complexo de percevejos-praga na cultura da soja

A produção da cultura da soja é altamente prejudicada pela ocorrência de insetos-pragas, que causam redução tanto na fase vegetativa quanto na fase reprodutiva das plantas. Dentre os vários insetos-praga que ocorrem na cultura da soja o complexo de percevejos da família Pentatomidae, principalmente as espécies *Nezara viridula* (Linnaeus), *Piezodorus guildinii* (Westwood) e *Euschistus heros* (Fabricius) são as espécies mais abundantes (VILLAS BOÂS et al., 1985) e atacam diretamente as vagens, causando sérios prejuízos, tanto no rendimento como na qualidade do produto colhido (PANIZZI; SLANSKY Jr., 1985a). Para os percevejos citados, o ácido indolacético, derivado da planta hospedeira, ou formado na glândula salivar, é considerado o composto mais fitotóxico da saliva desses insetos e resulta na retenção foliar, dificultado a colheita da soja (PANIZZI et al., 2013). Além das toxinas produzidas, as puncturas podem aumentar a incidência de microrganismos patógenos nas sementes (HORI, 2000).

Em função da severidade do ataque, o percevejo verde-pequeno *P. guildinii*, é considerado o mais severo dos pentatomídeos, pois sementes de soja atacadas por este percevejo apresentaram os corpos de proteínas completamente destruídos, com maior ação deletéria das enzimas salivares. Além disso, esse percevejo causa uma maior profundidade de danos em sementes de soja (DEPIERI; PANIZZI, 2011).

O *P. guildinii* é um inseto encontrado no continente americano (ZERBINO, 2010). No Brasil, esse inseto é encontrado em várias regiões de norte ao sul, porém essa

espécie não é abundante em todas áreas cultivadas com soja no Brasil. O percevejo-verde-pequeno também é encontrado nos Estados Unidos atacando a soja. Antigamente este percevejo se restringia ao território da Florida, sendo uma praga secundária. Contudo, ultimamente se tornou praga primaria em vários estados sojicultores do EUA (KAMMINGA et al., 2012).

Os ovos do percevejo-verde-pequeno são pretos, sendo ovipositados em número de 10 a 20 unidades. As fêmeas realizam a postura nas vagens, folhas, caules e ramos da planta hospedeira. O período de desenvolvimento do ovo varia de 3 a 9 dias (SOSA-GÓMEZ et al., 2010). As ninfas são avermelhadas no início e posteriormente com coloração esverdeada com manchas pretas com o passar dos ínstaes. Estas medem apenas 1 mm no primeiro ínstar, apresentando comportamento gregário, próximo a postura. No segundo ínstar apresenta tamanho de 2 a 3 mm, no terceiro ínstar de 4 a 5 mm, no quarto de 5 a 6 mm e até à fase adulta as diferenças de cor não são acentuadas (PANIZZI, 1975). O adulto mede aproximadamente 10 mm de comprimento e possui coloração verde-amarelada (SOSA-GÓMEZ et al., 2010). O período de ovo a adulto é completado em 24,4 dias em vagens verdes de soja e sementes de amendoim (CIVIDANES, 1992). No verão, o percevejo-verde-pequeno pode completar três gerações na soja e no início da senescência da cultura, se dispersa para plantas daninhas hospedeiras, como crotalária (*Crotalaria lanceolata* E.) e feijão-guandú (*Cajanus cajan* L.) (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000). O percevejo verde-pequeno é menos polífago que outras espécies de pentatomídeos, como por exemplo o *Nezara viridula*.

O percevejo-verde (*Nezara viridula*) ataca diversas espécies vegetais, podendo se reproduzir e/ou utilizar como abrigo e como fonte de água as plantas hospedeiras. Encontrado em 70 espécies vegetais de 19 famílias onde dessas 29 plantas o inseto se reproduz. A preferência é por leguminosas e brássicas, apresentando 21 e 5 espécies, respectivamente, de plantas onde o inseto tem descendentes (SMANIOTTO; PANIZZI, 2015; TODD, 1989). O inseto se alimenta da soja completando três gerações e após a maturação das sementes, se deslocam para espécies como o carrapicho *Desmodium tortuosum* L., rabanete selvagem (*Raphanus raphanistrum* L.), mostarda selvagem (*Brassica campestris* L.) e feijão-guandú (*Cajanus cajan* L.), erva-de-macaé (*Leonurus sibiricus* L.), crotalária (*Crotalaria* sp.), feijão-da-espanha (*Phaseolus coccineus* L.) entre outras, completando três gerações (SMANIOTTO; PANIZZI, 2015; PANIZZI, 1997). O percevejo-verde tem ampla

distribuição global, sendo encontrado em todos os territórios que se semeiam a soja como África, América, Ásia e Europa (KAUL et al., 2007).

Os adultos do percevejo-verde medem cerca de 10-17 mm, de coloração verde variando para verde-escuro e com antenas avermelhadas. A longevidade é de 117 dias para adultos. As ninfas, medem 3,1 mm, com coloração preta e manchas brancas mudando para verde ao passar os ínstaes. O período ninfal pode durar entre 20 e 31 dias (CIVIDANES, 1992; TODD; HERZOG, 1980). A espécie do percevejo-verde apresenta alguns tipos fenológicos como *Nezara viridula* f. *smaragdula*, f. *torquata* e f. *aurantiaca* (VIVAN; PANIZZI 2005; 2006). O inseto era considerado praga primária da soja até o início do século XXI, contudo, mostrou menor ocorrência na última década, tornando secundária conforme demonstram alguns levantamentos populacionais realizados em diferentes regiões do Brasil (PANIZZI; LUCINE, 2016; CORRÊA-FERREIRA et al., 2010b; KUSS et al., 2012).

O percevejo-marrom *E. heros* foi considerado incomum na região neotropical até a década de 1970. Hoje, é o mais abundante percevejo das principais commodities agrícolas do Brasil (PANIZZI et al., 2013).

2.5 *Euschistus heros*

O percevejo-marrom é encontrado na América do Sul, alimentando-se de espécies de Fabaceae, Solanaceae, Brassicaceae e Compositae (CORRÊA-FERREIRA; AZEVEDO, 2002; SALUSO et al., 2011).

O *E. heros*, usualmente, alimenta-se da soja no período de cultivo (dezembro a abril), dispersando-se para plantas alternativas após a colheita, ou permanece no solo, embaixo de folhas secas, em estado de hibernação parcial, no período de junho a outubro (PANIZZI; NIVA, 1994). O adulto de *E. heros* apresenta coloração marrom escura, com dois prolongamentos laterais do pronoto, em forma de espinhos (PANIZZI, 2000). A longevidade média é de 116 dias, os ovos são depositados em pequenas massas de cor amarela, normalmente com 5-8 ovos por massa (SMANIOTTO; PANIZZI, 2015).

Apesar de iniciarem a alimentação no segundo ínstar, as ninfas do percevejo-marrom causam danos às sementes apenas a partir do terceiro ínstar, quando atingem tamanho médio de 3,63 mm (GRAZIA et al., 1980). A sua duração média de

ovo a adulto foi de 28,4 dias a 25 °C (PANIZZI, 2009). Vários parâmetros biológicos de *E. heros*, como tempo de desenvolvimento e mortalidade de ninfas, fecundidade e longevidade de fêmeas e machos, se alimentando de diferentes plantas hospedeiras, foram avaliados por vários autores em condições ambientes atuais (SILVA, 2012; PANIZZI, 2009; COSTA et al., 1998; CIVIDANES; PARRA, 1994; CIVIDANES, 1992).

Essa espécie de percevejo era pouco encontrada nas áreas de soja no início da expansão da cultura no país. Contudo devido ao aumento da temperatura global, oriundo do aquecimento global, essa espécie é localizada em todos os campos de soja, com temperaturas propícias ao seu desenvolvimento (CORRÊA-FERREIRA et al. 2010a; 2010b; DEGRANDE; VIVAN, 2005). Em 2011, essa espécie foi encontrada atacando vagens de soja na Argentina, antes não encontrado devido as temperaturas baixas (SALUSO et al., 2011). Como ocorreu com o percevejo-verde *N. viridula*, que antes era considerado praga primária e virou secundária, devido ao aumento da temperatura nas áreas agrícolas (PANIZZI, LUCINE, 2016), o cenário do aquecimento global proveniente das mudanças climáticas também está alterando as fronteiras agrícolas colonizadas pelo *E. heros*.

O comportamento e a biologia desse percevejo em função do aumento da temperatura no seu desenvolvimento já foram bastante estudados, contudo trabalhos sobre a influência do aumento de dióxido de carbono são escassos.

2.6 Influência do CO₂ no desenvolvimento dos insetos

No Brasil, o complexo de insetos causadores de danos à soja é composto principalmente por lepidópteros desfolhadores e percevejos sugadores (PANIZZI et al., 2013). Mesmo com a notória alteração no clima no globo terrestre poucos são os trabalhos que relacionam o aumento populacional de insetos-pragas às alterações nas concentrações de CO₂ em países de clima tropical.

Os insetos como os mamíferos são seres aeróbicos e o sítio de ação da respiração celular ocorre nas mitocôndrias. A respiração celular é o processo de obtenção de energia onde ocorre a liberação de dióxido de carbono, ATP's e água e o consumo de oxigênio e glicose, ou outra substância orgânica, tal como lipídios. Do ponto de vista da fisiologia, o processo pelo qual, o inseto troca oxigênio e dióxido de carbono com o seu meio ambiente é chamado de ventilação, respiração ocorre apenas na célula. Na ausência de O₂ ou em situação de hipóxia (aumento de CO₂), a cadeia

respiratória fica bloqueada ou parcialmente bloqueada, contudo a glicose é quebrada em forma de fermentação. Ocorre então, a produção de álcool e ácido lácteo, tóxico para células (BERG et al., 2014). Esses compostos podem contribuir em um menor desenvolvimento ninfal, deformações em adultos recém-formados, baixa taxa reprodutiva e longevidade de insetos.

Alguns insetos que vivem em ambientes de hipóxia (baixa concentração de O_2) ou anoxia (ausência de O_2) apresentam mecanismos para se desenvolver. A sobrevivência bem-sucedida na anoxia é geralmente possível graças ao uso de sistemas metabólicos que permitem que a produção de ATP anaeróbio atenda a demanda de energia necessária (GALLI; RICHARDS, 2014).

Os estudos sobre o CO_2 em insetos pragas estão relacionados também ao efeito desse gás nas plantas hospedeiras. O resultado que a planta demonstra está ligado ao ataque das pragas. O comportamento alimentar é a principal alteração observada nesses insetos. As plantas sob efeito do dióxido de carbono apresentam maior produção de matéria seca para o crescimento. O aumento do consumo de lagartas estão relacionadas ao aumento da taxa C:N das folhas, por exemplo, uma vez que com a redução dos níveis de nitrogênio, as lagartas necessitam de um maior consumo para compensar essa carência (DERMODY et al., 2008).

Contudo outros efeitos no metabolismo são também observados. A produção de inibidores de proteinases é responsável pelas defesas das plantas a herbívora. O aumento da concentração de CO_2 reduziu a produção desses compostos favorecendo a predação por insetos pragas nessas plantas, uma vez que a ausência desse composto não atrapalharia a digestão dos artrópodes (ZAVALA et al., 2008).

Desse modo, esse estudo teve como objetivo avaliar parâmetros biológicos e a tabela de vida do *E. heros* em atmosfera enriquecida com e sem adição de CO_2 afim de prever o desenvolvimento dessa praga em um cenário de aquecimento global.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Entomologia e Fitopatologia da Embrapa Meio Ambiente em Jaguariúna/SP. Avaliou-se a biologia e elaboração da

tabela de vida do percevejo-marrom da soja *E. heros* em ambiente com e sem adição de dióxido de carbono.

3.1 Ambientes utilizados

As condições dos tratamentos foram de 25 ± 3 °C de temperatura, 70 ± 10 % de umidade relativa e 14 horas de fotoperíodo. O ambiente com adição de CO₂ foi representado pelo tratamento um (T1) com concentração de dióxido de carbono em 900 ± 100 ppm (partes por milhão), utilizando a câmara do tipo B.O.D. (340 L de volume). A medição era constante, diariamente avaliada, e anotada, com auxílio do medidor de dióxido de carbono do modelo VAISALA® CARBOCAP GM70. Para manter o nível de CO₂ no início e no fim do experimento era utilizado gaiolas com adultos (machos e fêmeas) de percevejo *E. heros*.

O uso das gaiolas foi utilizado afim de manter a concentração de dióxido de carbono constante, com a respiração dos insetos (liberação de CO₂). A temperatura e umidade foram anotadas diariamente com os dados de termo-higrômetro digital THERMO-HYGRO®. Essa concentração foi utilizada pois representa um cenário de aquecimento global com o dobro do nível atual de CO₂.

O ambiente sem adição de CO₂ foi representado pelo tratamento dois (T2). A câmara utilizada foi do tipo Fitotron® (1200 L) e a concentração de dióxido de carbono foi de 400 ± 100 ppm. Essa concentração foi utilizada por representar os níveis atuais de dióxido de carbono. Para manter o nível de CO₂ baixo, foi utilizado dez mudas de murta (*Murraya paniculata* L.) no início e no fim do experimento e durante o estágio com maior número de insetos dentro da câmara, foi utilizado 20 mudas, dessa planta. O uso das plantas de murta teve o objetivo de manter o nível de dióxido de carbono baixo, pelo sequestro desse gás, utilizado na fotossíntese vegetal.

A escolha dessa espécie vegetal foi devido a disponibilidade do material nas instalações da Embrapa Meio Ambiente. A câmara climática do tipo Fitotron® também apresentava medidor de CO₂, temperatura e umidade relativa, próprios da marca, avaliados diariamente.

3.2 Ovos de *Euschistus heros*

Os ovos utilizados foram disponibilizados pela empresa BUG Agentes Biológicos de Piracicaba – SP, Brasil. Foram adquiridos cerca de dois mil ovos da espécie *E. heros* com idade de 24 horas. Esses ovos foram separados em duas massas contendo a mesma quantidade e alocados nos respectivos tratamentos, B.O.D e Fitotron®. Após quatro dias da realização da postura, os ovos foram novamente separados. Somente os ovos que apresentavam manchas róseas, com embrião em desenvolvimento, foram utilizados. A quantidade de ovos utilizados foi de 800 unidades (400 por tratamento), separados em 20 repetições, contendo 20 ovos cada e devolvidas para as respectivas câmaras antes retiradas (B.O.D. e Fitotron®). Cada repetição foi composta por uma caixa plástica do tipo gerbox (11 x 11 x 3,5 cm) com aberturas nas tampas (4 cm²), vedadas com tecido do tipo “voil” para trocas gasosas. Além disso as gaiolas foram forradas com papel filtro afim de absorver as fezes dos insetos (Figura 1).

Figura 1 – Modelo da caixa gerbox (11 x 11 x 3,5 cm) forrada com papel filtro, utilizada no desenvolvimento do *Euschistus heros* na fase ninfal e adulta com adição e sem de CO₂ atmosférico. Abertura na tampa (4 cm²) com tela plástica para trocas gasosas

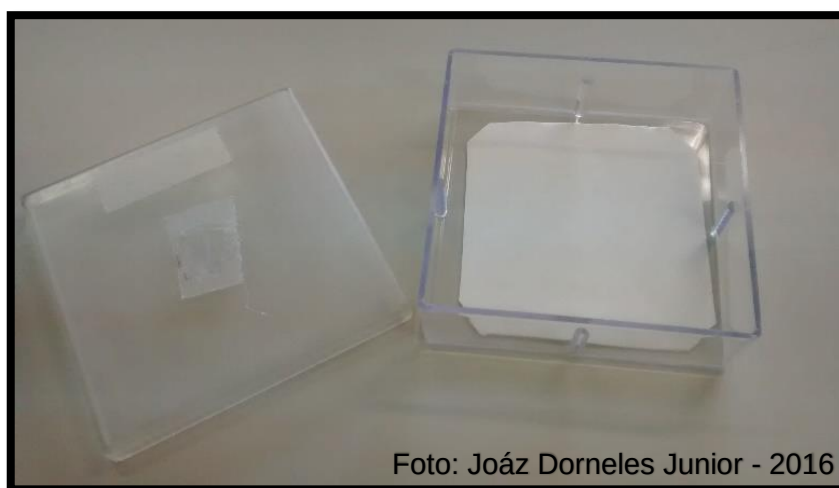


Foto: Joáz Dorneles Junior - 2016

3.3 Avaliação do período ninfal

Foram avaliadas duas gerações de insetos, na fase ninfal. Na primeira geração as repetições contendo 20 ovos cada (20 repetições), foram avaliadas diariamente após a eclosão das ninfas. As avaliações contabilizaram o período de ovo até a

eclosão, em dias e a viabilidade dos ovos fecundados (com manchas róseas). No período ninfal, foi avaliado os dias e a mortalidade em cada ínstar e também a somatória ao final, totalizando os cinco estágios ninfais. Na segunda geração, foi utilizado os insetos remanescentes da primeira geração. O número de repetições não foi igual (1º geração), sendo utilizado 18 repetições no T1, e apenas nove repetições no T2.

Esses insetos foram aproveitados, devido a carência de insetos remanescentes, uma vez que todas ninfas de percevejos da segunda geração foram usadas em outras análises. Desse modo, esses insetos também foram analisados quanto a duração de cada ínstar e o período ninfal, como também a mortalidade em cada estágio e o total de mortos. A alimentação das ninfas foi composta de uma vagem verde de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e de amendoim cru (*Arachis hypogaea* L.). As vagens adquiridas foram deixadas em solução de hipoclorito (5% v/v) por 10 minutos e enxaguadas três vezes com o intuito de retirar qualquer resíduo tóxico para os insetos. As vagens e amendoins foram substituídos a cada 6 - 7 dias, quando esses perdiam visualmente características nutritivas (vagens murchas/secas e/ou amareladas) ou quando apresentavam fungos.

Para o estudo ninfal dos percevejos sem alimentação, somente com e sem água, foram utilizados ovos da terceira geração. Esse estudo teve como intuito avaliar o desenvolvimento do percevejo-marrom em um ambiente de entressafra, onde esses insetos não se alimentariam e ingerisse ou não água. Os ovos foram provenientes dos casais de mesma idade avaliados na segunda geração. Foi utilizado dez repetições contendo dez ovos cada, nos respectivos tratamentos (com adição e sem adição de CO₂). Os ovos foram alocados em placas de petri de plástico de 49 x 12 mm sem as tampas, colocadas em caixas plásticas do tipo gerbox (11 x 11 x 3,5 cm de dimensão, com aberturas nas tampas coberta de tecido do tipo "voil" de 4 cm²). O parâmetro avaliado foi a longevidade das ninfas e o período de cada ínstar somente para os insetos que sofreram ecdise. O resultado da avaliação só ocorreu após a morte de todos os indivíduos de cada repetição (dez insetos). A oferta de água foi feita através de algodão branco embebido em água destilada.

3.4 Avaliação da fase adulta

Após a emergência dos adultos, estes foram separados em casais e virgens (machos e fêmeas), ambos de mesma idade, colocados em gaiolas gerbox com aberturas nas tampas (1º e 2º geração de adultos). Foram utilizados 20 casais, 20 machos e 20 fêmeas virgens, por tratamento. Os casais dividiam uma mesma gaiola, contudo, os percevejos virgens apresentavam uma divisória, feita de papelão, colocada no meio da gaiola dividindo os insetos (Figura 2). A divisória dividia também, pela metade, a abertura das tampas, possibilitando as trocas gasosas entre os insetos virgens. A alimentação dos adultos acasalados e virgens também semelhante as ninfas (vagem de feijão e amendoim), as quais foram trocadas conforme a necessidade. Para a oviposição das fêmeas, foi utilizado um pedaço de tecido “voil” colado com fita adesiva branca na tampa (parte interna) da caixa gerbox.

Em ambas as gerações, os parâmetros avaliados foram os mesmos. Foi estudado número de adultos recém-formados com alguma deformação (asa e/ou perna). O peso fresco de machos e fêmeas acasaladas e virgens, de 24 horas, 8 dias e 22 dias (PANIZZI; SLANSKY Jr., 1985b), foram medidos com balança analítica modelo SHIMADZU® AUY220. O período de 24 horas após a emergência foi realizado com o intuito de avaliar o peso dos percevejos-marrom adquiridos durante a fase ninfal. O peso aos oito dias teve como objetivo avaliar o peso antes do início da maturidade sexual e aos 22 dias foi para avaliar o peso dos insetos durante a atividade sexual. Também foi realizado o ganho de peso entre as avaliações de 8 dias e 24 horas como também entre 22 dias e 8 dias, com objetivo de avaliar o ganho entre esses períodos.

O período de pré-oviposição em fêmeas e a maturidade sexual em machos (acasalados) foram realizados a partir da quantificação em dias, da produção de ovos e de ovos fecundados (machas róseas), respectivamente. A maturidade sexual de machos acasalados foi determinada a partir do momento que os ovos produzidos pelas fêmeas (ao decorrer do desenvolvimento) apresentaram sinal de embriogênese. A maturidade de fêmeas virgens foi observada com a primeira oviposição. Não foi avaliado a maturidade sexual de machos virgens. A longevidade da fase adulta, em dias, foi realizada, como também a quantidade de ovos produzidos, ovos não fecundados, ovos fecundados sem eclosão e ovos eclodidos, sendo avaliados diariamente (LeCATO; PIENKOWSKI, 1972).

Os ovos das fêmeas acasaladas e virgens foram contados e retirados. Os ovos oriundos das fêmeas acasaladas foram separados e utilizados para elaboração da tabela de vida. Os ovos das fêmeas virgens foram descartados em álcool de concentração 70 %. O recipiente utilizado para alocar os ovos foram placas de petri de plástico (49 x 12 mm sem as tampas, em gerbox 11 x 11 x 3,5 cm, com aberturas de 4 cm²) forradas com papel filtro umedecido com água destilada.

Os estudos com adultos do percevejo-marrom com e sem a ingestão de água foram realizados com insetos que emergiram (no prazo de 24 horas) oriundos da última semana. Esse estudo teve como semelhança a biologia ninfal com e sem adição de água, contudo foi avaliado a longevidade na fase adulta. Foram utilizados dez machos e dez fêmeas em cada tratamento (com adição e sem adição de CO₂ e com e sem água) e individualizados, afim de evitar canibalismo. Os insetos foram acondicionados em gaiolas gerbox, idem acima citadas, e com divisórias feitas de papelão. A água utilizada foi destilada e embebecida em algodão branco. A longevidade foi avaliada diariamente, contabilizando os dias da emergência até a morte do adulto.

Figura 2 – Gaiola gerbox (11 x 11 x 3,5 cm) do casal de virgens de *Euschistus heros* com divisória de papelão na gaiola. Divisória com intuito de impedir a cópula dos insetos. A gaiola apresentava um macho e uma fêmea virgem



Foto: Joáz Dorneles Junior - 2016

3.5 Tabela de vida

A tabela de vida utilizada foi a específica (horizontal) simples, onde se fixou a idade dos insetos. Com isso foi conhecido as tendências da população, as taxas de mortalidade e a sobrevivência durante a longevidade dos casais de percevejos.

Foram utilizados adultos de *E. heros* formados da primeira geração. Os parâmetros de mortalidade ninfal foram utilizados posteriormente para o cálculo da taxa de sobrevivência inicial. Os adultos foram separados em casais de mesma idade, e acompanhados diariamente a quantidade de ovos produzidos pelas fêmeas acasaladas. Também foi avaliado a taxa de sobrevivência dos adultos, por meio da mortalidade desses. Foram utilizados 20 casais por tratamento nas condições climáticas citadas anteriormente (25 ± 3 °C, 70 ± 10 %, 14 horas de fotoperíodo, 900 ± 100 ppm para T1 e 400 ± 100 ppm para T2). Os ovos retirados diariamente foram separados em placas de petri descartáveis (49 x 12 mm) sem tampas, colocados em caixas plásticas gerbox (idem acima citado) com papel filtro umedecido em água destilada. Foi utilizado para o cálculo da tabela de vida os ovos produzidos durante a semana. Cada ovo produzido pela fêmea, durante a semana, foi acompanhado até a eclosão das ninfas e estas foram acondicionadas em caixas plásticas gerbox (idem). As ninfas foram alimentadas com vagem de feijão e amendoim e avaliadas a mortalidade ninfal e a razão sexual do adultos recém-formados.

A partir desses dados foi elaborada a tabela de vida (SILVEIRA NETO et al., 1976; SOUTWOOD, 1971). As colunas eram compostas por:

- a) x é o intervalo de idade (estágio etário) no qual foi tomada a amostra, sendo nesse caso semanas;
- b) m_x é a fertilidade específica, sendo o número de descendentes produzidos no estágio x , representado por fêmeas. Nesse caso, deve ser considerada também a razão sexual (fêmeas / fêmeas + machos);
- c) l_x é a taxa de sobrevivência durante o estágio x , onde a probabilidade do inseto nascido estar vivo na idade x . Assim como $x = 0$, considera-se igual a 1.

$$m_x \cdot l_x \quad (1)$$

Onde a multiplicação da fertilidade específica (m_x) com a taxa de sobrevivência (l_x) durante o estágio x ;

$$mx \cdot lx \cdot x \quad (2)$$

Onde a multiplicação da fertilidade específica (mx), da taxa de sobrevivência (lx) com o número de semanas (x);

Após a contabilização dos valores semanais, entre a quantidade de fêmeas produzidas e a taxa de sobrevivência das ninfas foi feita a somatória de todos os valores de mx.lx e mx.lx.x. Já a taxa líquida é calculada a partir da fórmula:

$$Ro = \sum mx.lx \quad (3)$$

Onde a taxa líquida de reprodução (Ro) em dias é calculada pelo somatório ($\sum$) dos valores da multiplicação da fertilidade específica (mx) com a taxa de sobrevivência (lx)

O somatório de mx.lx é caracterizado como a taxa líquida de reprodução em dias (Ro). Os valores de $\sum mx.lx$ e $\sum mx.lx.x$ são utilizados na obtenção do período médio (T) que vai do nascimento dos adultos de percevejo da primeira geração ao nascimento dos descendentes da segunda, ou seja, a duração média de uma geração, feita através da fórmula:

$$T = \sum mx.lx.x / \sum mx.lx \quad (4)$$

Onde T é o período médio, $\sum$ é o somatório da multiplicação da fertilidade específica com a taxa de sobrevivência durante o estágio x, dividido pelo somatório da multiplicação da fertilidade específica com a taxa de sobrevivência.

A razão infinitesimal (rm) é obtida através da fórmula:

$$rm = \ln Ro / T \quad (5)$$

Onde rm é a razão infinitesimal se dá pela divisão do logaritmo neperiano da taxa líquida de reprodução (Ro) pelo período médio (T).

A razão finita de aumento (λ) representa o número estimado de fêmeas geradas por semana, pela fórmula:

$$\lambda = \text{anti log } (rm) \quad (6)$$

Onde a razão finita de aumento (λ) é obtido anti logarítimo (anti log) da razão infinitesimal (rm).

3.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos às análises exploratórias para avaliar as pressuposições de normalidade dos resíduos (SHAPIRO, 1965), a homogeneidade de variância dos tratamentos (BARTLETT, 1937) e a aditividade do modelo para permitir a aplicação do teste t. Para gerar variância, os valores de R_o , T, rm e λ foram submetidos ao modelo Jackknife (MEYER et al., 1986). Foi utilizado o software R® versão 3.3.2.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Duração dos ínstar e viabilidade

As médias da fase de ovo e o primeiro ínstar, na primeira geração, não diferiu estatisticamente entre os tratamentos com 900 ppm e 400 ppm de dióxido de carbono (Tabela 1). No segundo ínstar os insetos mantidos sem adição do gás (T2) se desenvolveram em menor tempo (3,15 dias) comparado aos insetos mantidos com adição do CO₂ (4,05 dias). No terceiro ínstar os insetos sem adição foram de 2,9 dias e os com CO₂ extra de 3,5 dias. No quarto ínstar foi de 3,55 dias contra 4,55 dias do ambiente com adição do gás, e no último ínstar (5º ínstar) foi de 5,05 dias e 6,9 dias dos insetos sem adição e com de dióxido de carbono, respectivamente. A fase de ovo à adultos também foi menor nos percevejos sem adição do gás, 21,65 dias e os com adição foi de 26,35 dias.

A segunda geração somente os períodos do primeiro ínstar e do período de ovo à adultos apresentaram diferenças estatísticas. O tratamento em que os insetos foram mantidos em ambiente sem adição de CO₂ apresentou os menores valores comparados aos mantidos com adição do gás. No primeiro ínstar a diferença estatística entre os tratamentos foi de 1,44 dias e na fase ovo-adulto foi de 2,1 dias, a menos no T2 (Tabela 1).

A viabilidade na primeira geração não teve diferença estatística no 3º e 4º ínstaes. Nas demais fases, os insetos sob efeito da adição de dióxido de carbono (900 ppm) apresentaram os maiores valores de sobrevivência. Na fase de ovo, os insetos do T1 apresentaram 97,6% contra 90,5% sem adição do gás. No primeiro, segundo e quinto ínstaes os valores foram de 96,7%, 98% e 99% no tratamento um e no T2 foram 85,7%, 94,7% e 95,6% respectivamente. A viabilidade de ovo-adultos também foi maior no tratamento com 900 ppm de CO₂ (83% no T1 e 61,7% no T2) (Tabela 1).

A viabilidade na segunda geração somente o primeiro ínstar foi significativo. Sendo observado novamente a maior viabilidade dos insetos com adição do gás, 97,5%, contra 94% sem dióxido de carbono.

Tabela 1 – Duração (dias) e viabilidade (%) dos ínstaes e do período de ovo-adulto de *Euschistus heros* em ambiente com adição e sem de CO₂ em duas gerações. Médias seguidas com erro padrão ($\pm$)

Tratamentos	Duração (dias)						Ovo-adulto
Primeira geração	Ovo	Primeiro ínstar	Segundo ínstar	Terceiro ínstar	Quarto ínstar	Quinto ínstar	
900 ppm de CO ₂	5,0 $\pm$ 0,04a	2,35 $\pm$ 0,10a	4,05 $\pm$ 0,11a	3,5 $\pm$ 0,09a	4,55 $\pm$ 0,12a	6,9 $\pm$ 0,10a	26,35 $\pm$ 0,3a
400 ppm de CO ₂	4,95 $\pm$ 0,04a	2,25 $\pm$ 0,10a	3,15 $\pm$ 0,11b	2,9 $\pm$ 0,09b	3,35 $\pm$ 0,12b	5,05 $\pm$ 0,10b	21,65 $\pm$ 0,3b
Segunda geração							
900 ppm de CO ₂	6,5 $\pm$ 0,16a	3,88 $\pm$ 0,33a	3,83 $\pm$ 0,23a	3,94 $\pm$ 0,34a	4,33 $\pm$ 0,23a	6,83 $\pm$ 0,39a	29,3 $\pm$ 0,53a
400 ppm de CO ₂	7,0 $\pm$ 0,23a	2,44 $\pm$ 0,48b	3,33 $\pm$ 0,33a	2,77 $\pm$ 0,49a	4,22 $\pm$ 0,33a	7,44 $\pm$ 0,56a	27,2 $\pm$ 0,75b
	Viabilidade (%)						
Primeira geração							
900 ppm de CO ₂	97,6 $\pm$ 1,58a	96,7 $\pm$ 2,17a	98 $\pm$ 1,02a	97,9 $\pm$ 0,98a	97,6 $\pm$ 0,86a	99 $\pm$ 0,72a	83 $\pm$ 4,01a
400 ppm de CO ₂	90,5 $\pm$ 1,58b	85,7 $\pm$ 2,17b	94,75 $\pm$ 1,02b	96,2 $\pm$ 0,98a	96,5 $\pm$ 0,86a	95,6 $\pm$ 0,72b	61,75 $\pm$ 4,01b
Segunda geração							
900 ppm de CO ₂	81,7 $\pm$ 4,98a	97,5 $\pm$ 6,3a	96,8 $\pm$ 0,99a	96,8 $\pm$ 1,39a	97,1 $\pm$ 1,22a	92,7 $\pm$ 1,37a	37,5 $\pm$ 5,55a
400 ppm de CO ₂	80,4 $\pm$ 7,05a	94,0 $\pm$ 9,0b	96,0 $\pm$ 1,39a	96,4 $\pm$ 1,97a	96,7 $\pm$ 1,72a	95,9 $\pm$ 1,94a	40,4 $\pm$ 7,85a

Temperatura de 25 $\pm$ 3 °C, 70 $\pm$ 10 % de umidade relativa e 14 horas de fotoperíodo, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Para determinar o desenvolvimento de percevejos, fatores como tipo de alimento, temperatura e fotoperíodo são decisivos (KRUPKE et al., 2006; CHOCOROSQUI; PANIZZI, 2003; MOURÃO; PANIZZI, 2002; VENTURA et al., 2000; RALPH, 1976), porém no presente estudo foi o CO₂ que afetou o desenvolvimento dos insetos.

Os alimentos do *E. heros*, nesse estudo, foram vagens de feijão e sementes de amendoim. As condições ambientais foram as mesmas para ambos tratamentos (25 °C, 70 % e 14 horas de fotoperíodo). Desse modo a variável determinante foi o dióxido de carbono. Os valores observados nos percevejos sob adição extra de CO₂ (Tabela 1) são parecidos aos encontrados na literatura (MENDONZA et al., 2016; AZAMBUJA et al., 2013; CIVIDANES; PARRA, 1994; PANIZZI; OLIVEIRA, 1998). Já os insetos sob baixa concentração do gás apresentaram valores bem inferiores aos encontrados. A avaliação dos níveis desse gás não foi relevante nos estudos de muitos pesquisadores quando trabalharam com a biologia do *E. heros* (respeitando as particularidades de cada trabalho), contudo o dióxido de carbono interfere negativamente no desenvolvimento de ninfas e positivamente na viabilidade do percevejo-marrom como vistos (Tabela 1).

A viabilidade demonstrou que o efeito do CO₂ não afeta negativamente a sobrevivência dos insetos. O dióxido de carbono pode apresentar o mesmo efeito que a temperatura age nos insetos. Ou seja, os limítrofes da temperatura aceleraram ou retardaram o desenvolvimento do *E. heros*, como também a fecundidade e longevidade, mas pouco afeta a viabilidade (CIVIDANES; PARRA, 1994).

Ambos efeitos de temperatura e CO₂ estão relacionados ao metabolismo dos insetos. A temperatura afetando a ativações enzimáticas e as constantes térmicas dos artrópodes (MÜLLER et al., 2015; CHI et al., 2005; ALI; EWEISS, 1977) e o dióxido de carbono na respiração celular, com baixa formação de ATP's (energia para as células) (HOBACK et al., 2000) e alta formação de lactato (produto formado na respiração anaeróbica) (FEALA et al., 2007). Contudo, alguns insetos em baixas concentrações de O₂ ou hipóxia, não alteram seus níveis de ATP celular (HOBACK et al., 2000).

4.2 Peso de machos e fêmeas e os respectivos ganhos

O peso de machos acasalados em 24 horas teve diferença estatística somente na primeira geração, o maior peso foi observado em insetos sob ambiente com adição de dióxido de carbono com 72,4 mg contra 67,7 mg em insetos sem adição de dióxido de carbono. As fêmeas acasaladas em 24 horas não apresentaram diferença em ambas gerações. Os machos virgens (24 horas) apresentaram diferença nas duas gerações. Insetos no ambiente sob 900 ppm de CO₂ pesavam 74,7 e 67,8 mg contra 66 e 61,8 mg dos insetos em ambiente sem adição do gás, na primeira e segunda geração respectivamente. As fêmeas virgens (24 horas) só apresentaram diferença na primeira geração. A diferença de peso nos insetos sob adição do gás e sem adição foi de 11,3 mg, sendo os insetos sob adição mais pesados (79,7mg 900 ppm de CO₂ e 68,4 em 400 ppm do gás) (Tabela 2).

Aos oito dias, os machos acasalados apresentaram diferenças somente na primeira geração. Os insetos mais pesados foram do tratamento com adição de CO₂, 97,8 mg contra somente 89,5 mg em 400 ppm do gás. As fêmeas acasaladas apresentaram diferenças na primeira geração, o peso dessas sob adição do gás foi maior, 117,4 mg, em relação aos insetos sem adição de CO₂, 104,7 mg. Tanto os machos virgens como as fêmeas, só apresentaram diferença estatística na primeira geração, que os insetos em ambiente com adição de dióxido de carbono apresentaram os maiores pesos. A diferença foi de 11,3 mg em machos e 15,9 mg em fêmeas sob adição do gás comparadas aos insetos sem adição (Tabela 2).

O ganho de peso entre os períodos de 24 horas e 8 dias não foi significativo em machos e fêmeas acasalados em ambas gerações (Tabela 2). Os insetos machos virgens não foram diferentes em ambos tratamentos. As fêmeas virgens, da primeira geração, foram diferentes estatisticamente. Os percevejos no ambiente de 900 ppm de CO₂ obtiveram o maior ganho de peso corporal, 36,7 mg contra 32,1 mg do tratamento sem adição do gás.

Aos 22 dias, os machos acasalados foram diferentes somente na primeira geração, com os insetos do T1 mais pesados que os do T2 (98,8 e 90,8 mg respectivamente) (Tabela 2). As fêmeas acasaladas apresentaram diferenças nas duas gerações, entre os tratamentos com adição de gás (123,9 mg na primeira

geração e 111,6 mg na segunda) que apresentaram maior peso corporal que os insetos sem adição, com apenas 109,5 mg (1º geração) e 102,4 mg (2º geração).

Os machos virgens foram diferentes nas duas gerações (aos 22 dias). Em ambas gerações os insetos do ambiente com adição de dióxido de carbono foram mais pesados. Na primeira, percevejos do tratamento com 900 ppm de CO₂ obtiveram uma diferença de 15,9 mg do tratamento sem adição. Na segunda geração a diferença foi menor, de 9,4 mg (Tabela 2). As fêmeas virgens foram diferentes na primeira geração. As fêmeas do T1(900 ppm de CO₂) foi mais pesado em 17,8 mg comparado ao T2 (400 ppm).

O ganho entre as avaliações de 8 dias e 22 dias nos *E. heros* (macho e fêmea acasalados) em ambas gerações não foi significativo. Nos virgens somente a segunda geração de machos apresentou diferenças estatísticas. Os insetos sob atmosfera enriquecida de CO₂ também apresentaram o maior ganho que os sem adição do gás. O tratamento com adição do gás apresentou um ganho de 3 mg enquanto os insetos em ambiente sem adição, uma com redução de 3,3 mg (Tabela 2).

Tabela 2 - Peso de adultos acasalados e virgens em mg (macho e fêmea) de *Euschistus heros* em 24 horas, 8 dias e 22 dias após a emergência e seus respectivos ganhos de peso em ambiente com adição extra de CO₂ e sem adição em duas gerações de insetos

Tratamentos				
Peso (mg)				
	Primeira geração		Segunda geração	
	900 ppm de CO ₂	400 ppm de CO ₂	900 ppm de CO ₂	400 ppm de CO ₂
24 horas				
Acasalados				
Macho	72,4±1,3a	67,7±1,3b	67,9±1,5a	67,6±1,5a
Fêmea	80,3±2,2a	76,8±2,2a	73,2±2,0a	70,9±2,0a
Virgem				
Macho	74,7±1,6a	66,0±1,6b	67,8±1,8a	61,8±1,8b
Fêmea	79,7±1,6a	68,4±1,6b	69,4±1,7a	68,1±1,7a
8 dias				
Acasalado				
Macho	97,8±1,2a	89,5±1,4b	91,4±1,7a	88,9±1,8a
Fêmea	117,4±2,6a	104,7±3,0b	106,5±2,2a	102,7±2,2a
Virgem				
Macho	97,2±2,0a	85,9±2,1b	89,7±2,1a	87,0±2,1a
Fêmea	116,4±1,8a	100,5±1,8b	106,0±2,1a	101,6±2,2a
Ganho				
Acasalado				
Macho	25,3±1,1a	22,5±1,2a	20,8±1,5a	23,8±1,4a
Fêmea	37,1±2,3a	30,3±2,7a	33,3±1,6a	31,9±1,6a
Virgem				
Macho	22,4±1,5a	20,2±1,6a	21,9±1,9a	25,2±1,9a
Fêmea	36,7±1,3a	32,1±1,3b	36,6±3,7a	28,4±3,7a
22 dias				
Acasalado				
Macho	98,8±1,5a	90,8±1,5b	91,7±1,5a	90,8±1,8a
Fêmea	123,9±2,3a	109,5±3,0b	111,6±2,2a	102,4±2,2b
Virgem				
Macho	104,1±2,2a	88,2±2,0b	93,2±2,5a	83,8±2,3b
Fêmea	118,2±2,0a	100,4±2,0b	103,8±2,3a	101,1±2,2a
Ganho				
Acasalado				
Macho	1,6±0,00009a	2,1±0,001a	1,1±1,2a	0,3±1,0a
Fêmea	-2,0±4,8a	3,7±6,4a	3,7±1,7a	-0,3±1,6a
Virgem				
Macho	3,4±1,2a	2,0±1,0a	3,0±1,7a	-3,3±1,6b
Fêmea	1,7±1,2a	0,0±1,2a	-1,3±1,5a	-0,5±1,5a

Temperatura de 25±3 °C, 70±10 % de umidade relativa e 14 horas de fotoperíodo, médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem pelo teste t (p≤0,05). Médias seguidas pelo erro padrão (±).

As fêmeas de *E. heros* apresentam maior peso do corpo comparados aos machos (MENDONZA et al., 2016; SILVA et al., 2014; AZAMBUJA et al., 2013; FORTES et al., 2006; PANIZZI; OLIVEIRA 1998).

O maior ganho de peso nos insetos em ambiente com adição de CO₂ podem estar relacionados no maior tempo de desenvolvimento ninfal. Uma vez que os insetos sofrem algum tipo de alteração, estes tendem a apresentar o desenvolvimento alterado (KRUPKE et al., 2006; CHOCOROSQUI; PANIZZI, 2003; MOURÃO; PANIZZI, 2002; VENTURA et al., 2000; RALPH, 1976). Como visto anteriormente, as ninfas de percevejos sob elevada concentração de dióxido de carbono, apresentaram desenvolvimento ninfal, em dias, maior que os insetos sem adição do gás (Tabela 1).

Uma vez que esses insetos permaneciam um maior tempo em cada fase ninfal, houve uma maior aquisição de nutrientes que resultaram em um maior peso corporal. Como os insetos necessitam de uma certa quantidade de nutrientes para desencadear naturalmente o processo de ecdise (SAXENA, 1969), sem sofrer nenhuma ação externa (temperatura, tipo de alimento ou algum estresse), os que permaneceram um maior tempo na fase ninfal conseguiram chegar à fase adulta com um maior peso corpóreo.

Na segunda geração algumas variáveis não foram significativas possivelmente devido à alta capacidade de adaptação de uma geração para outra, dos insetos a condições adversas (DOLEZEL, 2015; POSLEDOVICH et al., 2015; PANDEY et al., 2014; DANKS, 2002).

4.3 Razão sexual, deformados, maturidade sexual e longevidade

Os parâmetros de razão sexual, porcentagem de insetos deformados, maturidade sexual de fêmeas acasaladas e de fêmeas virgens e a longevidade de machos e fêmeas acasalados e virgens de *E. heros* não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos com e sem adição de dióxido de carbono (900 ppm e 400 ppm) na primeira geração. Somente os resultados da maturidade sexual de machos, acasalados foi significativo. Os insetos sob efeito da adição do gás, foram mais precoces que os insetos sem a adição do gás em 2,98 dias (10,2 e 7,22 dias respectivamente) (Tabela 3).

Na segunda geração somente as variáveis de maturidade sexual em acasalada, em fêmeas virgem e a longevidade de machos acasalados foram significativos. Os valores encontrados demonstram um menor tempo das fêmeas acasalados, ao atingir a produção de ovos, no T2 foi de 8,2 dias e no T1 foi de 9,05 dias. As fêmeas virgens do tratamento 2 com 8,21 dias e as do tratamento 1 com 9,25 dias (Tabela 3).

A longevidade dos machos acasalados sem adição de dióxido de carbono foi quase o dobro (109,3 dias), dos insetos sob efeito extra do gás (56,2 dias). Os valores de longevidade de virgens não foram introduzidos devido a continuidade do experimento (Tabela 3).

Tabela 3 - Razão sexual, porcentagem de insetos deformados (asa, pata), maturidade sexual de macho e fêmeas acasaladas e de fêmeas virgens e longevidade em dias de machos e fêmeas acasalados e virgens de *Euschistus heros* em ambiente com e sem adição de CO₂ atmosférico. Estudo realizado em duas gerações. Médias seguidas pelo erro padrão ($\pm$)

Tratamentos	Razão sexual	Deformação (%)	Maturidade sexual (dias)				Longevidade (dias)			
			Acasalados		Virgem	Acasalado		Virgem		
			Macho	Fêmea	Fêmea	Macho	Fêmea	Macho	Fêmea	
1º geração										
T1	0,49±0,02a	3,61±0,01a	7,22±0,8b	6,0±0,18a	6,5±0,21a	52,2±7,7a	60,5±6,6 a	48,2±6,9 a	73,9±6,7 a	
T2	0,48±0,02a	2,96±0,01a	10,2±1,1a	6,18±0,2a	6,47±0,22a	64,3±9,4 a	60,0±8,0a	53,2±6,9a	75,1±6,7a	
2º geração										
T1	0,50±0,02a	4,43±1,0a	10,9±0,62a	9,05±0,2a	9,25±0,3a	56,2±9,44b	88,1±7,39a			
T2	0,48±0,03a	7,93±1,42a	11,0±0,62a	8,2±0,2b	8,21±0,3b	109,3±9,44a	106,2±7,39a			

Temperatura de 25 $\pm$ 3 °C, 70 $\pm$ 10 % de umidade relativa e 14 horas de fotoperíodo, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste t ($p \leq 0,05$). T1 (900 ppm de CO₂) e T2 (400 ppm de CO₂).

A razão sexual mesmo com o efeito do dióxido de carbono não alterou a proporção conhecida de machos e fêmeas gerados (SILVA et al., 2014; MENDOZA et al., 2016; FORTES et al., 2006). A porcentagem de deformação dos adultos recém emergidos (FORTES et al., 2006) também não sofreu influência do CO₂.

A maturidade sexual em insetos é altamente dependente da qualidade do alimento oferecido e também dos fatores abióticos, como temperatura e fotoperíodo (RALPH, 1976; KRUPKE et al., 2006). Assim as diferenças na maturidade e longevidade possivelmente estão relacionadas a maior ou menor quantidade de dióxido de carbono atmosférico.

Os machos acasalados da primeira geração, atingiram a maturidade sexual em um menor tempo nos insetos sob efeito extra de CO₂ comparados aos sem adição do gás, possivelmente uma hipótese seria que as alterações (comportamentais ou fisiológicas) causado pelo gás desencadeando a necessidade em se reproduzir mais rápido, em um ambiente hostil. O maior período que as fêmeas acasaladas e virgens atingiram maturidade sexual em 900 ppm, demonstra o efeito danoso do alto nível de CO₂ como fator abiótico no desenvolvimento de *E heros*.

Esse efeito danoso é observado também na longevidade dos insetos machos acasalados. Esses apresentaram um menor tempo de vida em ambiente extra do gás. O aumento de CO₂, ou a falta de O₂, afeta o desenvolvimento e a longevidade dos insetos (VERBERK et al., 2016). Em baixa concentração de O₂ é observado uma menor longevidade de insetos (HARRISON et al., 2006). Contudo, a sobrevivência de insetos em ambientes com alta concentração de dióxido de carbono depende da espécie, da concentração dos gases atmosféricos, da temperatura, umidade e o estágio de desenvolvimento (BOARDMAN et al., 2015). Como a espécie, a temperatura e a umidade foram as mesmas e o estágio desenvolvimento avaliado foi o mesmo em cada parte desse trabalho, a concentração dos gases foi determinante, onde insetos em 900 ppm viveram menos que insetos em ambientes sem adição de dióxido de carbono.

4.4 Dias de postura, total de ovos/fêmea, número de ovos/fêmea e ovos desenvolvidos

Os parâmetros de dias de posturas de fêmeas, total de ovos, número de ovos de acasaladas e virgens, ovos não fecundados, fecundados sem eclosão e ovos

eclodidos de fêmeas acasaladas de *E. heros* em ambiente com adição e sem adição de CO₂ (da primeira geração) não foram estatisticamente diferentes (1º geração) entre os tratamentos (Tabela 4).

Na segunda geração somente os insetos acasalados foram analisados, até o encerramento do experimento. O número total de ovos das fêmeas acasaladas foi maior no tratamento de 400 ppm (826,8 ovos) comparados ao tratamento de 900 ppm (502,6 ovos) (Tabela 4). O número de ovos por oviposição também foi maior no tratamento sem adição do gás, com 12,6 ovos comparados aos 9,5 ovos nos insetos sob adição de CO₂.

O número de ovos não fecundados foi maior no ambiente com adição do gás, sendo 187,1 ovos e no ambiente sem adição foi de apenas 69,8 ovos. O número de ovos fecundados que não vieram a eclodir foi maior no ambiente com 400 ppm (68 ovos) e menor com adição de 900 ppm de CO₂ (20 ovos). A quantidade de ovos eclodidos foi maior no ambiente sem adição (691,1 ovos) enquanto que o ambiente com adição de dióxido de carbono foi de 288,5 ovos (Tabela 4).

Tabela 4 - Dias de posturas de fêmeas acasaladas e virgens, total de ovos de fêmeas acasaladas e virgens, número de ovos por fêmea acasalada e virgem, ovos não fecundados, fecundados sem eclosão e ovos eclodidos de fêmeas acasaladas de *Euschistus heros* em ambiente com adição e sem adição de CO₂ em duas gerações. Médias seguidas pelo erro padrão ($\pm$)

Tratamentos	Dias de postura		Total de ovos/fêmea		Número de ovos/oviposição		Fêmea acasalada		
	Acasalada	Virgem	Acasalada	Virgem	Acasalada	Virgem	Ovos não fecundados	Ovos fecundados sem eclosão	Ovos eclodidos
1º geração									
T1	40,8 $\pm$ 3,9a	42,6 $\pm$ 4,1a	436,5 $\pm$ 48,8a	317,2 $\pm$ 31,2a	10,9 $\pm$ 0,5a	7,67 $\pm$ 0,4a	126,7 $\pm$ 25,8a	16,8 $\pm$ 4,7a	305,3 $\pm$ 51,5a
T2	45,15 $\pm$ 4,7a	42,1 $\pm$ 4,1a	553,3 $\pm$ 59,0a	310,5 $\pm$ 32,1a	12,5 $\pm$ 0,7a	7,31 $\pm$ 0,41a	159,1 $\pm$ 31,2a	14,7 $\pm$ 6,2a	413,5 $\pm$ 63,1a
2º geração									
T1	52,9 $\pm$ 4,81a		502,6 $\pm$ 64,4b		9,5 $\pm$ 0,44b		187,1 $\pm$ 29,2a	20,1 $\pm$ 10,8b	288,5 $\pm$ 61,7b
T2	65 $\pm$ 4,81a		826,8 $\pm$ 64,4a		12,6 $\pm$ 0,44a		69,8 $\pm$ 29,2b	68,6 $\pm$ 11,2a	691,1 $\pm$ 61,7a

Temperatura de 25 $\pm$ 3 °C, 70 $\pm$ 10 % de umidade relativa e 14 horas de fotoperíodo, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste t ($p \leq 0,05$). T1 (900 ppm de CO₂) e T2 (400 ppm de CO₂).

O número de ovários do *E. heros* é de 14 (KIRITANI; HOKYO, 1965), e a média total por fêmea acasalada é de 270 ovos (MENDOZA et al., 2016; SILVA et al., 2014; FORTES et al., 2006; CIVIDANES; PARRA, 1994).

Em nesse sentido, o dióxido de carbono influenciou diretamente (asfixia) ou indiretamente (formação de lactatos e baixo número de ATP's) na quantidade de ovos totais produzidos pelas fêmeas acasaladas. Essas sob efeito extra de CO₂ tiveram um número menor de ovos comparados aos sem adição do CO₂.

O número de ovos produzidos pelas fêmeas acasaladas de *E. heros* em ambiente sem adição de dióxido de carbono apresentaram valores bem acima aos encontrados na literatura (MENDOZA et al., 2016; SILVA et al., 2014; FORTES et al., 2006; CIVIDANES; PARRA, 1994). Esse valor está relacionado diretamente as alterações (comportamentais ou fisiológicas) que esse gás provoca na biologia e reprodução do percevejo-marrom. Como já discutido, os trabalhos com biologia do *E. heros* não observaram os níveis de CO₂ do ambiente amostrado. Ou seja, esses níveis de CO₂ poderiam estar altos, contribuindo no baixo número de ovos produzidos, por exemplo. No trabalho Azambuja et al. (2013), o número de ovos produzidos pelas fêmeas foi próximo aos do tratamento sob efeito extra do gás (900 ppm) (nas duas gerações).

O número de ovos produzidos pelas fêmeas acasaladas foi superior no tratamento sem adição do gás, pois a influência do CO₂ (900 ppm) pode agir de forma danosa na reprodução dos adultos ou pela produção de ovos, de espermatozoides ou também na inviabilização desses. A alteração (comportamentais ou fisiológicas) provocada pelo tratamento com adição CO₂, provocou uma menor maturidade dos machos acasalados (Tabela 3), essa precocidade pode ter influenciado na má formação das gônadas masculinas e assim uma baixa participação efetiva na cópula.

A quantidade de ovos não fecundados, ou seja, ovos gerados por fêmeas acasaladas que não vieram a desenvolver e nem eclodir ninfas de *E. heros*, foram maiores nos insetos com adição do gás. O CO₂ pode estar inibindo vários fatores relacionados a reprodução, sendo eles a produção de espermatozoides, a vontade de copular dos machos ou a própria aceitação das fêmeas.

Essa dificuldade dos machos pode ser observada no número de ovos fecundados que não vieram a eclodir. Como o número de ovos vermelhos foi menor e o número de ovos que não foram fecundados foi maior no ambiente com adição do gás (900 ppm) isso demonstra uma baixa participação na reprodução dos casais por parte dos machos.

4.5 Tabela de vida

Os valores da taxa líquida de reprodução (R_0) foram significativos entre os tratamentos, em que os insetos provenientes do ambiente com 400 ppm de dióxido de carbono apresentaram uma capacidade de aumento populacional 102,2 vezes, contra somente 95,6 vezes dos insetos do ambiente com adição de CO_2 (Tabela 5). Os valores da duração média de cada geração (T), razão infinitesimal (rm) e finita de aumento (λ) não foram significativas.

Tabela 5 - Tabela de vida de *Euschistus heros* em ambiente com e sem adição de CO_2 (Método Jackknife). Médias seguidas pelo erro padrão ($\pm$)

Tratamentos	R_0	T	rm	λ
900 ppm de CO_2	95,6 $\pm$ 1,87b	54,5 $\pm$ 0,66a	0,0837 $\pm$ 0,001a	1,0874 $\pm$ 0,001a
400 ppm de CO_2	102,2 $\pm$ 1,87a	54,1 $\pm$ 0,66a	0,0855 $\pm$ 0,001a	1,0893 $\pm$ 0,001a

Temperatura de 25 $\pm$ 3 °C, 70 $\pm$ 10 % de umidade relativa e 14 horas de fotoperíodo, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste t ($p \leq 0,05$). R_0 é a taxa líquida de reprodução, razão infinitesimal (rm), duração média da geração (T) e razão finita de aumento (λ).

A utilização da tabela de vida é uma das ferramentas utilizadas na avaliação de diferentes tipos de alimentos e ambientes de criação para o desenvolvimento insetos (MENDOZA et al. 2016; FORTES et al., 2006; MENEGUIM et al., 1997). Como a alimentação foi igual para os tratamentos desse trabalho, a diferença encontrada em R_0 está diretamente relacionada ao efeito danoso do CO_2 no desenvolvimento do percevejo-marrom.

O desenvolvimento do percevejo-marrom em 400 ppm, apresentou uma maior capacidade de aumento da população comparado aos insetos com adição extra de CO_2 . Isso pode ser explicado pelos próprios resultados obtidos no desenvolvimento de ninfas (Tabela 1) e produção de ovos de fêmeas (Tabela 4), desenvolvidas em ambiente sem adição do gás.

A taxa líquida de aumento, no desenvolvimento da tabela de vida, é calculada com o número de descendentes de cada fêmea acasalada (que dará origem a novas fêmeas) com mortalidade dos insetos durante a fase ninfal (SOUTWOOD, 1971). Desse modo, o percevejo-marrom em baixa concentração de CO_2 apresentou uma maior quantidade de descendentes que resultou em maior capacidade de aumento da população comparados a insetos do ambiente com adição do gás (900 ppm). Mesmo

com os valores de viabilidade menores que no ambiente extra do gás, a quantidade de descendentes produzidos pelas fêmeas permitiu um maior crescimento populacional no ambiente sem adição de CO₂.

4.6 Biologia com e sem água (sem alimento)

A fase de ovo em insetos com e sem adição de água, em dias, foi a mesma nos tratamentos (900 ppm e 400 ppm), não apresentando diferença estatística. A transição das ninfas do primeiro para o segundo ínstar, com ingestão de água destilada, apresentou diferença entre os tratamentos. Observou-se um menor número de dias de desenvolvimento no ambiente com 400 ppm de dióxido de carbono, 3,9 dias, contra 4,7 dias do 900 ppm do gás (Tabela 6). As ninfas do percevejo-marrom sem ingestão de água não passaram para o segundo ínstar, falecendo no primeiro estágio.

O tempo total das ninfas apresentou diferença estatística somente nos insetos com adição de água. Os insetos provenientes do ambiente com 400 ppm, de dióxido de carbono, apresentaram o menor tempo comparadas ao com adição do gás, 11,6 e 15,9 dias respectivamente (Tabela 6).

A longevidade de adultos, machos e fêmeas foi significativa somente nos tratamentos sem adição de água destilada. Com uma diferença de 3,5 dias, os insetos em baixa concentração de CO₂ apresentaram maior longevidade. As fêmeas apresentaram 12,7 dias no T2, contra 9,6 dias no T1.

Tabela 6 - Duração dos dias de ninfas (dez indivíduos por gaiola) e adultos (machos e fêmeas, individualizados) de mesma idade, de *Euschistus heros* sem alimento, somente com adição e sem de água destilada. Ambos em ambiente com 900 ppm e 400 ppm de CO₂.

Tratamentos	Duração (dias)			Longevidade de adultos	
	Ovo	1º inst. – 2º inst.	Total	Macho	Fêmea
T1 com água	6,0±0,0a	4,7±0,16a	15,9±0,68a	15,3±2,1a	24,7±3,1a
T2 com água	6,0±0,0a	3,9±0,16b	11,6±0,68b	15,2±2,1a	17,8±3,1a
T1 sem água	6,0±0,0a	-	5,0±0,24a	6,5±0,88b	9,6±0,73b
T2 sem água	6,0±0,0a	-	4,5±0,24a	10,0±0,88a	12,7±0,73a

Temperatura de 25±3 °C, 70±10 % de umidade relativa e 14 horas de fotoperíodo, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste t (p≤0,05). 900 ppm de CO₂ (T1) e 400 ppm de CO₂. Médias seguidas pelo erro padrão (±).

O primeiro ínstar do percevejo marrom e de demais percevejos pentatomídeos é representado pela agregação e não alimentação (BOWLING 1979; BOWLING 1980). Contudo, somente os insetos que ingeriram água passaram para o segundo ínstar. O menor período de desenvolvimento em baixa concentração do gás pode estar relacionado ao próprio efeito do CO₂ na fisiologia do percevejo, representando um estresse para o inseto.

O maior tempo até a morte das ninfas com ingestão de água destilada também está relacionada aos possíveis efeitos mencionados anteriormente, onde o dióxido de carbono provoca uma alteração (comportamentais ou fisiológicas) reduzindo a duração de vida.

A longevidade de adultos sem alimentação observado na literatura, são superiores aos valores observados nesse trabalho (CIVIDANES; PARRA, 1994). Uma possível explicação seria a concentração de CO₂ da época que Cividanes e Parra realizaram o trabalho (1994). Nessa época a concentração de dióxido de carbono global era de apenas 358 ppm (IAC, 2016). A baixa taxa desse gás na atmosfera pode ter contribuído para a maior longevidade dos percevejos, por exemplo, pois o efeito da adição extra do CO₂ influencia no desenvolvimento do percevejo-marrom.

5. CONCLUSÕES

O *Euschistus heros* sob efeito da alta concentração de CO₂ atmosférico (900 ppm) apresenta:

- Maior período ninfal;
- Maior viabilidade em ovos e ninfas;
- Maior peso de insetos;
- Maior tempo para atingir a maturidade sexual de fêmeas;
- Menor tempo para atingir a maturidade sexual de machos;
- Menor produção de ovos;
- Menor longevidade;
- Menor taxa de aumento das populações;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDAR, M. P. M.; MARTINEZ, C. A.; COSTA, A. C.; COSTA, P. M. F.; DIETRICH, S. M. C.; BUCKERIDGE, M. S. Effect of atmospheric CO₂ enrichment on the establishment of seedlings of jatobá, *Hymenaea courbaril* L. (Leguminosae: Caesalpinioideae). **Biota Neotropica**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2002. Doi: dx.doi.org /10. 1590/S1676-06032002000100008
- ALI, M.; EWEISS, M. A. Photoperiodic and temperature effects on rate of development and diapause in the green stink bug, *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Zeitschrift Angewandte Entomologie**, Berlin, v. 84, p. 256-264, 1977. Doi: 10.1111/j.1439-0418.1977.tb04286.x
- AZAMBUJA, R.; DEGRANDE, P. E.; PEREIRA, F. F. Comparative biology of *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) feeding on cotton and soybean reproductive structures. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 42, p. 359-365, 2013. Doi: 10.1007/s13744-013-0132-6
- BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London**, London, v. 160, p. 268-282, 1937.
- BERG, J. M.; STRYER, L.; TYMOCZKO, J. L. **Bioquímica**. ed. 7. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014. 1114p.
- BOARDMAN, L.; TERBLANCHE, J. S. Oxygen safety margins set thermal limits in an insect model system. **Journal of Experimental Biology**, London, v. 218, p. 1677–1685, 2015. Doi:doi.org/10.1242/jeb.120261
- BOWLING, C. C. The stylet sheath as an indicator of feeding activity of the rice stink bug. **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v. 72, p. 259-260, 1979.
- BOWLING, C. C. The stylet sheath as an indicator of feeding activity of the southern green stink bug on soybeans. **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v. 73, p. 1-3, 1980.
- CARVALHO, L. C.; BUENO, R. C. O. F.; CARVALHO, M. M.; FAVORETO, A. L.; GODOY, A. F. Novas técnicas de arranjos de semeadura na cultura da soja. **Enciclopédia Biosfera**, Goiania, v. 09, p. 1940, 2013.
- CASTEEL, C. L. et al. Transcriptional profiling reveals elevated CO₂ and elevated O₃ alter resistance of soybean (*Glycine max*) to japanese beetles (*Popillia japonica*). **Plant, Cell and Environment**, v. 31, p. 419-434, 2008. Doi: 10.1111/j.1365-3040.2008.01782.x
- CHAVES, M. M.; MAROCO, J. P.; PEREIRA, J. S. Understanding plant responses to drought-from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, Victoria, v. 30, n. 3, p. 239-264, 2003.
- CHI, Y; SAKAMAKI, Y.; TSUDA, K.; KUSIGEMATI, K. Effect of temperature on oviposition and adult longevity of the legume pod borer, *Maruca vitrata* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae). **Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 49, p. 29–32, 2005. Doi: 10.1303/jjaez.2005.29

CHOCOROSQUI, V. R.; PANIZZI, A. R. Photoperiod influence on the biology and phenological characteristics of *Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae). **Brazilian Journal of Biology**, São Paulo, v. 63, p. 655-664, 2003.

CIVIDANES, F. J.; PARRA, J. R. P.; Biologia em diferentes temperaturas e exigência térmicas de percevejos pragas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 12, p. 1841-1846, 1994.

CIVIDANES, F. J. **Determinação das exigências térmicas de *Nezara viridula* (L., 1758), *Piezodorus guildinii* (West., 1837) e *Euschistus heros* (Fabr., 1798) (Heteroptera: Pentatomidae) visando ao seu zoneamento ecológico**. 1992. 100 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, Piracicaba, 1992.

CONAB. **Indicadores da agropecuária**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acessado em: 5 nov. 2016.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_07_10_39_11_boletim_graos_abril_2016.pdf> Acessado em: 6 nov. 2016.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_07_17_01_23_acomp_anhamento_do_setimo_levantamento_da_safra_de_graos_2015-2016_do_estado_da_bahia.pdf> Acessado em: 6 nov. 2016.

CORRÊA-FERREIRA, B. S. Suscetibilidade da soja a percevejos na fase anterior ao desenvolvimento das vagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 11, nov. 2005. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005001100003>

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; AZEVEDO, J. Soybean seed damage by diferente species of stink bugs. **Agricultural and Forest Entomology**, Oxford, v. 4, p. 145-150, 2002. DOI: 10.1046/j.1461-9563.2002.00136.x

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; ALEXANDRE, T.M.; PELLIZZARO, E.C.; MOSCARDI, F.; BUENO, A.F. **Práticas de manejo de pragas utilizadas na soja e seu impacto sobre a cultura**. Londrina: Embrapa Soja, 2010a. 16 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 78).

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; LIMA, D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Ocorrência e dano de percevejos em cultivares de soja de crescimento determinado e indeterminado. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 31, 2010, Brasília, DF. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2010b, p. 78-80.

COSTA, M. L. M.; BORGES, M.; VILELA, E. F. Biologia reprodutiva de *Euschistus heros* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina v. 27, n. 4, p. 559-568, 1998.

DANKS, H. V. Modification of adverse conditions by insects. **Oikos**, Copenhagen, v. 99, p. 10-24, 2002. Doi: 10.1034/j.1600-0706.2002.990102.x

DEGRANDE, P.E.; VIVAN, L.M. **Pragas da soja**. Rondonópolis: Fundação MT, 2005. 3 p. (Boletim de Pesquisa de Soja).

DEPIERI, R. A.; PANIZZI, A. R. Duration of feeding and superficial and in-depth damage to soybean seed by selected species of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 40, p. 197-203, 2011.

DERMODY, O.; O'NEILL, B. F.; ZANGERL, A. R.; BERENBAUM, M. R.; DELUCIA, E. H. Effects of elevated CO₂ and O₃ on leaf damage and insect abundance in a soybean agroecosystem. **Arthropod-Plant Interactions**, Dordrecht, v.2, n.3, p.125-135, 2008.

DOLEZEL, D. Photoperiodic time measurement in insects. **Current Opinion in Insect Science**, Amsterdam, v. 7, p. 98-103, 2015. Doi: dx.doi.org/10.1016/j.cois.2014.12.002

EARTH SYSTEM RESEARCH LABORATORY (ESRL). **Trends in atmospheric carbon dioxide**. Disponível em: <<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>>. Acessado em: 7 de julho de 2015.

EITZINGER, J.; ORLANDINI, S.; STEFANSKI, R.; NAYLOR, R. E. L. Climate change: introductory editorial. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 148, p. 499-500, 2010.

EVANS, J. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C₃ plants. **Oecologia**, Berlin, v. 78, p. 9-19, 1989.

FARIA et al. Identification and expression profile of two putative odorant-binding proteins from the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 43, p. 106-114, 2014. Doi: 10.1007/s13744-013-0187-4

FEALA, J. D.; COQUIN, L.; MCCULLOCH, A. D.; PATERNOSTRO, G. Flexibility in energy metabolism supports hypoxia tolerance in drosophila flight muscle: metabolomic and computational systems analysis. **Molecular Systems Biology**, Londres, v. 3, p. 99, 2007. Doi: 10.1038/msb4100139.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E.; BURMOOD, D. T.; PENNINGTON, J. S. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science Society of America**, Madison, v. 11, n. 6, p. 929-931, 1971. Doi: 10.2135/cropsci1971.0011183X0011000 60051x

FORTES, P.; MAGRO, S. R.; PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. Development of a dry artificial diet for *Nezara viridula* (L.) and *Euschistus heros* (Fabricius) (Heteroptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 5, p. 567-572, 2006.

FURBANK, R. T.; HATCH, M. D. Mechanism of C₄ photosynthesis – the size and composition of the inorganic carbon pool in bundle sheath cells. **Plant Physiology**, Washington, v. 85, p. 958-964, 1987.

GALLI, G. L. J.; RICHARDS, J. G. Mitochondria from anoxia-tolerant animals reveal common strategies to survive without oxygen. **Journal of Comparative Physiology**, Berlin, v. 184, p. 285-302, 2014. Doi:10.1007/s00360-014-0806-3

GHINI, R.; TORRE-NETO, A.; DENTZIEN, A. F. M.; GUERREIRO-FILHO, O.; IOST, R.; PATRÍCIO, F. R. A. PRADO, J. S. M.; THOMAIELLO, R. A.; BETTIOL, W.; DAMATTA, F. M. Coffee growth, pest and yield responses to free-air CO₂ enrichment. **Climatic Change**, 14 p, 2015. Doi: 10.1007/s10584-015-1422-2

GRAZIA, J.; DEL VECCHIO, M. C.; BALESTIERI, F. M. P.; RAMIRO, Z. A. Estudo das ninfas de pentatomídeos (Heteroptera) que vivem sobre soja (*Glycine max* (L.) Merrill): I – *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) e *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 9, p. 39-51, 1980.

GORNALL, J.; BETTS, R.; BURKE, E.; CLARK, R.; CAMP, J.; WILLETT, K.; WILTSHIRE, A. GORNALL. Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century. **Philosophical transaction of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences**, London, v. 365, n. 1554, p. 2973-2989, 2010.

HAMILTON, J. G.; DERMODY, O.; ALDEA, M.; ZANGERL, A. R.; ROGERS, A.; BERENBAUM, M. R.; DELUCIA, E. H. Anthropogenic changes in tropospheric composition increase susceptibility of soybean to insect herbivory. **Environmental Entomology**, Oxford, v.34, n.2, p.479-485, 2005.

HEAGLE, A. S.; MILLER, J. E.; PURSLEY, W. A. Growth and yield responses of potato to mixtures of carbon dioxide and ozone. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 35, n. 5, p. 1603-1610, 2002. Doi: 10.2134/jeq2003.1603

HEINEMANN, A., B.; MAIA, A. de, H., N.; NETO, D., D.; INGRAM, K., T.; HOOGENBOOM, G. Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) growth and development response to CO₂ enrichment under different temperature regimes. **European Journal. Agronomy**, Montpellier, v. 24, p. 52-61, 2006.

HIBBERD, J. M. et al. Effect of elevated concentrations of CO₂ on infection of barley by *Erysiphe graminis*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 48, p. 37-53, 1996.

HOBACK, W. W.; PODRABSKY, J. E.; HIGLEY, L. G.; STANLEY, D. W.; HAND, S. C. Anoxia tolerance of con-familial tiger beetle larvae is associated with differences in energy flow and anaerobiosis. **Journal of comparative physiology. B, Biochemical, systemic, and environmental physiology**, Berlin, v. 170, n. 4, p. 307–314, 2000. Doi: 10.1007/s003600000104.

HOFFMANN-CAMPO, C. B. et al. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa-CNPSo, 2000. 70 p. (Embrapa-CNPSo. Documentos, 30).

HORI, K. Z. Possible causes of disease symptoms resulting from the feeding of phytophagous Heteroptera. In: SCHAEFER, C.W; PANIZZI, A.R. (Ed.). **Heteroptera of economic importance**. Boca Raton: CRC Press, 2000, p. 11-35.

INSTITUTE FOR ATMOSPHERIC AND CLIMATE SCIENCE (IAC). **Global CO₂ Yearly** 2016. Disponível em: <<http://www.iac.ethz.ch/>>. Acessado em 16 de dezembro de 2016.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change** 2007. Disponível em: <www.ipcc.ch>. Acessado em 13 de julho de 2016.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change** 2014. Disponível em: <www.ipcc.ch>. Acessado em 15 de fevereiro de 2016.

KAMMINGA, K. L.; DAVIS, J. A.; STOCK, S. P.; RICHTER, A. R. First report of a mermithid nematode infecting *Piezodorus guildinii* and *Acrosternum hilare* (Hemiptera: Pentatomidae) in the United States. **Florida Entomologist**, Florida, v. 95, p. 214–217, 2012.

KIRITANI, K.; HOKIO, N. Variation of egg mass size in relation to the oviposition pattern in Pentatomidae. **Kontyu**, Tokyo, v. 33, p. 427-433, 1965.

KRUPKE, C. H.; JONES, V. P.; BRUNNER, J. F. Diel periodicity of *Euschistus conspersus* (Heteroptera: Pentatomidae) aggregation, mating, and feeding. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 99, p. 169-174, 2006.

KUSS, C.C.; TOALDO, V.D.B.; BERGHETTI, J.; PIAS, O.H.C.; KUSSROGGIA, R.C.R.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; BASSO, C.J.; SANTI, A.L.; ROGGIA, S. Percentagem de espécies de percevejos pentatomídeos ao longo do ciclo da soja no Norte do Paraná. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 7., 2012, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2012, p. 30-34. (Embrapa Soja. Documentos, 333).

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance teste for normality. **Biometrika**, London, v. 52, p. 591-611, 1965.

SOUTWOOD, T. R. E. **Ecological methods**. London, Chapman and Hall Ltd. 316p. 1971.

LeCATO, G. L.; PIENKOWSKI, R. L. Fecundity, egg fertility, duration of oviposition, and longevity of alfafa weevils from eight mating and storage conditions. **Annals of the Entomological Society of America**, Oxford, v. 65, p. 319-323, 1972.

LONG, S. P.; AINSWORTH, E. A.; ROGERS, A.; ORT, D. R. Rising atmospheric carbon dioxide: plants FACE the future. **Annual review of plant biology**, Palo Alto, v. 55, p. 591-628, 2004.

LÜTHI, D.; FLOCH, M. L.; BEREITHER, B.; BLUNIER, T.; BARNOLA, J. M.; SIEGENTHALER, U.; RAYNAUD, D.; JOUZEL, J.; FISCHER, H.; KAWAMURA, K.; STOCKER, T.F. High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000-800,000 years before present. **Nature**, London, v. 453, p. 379-382, 2008. Doi: 10.1038/nature06949

MAPA, **Ministério da agricultura**, 2016. Disponível em :< www.agricultura.Gov.br/Página Inicial/Vegetal/Culturas/>. Acesso em: 5 nov. 2016.

MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas. **Estudos avançados**, São Paulo, v.22, n.63, p. 83-96, 2008. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200006>

MARENGO, J. A; VALVERDE, M. C. Caracterização do Clima no século XX e Cenário de Mudanças de Clima para o Brasil no século XXI usando modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência**, Campinas, Edição nº 8, Mudanças Climáticas, maio, 2007.

MENDOZA, A. C.; ROCHA, A. C. P.; PARRA, L. R. P. Lyophilized artificial diet for rearing the neotropical *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal of Insect Science**, Oxford, v. 16, n. 1, p. 41-49, 2016. Doi:10.1093/jisesa/iew025

MENEGUIM, A. M.; PARRA, J. R. P.; HADDAD, M. L. Comparação de dietas artificiais, contendo diferentes fontes de ácidos graxos, para criação de *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 26, n.1, p. 35-44, 1997.

MEYER, J. S. ET AL. Estimating uncertainty in population growth rate: Jackknife vs. Bootstrap techniques. **Ecology**, Washington, v. 67, p. 1156–1166, 1986.

MOURÃO, A. P. M.; PANIZZI, A. R. Photophase influence on the reproductive diapause, seasonal morphs, and feeding activity of *Euschistus heros* (Fabr., 1798) (Hemiptera: Pentatomidae). **Brazilian Journal of Biology**, São Paulo, v. 62, p. 231-238, 2002.

MÜLLER, J. et al. Increasing temperature may compensate for lower amounts of dead wood in driving richness of saproxylic beetles. **Ecography**, Copenhagen, v. 38, n. 5, p. 499-509, 2015. Doi: 10.1111/ecog.00908

NATIONAL OCEANIC & ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). **Trends in atmospheric carbon dioxide**. Disponível em: <<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/index.html>>. Acessado em: 7 de julho de 2015.

PANDEY, P. K. et al. A nonhost peptidase inhibitor of ~14 kDa from *Butea monosperma* (Lam.) taub. seeds affects negatively the growth and developmental physiology of *Helicoverpa armigera*. **Biochemistry Research International**, New York, v. 2014, p. 1-11, 2014. Doi: 10.1155/2014/361821

PANIZZI, A. R. **Biologia e danos causados à soja por *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) (Hemiptera: Pentatomidae)**. 129 f. Dissertação (Mestrado em Ciência) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1975.

PANIZZI, A. R. Ecologia nutricional de insetos sugadores de sementes. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (ed.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole/CNPq, 1991.

PANIZZI, A. R.; OLIVEIRA, E.D.M. Performance and seasonal abundance of the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* nymphs and adults on a novel food plant (pigeonpea) and soybean. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 88, p. 169-175, 1998.

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

PANIZZI, A. R.; SLANSKY Jr., F. Legume host impact performance of adult *Piezodorus guildinii* (Westwood) (Hemiptera: Pentatomidae). **Environmental Entomology**, v. 14, n. 237-242, 1985b.

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

PANIZZI, A. R.; NIVA, C. Overwintering strategy of the brown stink bug in northern Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, São Paulo, v. 29, p. 509-511, 1994.

PANIZZI, A. R.; VIVAN, L. M. Seasonal abundance of the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros*, in overwintering sites, and the breaking of dormancy. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 82, p. 213-217, 1997.

PANIZZI, A. R.; BUENO, A. F.; SILVA, F. A. C. Insetos que atacam vagens e grãos. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. **Soja: Manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Londrina: Embrapa, 2013. p. 335-421.

PANIZZI, A. R.; LUCINI, T. What Happened to *Nezara viridula* (L.) in the Americas? Possible Reasons to Explain Populations Decline. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 5, p. 1-10, 2016. Doi: 10.1007/s13744-016-0446-2

PIMENTEL, C. Metabolismo de carbono de plantas cultivadas e o aumento de CO₂ e de O₃ atmosférico: situação e previsões. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.1, 2011. Doi: 10.1590/S0006-87052011000100002

POSLEDOVICH, D. et al. Latitudinal variation in diapause duration and post-winter development in two pierid butterflies in relation to phenological specialization. **Oecologia**, Berlin, v. 177, n. 1, p. 181-190, 2015. Doi: 10.1007/s00442-014-3125-1

RALPH, C. P. Natural food requirements of the large milkweed bug, *Oncopeltus fasciatus* (Hemiptera: Lygaeidae), and their relation to gregariousness and host plant morphology. **Oecologia**, Berlin, v. 26, p. 157-175, 1976.

ROOS, J.; HOPKINS, R.; KVARNHEDEN, A.; DIXELIUS, C. The impact of global warming on plant diseases and insect vectors in Sweden. **European Journal of Plant Pathology**, Montpellier, v.129, n.1, p. 9-19, 2011. Doi: 10.1007/s10658-010-9692-z

SALUSO, A.; XAVIER, L.; SILVA, F. A. C.; PANIZZI, A. R. An invasive pentatomid pest in Argentina: Neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, n. 6, v. 40, p. 704-705, 2011. Doi: 10.1007/0-306-48380-7_2852

SAXENA, K. N. Patterns of insect-plant relationships determining susceptibility or resistance of different plants to an insect. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 12, n. 5, p. 751-766, 1969.

SILVA, G. V. et al. No impact of Bt soybean that express Cry1Ac protein on biological traits of *Euschistus heros* (Hemiptera, Pentatomidae) and its egg parasitoid *Telenomus podisi* (Hymenoptera, Platygasteridae). **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 58, n. 3, p. 285-290, 2014. Doi: dx.doi.org/10.1590/S0085-56262014000300010

SILVA, F. A. C.; SILVA, J. J.; DEPIERI, R. A.; PANIZZI, A. R. Feeding activity, salivary amylase activity, and superficial damage to soybean seed by adult *Edessa*

meditabunda (F.) and *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 41, n. 5, 2012.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D; VILLA NOVA, N. A. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo, Ceres, 1976. 419p.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance teste for normality. **Biometrika**, London, v. 52, p. 591-611, 1965.

SMANIOTTO, L. L.; PANIZZI, A. R. Interactions of selected species of stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) from leguminous crops with plants in the Neotropics. **Florida Entomologist**, Florida, n. 1, v. 98, p. 7-17, 2015. Doi: <http://dx.doi.org/10.1653/024.098.0103>

SOUZA, A. P. Elevated CO₂ increases photosynthesis, biomass and productivity, and modifies gene expression in sugarcane. **Journal Compilation**, Dublin, v.31, n.1, p.1116-1127, 2008. Doi: 10.1111/j.1365-040.2008.01822.x

STALEY, J. T.; JOHNSON, S. N. Climate change impacts on root herbivores. In: JOHNSON, S. N.; MURRAY, P. J. (Ed.) **Root Feeders: an ecosystem perspective**. Wallingford, UK: CABI, 2008.

SUDDERTH, E. A.; STINSON, K. A.; BAZZAZ, F. A. Host specific aphid population responses to elevated CO₂ and increased N availability. **Global Change Biology**, Oxford, v. 11, n. 11, p. 1997-2008, 2005.

TODD, J.W.; HERZOG, D.C. Sampling phytophagous Pentatomidae on soybean. In: KOGAN, M.; HERZOG, D.C. (Eds.). **Sampling methods in soybean entomology**. New York: Springer, 1980. p. 438-478.

THOMAS, J. F.; HARVEY, C. N. Leaf anatomy of four species grown under continuous CO₂ enrichment. **Botanical Gazette**, Chicago, n.144, v.3, p. 303-309, 1983.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Oilseeds: World Markets and Trade. **Foreign Agricultural Service**. June 2016. Disponível em: < <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf> >. Acessado em: 6 de julho de 2016.

VENTURA, M. U.; MONTALVÁN, R.; PANIZZI, A. R. Feeding preferences and related types of behavior of *Neomegalotomus parvus*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 97, p. 309-315, 2000.

VERBERK, W. C. E. P. et al. Does oxygen limit thermal tolerance in arthropods? A critical review of current evidence. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, Nova Iorque, v. 192, p. 64–78, 2016. Doi: 10.1016/j.cbpa.2015.10.020.

VILLAS BÔAS, G. L. et al. **Indicações do manejo de pragas para percevejos**. Londrina, Embrapa - CNPSo, doc. 9, 1985. 15p.

VIVAN, L. M.; PANIZZI, A. R. Nymphal and adult performance of genetically determined types of *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae), under different

temperature and photoperiodic conditions. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, p. 911-915, 2005. Doi: [dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2005000600006](https://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000600006)

VIVAN, L. M.; PANIZZU, A. R. Geographical distribution of genetically determined types of *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae) in Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, p. 175-181, 2006.

ZAVALA, J. A.; CASTEEL, C. L.; DELUCIA, E. H.; BERENBAUM, M. R. Anthropogenic increase in carbon dioxide compromises plant defense against invasive insects. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 105, n. 13, p. 5129-5133, 2008.

ZAVALA, J. A.; NABITY, P. D.; DELUCIA, E. H. An emerging understanding of mechanisms governing insect herbivory under elevated CO₂. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 58, p. 79-97, 2013.

ZERBINO, M. S. Manejo de chinches en soja. **Revista INIA**, Montevideo, v. 23, p. 24-27, 2010.