

MARIA LUÍZA TAVARES MATHEUS

PARÂMETROS BIOLÓGICOS E ATIVIDADE PREDATÓRIA DE *Cycloneda sanguinea*
(COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) SOBRE O PULGÃO *Melanaphis sacchari/sorghi*
(HEMIPTERA: APHIDIDAE) NA CULTURA DO SORGO VARIEDADE SF15 NO
SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Serra Talhada-PE

2023

**M
A
T
H
E
U
S**

**M
L
T**

**P
A
R
Â
M
E
T
R
O
S**

**B
I
O
L
Ó
G
I
C
O
S**

**E
.
.
.
2
0
2
3**

MARIA LUÍZA TAVARES MATHEUS

PARÂMETROS BIOLÓGICOS E ATIVIDADE PREDATÓRIA DE *Cycloneda sanguinea*
(COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) SOBRE O PULGÃO *Melanaphis sacchari/sorghii*
(HEMIPTERA: APHIDIDAE) NA CULTURA DO SORGO VARIEDADE SF15 NO
SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientadora: Prof^a Dr^a Cláudia Helena Cysneiros Matos de Oliveira
Co-orientador: Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva

Serra Talhada-PE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M427p

Matheus, Maria Luíza Tavares

Parâmetros biológicos e atividade predatória de *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae) sobre o pulgão *Melanaphis sacchari/sorghii* (Hemiptera: Aphididae) na cultura do sorgo variedade SF15 no semiárido Pernambucano / Maria Luíza Tavares Matheus. - 2023.

74 f. : il.

Orientadora: Claudia Helena Cysneiros Matos de Oliveira.

Coorientador: Thieres George Freire da Silva.

Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Serra Talhada, 2023.

1. Coccinellini. 2. Controle biológico. 3. Predação. 4. Pulgão amarelo. 5. *Sorghum bicolor*. I. Oliveira, Claudia Helena Cysneiros Matos de, orient. II. Silva, Thieres George Freire da, coorient. III. Título

CDD 581.15

MARIA LUÍZA TAVARES MATHEUS

PARÂMETROS BIOLÓGICOS E ATIVIDADE PREDATÓRIA DE *Cycloneda sanguinea* (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) SOBRE O PULGÃO *Melanaphis sacchari/sorghii* (HEMIPTERA: APHIDIDAE) NA CULTURA DO SORGO
VARIEDADE SF15 NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADO em 27/02/2023.

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 CLAUDIA HELENA CYSNEIROS MATOS DE O
Data: 13/04/2023 08:24:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Cláudia Helena Cysneiros Matos de Oliveira – UAST/UFRPE
Orientadora

Documento assinado digitalmente
 CARLOS ROMERO FERREIRA DE OLIVEIRA
Data: 13/04/2023 08:22:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Carlos Romero Ferreira de Oliveira – UAST/UFRPE
Co-orientador, Examinador Interno

Documento assinado digitalmente
 ELMA MACHADO ATAIDE
Data: 13/04/2023 15:44:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Elma Machado Ataíde – UAST/UFRPE
Examinadora Externa

Documento assinado digitalmente
 CESAR AUGUSTE BADJI
Data: 13/04/2023 19:16:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Cesar Auguste Badji – UFAPE
Examinador Externo

Aos meus pais, Joseane e Alexander, por todo amor, apoio e ensinamentos. A todas as mulheres admiráveis que fazem parte da minha vida, Avó Marina (*in memoriam*), Avó Ivonete, Bisavó M^a do Carmo e Irmã Ana Laura, por me tornarem a mulher que sou hoje!

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por nunca me abandonar, ser meu refúgio e acalento, por mostrar sua presença principalmente nos momentos mais desafiadores. Por me guiar durante essa trajetória e me proporcionar discernimento para continuar.

Agradeço, aos meus pais, Joseane Tavares e Alexander Matheus, por serem minhas fontes de inspiração diária, por me apoiarem, aconselharem e me amarem incondicionalmente. Sinto-me honrada por ser filha de vocês!

A minha irmã, Ana Laura, por todo amor, companheirismo, amizade, apoio, paciência e implicâncias. Aos meus irmãos, Pedro Henrique e João Pedro, que mesmo com a distância física estão sempre no meu coração.

A Lana, minha “cãopanhia”, por dividir a vida comigo e me proporcionar alegrias diárias. Amo você!

Aos meus queridos e amados professores, Profa. Dra. Cláudia Helena Cysneiros Matos de Oliveira e Prof. Dr. Carlos Romero Ferreira de Oliveira, por todos os ensinamentos, conselhos, carinho, dedicação, compreensão, suporte, atenção, correções e incentivos, que foram essenciais para o meu desenvolvimento profissional e pessoal. Sem vocês, jamais teria chegado onde cheguei!

Ao Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva pelo tempo disponibilizado para suporte, acompanhamento e ensinamentos, fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Professor Dr. Sergio Luiz Ferreira da Silva por auxiliar no desenvolvimento da pesquisa, disponibilizando a estufa para a manutenção das plantas.

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal- PGPV (UAST/UFRPE) e ao Núcleo de Ecologia dos Artrópodes- NEA (UAST/UFRPE), pela estrutura e disponibilização dos equipamentos necessários para a condução da pesquisa.

A todo corpo Docente do PGPV (UAST/UFRPE), por todo companheirismo, transmissão de conhecimentos e disponibilidade para sanar dúvidas durante diversos momentos.

Aos colegas do PGPV, especialmente à turma de 2021.1.

Aqueles que tornaram meus dias mais agradáveis, leves e divertidos dentro das dependências do PGPV: Pedro Hermínio, Vitor Nunes e Hugo Rafael. Desejo levá-los para vida!

A todos os meus colegas do NEA (UAST/UFRPE), destacando-se Astrogilda Batista por todo apoio, carinho, amizade, noites em claro e auxílio durante a condução das pesquisas. Também a Marta Cruz e Ana Maria por participarem ativamente do trabalho.

Aos meus amigos: Aparecida Clébia, Brígida Leal, Cíntia Caline, Jennifer Kathleen, Lucas Eduardo e Maria Clara, por toda amizade, amor, apoio, paciência e aconselhamentos.

A CAPES e FACEPE, por intermédio do programa Bolsa de Cooperação Técnica (BCT), pela concessão da bolsa.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em especial a Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), por qual tenho maior apreço e carinho, por possibilitar o ingresso de discentes do interior no ensino superior.

A todos os funcionários da UAST/UFRPE que contribuíram, direta ou indiretamente, com a minha formação acadêmica e pessoal.

*"Nada na vida deve ser temido, somente compreendido. Agora é hora de compreender mais
para temer menos."
(Marie Curie)*

RESUMO GERAL

Os coccinelídeos são o principal grupo utilizado no controle biológico de pragas de importância agrícola. Dentre eles destaca-se *Cycloneda sanguinea* L. (Coleoptera: Coccinellidae), uma das espécies que possui maior eficiência no controle de insetos estacionários, apresentando hábito afidófago. Recentemente, *C. sanguinea* foi encontrada em associação com o pulgão *Melanaphis sacchari/sorghum* (Hemiptera: Aphididae) no sorgo variedade SF15, *Sorghum bicolor* (L.) Moench. (Poaceae), no semiárido pernambucano. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o potencial deste predador no controle de *M. sacchari/sorghum* na cultura do sorgo variedade SF15 no semiárido de Pernambuco, Brasil. No capítulo 1 realizou-se o registro de ocorrência do pulgão na cultura do sorgo variedade SF15, em Pernambuco. Para isso, populações de *M. sacchari/sorghum* foram observadas na cultura do sorgo no município de Serra Talhada- PE, Brasil, no “Centro de Referência Internacional de Estudos Agrometeorológicos de Palma e Outras Forrageiras” (UAST/UFRPE), sendo o primeiro relato de ocorrência no estado. Os indivíduos de *M. sacchari/sorghum* foram encontrados tanto em cultivos solteiros de sorgo como em cultivos consorciados com milheto, *Pennisetum glaucum* L. (Poaceae), no período de julho/2021 a agosto/2022. Os afídeos foram coletados em campo, acondicionados em recipientes plásticos contendo álcool a 70% e levados ao laboratório para identificação sob estereomicroscópio binocular, com o auxílio de chave própria para identificação. No capítulo 2, avaliou-se o desenvolvimento e os parâmetros de tabela de vida de fertilidade de *C. sanguinea* alimentados com *M. sacchari/sorghum*. Para a avaliação, 40 ovos do predador foram individualizados em placas de Petri (5 cm de diâmetro) até a eclosão e as larvas emergidas (30 larvas) foram acondicionadas em recipientes de vidro (altura 12,5 cm e 6,5 cm de diâmetro) contendo folhas de sorgo. As avaliações da duração dos estágios de desenvolvimento (ovo a adulto) de *C. sanguinea* alimentados com *M. sacchari/sorghum* foram realizadas em intervalos de seis horas para os imaturos e 24 horas para os adultos. Ao atingirem a fase adulta, nas arenas com fêmeas, adicionou-se um macho adulto para acasalar, registrando-se a duração dos períodos de pré-oviposição, oviposição, pós-oviposição, fecundidade e fertilidade das fêmeas, sobrevivência e longevidade dos adultos, e razão sexual da progênie. Os dados obtidos foram utilizados para o cálculo dos parâmetros da tabela de vida de fertilidade. Os experimentos foram realizados no delineamento inteiramente casualizado com 30 repetições. Os dados do ciclo de vida foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de T. O ciclo de vida médio de *C. sanguinea* foi de $13,24 \pm 0,27$ dias e a longevidade média de $50,40 \pm 0,87$ dias. A média de número de ovos/ fêmea foi de $1404,67 \pm 77,00$. Os parâmetros de tabela de

vida foram calculados por meio do sistema computacional TabVida, sendo obtida a taxa intrínseca de crescimento (r_m) com média de 0,33 fêmeas/fêmea/dia; a taxa finita de aumento (λ): 1,39 indivíduos/fêmea; a taxa reprodutiva líquida (R_0): 702,24 fêmeas/fêmea; o tempo médio de geração (T): 22,17 dias; o tempo de duplicação da população (T_d): 2,12 dias e a probabilidade de sobrevivência (l_x): 1,00. Os resultados obtidos indicam que *C. sanguinea* consegue completar o seu desenvolvimento e se reproduzir quando alimentada com o pulgão-praga *M. sacchari/sorghii*. No capítulo 3, avaliou-se a atividade predatória de *C. sanguinea* sobre *M. sacchari/sorghii*. As colônias de *C. sanguinea* e de *M. sacchari/sorghii* foram mantidas em laboratório sob condições controladas (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo). Avaliou-se a predação diária de fêmeas e machos de *C. sanguinea* sobre adultos de *M. sacchari/sorghii* em intervalos de quatro horas, totalizando 24 horas. Cada arena de avaliação continha 100 pulgões adultos e um predador adulto. Antes da liberação nas arenas experimentais o predador foi mantido sem alimento por 24 horas e pesado. Após a liberação nas arenas experimentais, a cada quatro horas, por um período de 24h, foi contabilizado o número de pulgões consumidos pelo predador, procedendo-se a cada avaliação a reposição das presas consumidas e a pesagem do predador. Os dados de predação e os pesos (em função do tempo), foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Fisher (LSD) a 5% de probabilidade. A análise de sobrevivência foi obtida pelo modelo de Weibull e para estimar a taxa de predação foi utilizada a derivada deste modelo. Observou-se que as fêmeas de *C. sanguinea* apresentaram maior capacidade predatória que os machos e conseguiram converter os pulgões em reserva nutritiva, pelo aumento do peso em comparação ao inicial. O tempo médio para ocorrer a predação de 50% de adultos de *M. sacchari/sorghii* por fêmeas foi de 07h:30min, e por machos foi de 09h:30min. Com base nos resultados, conclui-se que *C. sanguinea* foi eficiente para o biocontrole de *M. sacchari/sorghii*, mas são necessários estudos complementares, para compreender melhor as interações predador-presa.

Palavras-chave: Coccinellini, Controle biológico, Predação, Pulgão amarelo, *Sorghum bicolor*.

GENERAL ABSTRACT

Coccinellids are the main group used in biological control of pests of agricultural importance. Among them is *Cycloneda sanguinea* L. (Coleoptera: Coccinellidae), one of the species that has greater efficiency in the control of stationary insects, with aphidophagous habit. Recently, *C. sanguinea* was found in association with the aphid *Melanaphis sacchari/sorghum* (Hemiptera: Aphididae) in sorghum variety SF15, *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Thus, the present work aimed to evaluate the potential of this predator to control *M. sacchari/sorghum* on sorghum variety SF15 in the semiarid region of Pernambuco, Brazil. In chapter 1, we recorded the occurrence of the aphid in sorghum culture variety SF15 in Pernambuco. For this, populations of *M. sacchari/sorghum* were observed in sorghum crop in the municipality of Serra Talhada- PE, Brazil, at the " Centro de Referência Internacional de Estudos Agrometeorológicos de Palma e Outras Forrageiras" (UAST/UFRPE), being the first report of occurrence in the state. Individuals of *M. sacchari/sorghum* were found both in single sorghum crops and in intercrops intercropped with millet, *Pennisetum glaucum* L. (Poaceae), in the period from July/2021 to August/2022. The aphids were collected in the field, placed in plastic containers containing 70% alcohol and taken to the laboratory for identification under binocular stereomicroscope, with the aid of a key for identification. In chapter 2, the development and life table fertility parameters of *C. sanguinea* fed on *M. sacchari/sorghum* were evaluated. For the evaluation, 40 eggs of the predator were individualized in Petri dishes (5 cm diameter) until hatching and the emerged larvae (30 larvae) were placed in glass containers (height 12.5 cm and 6.5 cm diameter) containing sorghum leaves. Assessments of the duration of developmental stages (egg to adult) of *C. sanguinea* fed on *M. sacchari/sorghum* were performed at six-hour intervals for immatures and 24 hours for adults. When they reached adulthood, in the arenas with females, an adult male was added for mating, recording the duration of pre-oviposition, oviposition, post-oviposition periods, fecundity and fertility of females, survival and longevity of adults, and sex ratio of progeny. The data obtained were used to calculate the parameters of the fertility life table. The experiments were performed in an entirely randomized design with 30 replicates. Life cycle data were submitted to analysis of variance and means were compared using T test. The average life cycle of *C. sanguinea* was 13.24 ± 0.27 days and the average longevity was 50.40 ± 0.87 days. The mean number of eggs/female was 1404.67 ± 77.00 . The life table parameters were calculated using the TabVida computer system, and the intrinsic growth rate (r_m) averaged 0.33 females/female/day; the finite rate of increase (λ): 1.39 individuals/female; the net reproductive rate (R_0): 702.24 females/female; the mean generation

time (T): 22.17 days; the population doubling time (Td): 2.12 days and the survival probability (lx): 1.00. The results obtained indicate that *C. sanguinea* can complete its development and reproduce when fed on the pest aphid *M. sacchari/sorghum*. In chapter 3, the predatory activity of *C. sanguinea* on *M. sacchari/sorghum* was evaluated. Colonies of *C. sanguinea* and *M. sacchari/sorghum* were maintained in the laboratory under controlled conditions (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ RH and 12 h photoperiod). The daily predation of *C. sanguinea* females and males on *M. sacchari/sorghum* adults was evaluated at four-hour intervals, totaling 24 hours. Each evaluation arena contained 100 adult aphids and one adult predator. Prior to release into the experimental arenas the predator was kept without food for 24 hours and weighed. After release in the experimental arenas, every four hours, for a period of 24 hours, the number of aphids consumed by the predator was counted. Predation data and weights (as a function of time), were submitted to analysis of variance (ANOVA) and means were compared by Fisher's test (LSD) at 5% probability. The survival analysis was obtained by the Weibull model and to estimate the predation rate was used the derivative of this model. It was observed that the females of *C. sanguinea* presented greater predatory capacity than the males and were able to convert the aphids into nutrient reserves, by the increase in weight compared to the initial. The average time for the predation of 50% of *M. sacchari/sorghum* adults by females was 07h:30min, and by males was 09h:30min. Based on the results, we conclude that *C. sanguinea* was efficient for biocontrol of *M. sacchari/sorghum*, but further studies are needed to better understand predator-prey interactions.

Keywords: Biological control, Coccinellini, Predation, *Sorghum bicolor*, Yellow aphid.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1	A, apterous <i>M. sacchari/sorghum</i> aphid; B, winged aphid; C, appearance of infested sorghum leaf; D, chlorosis caused by aphids; E, sooty mold on sorghum leaf. Photos by Matheus, M. L. T.....	25
----------	--	----

CAPÍTULO II

Figura 1	Arena utilizada para criação do pulgão <i>Melanaphis sacchari/sorghum</i> em câmara climatizada tipo B.O.D., com temperatura de 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo. Foto: Matheus, M.L.T.....	29
Figura 2	Arena utilizada para criação de <i>Cycloneda sanguinea</i> em câmara climatizada tipo B.O.D., com temperatura de 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo. Foto: Matheus, M.L.T.....	30
Figura 3	Arenas experimentais biologia de <i>Cycloneda sanguinea</i> : (A) ovo; (B) larvas e adultos. Foto: Matheus, M.L.T.....	31
Figura 4	Fases de desenvolvimento de <i>Cycloneda sanguinea</i> : (A) ovos; (B) larva de 1º ínstar; (C) larva de 2º ínstar; (D) larva de 3º ínstar; (E) larva de 4º ínstar; (F) pré-pupa; (G) pupa; (H) fêmea adulta; (I) macho adulto; alimentandos com <i>Melanaphis sacchari/sorghum</i> em folhas de sorgo variedade SF15. Foto: Matheus, M.L.T.....	37
Figura 5	Probabilidade de sobrevivência (lx), expressa em percentagem, e fertilidade específica (mx), expressa em número médio de ovos por dia, de <i>Cycloneda sanguinea</i> alimentada com <i>Melanaphis sacchari/sorghum</i> em folhas de sorgo variedade SF15, em câmara climatizada tipo B.O.D. (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo)	39

CAPÍTULO III

Figura 1	Número de adultos de <i>Melanaphis sacchari/sorghum</i> predados e proporção de adultos de <i>Melanaphis sacchar/sorghum</i> não predados por fêmeas e machos de <i>Cycloneda sanguinea</i> , em função do tempo, sob condições controladas (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo). Curvas geradas pelo modelo de Weibull. As setas indicam o momento em que o predador consome 50% da população de pulgões.....	59
----------	--	----

Figura 2

Velocidade de predação de fêmeas e machos de *Cycloneda sanguinea* sobre adultos de *Melanaphis sacchari/sorghii*, em função do tempo, sob condições controladas (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo). Curvas geradas pela derivada do modelo de Weibull.....

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1	Duração (média $\pm$ erro padrão) dos estágios biológicos de <i>Cycloneda sanguinea</i> alimentada com <i>Melanaphis sacchari/sorghii</i> em folhas de sorgo variedade SF15, em câmara climatizada tipo B.O.D. (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo)	33
Tabela 2	Duração em dias, dos períodos de pré-oviposição, oviposição, pós-oviposição e número de ovos/ fêmeas de <i>Cycloneda sanguinea</i> alimentada com <i>Melanaphis sacchari/sorghii</i> em folhas de sorgo variedade SF15, em câmara climatizada tipo B.O.D. (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo)	38
Tabela 3	Parâmetros da tabela de vida de fertilidade de <i>Cycloneda sanguinea</i> alimentada com <i>Melanaphis sacchari/sorghii</i> em folhas de sorgo variedade SF15, em câmara climatizada tipo B.O.D. (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo)	40
Tabela 4	Parâmetros de crescimento populacional de <i>Cycloneda sanguinea</i> comparados ao de <i>Melanaphis sacchari/sorghii</i> em folhas de sorgo variedade SF15, em câmara climatizada tipo B.O.D. (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo)	41

CAPÍTULO III

Tabela 1	Número de <i>Melanaphis sacchari/sorghii</i> predados por <i>Cycloneda sanguinea</i> , fêmeas e machos em função do tempo, sob condições controladas (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo)	60
Tabela 2	Peso médio de fêmeas e machos de <i>Cycloneda sanguinea</i> , após o consumo de <i>Melanaphis sacchar/sorghii</i> em função do tempo, sob condições controladas (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo)	61
Tabela 3	Parâmetros estimados pela distribuição de Weibull para <i>Melanaphis sacchari/sorghii</i> predados por fêmeas e machos de <i>Cycloneda sanguinea</i> , em função do tempo, sob condições controladas (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo)	63

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	16
CAPÍTULO I – OCCURRENCE OF THE SUGARCANE APHID IN SORGHUM CROPS IN PERNAMBUCO, BRAZIL.....	18
ACKNOWLEDGEMENTS.....	22
REFERÊNCIAS.....	22
CAPÍTULO II –BIOLOGIA E TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE DE <i>Cycloneda sanguinea</i> ALIMENTADA COM <i>Melanaphis sacchari/sorghii</i> EM SORGO SACARINO VARIEDADE SF15.....	26
Introdução.....	26
Material e métodos.....	28
Criação de <i>C. sanguinea</i> e <i>M. sacchari/sorghii</i>	28
Biologia.....	30
Tabela de vida de fertilidade.....	32
Resultados e discussão.....	32
Biologia de <i>C. sanguinea</i>	32
Tabela de vida de fertilidade de <i>C. sanguinea</i>	39
Conclusão.....	42
Agradecimentos.....	43
Referências.....	43
Endereços dos autores.....	51
CAPÍTULO III – ATIVIDADE PREDATÓRIA DE <i>Cycloneda sanguinea</i> (LINNAEUS) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) SOBRE O PULGÃO <i>Melanaphis sacchari/sorghii</i> (HEMIPTERA: APHIDIDAE) EM SORGO SACARINO VARIEDADE SF15.....	52
1 INTRODUÇÃO.....	53
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	55
2.1 Criação de <i>Melanaphis sacchari/sorghii</i> e <i>Cycloneda sanguinea</i>	55
2.2 Condições experimentais.....	56
2.3 Análise de dados.....	57
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
DECLARAÇÃO DE CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA CREDIT	65
DECLARAÇÃO DE INTERESSE CONCORRENTE.....	65
AGRADECIMENTOS.....	65
FINANCIAMENTO.....	66
REFERÊNCIAS.....	66

APRESENTAÇÃO

A demanda por alimentos vem crescendo drasticamente nas últimas décadas. Nesse contexto torna-se necessário potencializar a produtividade das culturas agrícolas através do desenvolvimento de variedades que proporcionam o aumento do seu rendimento, como também pelo desenvolvimento de técnicas de controle eficientes para as pragas agrícolas - principal grupo que compete diretamente com o homem pelos recursos advindos das lavouras.

O uso de inseticidas sintéticos é a principal ferramenta usada no manejo de pragas agrícolas. Entretanto há na atualidade uma demanda por alimentos livres de resíduos desses produtos considerando as consequências negativas, tanto para o homem como para o meio ambiente, advindas de sua utilização indiscriminada.

Assim, o uso de estratégias sustentáveis de controle de pragas agrícolas é um dos desafios da atualidade e representa uma das metas estabelecidas pela Organização das Nações Unidas (ONU), na Agenda 2030, para auxiliar na diminuição dos índices de pobreza (especialmente em áreas rurais) e contribuir para uma maior qualidade nutricional dos alimentos e para a sustentabilidade ambiental. Nesse contexto, o controle biológico é uma alternativa que condiz com esses objetivos e pesquisas desta natureza devem ser estimuladas.

Dentre os agentes utilizados no controle biológico de pragas agrícolas os Coccinellidae (Coleoptera) representam o principal grupo de predadores utilizados com sucesso no mundo, o que os torna muito importantes economicamente e ecologicamente.

Esses insetos, conhecidos popularmente como joaninhas, são amplamente utilizados no controle de pulgões, tripses, moscas-brancas, larvas de borboletas/mariposas e cochonilhas. Há destaque para algumas espécies como *Cycloneda sanguinea* L. - que é cosmopolita, nativa das Américas e com ampla ocorrência no Brasil – e que pode ser encontrada em ambientes naturais e em cultivos, incluindo culturas de relevância econômica, como: citros, melancia, algodão, morango, pêssego, milho, milheto e sorgo. É considerada uma espécie afidófaga, ou seja, possui preferência alimentar por pulgões, que causam danos avassaladores em diversas lavouras nas diferentes regiões do mundo.

Recentemente *C. sanguinea* foi encontrada em plantios de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), variedade SF15, associada ao pulgão amarelo da cana-de-açúcar *Melanaphis sacchari/sorgho*, no semiárido de Pernambuco. Porém, pouco se sabe sobre as interações existentes entre essas espécies e sobre o potencial de *C. sanguinea* sobre este pulgão em condições semiáridas.

O pulgão amarelo da cana-de-açúcar *M. sacchari/sorgho* é uma espécie fitófaga, cosmopolita, originária da Ásia, com o ciclo de vida relativamente curto e alto potencial reprodutivo. É uma praga originalmente da cana-de-açúcar, mas, atualmente vem causando problemas significativos na cultura do sorgo, podendo causar redução de até 100% na produtividade, sendo considerada uma praga-chave em várias regiões do mundo. Em condições ambientais favoráveis pode-se encontrar aproximadamente 10.000 pulgões/folha de sorgo. No sorgo, atua causando danos diretos, por intermédio da sucção da seiva do floema, gerando redução fotossintética, clorose, necrose e senescência foliar, redução na quantidade/qualidade dos grãos, e danos indiretos, pela transmissão de vírus.

A principal forma de controle de *M. sacchari/sorgho* na cultura do sorgo é a utilização de inseticidas sistêmicos, que muitas vezes são aplicados inadequadamente, não respeitando a dosagem e os intervalos entre aplicações recomendados pelos fabricantes, acarretando desenvolvimento de resistência, declínio nos inimigos naturais e contaminação do meio ambiente. Considerando esses aspectos, é necessário se buscar métodos alternativos de controle, como o controle biológico, que recebe cada vez mais destaque no Manejo Integrado de Pragas, por possibilitar uma produção integrada com a agricultura sustentável.

Portanto, é de grande relevância avaliar as interações existentes entre *C. sanguinea* e *M. sacchari/sorgho*, visando o desenvolvimento de estratégias sustentáveis de controle desta praga na cultura do sorgo.

Face ao exposto, esta pesquisa teve por objetivo avaliar o potencial do coccinelídeo predador *C. sanguinea* no controle do pulgão *M. sacchari/sorgho* na cultura do sorgo variedade SF15 na região semiárida do estado de Pernambuco, Brasil. No capítulo 1 foi realizado o primeiro registro de ocorrência do pulgão na cultura do sorgo variedade SF15, em Pernambuco. No Capítulo 2 avaliou-se os parâmetros biológicos e a tabela de vida de *C. sanguinea* sobre *M. sacchari/sorgho* nesta cultura e no capítulo 3 avaliou-se a atividade predatória de *C. sanguinea* consumindo *M. sacchari/sorgho*.

CAPÍTULO I- Occurrence of the sugarcane aphid in sorghum crops in Pernambuco, Brazil

Maria Luíza Tavares Matheus⁽¹⁾, Cláudia Helena Cysneiros Matos de Oliveira⁽¹⁾, Carlos Romero Ferreira de Oliveira⁽¹⁾, Astrogilda Batista do Nascimento⁽¹⁾, Marta Maria Santos da Cruz, Ana Maria Lopes Nunes and Thieres George Freire da Silva⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Av. Gregório Ferraz Nogueira, s/n, Caixa Postal 063, CEP: 56900-000, Serra Talhada, PE, Brazil. E-mail: luizatavares13@gmail.com, claudia.matos@ufrpe.br, carlos.foliveira@ufrpe.br, astrogildabatistanascimento@gmail.com, cruzmarta.s29@gmail.com, anamariac271@gmail.com, thieres.silva@ufrpe.br

Abstract – The objective of this work was register the occurrence of the *Melanaphis sacchari/sorghum* complex in sorghum cultivation areas in Serra Talhada-Pernambuco, Brazil. Sorghum samples were collected in the field from July 2021 to August 2022 to identify the specimens. In the laboratory, the specimens were identified and confirmed the presence of *M. sacchari/sorghum*. This aphid is a pest that has been spreading in Brazil since 2019, causing significant damage to sorghum. This is the first record of *M. sacchari/sorghum* in Pernambuco.

Index terms: *Melanaphis sacchari*, *Sorghum bicolor*, natural enemies

Ocorrência do pulgão da cana-de-açúcar em cultivos de sorgo em Pernambuco, Brasil

Resumo- O objetivo deste trabalho foi registrar a ocorrência do complexo *Melanaphis sacchari/sorghum* em áreas de plantio de sorgo em Serra Talhada- PE, Brasil. Amostras de sorgo foram coletadas no campo no período de julho/2021 a agosto/2022 para identificação dos espécimes. Em laboratório, os espécimes foram identificados e confirmaram a presença de *M. sacchari/sorghum*. - praga que vem se expandindo e causando danos significativos ao sorgo no Brasil desde 2019. Este é o primeiro registro de *M. sacchari/sorghum* para Pernambuco.

Termos para indexação: *Melanaphis sacchari*, *Sorghum bicolor*, inimigos naturais

The sugarcane aphid *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897) (Hemiptera: Aphididae) is a cosmopolitan species that originated in Asia. It preferentially colonizes sugarcane and causes damage by transmitting sugarcane yellow leaf virus (Nibouche et al. 2018). However, it has become a major sorghum pest in several areas and has been detected in Africa, Asia, Australia, the Middle East, and parts of South and Central America (Singh et al., 2004), resulting in losses of more than 50% of crop yield (Wilson et al., 2020) and US\$400 per hectare (Bowling et al., 2016).

In the United States, the pest was first detected in 1970. However, in 2013, an outbreak of this pest occurred in sorghum and a new *M. sacchari* population was reported to cause economic damage in Mexico, Puerto Rico, and the United States (Nibouche et al. 2018). And all sorghum-producing regions in Mexico and approximately 20 U.S. states are suffering from heavy infestations of this aphid (Bowling et al., 2016).

In Brazil, the first occurrence of the aphid *M. sacchari* was reported in the 1960s in the state of São Paulo in sugarcane (Costa et al., 1972). It was first reported to attack sorghum crops in 2019 in different Brazilian sites in Minas Gerais (“Triângulo Mineiro”, “Noroeste” and “Alto Paranaíba”), Distrito Federal, Goiás, São Paulo, and Mato Grosso (Mendes et al., 2019). Its incidence is reported to be higher than that of the green aphid *Schizaphis graminum* (Rondani, 1952) and the corn aphid *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Fernandes et al., 2021) due to the economic losses caused by its infestation (Fernandes et al., 2021). In 2022, individuals of *M. sacchari* associated with sorghum were also found in Uberlândia and Sete Lagoas in Minas Gerais (Sampaio et al., 2022).

The aphid *M. sacchari* has a high reproductive potential, with a female capable of producing between 34–96 nymphs within 2–5 weeks of lifetime (Singh et al., 2004). In terms of morphological aspects, it has a matte yellow body, the antennae with five or six segments, blackish and cylindrical siphunculi of short to medium size, and tarsi blackish. Winged females

have wings with darkened venation and a doubly divided midrib (Peña-Martínez et al., 2017). Despite these striking features, their identification is quite complex. *Melanaphis* species associated with sugarcane and sorghum are thought to form a group consisting of *M. sacchari*, *M. sorghi* (Theobald, 1904), and *M. miscanthi* (Takahashi, 1921) (Peña-Martínez et al., 2016), with the first two being treated as unique in the literature because their morphological characteristics do not allow accurate identification under field conditions. The only way to distinguish them is by DNA sequencing, which reveals a slight divergence in the EF1- α nuclear gene between species (Nibouche et al., 2021). Therefore, *M. sacchari/sorghi* complex was considered in the present study.

In *Sorghum bicolor* (L.), *M. sacchari/sorghi* feeds on the phloem and causes leaf damage and subsequent nutrient loss, water stress, leaf chlorosis, a reduction in photosynthesis, a reduction in forage yield, and a decrease in grain quantity and quality (Singh et al., 2004). As the aphid feeds on sap, it produces and excretes honeydew, which serves as food for other insects, including bees and wasps (Fernandes et al., 2021), and as a substrate for sooty mold, which is a fungal disease that darkens leaves and reduces photosynthetic rates (Bowling et al., 2016; Mendes et al., 2019; Fernandes et al., 2021). It can also cause leaf necrosis, dwarfism, delayed panicle emergence, wilting symptoms, and even early plant death (Bowling et al., 2016).

Populations of *M. sacchari/sorghi* in sorghum crops in the municipality of Serra Talhada-Pernambuco, Brazil, were monitored by the Centro de Referência Internacional de Estudos Agrometeorológicos de Palma e Outras Forrageiras (CentroREF), located at the Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), Serra Talhada, PE (7°59' S; 38°15' O e 431m).

The studies were conducted in single crops of sorghum (*S. bicolor*) and in mixed crops with millet (*Pennisetum glaucum* L.) in CentroREF, from July/2021, when first aphid colonies was observed, to August/2022, corresponding to four consecutive crop cycles. Specimens of the

species were collected, stored in 70% alcohol and brought to the laboratory for identification under a binocular stereomicroscope, using the taxonomic key of Peña-Martínez et al. (2017), who consider the sorghum yellow aphid as a *M. sacchari/sorghii* complex.

Thus, the presence of the sugarcane aphid *M. sacchari/sorghii* was confirmed in Serra Talhada-Pernambuco. The collected specimens had a yellowish color ranging from pale yellow to bright yellow, with dark tarsi, short conical blackish siphunculi and slightly smaller than the tail, dark antennae towards the apex in apterous females (Figure 1A); with five or six segments, similar to those observed by, Peña-Martínez et al. (2017) in cereals in Mexico, Fernandes et al. (2021) on sorghum in Brazil and by Schlickmann-Tank et al. (2021) on sorghum in Paraguay. Apterous (Figure 1A) and winged (Figure 1B) individuals were observed.

At the beginning of the infestation, aphids were located in the abaxial part of sorghum leaves (Figure 1C), in both single and intercropped crops. As the infestation progressed, they could be observed in the adaxial part of the leaf, stem, and panicle, confirming the observations of Bowling et al. (2016) in North America. The nymphs were scattered on the leaves, and when they reached maturity, they were clustered together (Figure 1C).

Winged individuals were found during periods of high colonization, due to the need to move to new plants in search of food (Fernandes et al., 2021). Specimens had wings with very distinct veins, and fore wing with median vein twice branched and an abdominal dorsum with sclerotized fringes variably united in segments II to VI (Figure 1 B) (Peña-Martínez et al., 2017), a feature that distinguishes *M. sacchari/sorghii* complex from other species (Schlickmann-Tank et al., 2021).

With respect to sorghum, it should be noted that plants infested by *M. sacchari/sorghii* had yellowish spots on their leaves (Figure 1D), indicating leaf chlorosis (Singh et al., 2004) and a sticky and shiny appearance due to the presence of honeydew (Fernandes et al., 2021). The

occurrence of sooty mold that darkens the leaves increased as aphid population and, consequently, honeydew production increased (Figure 1 E).

The detection of *M. sacchari* in sorghum crops in the municipality of Serra Talhada-Pernambuco is of utmost importance, as it alerts producers to take measures to control this pest in crops in the region.

Acknowledgements

To Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES – Finance code 001) and to Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) for financial support. To Grupo de Agrometeorologia no Semiárido (GAS) of the Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST) for technical and scientific support.

References

- BOWLING, R.D.; BREWER, M.J.; KERNS, D.L.; GORDY, J.; SEITER, N.; ELLIOTT, N.E.; BUNTIN, G.D.; WAY, M.O.; ROYER, T.A.; BILES, S.; MAXSON, E. Sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae): a new pest on sorghum in North America. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 7, p. 1-13, 2016. DOI: 10.1093/jipm/pmw011
- COSTA, C.L.; EASTOP, V.F.; COSTA, A.S. A list of the aphid species (Homoptera: Aphidoidea), Collected in Sao Paulo, Brazil. **Revista Peruana de Entomologia**, v. 15, p. 131-134, 1972.
- FERNANDES, F.O.; SOUZA, C.S.F.; AVELLAR, G.S. de; NASCIMENTO, P.T.; DAMASCENO, N.C.R.; SANTOS, N.M. dos; LIMA, P.F; SANTOS, M.V.C. dos; SIMEONE, M.L.F.; PARRELLA, R.A.C.; MENEZES, C.B. de; OLIVEIRA, I.R. de; MENDES, S.M. Manejo do pulgão da cana-de-açúcar (*Melanaphis sacchari /sorgho*) na cultura do sorgo. **Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo**, Comunicado Técnico, v. 249, p. 1-24, 2021.

GORDON, R.D. The Coccinellidae (Coleoptera) of America north of Mexico. **Journal of the New York Entomological Society**, v. 93, 1985.

JAIMES-ORDUÑA, J.; TAMEZ-GUERRA, P.; ZAVALA-GARCÍA, F.; PÉREZ-GONZÁLEZ, O. Identification of predatory and parasitoid insect species associated with *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae), a sorghum pest in Nuevo León, Mexico. **The Florida Entomologist**, v. 103, p. 145-147, 2020. DOI: 10.1653/024.103.0427

MENDES, S.M.; VIANA, P.A.; OLIVEIRA, I.R. de; MENEZES, C.B. de; WAQUIL, J.M.; TOMPSON, W. Pulgão da-cana-de-açúcar no sorgo: um velho conhecido, mas um novo problema! **Grão em Grão**, Sete Lagoas, ano 13, n.112, 2019.

NIBOUCHE, S.; COSTET, L.; HOLT, J.R.; JACOBSON, A.; PEKARCIK, A.; SADEYEN, J.; ARMSTRONG, J.S.; PETERSON, G.C.; MCLAREN, N.; MEDINA, R.F. Invasion of sorghum in the Americas by a new sugarcane aphid (*Melanaphis sacchari*) superclone. **PLoS One**, v. 13, e0196124, 2018. DOI: 10.1371/journal.pone.0196124

NIBOUCHE, S.; COSTET, L.; MEDINA, R.F.; HOLT, J.R.; SADEYEN, J.; ZOOGONES, A.S.; BROWN, P.; BLACKMAN, R.L. Morphometric and molecular discrimination of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari*, (Zehntner, 1897) and the sorghum aphid *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904). **PloS one**, v. 16, p. e0241881, 2021. DOI: 10.1371/journal.pone.0241881

PEÑA-MARTÍNEZ, R.; MUÑOZ-VIVEROS, A.L.; MARÍN-JARILLO, A.; BUJANOS-MUÑIZ, R.; TAMAYO-MEJÍA, F.; LUÉVANO-BORROE, I.J.; SÁNCHEZ-SEGURA, L.; IBARRA-RENDÓN, J. Guía ilustrada para la identificación de los pulgones (Hemiptera: Aphididae) de cereales en México. 1.ed. **Fundación Guanajuato Produce A. C.** Alameda: México, 2017. 69p.

PEÑA-MARTÍNEZ, R.; MUÑOZ-VIVEROS, A.L.; BUJANOS-MUÑIZ, R.; LUÉVANO-BORROEL, J.; TAMAYO-MEJIA, F.; CORTEZ-MONDACA, E. Formas sexuales del

complejo pulgón amarillo del sorgo, *Melanaphis sacchari/sorghum* en México. **Southwestern Entomologist**, v. 41, p. 127-132, 2016. DOI: 10.3958/059.041.0114

RODRÍGUEZ-VÉLEZ, B.; SARMIENTO-CORDERO, M.A.; PALOMARES-PÉREZ, M.; Arredondo-Bernal, H.C. Species of Coccinellidae (Coleoptera: Cucujoidea) associated with *Melanaphis sacchari* Zehntner (Hemiptera: Aphididae) in Tamaulipas, Mexico. **Entomological news**, v. 126, p. 97-105, 2016. DOI: 10.3157/021.126.0205

SAMPAIO, M.V.; DOMINGUES, R.F.; MENDES, S.M.; AVELLAR, G.S. *Melanaphis sorghum* (Theobald, 1904)(Hemiptera: Aphididae), an invasive sorghum pest in the American continent, is a host of *Aphidius platensis* (Brèthes, 1913)(Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in Brazil. **Entomological Communications**, v. 4, ec04016, 2022. DOI: 10.37486/2675-1305.ec04016

SCHLICKMANN-TANK, J.A.; ESPINOSA-VÁSQUEZ, G.; DRODOWSKI, R.F.S. First Record of *Melanaphis sacchari* in Paraguay. **Southwestern Entomologist**, v. 46, p. 249-252, 2021. DOI: 10.3958/059.046.0123

SINGH, B.U.; PADMAJA, P.G.; SEETHARAMA, N. Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner)(Homoptera: Aphididae), in sorghum: a review. **Crop Protection**, v. 23, p. 739-755, 2004. DOI: 10.1016/j.cropro.2004.

WILSON, B.E.; REAY-JONES, F.P.F.; LAMA, L.; MULCAHY, M.; REAGAN, T.E.; DAVIS, J.A.; YANG, Y.; WILSON, L.T. Influence of sorghum cultivar, nitrogen fertilization, and insecticides on infestations of the sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae) in the Southern United States. **Journal of Economic Entomology**, v. 113, p. 1850-1857, 2020. DOI: 10.1093/jee/toaa121.

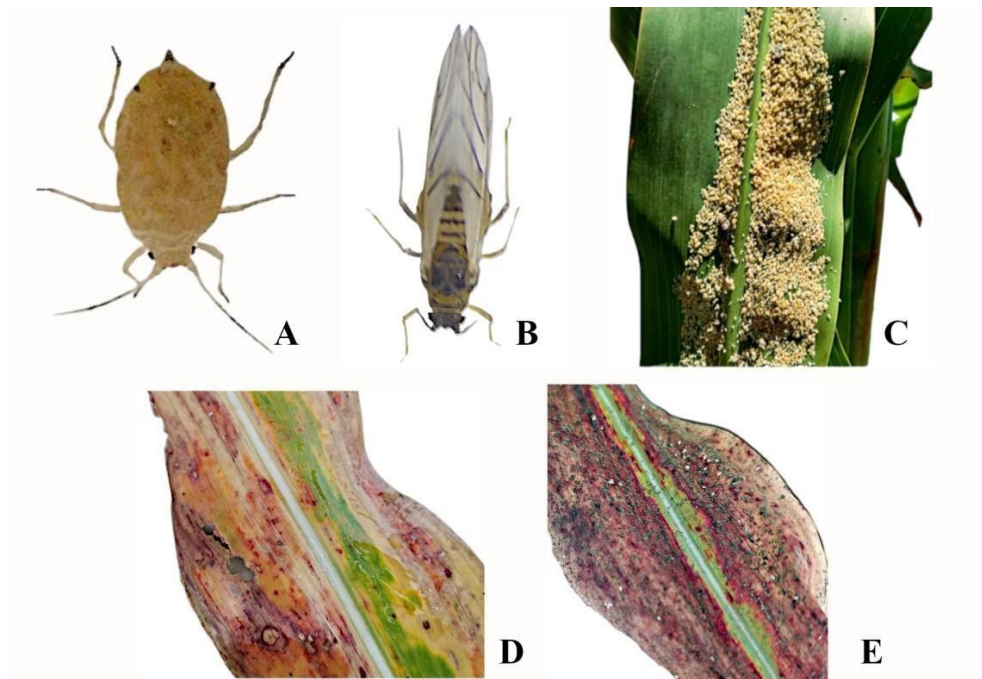


Figure 1 - A, apterous *M. sacchari/sorghhi* aphid; B, winged aphid; C, appearance of infested sorghum leaf; D, chlorosis caused by aphids; E, sooty mold on sorghum leaf. Photos by Matheus, M. L. T.

CAPÍTULO II- BIOLOGIA E TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE DE *Cycloneda sanguinea* ALIMENTADA COM *Melanaphis sacchari/sorghii* EM SORGO SACARINO VARIEDADE SF15

Maria Luíza Tavares MATHEUS¹; Cláudia Helena Cysneiros MATOS¹; Carlos Romero Ferreira de OLIVEIRA¹; Astrogilda Batista do NASCIMENTO¹

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE, Brasil.

Resumo

O predador *Cycloneda sanguinea* L. (Coleoptera: Coccinellidae) é um importante agente de controle biológico de pragas agrícolas. No presente estudo foram avaliados os parâmetros biológicos de *C. sanguinea* alimentada com o complexo *Melanaphis sacchari/sorghii*, ambos encontrados em plantas de *Sorghum bicolor* (L.) Moench., variedade SF15. O ciclo de vida médio de *C. sanguinea* foi de $13,24 \pm 0,27$ dias e sua longevidade média foi de $50,40 \pm 0,87$ dias. A média de número de ovos/ fêmea foi de $1404,67 \pm 77,00$, indicando que *M. sacchari/sorghii* é um alimento adequado para este predador. Os parâmetros de tabela de vida avaliados foram taxa intrínseca de crescimento (r_m) com média de 0,33 fêmeas/fêmea/dia; taxa finita de aumento (λ): 1,39 indivíduos/fêmea; taxa líquida reprodutiva (R_0): 702,24 fêmeas/fêmea; tempo médio de geração (T): 22,17 dias; tempo de duplicação da população (T_d): 2,12 dias e a probabilidade de sobrevivência (l_x): 1,00. Esses resultados indicam que o predador *C. sanguinea* consegue se desenvolver e se reproduzir de maneira eficiente quando alimentado com *M. sacchari/sorghii* provenientes do sorgo. Também possui aspectos desejáveis para a criação massal, necessária para o controle biológico, uma vez que, apresenta um curto ciclo de vida e um rápido crescimento populacional em condições controladas.

Palavras-chave: Aphididae; Coccinellidae; *Sorghum bicolor*; parâmetros biológicos; pulgão amarelo.

Introdução

Os coleópteros Coccinellidae representam um dos grupos ecologicamente mais importantes (Najajrah et al., 2019), correspondendo a aproximadamente 90% de insetos considerados benéficos (Oliveira et al., 2006; Silva et al., 2022) que atuam como inimigos naturais de insetos-praga (Silva et al., 2022). Estes insetos exercem atividade predatória sobre larvas e adultos de diversas pragas (Castro, 2017), o que os torna altamente vorazes e eficazes para o controle biológico (Hodek et al., 2012).

Os Coccinellidae apresentam hábito alimentar variado e habitam todos os tipos de ecossistemas terrestres (Silva et al., 2022). Muitas espécies atuam como predadores naturais de pragas de importância agrícola, como ácaros, moscas-brancas, psilídeos, pulgões (Hodek e

Evans, 2012), tripes, larvas pequenas e ovos de lepidópteros (Kundoo e Khan, 2017). No grupo também estão presentes espécies micófagas e que se alimentam de pólen (Castro, 2017), além de espécies fitófagas consideradas pragas de algumas culturas agrícolas (Fayzullaev e Suyarova, 2021; Hanif et al., 2021).

Cycloneda sanguinea L. (Coleoptera: Coccinellidae) é um predador pertencente à tribo Coccinellini (Escalona et al., 2017). É cosmopolita (Vandenberg, 2002), nativa das Américas (Rocca et al., 2017) e uma das espécies de joaninha com maior ocorrência neste continente (CABI, 2019), podendo ser encontrada em abundância em ambientes naturais (incluindo florestas) e cultivados (hortaliças, frutíferas e cereais) (Silva et al., 2022).

O coleóptero *C. sanguinea* é considerado como uma das espécies de maior eficiência no controle de insetos fitófagos estacionários, abrangendo os pulgões (Funichello et al., 2012). Nesse sentido, é considerada uma das espécies afidófagas nativas mais importantes do Brasil (Martins et al., 2009; Schuber et al., 2012), sendo encontrada em diversas lavouras em associação a pulgões (Schuber et al., 2012), como *Aphis gossypii* (Glover) nas culturas do algodão (Chamuene et al., 2020) e da melancia (Souza et al., 2015); *Chaetosiphon fragaefolii* (Cockerell) no morango (Francesena et al., 2019) e *Aphis craccivora* (Koch) na gliricídia (Souza et al., 2021). Recentemente, *C. sanguinea* foi encontrada em associação ao pulgão *Melanaphis sacchari/sorghii* (Hemiptera: Aphididae) no sorgo variedade SF15, *Sorghum Bicolor* L., no semiárido Pernambucano (Matheus, dados não publicados).

Conhecido como pulgão amarelo da cana-de-açúcar, *M. sacchari* foi recentemente descrito como inseto-praga invasor da cultura do sorgo (Bostick et al., 2020) e é considerada uma das espécies de afídeo de maior importância econômica no mundo (Palomares-Pérez et al., 2022). Porém, esse pulgão também pode ser encontrado em associação com outras culturas como: a aveia, o trigo e a cevada (Palomares-Pérez et al., 2022). Morfologicamente é semelhante à *Melanaphis sorghi*, cuja diferenciação só é possível através de análises genéticas. Nesse sentido, são tratadas na literatura como o mesmo pulgão-da-cana-de-açúcar, sendo referidas como o complexo *M. sacchari/M. sorghi* (Nibouche et al., 2021) – padrão também utilizado no presente estudo.

Assim como ocorre para a maior parte das pragas agrícolas, o uso de produtos químicos sintéticos ainda é a principal forma de controle de *M. sacchari/sorghii*, e é limitado ao uso de inseticidas sistêmicos (Elkhateeb et al., 2021; Cuevas et al., 2022), como imidacloprid, metamidofos e sulfoxaflor (Hernández-Bautista et al., 2016). Entretanto, o uso exacerbado desses produtos acarreta problemas já conhecidos, como resistência e ressurgimento de pragas,

surtos de pragas secundárias, toxicidade nos aplicadores, contaminação alimentar e ambiental (Czepak et al., 2005), além da redução de organismos não-alvos, como os agentes de biocontrole (Aktar et al., 2009).

Nesse sentido, há uma demanda crescente por medidas alternativas de controle, como o controle biológico (Blanco et al. 2014; Souza et al., 2015), que contribui para práticas agrícolas mais sustentáveis (Ali et al., 2018). Por outro lado, o primeiro passo para um controle biológico efetivo é a determinação de predadores eficazes para a supressão da praga (Clercq e Degheele, 1997). Para isso, são necessários estudos sobre a biologia e o ciclo de vida, taxa de crescimento, dinâmica e flutuação populacional (Bellows et al., 1992), além de tabelas de vida, ferramenta essencial para o estudo da ecologia populacional, que fornecem informações sobre os padrões de fecundidade e sobrevivência dos insetos (Price, 1984), sendo muito útil na aplicação prática do controle biológico (Chi e Yang, 2003).

O registro do complexo *M. sacchari/sorghii* causando danos em cultivo de sorgo no estado de Pernambuco é recente (Matheus et al., submetido à publicação), porém, por todo seu potencial na redução da produção e produtividade desta cultura, surge a necessidade do desenvolvimento de métodos alternativos de controle, por meio da utilização de inimigos naturais. Assim, estudos utilizando *C. sanguinea* tornam-se importantes, já que é imprescindível promover o uso de espécies nativas de coccinelídeos antes de considerar a introdução de coccinelídeos exóticos, que podem representar riscos ambientais (Roy et al., 2011).

Nesse sentido, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os parâmetros da tabela de vida de fertilidade de *C. sanguinea* alimentada com o pulgão *M. sacchari/sorghii*, com vistas a responder os seguintes questionamentos:

(i) *C. sanguinea* consegue se desenvolver com sucesso quando alimentada com *M. sacchari/sorghii* em sorgo forrageiro?

(ii) *C. sanguinea* apresenta maior crescimento populacional que este pulgão?

Material e métodos

Criação de C. sanguinea e M. sacchari/sorghii

As populações iniciais de *C. sanguinea* e *M. sacchari/sorghii* foram coletadas de plantios experimentais da cultura de sorgo-sacarino variedade SF15, no Centro de Referência Internacional de Estudos Agrometeorológicos de Palma e Outras Forrageiras (CentroREF), localizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco, (UAST/UFRPE), município de Serra Talhada - PE. A área de estudo está situada

nas coordenadas geográficas: 7° 59' 7" Sul, 38° 17' 34" Oeste e 443 metros de altitude, sendo que o clima na região é semiárido quente e seco do tipo BSwH (Alvares et al., 2013), com chuvas de verão, iniciando no começo de dezembro e cessando ao final de abril, com 632 mm de precipitação média anual (Oresca et al., 2021).

Para confirmar a identidade do pulgão *M. sacchari/sorghhi* foram coletados espécimes nos sorgos da área experimental, acondicionados em recipientes plásticos contendo álcool 70% e transportados para o Laboratório do Núcleo de Ecologia de Artrópodes, da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (NEA/UAST) para identificação em estereomicroscópio binocular, com auxílio da chave taxonômica de Peña-Martínez et al. (2017). Os espécimes coletados apresentavam coloração amarelada, tarsos escuros, antenas escuras e sifúnculos pretos curtos, caracteres diagnósticos do complexo *M. sacchari/sorghhi*

Posteriormente as colônias de *M. sacchari/sorghhi* foram mantidas em laboratório em arenas de criação confeccionadas com recipientes plásticos (750 mL), contendo água destilada para manter a turgidez da folha. Os recipientes possuíam pequena abertura na tampa para introduzir a folha de sorgo-sacarino variedade SF15. Para evitar a fuga dos pulgões, utilizou-se uma garrafa plástica (2000 mL) sem o fundo, sem o gargalo, fechada na região superior com um tecido tipo *voil* (figura 1) (Matheus, dados não publicados).

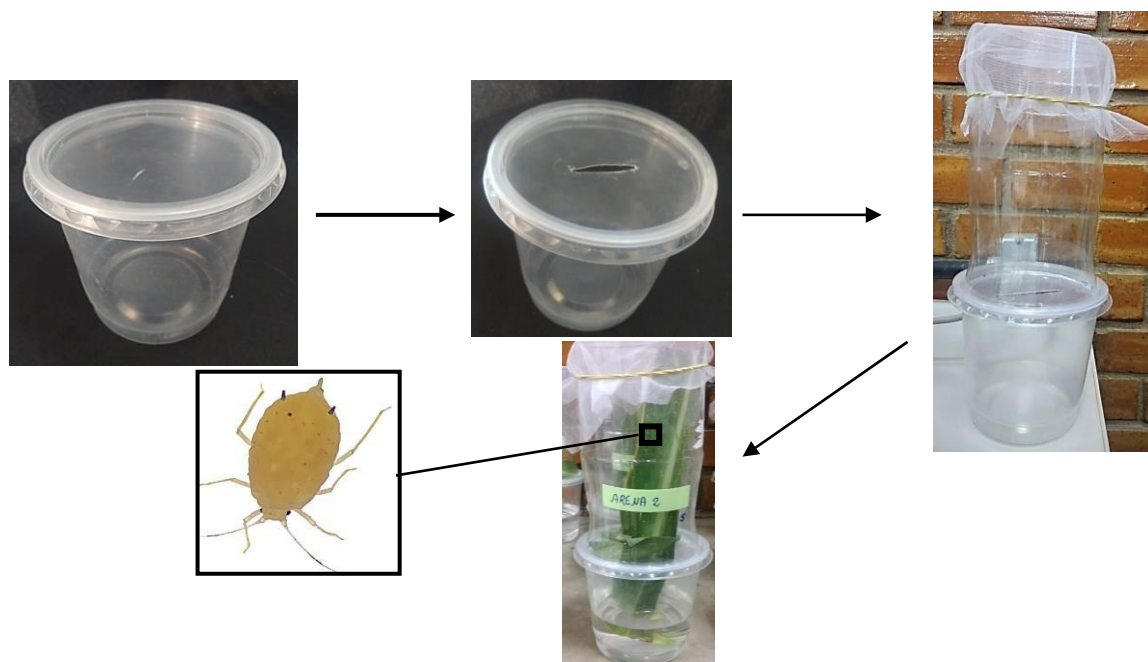


Figura 1. Arena utilizada para criação do pulgão *Melanaphis sacchari/sorghhi* em câmara climatizada tipo B.O.D., com temperatura de 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo. Foto: Matheus, M.L.T.

Os predadores foram criados em folhas de sorgo-sacarino infestadas por *M. sacchari/sorghii*, mantidos em recipientes de vidro (altura 12,5 cm e 6,5 cm de diâmetro) contendo espuma (3,0 cm de espessura) umedecida com água destilada. Na espuma, a folha de sorgo foi inserida na posição vertical. Para evitar a fuga dos insetos, os recipientes foram fechados com filme PVC perfurado, para possibilitar as trocas gasosas (figura 2) (Matheus, dados não publicados).

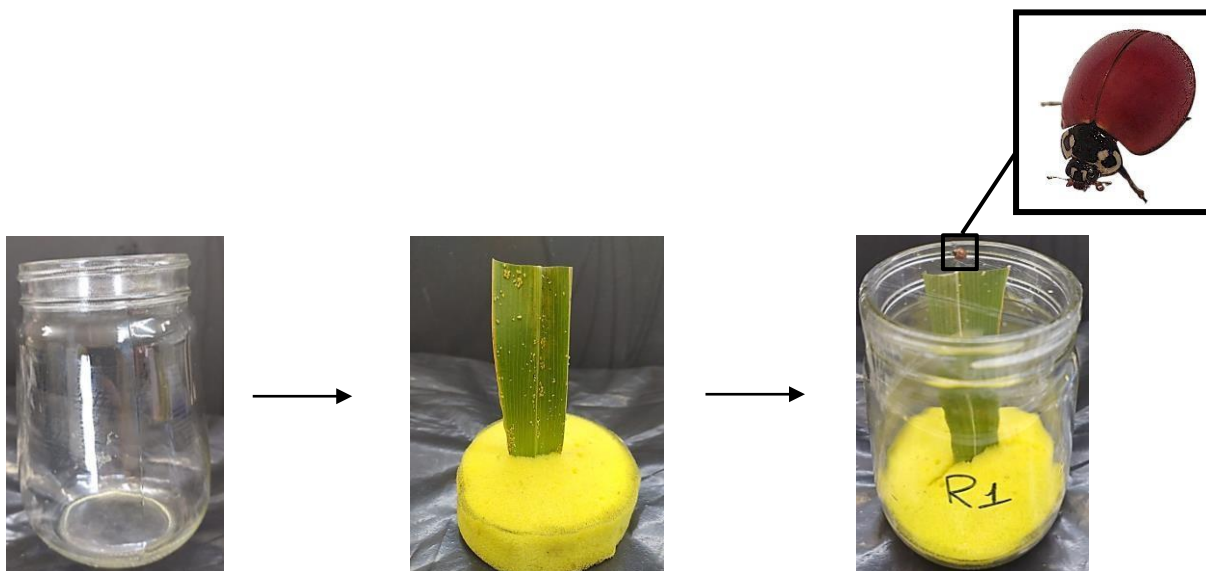


Figura 2. Arena utilizada para criação de *Cycloneda sanguinea* em câmara climatizada tipo B.O.D., com temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo. Foto: Matheus, M.L.T.

Ambas as criações foram mantidas em câmaras climatizadas do tipo B.O.D. ajustadas para $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo. As plantas de sorgo-sacarino utilizadas para o experimento foram cultivadas em vasos de 50 L utilizando o substrato composto por solo, substrato comercial e esterco bovino (3:1:1). Os vasos foram acondicionados em casa de vegetação na UFRPE/UAST.

Biologia

Foram utilizados 40 ovos com idade padronizada (até 24 horas), obtidos de fêmeas de *C. sanguinea*, em idade de oviposição, provenientes da criação-estoque. Cada ovo foi colocado individualmente em placas de Petri (com 5 cm de diâmetro), contendo espuma (0,5 cm de espessura) umedecida com água destilada, sobre a qual foi colocado um disco de papel filtro. A placa de Petri foi fechada com plástico filme perfurado, para realização das trocas gasosas. As larvas emergidas foram acondicionadas em recipientes de vidro (altura 15,3 cm e 6 cm de

diâmetro) contendo espuma (6,0 cm de espessura) umedecida com água destilada e folha de sorgo (SF15) infestada com *M. sacchari/sorghhi* (figura 3).

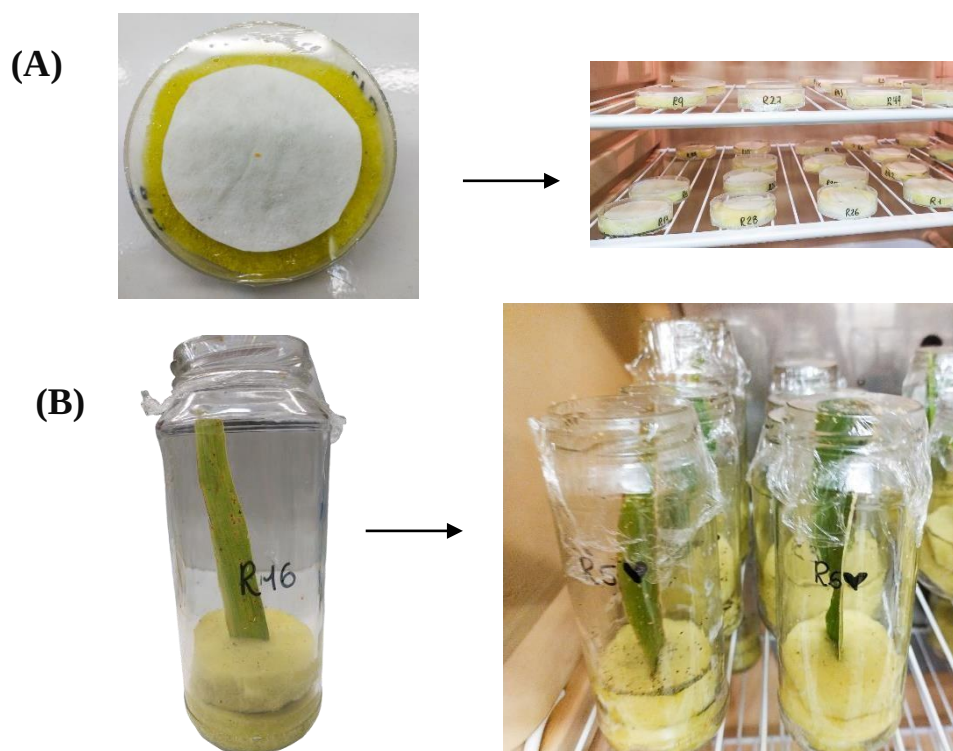


Figura 3. Arenas experimentais biologia de *Cycloneda sanguinea*: (A) ovo; (B) larvas e adultos. Foto: Matheus, M.L.T.

As avaliações foram realizadas em intervalos de seis horas (para ovos e larvas) e em intervalos de 24 horas (para os adultos), para determinar a duração e a sobrevivência de cada um dos estágios de desenvolvimento de *C. sanguinea*. Quando os insetos chegaram à idade adulta foram sexados e colocados em casais, ou seja, um macho adulto foi adicionado a cada uma das arenas contendo uma fêmea para permitir o acasalamento. Quando os machos morriam antes das fêmeas eram substituídos por outros, até a morte da fêmea.

Para determinar a proporção sexual da progênie, os ovos postos foram criados separadamente até a fase adulta. Os testes foram conduzidos em câmaras do tipo B.O.D (a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 30 repetições, sendo os dados submetidos à análise de variância e ao teste de T por meio do programa Sisvar versão 5.6 (Ferreira, 2011).

Tabela de vida de fertilidade

Através dos dados de sobrevivência e fecundidade das fêmeas de *C. sanguinea* foram determinados os parâmetros da tabela de vida.

Os parâmetros biológicos foram calculados por meio do sistema computacional TabVida desenvolvido por Penteado et al. (2010), que estima os parâmetros da tabela de vida de fertilidade e respectivos erros padrão, utilizando o método Jackknife (Meyer et al., 1986), comparando as médias pelo teste “t” unilateral.

Os seguintes parâmetros de desenvolvimento e sobrevivência das formas juvenis e adultas da progênie foram obtidos durante a avaliação biológica: taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m); taxa líquida de reprodução (R_0); taxa finita de crescimento populacional (λ); tempo médio de geração (T); tempo de duplicação da população (T_d); fertilidade específica (m_x); e taxa de sobrevivência (l_x). Sendo que:

$$r_m = \log_e R_0 / T$$

$$R_0 = \sum m_x l_x$$

$$\lambda = e^{r_m}$$

$$T = (\sum m_x l_x x) / (\sum m_x l_x)$$

$$T_d = \ln(2) / r_m$$

Onde:

r_m é a taxa intrínseca de crescimento; R_0 taxa líquida reprodutiva (que corresponde ao número de vezes que a população cresce durante o ciclo de vida); λ taxa finita de aumento da população; T tempo médio de uma geração; T_d tempo necessário para duplicação a população inicial; m_x é o número de descendentes produzidos por fêmeas no estágio x (fertilidade específica); l_x proporção de fêmeas vivas (taxa de sobrevivência) a partir do nascimento até a idade x ; $m_x l_x$ é o total de fêmeas produzidas por fêmea durante o intervalo de tempo; x intervalo de idade em unidade de tempo.

Resultados e discussão

Biologia de C. sanguinea

Os dados médios do desenvolvimento de *C. sanguinea* (ovos, quatro estádios larvais, pré-pupa, pupa e adultos) alimentada com *M. sacchari/sorghii* estão apresentados na tabela 1. Não foi observada diferença significativa entre os estágios de desenvolvimento de machos e fêmeas através do teste T.

O período médio de incubação dos ovos de *C. sanguinea* alimentado com *M. sacchari/sorghii* encontrado no presente estudo foi de $2,49 \pm 0,09$ dias (tabela 1), resultado

aproximado ao obtido quando o predador é alimentado por outras espécies de pulgões, como: *Schizaphis graminum* (Rondani), $2,2 \pm 0,13$ dias (Figueira et al., 2003) e $3,07 \pm 0,32$ dias (Botelho et al., 1989); *Aphis citricola* (Van der Goot), $2,5 \pm 0,7$ dias (Mejía, 1997); *A. craccivora*, $2,0 \pm 0,0$ dias (Solano et al., 2016) e *Dactynotus* sp., 3,0 dias (Veloso et al., 1995).

Tabela 1. Duração (média $\pm$ erro padrão) dos estágios biológicos de *Cycloneda sanguinea* alimentada com *Melanaphis sacchari/sorghii* em folhas de sorgo variedade SF15, em câmara climatizada tipo B.O.D. (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo).

Fase biológica	Sobrevivência (%)	Tempo de desenvolvimento (dias) ^a		
		Fêmea (n= 15) ^b	Macho (n= 15) ^b	Média (n= 30) ^b
Ovo	75%	$2,51 \pm 0,03$	$2,47 \pm 0,03$	$2,49 \pm 0,09$
Ínstares larvais				
I	100%	$1,78 \pm 0,02$	$1,62 \pm 0,03$	$1,70 \pm 0,07$
II	100%	$1,31 \pm 0,02$	$1,38 \pm 0,02$	$1,34 \pm 0,06$
III	100%	$1,13 \pm 0,02$	$1,36 \pm 0,03$	$1,24 \pm 0,06$
IV	100%	$2,56 \pm 0,06$	$2,64 \pm 0,05$	$2,60 \pm 0,14$
Estágio larval		$6,78 \pm 0,06$	$7,00 \pm 0,07$	$6,89 \pm 0,18$
Estágio de pré-pupa	100%	$0,64 \pm 0,01$	$0,62 \pm 0,01$	$0,63 \pm 0,02$
Estágio de pupa	100%	$3,18 \pm 0,02$	$3,29 \pm 0,02$	$3,23 \pm 0,06$
Ovo- adulto	100%	$13,11 \pm 0,09$	$13,38 \pm 0,11$	$13,24 \pm 0,27$
Longevidade		$51,40 \pm 1,44$	$49,40 \pm 0,96$	$50,40 \pm 0,87$

^a Média $\pm$ erro padrão; ^b número de observações.

No que se refere ao desenvolvimento embrionário de *C. sanguinea*, observou-se no presente estudo que este foi inferior aos resultados encontrados por Cardoso e Lázzari (2003) sobre *Cinara* spp. (4,0 dias) na cultura do pinheiro e por Rodríguez-Palomera et al. (2019) utilizando o pulgão *Aphis aurantii* (Boyer de Fonscolombe) ($3,78 \pm 0,46$ dias) como alimento. As diferenças observadas no período de incubação para ovos de coccinelídeos podem ser explicadas pela utilização de diferentes temperaturas de criação e por fontes de alimento com diferentes valores nutricionais, ou seja, espécies distintas de pulgões (Omkar e Bind, 2004; Omkar e James, 2004; Omkar e Pervez, 2004). A qualidade nutricional do pulgão vai depender da sua espécie (Ali e Rizvi, 2007), planta hospedeira e valor nutricional requerido pelo coccinelídeo (Hodek e Honěk, 2009).

Os ovos de *C. sanguinea* recém-depositados apresentaram o córion liso e brilhante, com coloração amarelo-alaranjada e formato alongado (figura 4A), corroborando com o observado por Mejía (1997). Os ovos são depositados em fileiras (2-3), bem unidas e próximo do momento da eclosão tornam-se opacos e enegrecidos. Segundo Mejía (1997), *C. sanguinea* põe

aproximadamente 24 ovos por postura, porém, no presente estudo foram contabilizados os ovos postos diariamente e não a cada postura.

A porcentagem de eclosão dos ovos (viabilidade) foi de 75%, superior à encontrada em diversos trabalhos, como Mejía (1997), que obteve uma porcentagem média de eclosão dos ovos de 61,08 sobre o pulgão *A. citrícola*. Já Silva e Martinez (2004), observaram eclosão de 53%, enquanto Cosme et al. (2007) encontraram 69,4%, quando utilizaram pulgões *S. graminum* como fonte alimentar. No entanto, a viabilidade aqui observada foi inferior à constatada por Veloso et al. (1995) (86% sobre *Dactynotus* sp.) bem como encontrada por Cardoso e Lázzari (2003) (93,3% sobre *Cinara* spp). Essas discrepâncias na viabilidade dos ovos podem ocorrer por diferenças nas reservas nutritivas ofertadas para o predador, assim como, as temperaturas de incubação distintas dos experimentos.

C. sanguinea apresentou quatro ínstares larvais, com um período médio de estágio larval de $6,89 \pm 0,18$ dias quando alimentada por *M. sacchari/sorgho* (tabela 1), como reportado por Hodek (1973) para a maioria das espécies de coccinelídeos. Estes resultados são semelhantes aos valores obtidos para o predador quando alimentado com o pulgão *S. graminum*, onde o estágio larval durou $7,5 \pm 0,15$ dias (Figueira et al., 2003) e $7,3 \pm 0,66$ dias (Santos et al., 2013). Já com o pulgão *A. craccivora*, a duração do estágio larval foi de $6,2 \pm 0,5$ dias de incubação (Solano et al., 2016).

Por outro lado, os resultados obtidos no presente estudo diferiram do obtido por Veloso et al. (1995), em que *C. sanguinea*, alimentada com o pulgão *Dactynotus* sp., apresentou a duração média da fase larval de 9,43 dias, com temperatura de 23 °C. Nesse sentido, a diferença nos resultados obtidos dos respectivos autores quando comparados ao presente estudo pode ser explicada pela temperatura utilizada na condução da pesquisa, pois, neste trabalho a temperatura de incubação foi de 25 °C. De acordo com Solano et al. (2016), essas diferenças observadas no período de desenvolvimento larval também podem ocorrer devido ao fato das larvas serem o único estágio alimentar dos imaturos, onde a qualidade e a quantidade de presas ofertadas podem influenciar nos resultados. Sendo assim, provavelmente *M. sacchari/sorgho* apresenta alto valor nutricional e alta palatabilidade para o predador *C. sanguinea*, o que proporciona alta taxa de consumo e assimilação, tornando o desenvolvimento larval mais acelerado.

As larvas de *C. sanguinea* são do tipo campodeiforme, com corpo fusiforme, hipognatas e com três ocelos (figura 4B, 4C, 4D e 4E). Ao mudarem de instar deixam na superfície foliar uma exúvia, com abertura da cabeça ao tórax, bem deteriorada (Mejía, 1997). As larvas de

primeiro instar são marrom-alaranjadas (figura 4B) e apresentam o comportamento alimentar de succionar o conteúdo de suas presas. Apenas os instares subsequentes exibem o hábito de mastigar (Mejía, 1997). As larvas de segundo instar são muito semelhantes ao do primeiro instar, sendo um pouco maiores e com as manchas mais evidentes e claras, com coloração laranja-pálido (figura 4C). As larvas de terceiro instar, são mais ativas que as anteriores, com manchas de tonalidade intensa (figura 4D), com tamanho médio de 4,41 mm (Mejía, 1997). Por fim, o quarto instar larval é caracterizado por intensa atividade predatória, manchas laranjas brilhantes (figura 4E) e tamanho médio de 7,16 mm (Mejía, 1997).

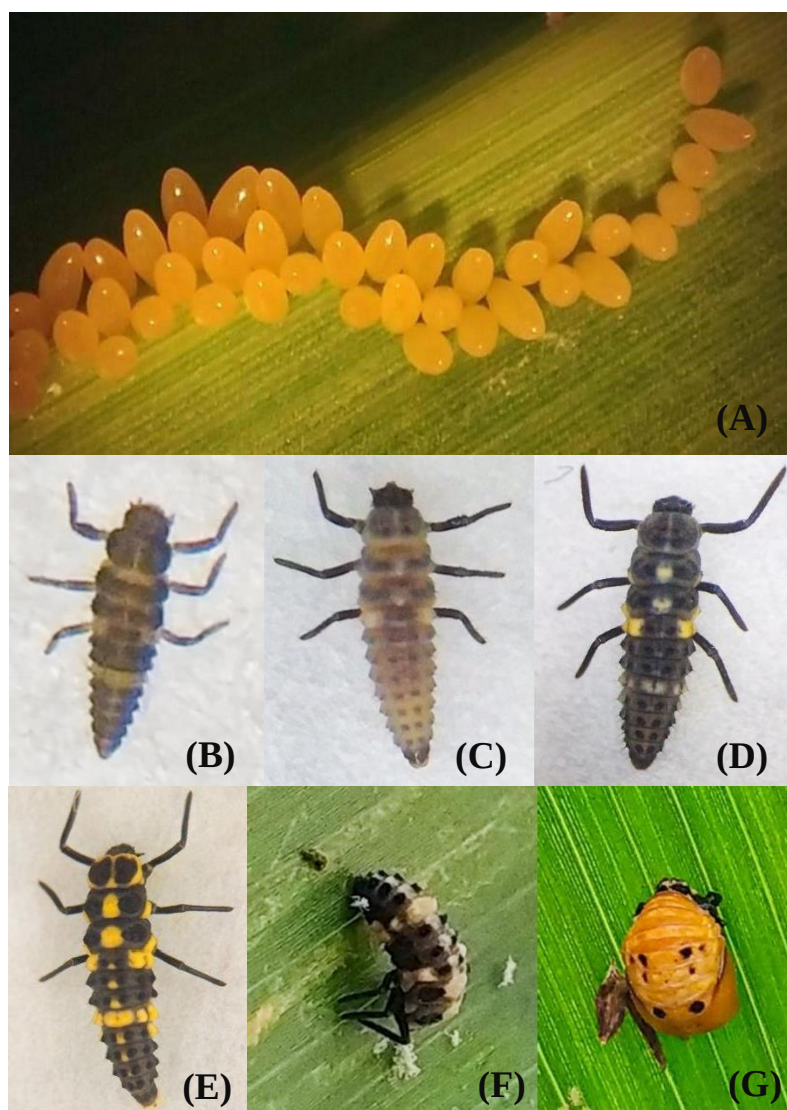
O primeiro instar larval de *C. sanguinea* teve duração média de $1,70 \pm 0,07$ dias (tabela 1), enquanto o segundo e o terceiro instares larvais apresentaram, duração média de $1,34 \pm 0,06$ dias e $1,24 \pm 0,06$ dias, respectivamente (tabela 1), assemelhando-se com o período de desenvolvimento observado em espécies distintas de pulgões (Veloso et al., 1995; Cardoso e Lázzari, 2003; Figueira et al., 2003; Oliveira et al., 2004; Santos et al., 2013; Solano et al., 2016; Nunes et al., 2017).

O quarto instar larval foi o mais duradouro, com tempo médio de $2,60 \pm 0,14$ dias (tabela 1), aproximando-se aos valores obtidos por Cardoso e Lázzari (2003), ao utilizarem *Cinara* spp. (2,8 dias), por Solano et al. (2016) em experimentos com *A. craccivora* ($2,1 \pm 0,3$ dias) e por Milléo et al. (2014), que utilizaram ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller), $2,60 \pm 0,08$ dias. A maior duração no quarto instar larval é comum em diversas espécies de coccinelídeos (Hodek, 1973; Costa et al., 2020). Tal fenômeno é explicado pelo fato do predador, nesse estágio de desenvolvimento, necessitar de grande quantidade de reserva energética para a transformação em pupa e futura emergência dos adultos (Hodek, 1973; Machado, 1982; Oliveira et al., 2004).

No presente estudo, observou-se que à medida que as larvas de quarto instar de *C. sanguinea* maturavam, tornavam-se menos ativas, diminuindo sua atividade alimentar. Em seguida, se fixavam ao substrato por meio de uma excreta de coloração amarelada liberada pelo ânus, que servia como ventosa, e tornavam-se ligeiramente curvadas (figura 4F), sendo este estágio denominado de pré-pupa. A pré-pupa apresentou duração média de $0,63 \pm 0,02$ dias (tabela 1), que se equipara ao observado por Solano et al. (2016) e Veloso et al. (1995), que indicaram uma duração média de $0,6 \pm 0,2$ dias e 0,86 dias, respectivamente. Por outro lado, é inferior ao relatado por Rodríguez-Palomera et al. (2019) que observaram duração de $1,74 \pm 0,67$ dias para esse estágio.

As pupas de *C. sanguinea* são do tipo exarada, característica dos coleópteros, com coloração amarela e manchas marrons no dorso (figura 4G). São esclerotizadas e parcialmente

cobertas pelo tegumento larval (Oliveira et al., 2004). Apresentam uma característica peculiar de se erguerem na extremidade do abdômen quando sofrem perturbações externas. Seu período médio de incubação foi de $3,23 \pm 0,06$ dias (tabela 1). Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Figueira et al. (2003); Santos et al. (2013); Solano et al. (2016); Rodríguez-Palomera et al. (2019), que observaram para a mesma espécie duração média de $3,08 \pm 0,13$ dias; $3,3 \pm 0,19$ dias; $3,1 \pm 0,2$ dias e $3,46 \pm 1,35$, respectivamente.



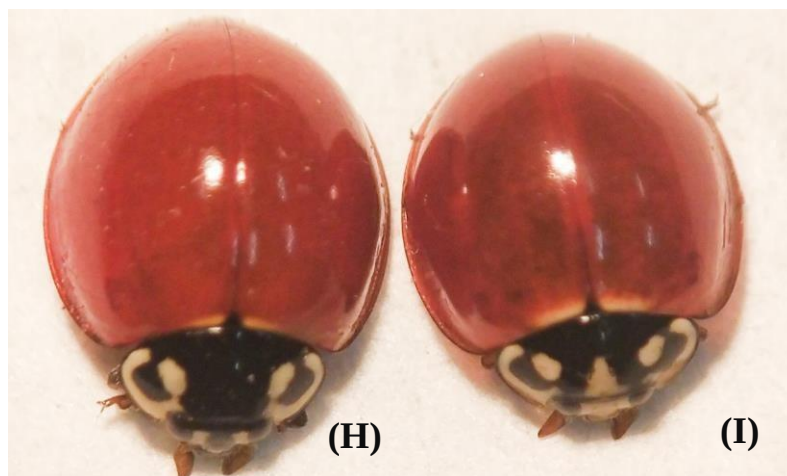


Figura 4. Fases de desenvolvimento de *Cycloneda sanguinea*: **(A)** ovos; **(B)** larva de 1º ínstar; **(C)** larva de 2º ínstar; **(D)** larva de 3º ínstar; **(E)** larva de 4º ínstar; **(F)** pré-pupa; **(G)** pupa; **(H)** fêmea adulta; **(I)** macho adulto; alimentandos com *Melanaphis sacchari/sorghii* em folhas de sorgo variedade SF15. Foto: Matheus, M.L.T.

A duração média para o desenvolvimento de *C. sanguinea* do estágio de ovo à adulto foi de $13,24 \pm 0,27$ dias (tabela 1). Estes valores foram próximos aos observados por Botelho et al. (1989), que encontraram duração média de $13,13 \pm 0,53$ dias para as fêmeas e $12,67 \pm 0,56$ dias para os machos alimentados com *S. graminum*; e ao relatado por Santos (2012) que observaram que o desenvolvimento do ovo até a emergência dos adultos de *C. sanguinea* consumindo o pulgão *S. graminum* foi de $14,0 \pm 0,25$ dias. No entanto, foi inferior ao período de ovo à adulto observado por Rodríguez-Palomera et al. (2019) ($19,32 \pm 4,97$ dias) ao utilizar o pulgão *A. aurantii*, indicando que *M. sacchari/sorghii* provavelmente é um alimento mais rico nutritivamente e adequado ao predador *C. sanguinea*, quando comparado ao pulgão *A. aurantii*.

Dos 40 ovos individualizados para às análises, apenas 30 eclodiram e atingiram a fase adulta, originando 15 fêmeas (50%) e 15 machos (50%). Os adultos de *C. sanguinea* logo após a emergência apresentaram os élitros em coloração laranja claro e mais flexíveis, e com o passar do tempo vão tornando-se mais rígidos e escuros, até atingirem coloração vermelho intenso-brilhante (figura 4H; 4I). Há dimorfismo sexual entre os indivíduos dessa espécie, sendo que os machos (figura 4I) possuem um triângulo com coloração branca na cabeça, enquanto nas fêmeas (figura 4H) é ausente.

Os adultos de *C. sanguinea* viveram em média $50,40 \pm 0,87$ dias. A média de vida das fêmeas foi de $51,40 \pm 1,44$ dias e dos machos de $49,40 \pm 0,96$ dias (tabela 1), porém não houve diferença significativa quanto à longevidade em relação aos sexos. O resultado da longevidade

média de *C. sanguinea* alimentando-se de *M. sacchari/sorgho* foi próximo do obtido por Rodríguez-Palomera et al. (2019), com longevidade média de $59,93 \pm 8,41$ dias em condições de temperatura de 25°C, quando o predador consumiu o pulgão *A. aurantii*.

Com relação à razão sexual, encontrou-se uma relação de 1:1 na presa avaliada, enquanto Rodríguez-Palomera et al. (2019) observaram razão sexual de 1:0,87 e Oliveira et al. (2004) razão sexual de 1:1,17.

Os períodos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição e número de ovos depositados por fêmeas de *C. sanguinea* nutrindo-se de *M. sacchari/sorgho* podem ser observados na tabela 2.

O tempo médio de pré-oviposição de *C. sanguinea* foi de $3,47 \pm 0,23$ dias (tabela 2), corroborando com o observado por Rodríguez-Palomera et al. (2019), com média de $3,9 \pm 0,31$ dias, quando o predador consome o pulgão *A. aurantii*. Já Santos et al. (2013), obtiveram média de $3,8 \pm 0,37$ dias, para *C. sanguinea* alimentada com *S. graminum*. Espécies com período curto de pré-oviposição são colonizadoras bem-sucedidas (Lewontin, 1965), então, *C. sanguinea* apresenta uma capacidade de rápida invasão em culturas infestadas por pulgões, característica importante para o controle biológico eficiente (Solano et al., 2016).

Tabela 2. Duração em dias, dos períodos de pré-oviposição, oviposição, pós-oviposição e número de ovos/ fêmeas de *Cycloneda sanguinea* alimentada com *Melanaphis sacchari/sorgho* em folhas de sorgo variedade SF15, em câmara climatizada tipo B.O.D. (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo).

Períodos	Média $\pm$ Erro padrão (n= 15) ^b
Pré-oviposição	$3,47 \pm 0,23$
Oviposição	$41,40 \pm 1,51$
Pós-oviposição	$7,00 \pm 0,31$
Número de ovos/ fêmeas	$1404,67 \pm 77,00$

^b Número de observações.

O tempo médio da oviposição foi $41,40 \pm 1,51$ dias e de pós-oviposição foi $7,00 \pm 0,31$ dias (tabela 2) - resultado inferior ao obtido quando o predador *C. sanguinea* consome o pulgão *S. graminum*, com duração de oviposição média de $61,1 \pm 9,83$ dias e pós-oviposição de $9,1 \pm 2,50$ dias (Santos, 2012). O número médio de ovos/fêmea obtidos no trabalho foi de $1404,67 \pm 77,00$, resultado superior aos encontrados por Milléo et al. (2014), Santos et al. (2013) e Rodríguez-Palomera et al. (2019), que obtiveram número de ovos médios de $998,00 \pm 99,40$; $1021 \pm 76,49$ e $882,2 \pm 52,28$, respectivamente. Porém, inferior ao encontrado por Solano et al. (2016) com número médio de 1828 ± 385 ovos/fêmea.

Tabela de vida de fertilidade de *C. sanguinea*

A fertilidade específica por idade (mx), ou seja, o número total de ovos por fêmeas que darão origem a outras fêmeas no intervalo de tempo médio (x) (Santos-Cividanes et al., 2016), e a probabilidade de sobrevivência por idade (lx) de *C. sanguinea* alimentando-se de *M. sacchari/sorghii* criados no sorgo variedade SF15, são plotados na figura 5. O maior valor de mx foi observado no 9º dia, com taxa máxima de 59,93 ovos por fêmea (figura 5). Em seguida, houve declínio da fertilidade até o 13º dia, com taxa máxima de 36,73 ovos por fêmea e posterior aumento no 14º e 15º dias, com taxa máxima de 49,67 e 49,13 ovos por fêmea, respectivamente. Posteriormente, houve diminuição gradativa do mx. O lx (1,00) manteve-se constante até o 54º dia, após o qual começou a declinar progressivamente (lx= 0,87), até chegar a zero no 77º dia (figura 5).

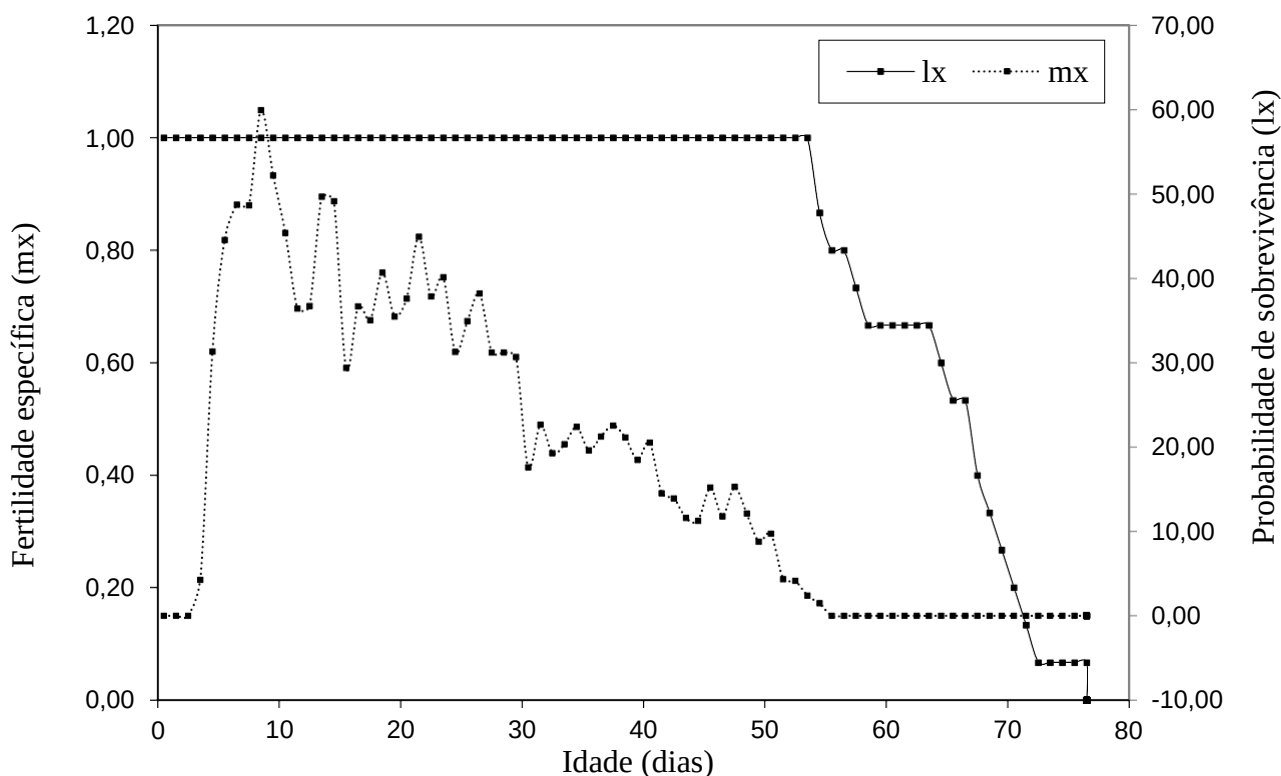


Figura 5. Probabilidade de sobrevivência (lx), expressa em porcentagem, e fertilidade específica (mx), expressa em número médio de ovos por dia, de *Cycloneda sanguinea* alimentada com *Melanaphis sacchari/sorghii* em folhas de sorgo variedade SF15, em câmara climatizada tipo B.O.D. (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo).

O padrão de sobrevivência observado nas fêmeas de *C. sanguinea*, nutrindo-se do pulgão *M. sacchari*, enquadra-se em uma curva do tipo I (Deevey Jr., 1947), na qual os

indivíduos morrem com idade avançada, visto que as primeiras mortes ocorreram ao 54º dia (figura 5). Estudos anteriores mostraram padrões de sobrevivência semelhantes para diversos coccinelídeos, como: *Coccinella septempunctata* L. (Kontodimas et al., 2008), *Harmonia axyridis* (Pallas) (Castro et al., 2011), *Exochomus marginipennis* (LeConte) (Palomares-Pérez et al., 2016), inclusive para *C. sanguinea* quando alimentada com *A. craccivora* (Solano et al., 2016) e *A. aurantii* (Rodríguez-Palomera et al., 2019).

Os parâmetros da tabela de vida de fertilidade de *C. sanguinea* estão descritos na tabela 3. A taxa de crescimento intrínseca (r_m), relaciona-se com a capacidade que a população apresenta de aumentar logaritmicamente (Costa et al., 2020). Em *C. sanguinea* consumindo *M. sacchari* observou-se que a natalidade foi superior a mortalidade, pois o resultado da r_m foi positivo (0,33) (tabela 3), indicando que houve crescimento populacional de aproximadamente 33% do total de indivíduos por unidade de tempo.

Tabela 3. Parâmetros da tabela de vida de fertilidade de *Cycloneda sanguinea* alimentada com *Melanaphis sacchari/sorghii* em folhas de sorgo variedade SF15, em câmara climatizada tipo B.O.D. (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo).

Parâmetros	Valores
Taxa intrínseca de crescimento (r_m) (fêmeas/fêmea/dia)	0,33
Taxa finita de aumento (λ) (indivíduos/fêmea)	1,39
Taxa líquida reprodutiva (R_o) (fêmeas/fêmeas)	702,24
Tempo médio de geração (T) (dias)	22,17
Tempo de duplicação da população (Td) (dias)	2,12

Esse valor da r_m (0,33) é semelhante ao obtido nos estudos de tabela de vida da joaninha *H. axyridis* quando alimentada por ovos de *A. kuehniella*, onde a r_m foi de $0,28 \pm 0,04$ em criações mantidas a 24° C, e de $0,33 \pm 0,04$ a 30° C (Santos-Cividanes et al., 2016). Entretanto, é superior aos obtidos por Solano et al. (2016), Rodríguez-Palomera et al. (2019) e Santos-Cividanes et al. (2022), que registraram para *C. sanguinea* taxas de crescimento de 0,18; 0,17 e $0,195 \pm 0,01$, respectivamente. Essas diferenças podem ser explicadas por fatores bióticos, como diferentes espécies de presas oferecidas ao predador, diferenças na variação genética da espécie de predador, diferentes plantas hospedeiras, ou fatores abióticos, como condições de criação das presas e predadores, e outras condições experimentais, como temperatura de incubação (Seyfollahi et al., 2016; Solano et al., 2016).

Sabe-se que a r_m é considerada o parâmetro mais valioso na tabela de vida para o controle biológico (Southwood, 1966) e está fortemente relacionado com o tempo de desenvolvimento e a taxa de oviposição da espécie estudada (Costa et al., 2020). Assim, predadores com períodos

curtos de pré-oviposição, como *C. sanguinea* nesse estudo, $3,47 \pm 0,23$ dias (tabela 2), tendem a apresentar um alto valor de r_m (Lewontin, 1965).

Na relação predador-presa, a r_m relata a eficiência do predador em regular a população de presas, pois quando o predador possui r_m igual ou superior ao de sua presa há o controle populacional (Roy et al., 2003). Entretanto, quando se analisa a r_m do pulgão *M. sacchari/sorghii*, criado a 25° C, encontra-se o valor de 0,45609 (Peña-Martínez et al., 2018) (tabela 4), superior ao resultado (0,33) encontrado nesse estudo para o predador (tabela 4), o que era esperado, já que pulgões em regiões tropicais se reproduzem por partenogênese. Entretanto, esse parâmetro isolado não é suficiente para indicar que *C. sanguinea* não é agente de biocontrole eficaz para *M. sacchari/sorghii*, visto que, outros parâmetros como capacidade de predação, voracidade, tempo de busca e longevidade, contribuem na dinâmica predador-presa (Roy et al., 2003).

Tabela 4. Parâmetros de crescimento populacional de *Cycloneda sanguinea* comparados ao de *Melanaphis sacchari/sorghii* em folhas de sorgo variedade SF15, em câmara climatizada tipo B.O.D. (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo).

Espécies	T	r_m	Λ	Ro	T	Td	Referência
<i>Cycloneda sanguinea</i>	25° C	0,33	1,39	702,24	22,17	2,12	Presente Trabalho
<i>Melanaphis sacchari/sorghii</i>	25° C	0,45609	1,5779	70,75	9,33834	1,51975	Peña-Martínez et al., 2018

A taxa finita de aumento (λ) indica o número de indivíduos adicionados a população por cada fêmea por unidade de tempo, então, λ difere de r_m por apresentar uma taxa finita e não instantânea (Rabinovich, 1978). Nesse estudo o valor de λ foi de 1,39 (tabela 3) mostrando que houve aumento populacional de *C. sanguinea* de uma geração para outra e confirmando o alto valor de Ro (taxa líquida reprodutiva), reportado posteriormente (tabela 3). Além disso, o valor de λ encontrado, aproxima-se ao obtido quando *C. sanguinea* é alimentada com outras presas, como ovos de *A. kuehniella*, com λ igual a 1,1283 (Milléo et al., 2014) e *S. graminum*, com λ igual a $1,215 \pm 0,02$ (Santos-Cividanes et al., 2022).

A taxa líquida reprodutiva (Ro), é um indicador eficiente para compreender o desenvolvimento da população, em que a taxa máxima da população depende da fecundidade (Sayyed et al., 2008; Khan et al., 2022). Para esse estudo, o valor de Ro foi de 702,24 fêmeas geradas por fêmeas (tabela 3), ou seja, estima-se que cada fêmea de *C. sanguinea* quando alimentada por *M. sacchari/sorghii*, gere, durante o seu período de oviposição, uma média de 702,24 fêmeas que chegarão à próxima geração produzindo elevado número de descendentes

(Santos-Cividanes et al., 2016). Ademais, é possível observar que o valor do R_o foi positivo, e quando o R_o obtido para a população estudada é maior que 1, significa dizer que a população apresenta a capacidade de aumentar (Horm, 1988; Chen et al., 2017), sendo assim, pode-se afirmar que *C. sanguinea* aumenta sua população ao consumir *M. sacchari/sorgho* e que as condições nas quais os insetos foram criados são favoráveis ao desenvolvimento (Milléo et al., 2014).

Quando comparado o valor de R_o (702, 24 fêmeas/fêmeas) (tabela 3), obtido nesse estudo em relação aos encontrados em outros estudos com *C. sanguinea* nutrindo-se de diferentes espécies de pulgões, observa-se resultados próximos, como: R_o de 718,79 ao consumir *A. craccivora* (Solano et al., 2016) e R_o de 705,76 utilizando *A. aurantii* como presa (Rodríguez-Palomera et al., 2019). Por outro lado, valor inferior foi observado para o coccinelídeo *H. axyridis spectabilis* com R_o de $642,033 \pm 126,212$ sobre o pulgão *A. gossypii* (Dargazani e Sahragard, 2020).

O parâmetro T , que indica o tempo médio entre duas gerações sucessivas, foi de 22,17 dias (tabela 3) para *C. sanguinea* alimentada por *M. sacchari/sorgho*, equivalendo ao observado por Santos et al. (2017) com $T = 20,3$ dias, para a mesma espécie de predador sobre o pulgão *S. graminum*. Estes valores também são semelhantes quando estudos avaliam o consumo do pulgão *S. graminum*, como observado por Santos-Cividanes et al. (2022) em *C. sanguinea* ($27,73 \pm 1,92$ dias), *H. axyridis* ($30,18 \pm 1,93$ dias) e *Hippodamia convergens* (Guérin-Méneville) ($25,26 \pm 0,84$ dias). Já o T_d (tempo médio de duplicação da população) foi de 2,12 dias (tabela 3), corroborando com o observado por Santos et al. (2017), com $T_d = 2,5$ dias para *C. sanguinea* e Santos-Cividanes et al. (2016), com $T_d = 2,86 \pm 0,30$ dias para *H. axyridis*.

Por fim, esse estudo ratifica a importância de se analisar a biologia e a tabela de vida de potenciais agentes de controle biológico, uma vez que fornece informações pertinentes para o entendimento do potencial que possuem em controlar a população de pragas e auxiliam no desenvolvimento de melhores metodologias para o processo de criação massal (Abdollahi-Ahi et al., 2015).

Conclusões

Os parâmetros biológicos analisados demonstram que *C. sanguinea* pode se desenvolver e se reproduzir satisfatoriamente quando alimentada com pulgões *M. sacchari/sorgho*, visto que completa o ciclo biológico (ovo-adulto) em $13,24 \pm 0,27$ dias, apresenta longevidade média de $50,40 \pm 0,87$ dias e põe a média de $1404,67 \pm 77,00$ ovos.

C. sanguinea também possui aspectos relevantes quando se pensa em criação massal para utilização no manejo integrado de pragas associado ao controle biológico, pois o predador além de apresentar um curto ciclo de vida, também apresenta um rápido crescimento populacional em condições de laboratório, quando comparada a outros coccinelídeos.

Apesar de apresentar taxa intrínseca de crescimento inferior à de *M. sacchari/sorgi* o predador *C. sanguinea* apresenta potencial de controle sobre esta praga, o que pode ser constatado através de outros parâmetros avaliados no presente estudo. Além disso, são necessários estudos complementares para a introdução eficaz de um inimigo natural para o controle biológico de pragas, como capacidade de estabelecimento, capacidade de dispersão, capacidade predatória, competição inter e intraespecífica, e ação de efeitos abióticos sobre sua população.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), ao Núcleo de Ecologia dos Artrópodes (NEA) e ao Grupo de Agrometeorologia no Semiárido (GAS) pelo apoio institucional e suporte durante a condução do trabalho. Este estudo foi financiado pelo programa de bolsas BCT do PDPG-CAPES (BCT-0342-5.01/21) apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES –código financeiro 001) e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE).

Referências

- ABDOLLAHI-AHI, G. A., AFSHARI, A., BANIAMERI, V., DADPOUR, H., YAZDANIAN, M., GOLIZADEH, A., 2015.- Laboratory survey on biological and demographic parameters of *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) fed on two mealybug species.- *Journal of Crop Protection*, 4 (3): 267-276.
- AKTAR, M. W., SENGUPTA, D., CHOWDHURY, A., 2009.- Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards.- *Interdisciplinary Toxicology*, 2 (1): 1-12.
- ALI, A., DESNEUX, N., LU, Y., WU, K., 2018.- Key aphid natural enemies showing positive effects on wheat yield through biocontrol services in northern China.- *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 266: 1-9.
- ALI, A., RIZVI, P. Q., 2007.- Development and predatory performance of *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) on different aphid species.- *Journal of Biological Sciences*, 7 (8): 1478-1483.

- ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. D. M., SPAROVEK, G. 2013.- Köppen's climate classification map for Brazil.- *Meteorologische Zeitschrift*, 22 (6): 711-728.
- BELLOWS, T. S. J., VAN DRIESCHE, R. G., ELKINTON, J. S., 1992.- Life-table construction and analysis in the evaluation of natural enemies.- *Annual review of entomology*, 37 (1): 587-612.
- BLANCO, C. A., PELLEGAUD, J. G., NAVA-CAMBEROS, U., LUGO-BARRERA, D., VEGA-AQUINO, P., COELLO, J., TERÁN-VARGAS, A. P., VARGAS-CAMPLIS, J., 2014.- Maize pests in Mexico and challenges for the adoption of integrated pest management programs.- *Journal of Integrated Pest Management*, 5 (4): E1-E9.
- BOSTICK, N. M., LAFOREST, J. H., BARGERON, C. T., CULBREATH, A. K., BRENNEMAN, T. B., SCHMIDT, J. M., ... TOEWS, M. D., 2020.- Assessment of consensus-based scouting for management of sugarcane aphid (Heteroptera: Aphididae) in Georgia.- *Journal of Entomological Science*, 55 (1): 1-13.
- BOTELHO, A. C. B., SANTOS, T. M., WAQUIL, J. M., 1989.- Biologia da Joaninha *Cycloneda sanguinea* (L., 1763) (Col.: Coccinellidae) em pulgão verde *Schizaphis graminum* (Rond., 1852) obtidos em sorgo.- In: *Congresso Brasileiro de Entomologia*, 12.; *Encontro sobre moscas-das-frutas*, 2., 243.
- CAB *International Invasive Species Compendium- Cycloneda sanguinea*. Disponível em: <<https://www.cabi.org/isc/datasheet/11779>> Acessado em: 27 de dez de 2022.
- CARDOSO, J. T., LÁZZARI, S. M. N., 2003.- Comparative biology of *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) and *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville, 1842 (Coleoptera, Coccinellidae) focusing on the control of *Cinara* spp. (Hemiptera, Aphididae).- *Revista Brasileira de Entomologia*, 47 (3): 443-446.
- CASTRO, C. F., ALMEIDA, L. M., PENTEADO, S. R. C., 2011.- The impact of temperature on biological aspects and life table of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae).- *Florida Entomologist*, 94 (4): 923-932.
- CASTRO, T. R. E., 2017.- Familia Coccinellidae, pp. 260-262. In: *Fundamentos de Entomología Forestal*. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.
- CHAMUENE, A., ARAÚJO, T. A. D., LOPES, M. C., RAMOS PEREIRA, R., BERGER, P. G., PICANÇO, M. C., 2020.- Investigating the natural mortality of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) on cotton crops in tropical regions using ecological life tables.- *Environmental entomology*, 49 (1): 66-72.

- CHEN, Q., LI, N., WANG, X., MA, L., HUANG, J. B., HUANG, G. H., 2017.- Age-stage, two-sex life table of *Parapohnx crisonalis* (Lepidoptera: Pyralidae) at different temperatures.- *PloS one*, 12 (3): e0173380.
- CHI, H., Yang, T. C., 2003.- Two-sex life table and predation rate of *Propylaea japonica* Thunberg (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae).- *Environmental entomology*, 32 (2): 327-333.
- CLERCQ, P., DEGHEELE, D., 1997.- Effects of mating status on body weight, oviposition, egg load, and predation in the predatory stinkbug *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae).- *Annals of the Entomological Society of America*, 90 (2): 121-127.
- COSME, L. V., CARVALHO, G. A., MOURA, A. P., 2007.- Efeitos de inseticidas botânico e sintéticos sobre ovos e larvas de *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae) em condições de laboratório.- *Arquivos do Instituto Biológico*, 74 (3): 251-258.
- COSTA, J. F., MATOS, C. H. C., OLIVEIRA, C. R. F., SANTOS, G., 2020.- Biology and life table of *Stethorus tridens* fed *Tetranychus bastosi* on physic nut.- *Bulletin of Insectology*, 73 (1): 111-116.
- CUEVAS, H. E., KNOLL, J. E., HARRIS-SHULTZ, K. R., PUNNURI, S. M., 2022.- Genetic mapping of sugarcane aphid resistance in sorghum line SC112-14.- *Crop Science*, 62: 2267–2275.
- CZEPACK, C., FERNANDES, P. M., ALBERNAZ, K. C., RODRIGUES, O. D., SILVA, L. M., SILVA, E. A., TAKATSUKA, F. S., BORGES, J. D., 2005.- Seletividade de inseticidas ao complexo de inimigos naturais na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum*).- *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 35 (2): 123-127.
- DARGAZANI, B., SAHRAGARD, A., 2020.- Life table and predation rate of *Harmonia axyridis spectabilis* (Col., Coccinellidae), fed on *Aphis gossypii* (Hem., Aphididae).- *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 53 (5-6): 282-297.
- DEEVEY Jr., E. S., 1947.- Life tables for natural populations of animals. *The Quarterly Review of Biology*, 22 (4): 283-314.
- ELKHATEEB, W. A., MOUSA, K. M., ELNAHAS, M. O., DABA, G. M., 2021.- Fungi against insects and contrariwise as biological control models.- *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31 (1): 1-9.
- ESCALONA, H. E., ZWICK, A., LI, H. S., LI, J., WANG, X., PANG, H., HARTLEY, D., JERMIIN, L. S., NEDVĚD, O., MISOF, B., NIEHUIS, O., ŚLIPÍŃSKI, A., TOMASZEWSKA, W., 2017.- Molecular phylogeny reveals food plasticity in the evolution of

- true ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae: Coccinellini).- *BMC Evolutionary Biology*, 17 (151): 1-11.
- FAYZULLAEV, B., SUYAROVA, A., 2021.- Geographical range of melon ladybird *Epilachna chrysomelina* F. in conditions of Zeravshan valley, Uzbekistan.- In: *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, p. 01031.
- FERREIRA D. F., 2011.- Sisvar: a computer statistical analysis system.- *Ciência e Agrotecnologia*, 35 (6): 1039-1042.
- FIGUEIRA, L. K., TOSCANO, L. C., LARA, F. M., BOIÇA JR, A. L., 2003.- Aspectos biológicos de *Hippodamia convergens* e *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae) sobre *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae).- *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 29 (1): 3-7.
- FRANCESENA, N., ROCCA, M., RIZZO, E., ARNEODO, J. D., GRECO, N. M., 2019.- Potential of predatory Neotropical ladybirds and minute pirate bug on strawberry aphid.- *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 91 (4): e20181001.
- FUNICHELLO, M., COSTA, L. L., AGUIRRE, O. J., BUSOLI, Y. A. C., 2012.- Aspectos biológicos de *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae) alimentadas con pulgones criados en algodón transgénico Bollgard I.- *Revista Colombiana de Entomología*, 38 (1): 156-161.
- HANIF, M. U., RAZA, A. B. M., MAJEED, M. Z., ARSHAD, M., ULLAH, M. I., 2021.- Laboratory evaluation of selected differential chemistry and botanical insecticides against hadda beetle *Epilachna vigintioctopunctata* Fabricius (Coleoptera: Coccinellidae). *Punjab Univ. J. Zool*, 36, 185-191.
- HERNÁNDEZ, B. O., ARREDONDO, P. M. A., CERNA, C. E., OCHOA, F. Y. M., NAVARRO, C. F. E., 2016.- Cuantificación de enzimas detoxificativas en pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari*) en Saltillo, México.- *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 3: 5-12.
- HODEK I., 1973.- *Biology of Coccinellidae*.- Czechoslovak Academy of Sciences, Prague, Czechoslovakia.
- HODEK, I., EVANS, E. W., 2012.- *Food relationships*, pp. 141-274. In: I. HODEK, H. F. VAN EMDEN, A. HONĚK. *Ecology and behavior of the ladybird beetles (Coccinellidae)*. Chichester: Willey-Blackwell.
- HODEK, I., HONĚK, A., 2009.- Scale insects, mealybugs, whiteflies and psyllids (Hemiptera, Sternorrhyncha) as prey of ladybirds.- *Biological control*, 51 (2): 232-243.

- HODEK, I., HONEK, A., VAN EMDEN, H. F., 2012.- *Ecology and behaviour of the ladybird beetles (Coccinellidae)*, pp. 375- 443. In: Wiley-Blackwell, Chichester, West Sussex, UK.
- HORM, D. J., 1988.- *Ecological approach to pest management*.- Guilford Press, New York. 285 pp.
- KHAN, J., KHAN, A., AHMED, N., ALHAG, S. K., ALMADIY, A. A., SAYED, S., ALAM, P., ULLAH, F., 2022.- Age and stage-specific life table parameters of *Harmonia dimidiata* (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Rhopalosiphum padi* (Hemiptera: Aphididae) at different temperatures.- *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 32 (1): 113-121.
- KONTODIMAS, D. C., MILONAS, P. G., STATHAS, G. J., PAPANIKOLAOU, N. E., SKOURTI, A., MATSINOS, Y. G., 2008.- Life table parameters of the aphid predators *Coccinella septempunctata*, *Ceratomegilla undecimnotata* and *Propylea quatuordecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae).- *European Journal of Entomology*, 105 (3): 427-430.
- KUNDOO, A. A., KHAN, A. A., 2017.- Coccinellids as biological control agents of soft bodied insects: A review.- *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5 (5): 1362-1373.
- LEWONTIN, R., 1965.- *Selection for colonizing ability*.- In: The Genetics of colonizing species. Ed. by Bakker, HG, Stebbins GL, New York: Academic Press. pp. 77 – 94.
- MACHADO, V. L. R., 1982.- Morfologia e aspectos biológicos de *Cycloneda conjugata* Mulsant, 1866 e *Olla v-nigrum* (Mulsant, 1866) (Coleoptera, Coccinellidae) predadores de *Psylla* sp. (Homoptera, Psyllidae) em sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* Benth).- *Dissertação de Mestrado em Entomologia*. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Brasil..
- MARTINS, C. B. C., ALMEIDA, L. M., ZONTA-DE-CARVALHO, R. C., CASTRO, C. F., PEREIRA, R. A., 2009.- *Harmonia axyridis*: a threat to Brazilian Coccinellidae?- *Revista Brasileira de Entomologia*, 53 (4): 663-671.
- MEJÍA, J. G. H., 1997.- Biología de *Cycloneda sanguinea* L. (Coleoptera: Coccinellidae) criado sobre el áfido verde de los cítricos (*Aphis citricola* Van der Goot).- *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 50 (2): 63-78.
- MEYER, J. S., INGERSOLL, C. G., MCDONALD, L. L., BOYCE, M. S., 1986.- Estimating uncertainty in population growth rates: Jackknife vs. Bootstrap Techniques.- *Ecology*, 67 (5): 1156-1166.

- MILLÉO, J., FERNANDES, F. S., GODOY, W. A. C., 2014.- Comparative demography of the exotic *Harmonia axyridis* with other aphidophagous coccinellids reared on artificial diet.- *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49: 1-10.
- NAJAJRAH, M. H., SWAILEH, K. M., QUMSIYEH, M. B., 2019.- Systematic list, geographic distribution and ecological significance of lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) from the West Bank (Central Palestine).- *Zootaxa*, 4664 (1): 1–46.
- NIBOUCHE, S., COSTET, L., MEDINA, R. F., HOLT, J. R., SADEYEN, J., ZOOGONES, A. S., BROWN, P., BLACKMAN, R. L., 2021.- Morphometric and molecular discrimination of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari*, (Zehntner, 1897) and the sorghum aphid *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904).- *PloS one*, 16: e0241881.
- NUNES, G. S., DANTAS, T. A. V., OLIVEIRA, G. M., OLIVEIRA, R., BATISTA, J. L., 2017.- Aspectos biológicos de *Cycloneda sanguinea* alimentada com pulgões *Brevivoryne brassicae*, *Hyadaphis foeniculi* e ovos de *Anagasta kuehniella*.- *Revista Agropecuária Técnica*, 38 (2): 84-90.
- OLIVEIRA, E. E., OLIVEIRA, C. L., SARMENTO, R. D. A., FADINI, M. A. M., MOREIRA, L. R., 2005.- Aspectos biológicos do predador *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae) alimentado com *Tetranychus evansi* (Baker e Pritchard, 1960) (Acari: Tetranychidae) e *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas, 1878) (Homoptera: Aphididae).- *Bioscience journal*, 21(2): 33-39.
- OLIVEIRA, N. C. D., WILCKEN, C. F., MATOS, C. A. O. D., 2004.- Ciclo biológico e predação de três espécies de coccinelídeos (Coleoptera, Coccinellidae) sobre o pulgão-gigante-do-pinus *Cinara atlantica* (Wilson) (Homoptera, Aphididae).- *Revista Brasileira de Entomologia*, 48: 529-533.
- OMKAR, BIND, R. B., 2004.- Prey quality dependent growth, development and reproduction of a biocontrol agent, *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae).- *Biocontrol Science and Technology*, 14 (7): 665-673.
- OMKAR, JAMES, B. E., 2004.- Influence of prey species on immature survival, development, predation and reproduction of *Coccinella transversalis* Fabricius (Col., Coccinellidae).- *Journal of Applied Entomology*, 128 (2): 150-157.
- OMKAR, PERVEZ, A., 2004.- Functional and numerical responses of *Propylea dissecta* (Col., Coccinellidae).- *Journal of Applied Entomology*, 128 (2): 140-146.
- ORESCA, D., OLIVEIRA, A. C., SILVA, T. G. F., PESSOA, L. G. M., SOUZA, J. C. G., MACIEL, L. H., 2021.- Agronomic performance of forage sorghum and millet grown under

irrigation with saline water and nitrogen doses in the Brazilian semi-arid.- *Research, Society and Development*, 10 (10): e359101018976-e359101018976.

PALOMARES-PÉREZ, M., BRAVO-NÚÑEZ, M., SOTELO-LEYVA, C., LÓPEZ-GUILLÉN, G., AGUILAR-MARCELINO, L., 2022.- Evaluación de un Complejo de Entomófagos para el Control de *Melanaphis sacchari* Bajo Condiciones de Invernadero.- *Southwestern Entomologist*, 47 (2): 465-470.

PEÑA-MARTÍNEZ, R., LOMELI-FLORES, R., BUJANOS-MUÑIZ, R., MUÑOZ-VIVEROS, A. L., VANEGAS-RICO, J. M., SALAS-MONZÓN, R., HERNÁNDEZ-TORRES, O. E., MARÍN-JARILLO, A., IBARRA-RENDÓN, J., 2018.- *Pulgón amarillo del sorgo, (PAS), Melanaphis sacchari (Zehntner, 1897), interrogantes biológicas y tablas de vida*. [Livro eletrônico]. DR Fundación Guanajuato Produce AC Nuevo León 603, Col Alameda, CP 38050, Celaya Gto., México.

PEÑA-MARTÍNEZ, R., MUÑOZ-VIVEROS, A. L., MARÍN-JARILLO, A., BUJANOS-MUÑIZ, R., TAMAYO-MEJÍA, F., LUÉVANO-BORROE, I. J., SÁNCHEZ-SEGURA, L., IBARRA-RENDÓN, J., 2017.- *Guía ilustrada para la identificación de los pulgones (Hemiptera: Aphididae) de cereales en México*.- 1.ed. Fundación Guanajuato Produce A. C. Alameda: México, 69p.

PENTEADO, S. R. C., OLIVEIRA, E. B., LAZZARI, S. M. N, 2010.- *TabVida - Sistema computacional para cálculo de parâmetros biológicos e de crescimento populacional de afídeos*.- Colombo: Embrapa Florestas, 1 CD-ROM. (Embrapa Florestas. Documentos, 203).

PRICE, P. W., 1984.- *Insect ecology*, pp. 607. 2nd ed. New York: John Wiley.

RABINOVICH J. E., 1978.- *Ecología de poblaciones animales*.- Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, USA.

ROCCA, M., RIZZO, E., GRECO, N., SÁNCHEZ, N., 2017.- Intraand interspecific interactions between aphidophagous ladybirds: the role of prey in predator coexistence.- *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 162 (3): 284-292.

ROY M., BRODEUR J., CLOUTIER C., 2002.- Relationship between temperature and developmental rate of *Stethorus punctillum* (Coleoptera: Coccinellidae) and its prey *Tetranychus mcdanieli* (Acarina: Tetranychidae).- *Environmental Entomology*, 31: 177-187.

RODRÍGUEZ-PALOMERA, M., LUNA-ESQUIVEL, G., ROBLES-BERMÚDEZ, A., CORONADO-BLANCO, J. M., CAMBERO-NAVA, K. G., CAMBERO-CAMPOS, O. J., 2019.- Aspectos biológicos y parámetros poblacionales de *Cycloneda sanguinea* L.

(Coleoptera: Coccinellidae) sobre *Aphis aurantii* Boyer de Fonscolombe (Hemiptera: Aphididae).- *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 35 (2): 196-204.

ROY, H. E., RHULE, E., HARDING, S., LAWSON HANDLEY, L. J., POLAND, R. L., RIDDICK, E. W., STEENBERG, T., 2011.- Living with the enemy: parasites and pathogens of the ladybird *Harmonia axyridis*.- *BioControl*, 56 (4): 663-679.

SANTOS, L. C., 2012.- Bioecologia e capacidade predatória de Coccinellidae (Insecta: Coleoptera) alimentado com *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae).- *Dissertação de Mestrado em Agronomia (Entomologia Agrícola)*. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

SANTOS, L. D. C. D., SANTOS-CIVIDANES, T. M. D., CIVIDANES, F. J., MATOS, S. T. S. D., 2013.- Biological aspects of *Harmonia axyridis* in comparison with *Cycloneda sanguinea* and *Hippodamia convergens*.- *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48: 1419-1425.

SANTOS, L. D. C. D., SANTOS-CIVIDANES, T. M. D., CIVIDANES, F. J., MATOS, S. T., 2017.- Tabela de vida de fertilidade de *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) em comparação à *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) e *Hippodamia convergens* (Guérin-Meneville, 1842) (Coleoptera: Coccinellidae).- In *Anais IV Congresso Brasileiro de Fitossanidade – IV Conbraf*.

SANTOS-CIVIDANES, T. M., CIVIDANES, F. J., SOUZA, L. S., MATOS, S. T. S., RAMOS, T. O., 2022.- Life tables of the ladybird beetles *Harmonia axyridis*, *Cycloneda sanguinea* and *Hippodamia convergens* reared on the greenbug *Schizaphis graminum*.-*Brazilian Journal of Biology*, 82: e263276.

SANTOS-CIVIDANES, T. M., RAMOS, T. O., CIVIDANES, F. J., 2016.- Tabela de vida de fertilidade da joaninha asiática em diferentes temperaturas.- *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 115 (2): 129-133.

SAYYED, A. H., SAEED, S., NOOR-UL-ANE, M., CRICKMORE, N., 2008.- Genetic, biochemical, and physiological characterization of spinosad resistance in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae).- *Journal of Economic Entomology*, 101 (5): 1658-1666.

SCHUBER, J. M., MONTEIRO, L. B., ALMEIDA, L. M., ZAWADNEAK, M. A. C., 2012.- Natural enemies associated to aphids in peach orchards in Araucária, Paraná, Brazil.- *Brazilian Journal of Biology*, 72 (4): 847-852.

SEYFOLLAHI, F., ESFANDIARI, M., MOSSADEGH, M. S., RASEKH, A., 2016.- Life table parameters of the coccinellid *Hyperaspis polita*, a native predator in Iran, feeding on the invasive mealybug *Phenacoccus solenopsis*.- *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 19 (3): 835-840.

- SILVA, F. A., MARTINEZ, S. S., 2004.- Effect of neem seed oil aqueous solutions on survival and development of the predator *Cycloneda sanguinea* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae).- *Neotropical Entomology*, 33 (6): 751-757.
- SILVA, W. R., PEREIRA, R. C., MENDONÇA, L. V. P., PEÇANHA, L. S., SALES ABREU, L. M., ABIB, P. H. N., SAMUELS, R. I., PICANÇO, M. C., SILVA, G. A., 2022.- Lethal and sublethal effects of insecticides used in the management of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on the predator *Cycloneda sanguinea* L. (Coleoptera: Coccinellidae).- *Pest Management Science*, 78 (10): 4397-4406.
- SOUZA, C. R., SARMENTO, R. A., VENZON, M., SANTOS, G. R. D., SILVEIRA, M. C. A. C. D., TSCHOEKE, P. H., 2015.- Lethal and sublethal effects of neem on *Aphis gossypii* and *Cycloneda sanguinea* in watermelon.- *Acta Scientiarum*, 37 (2): 233-239.
- SOLANO, Y., DELGADO, N., MORALES, J., VÁSQUEZ, C., 2016.- Biological studies and life table of *Cycloneda sanguinea* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae) on *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphididae).- *Entomotropica*, 31 (34): 267-275.
- SOUTHWOOD, R., 1966.- *Ecological Methods: with particular reference to the study of insect populations*- T.R.E. southwood. Methuen, London.
- SOUZA, T. S., LIMA AGUIAR-MENEZES, E., GUERRA, J. G. M., FERNANDES, V. J., PIMENTA, A. G., SANTOS, C. A. A., 2021.- Faunistic analysis and seasonal fluctuation of ladybeetles in an agro-ecological system installed for organic vegetable production.- *Bioscience Journal*, 37: e37016.
- VANDENBERG, N., 2002.- The new world genus *Cycloneda* Crotch (Coleoptera: Coccinellidae): Historical review, new diagnosis, new generic and specific synonyms, and an improved key to North American species.- *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 104 (1): 221-236.
- VELOSO, V. D. R. S., NAVES, R. V., NASCIMENTO, J. L., FERNANDES, P. M., GARCIA, A. H., 1995.- Aspectos biológicos de *Cycloneda sanguinea* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae).- *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 25 (2): 123-127.

Endereços dos autores

Cláudia Helena Cysneiros MATOS (autor correspondente: claudia.matos@ufrpe.br), Maria Luíza Tavares MATHEUS, Carlos Romero Ferreira de OLIVEIRA, Astrogilda Batista do Nascimento, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Rua Gregório Ferraz Nogueira S/N, Bairro José Tomé de Souza Ramos, CEP 56909-535 Serra Talhada, PE, Brasil.

CAPÍTULO III – ATIVIDADE PREDATÓRIA DE *Cycloneda sanguinea* (LINNAEUS) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) SOBRE O PULGÃO *Melanaphis sacchari/sorghii* (HEMIPTERA: APHIDIDAE) EM SORGO SACARINO VARIEDADE SF15

Maria Luíza Tavares Matheus^a; Cláudia Helena Cysneiros Matos^a; Carlos Romero Ferreira de Oliveira^a; Thieres George Freire da Silva^a; Astrogilda Batista do Nascimento^a

^a Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada. Rua Gregório Ferraz Nogueira, S/N, Bairro José Tomé de Souza Ramos, CEP 56909-535, Serra Talhada – PE, Brasil. E-mail: luizatavares13@gmail.com, claudia.matos@ufrpe.br, carlos.foliveira@ufrpe.br, thieres.silva@ufrpe.br, astrogildabatistanascimento@gmail.com.

DESTAQUES

- Adultos de *C. sanguinea* são predadores eficientes para o biocontrole de *M. sacchari/sorghii*.
- Fêmeas de *C. sanguinea* apresentam maior consumo de pulgões *M. sacchari/sorghii* quando comparada aos machos.
- Fêmeas de *C. sanguinea* conseguem converter os pulgões *M. sacchari/sorghii* em reserva energética de forma mais efetiva que os machos.
- Fêmeas de *C. sanguinea* conseguem reduzir a população de pulgões em 50% e atingir a saciedade mais rápido que os machos.

RESUMO

Os pulgões *Melanaphis sacchari* e *Melanaphis sorghi* (Hemiptera: Aphididae) são pragas invasoras do sorgo e vêm causando danos significativos ao rendimento e produtividade desta cultura. Por serem semelhantes morfológicamente sua diferenciação só é possível através de análises genéticas, sendo referidos na literatura como um complexo *M. sacchari/sorghii*. O controle desta praga é feito usualmente com inseticidas sintéticos, havendo demanda por métodos alternativos e sustentáveis que possam se inserir no manejo integrado desta praga. Dentre os predadores de pulgões, os coccinelídeos representam o grupo mais utilizado e com potencial expressivo como agentes de controle biológico. Face ao exposto, o presente estudo

buscou determinar a capacidade predatória de adultos de *Cycloneda sanguinea* Linnaeus (Coleoptera: Coccinellidae) sobre *M. sacchari/sorghii*, na cultura do sorgo variedade SF15. As fêmeas de *C. sanguinea* apresentaram maior capacidade predatória quando comparada aos machos e conseguiram converter os pulgões em reserva nutritiva de forma mais efetiva - fato indicado pelo aumento de peso em relação ao peso inicial. O tempo médio para ocorrer a predação de 50% de adultos de *M. sacchari/sorghii* por fêmeas foi de 07h:30min, inferior ao tempo gasto pelos machos que foi de 09h:30min, assim como o tempo médio para atingir a saciedade. Diante dos resultados, conclui-se que *C. sanguinea* foi eficiente para o biocontrole de *M. sacchari/sorghii* porém, são necessários estudos complementares para que se torne possível compreender de forma mais completa essas interações.

Palavras-chave: Coccinellini, Controle biológico, Predação, Pulgão, *Sorghum bicolor*.

.

1 INTRODUÇÃO

Os coccinelídeos representam um grupo diverso de insetos distribuídos mundialmente (Poorani, 2022). Apresentam, em sua maioria, hábito predador e representam o principal grupo utilizado como agente de controle biológico de pragas agrícolas no mundo (Putman, 1955; Gordon 1985, Majerus e Kearns, 1989; Guedes, 2013). Neste grupo, a tribo Coccinellini (Coccinellinae) apresenta aproximadamente 136 espécies, distribuídas em 82 gêneros, dos quais 15 são registrados para o Brasil (Arioli, 1985; Escalona et al., 2017).

Dentre essas espécies, *Cycloneda sanguinea* Linnaeus, 1763 (Coleoptera: Coccinellidae) é um importante agente de biocontrole de diversos tipos de pragas a nível mundial, tendo preferência por pulgões (Hemiptera: Aphididae) (Phoofolo et al., 2007; (Hodek e Evans, 2012; Rocca et al., 2017).

É um predador cosmopolita, com distribuição em países da Europa, América do Norte e América Latina, sendo adaptado a condições climáticas de alta temperatura e baixa precipitação (Azeredo et al., 2000). Além disso, é considerada uma das principais espécies associadas à afídeos nas culturas da manga, citros, cana-de-açúcar, algodão e sorgo (Veloso et al., 1995).

No Brasil, *C. sanguinea* é caracterizada como uma espécie nativa, abundante em muitos agroecossistemas (Sarmiento et al., 2007; Medeiros et al., 2010) e uma das principais espécies afidófagas encontradas (Martins et al., 2009). Recentemente foi observada em plantios de sorgo variedade SF15 *Sorghum Bicolor* L. Moench (Poaceae), no semiárido pernambucano, associada

ao pulgão da cana-de-açúcar *Melanaphis sacchari/sorgho* (Hemiptera: Aphididae) (Matheus, dados não publicados).

O pulgão *M. sacchari/sorgho* é uma praga que tem sido registrada na cultura do sorgo em diversos países ocasionando danos significativos (Summers, 1978, Bowling et al., 2016). Apresenta ampla distribuição geográfica, estando presente em diversas partes do mundo, incluindo Angola, Brasil, Colômbia, Equador, (Mead, 1978), Argentina, Uruguai (Delfino, 1985), China (Wang, 1961), Austrália, Oriente Médio (Singh et al., 2004), entre outros.

Quando se estabelece na cultura do sorgo, *M. sacchari/sorgho* pode aumentar exponencialmente a sua população, encontrando-se mais de 10.000 pulgões em uma única folha de sorgo (Bowling et al., 2016). Isto ocorre devido a sua reprodução, preferencialmente, partenogenética (Bowling et al., 2016; Schlickmann-Tank et al., 2021).

Como consequência de sua alimentação ocorrem danos às folhas e perdas nutritivas que levarão a planta ao estresse hídrico, clorose foliar, redução fotossintética e redução da quantidade e qualidade dos grãos (Singh et al., 2004). A excreta liberada pelos pulgões, melada (honeydew), propicia o surgimento da fuligem/mofo (doença fúngica) (Villaneuva et al. 2014; Bowling et al., 2016), e também prejudica a colheita por entupir as colheitadeiras (Villaneuva et al. 2014).

O surto de *M. sacchari/sorgho* em uma cultura pode acarretar perdas econômicas de mais de 50% do rendimento e US\$ 400 por hectare (Bowling et al., 2016). Porém, a magnitude dos danos causados depende do estágio de desenvolvimento da planta, da abundância de pulgões e da duração da infestação (Burden e Erlandson, 2022).

Atualmente, o principal método de controle dos pulgões é a utilização de inseticidas sintéticos (Singh et al., 2004; Villaneuva et al., 2014; Rodríguez; Terán, 2015; Brewer et al., 2016). Entretanto, quando estes produtos são utilizados indiscriminadamente, acarretam o desenvolvimento de resistência, ressurgimento de pragas, toxicidade residual, poluição ambiental, além de causar problemas para o homem e organismos não-alvo, levando a morte de inimigos naturais (Zhao et al., 2013; Zeb et al., 2016; Islam et al., 2022). Portanto, é fundamental a utilização de outras formas de controle, como o uso de híbridos resistentes, o plantio precoce e o controle biológico (Bowling et al. 2016; Calvin et al. 2021).

O registro de *M. sacchari/sorgho* atacando o cultivo de sorgo em Pernambuco é recente (Matheus et al., submetido à publicação), mas diante do seu potencial como praga na cultura surgiu a necessidade de se buscar formas eficientes para o seu controle.

Considerando-se a ocorrência natural de *C. sanguinea* associada ao pulgão *M. sacchari/sorgho* em plantios de sorgo no semiárido pernambucano, o objetivo deste estudo foi avaliar sua capacidade predatória sobre este afídeo, abordando as seguintes questões:

(i) O sexo do predador *C. sanguinea* interfere na velocidade de predação sobre *M. sacchari/sorgho*?

(ii) A eficiência de predação de *C. sanguinea* sobre *M. sacchari/sorgho* varia entre machos e fêmeas do predador?

(iii) Qual o potencial de *C. sanguinea* como agente de controle biológico de *M. sacchari/sorgho*?

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Criação de *Melanaphis sacchari/sorgho* e *Cycloneda sanguinea*

As populações iniciais de *Cycloneda sanguinea* e *Melanaphis sacchari/sorgho* foram coletadas de plantios experimentais da cultura de sorgo variedade SF15, no Centro de Referência Internacional de Estudos Agrometeorológicos de Palma e Outras Forrageiras (CentroREF), localizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco, (UAST/UFRPE), Serra Talhada – PE (7° 59' 7" Sul, 38° 17' 34" Oeste, 443 metros de altitude). O clima na região é semiárido quente e seco do tipo BSwh (Alvares et al., 2013), com chuvas de verão, iniciando no começo de dezembro e cessando ao final de abril e com 632 mm de precipitação média anual (Oresca et al., 2021).

Para confirmar a identidade do pulgão *M. sacchari/sorgho* foram coletados espécimes dos sorgos da área experimental, acondicionados em recipientes plásticos contendo álcool 70% e transportados para o Laboratório do Núcleo de Ecologia de Artrópodes, da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (NEA/UAST) para identificação em estereomicroscópio binocular, com auxílio da chave taxonômica de Peña-Martínez et al. (2017). Os espécimes coletados apresentavam coloração amarelada, tarsos escuros, antenas escuras e sifúnculos pretos curtos, caracteres diagnósticos desta espécie.

Posteriormente as colônias de *M. sacchari/sorgho* foram mantidas em câmaras climatizadas em arenas de criação confeccionadas com recipientes plásticos (750 mL), contendo água destilada para manter a turgidez da folha. Os recipientes possuíam pequena abertura na tampa para introduzir a folha de sorgo variedade SF15. Para evitar a fuga dos pulgões, utilizou-se uma garrafa plástica (2000 mL) sem o fundo, sem o gargalo e fechada na região superior com um tecido tipo *voil* para cobrir a folha infestada pela praga.

Os predadores foram criados em folhas de sorgo variedade SF15 infestadas por *M. sacchari/sorgho*, mantidos em recipientes de vidro (altura 12,5 cm e 6,5 cm de diâmetro)

contendo espuma (3,0 cm de espessura) umedecida com água destilada. Na espuma, a folha foi inserida na posição vertical. Para evitar a fuga dos insetos, os recipientes foram fechados com filme PVC perfurado, para possibilitar as trocas gasosas.

Ambas as criações foram mantidas em câmaras climatizadas do tipo B.O.D. sob condições controladas (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo). As plantas de sorgo variedade SF15 utilizadas para o experimento foram cultivadas em vasos de 50 L utilizando o substrato solo, substrato comercial e esterco bovino na proporção 3:1:1. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação.

2.2 Condições experimentais

Os bioensaios foram realizados nas mesmas condições experimentais e em arenas semelhantes às da criação-estoque do predador, descrita na seção 2.1.

O experimento foi em delineamento inteiramente casualizado, utilizando dois tratamentos (machos e fêmeas) com 20 repetições. Avaliou-se a predação diária de *C. sanguinea* (n= 20 repetições/sexo) sobre adultos de *M. sacchari/sorgho* no período de 24h. Cada repetição constou de uma arena, contendo a densidade de 100 pulgões adultos de *M. sacchari/sorgho* e um predador adulto de *C. sanguinea*, conforme o sexo a ser avaliado. Esta densidade foi selecionada com base no máximo consumo diário do predador (Francesena et al., 2019; López-Luque et al., 2021).

A seleção de *C. sanguinea* para os bioensaios, ocorreu por meio da obtenção de pupas, presentes nas criações-estoque mantidas em laboratório, que foram isoladas até a emergência dos adultos. Os adultos foram acondicionados em arenas de vidro, contendo um casal/arena, por 15 dias, para permitir a cópula e maturidade reprodutiva. Evitou-se que os resultados da predação sofressem interferências em relação à diferença de idades dos indivíduos.

Posteriormente, os adultos foram isolados e deixados sem alimento por 24h, de modo a eliminar possíveis interferências no experimento advindas de resquícios de alimentações anteriores. Em seguida, os predadores foram pesados, utilizando-se uma micro-balança (com precisão de 0,001 mg) para registrar o peso fresco inicial antes da introdução nas arenas de alimentação, consoante a metodologia adaptada de İplikber (2004).

As arenas experimentais foram verificadas em intervalos de quatro horas, após a liberação dos adultos do predador, por período de 24 horas de avaliação (00h, 04h, 08h, 12h, 16h e 20h). O número de pulgões mortos pelos adultos de *C. sanguinea* foram registrados contabilizando-se os pulgões remanescentes (não-predados) em cada arena de alimentação. Em cada avaliação os pulgões consumidos foram substituídos, mantendo-se a densidade de 100

indivíduos/arena. Também foi registrado o peso dos predadores (machos e fêmeas) e, no caso das fêmeas, registrou-se o peso dos ovos postos por elas, o qual foi somado ao seu ganho de peso fresco (Ipkber, 2004).

2.3 Análise de dados

Os dados de predação e os pesos (em função do tempo), obtidos por fêmeas e machos de *C. sanguinea* sobre adultos de *M. sacchari/sorghii* foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Fisher (LSD) a 5% de probabilidade, através do software XLSTAT, versão 2018 (Addinsoft, 2022).

A análise de sobrevivência foi obtida pelo modelo de Weibull ($e^{-\mu^{-\alpha} t^{\alpha}}$), através do software SigmaPlot, versão 14.0 (Statsoft, 2018), tendo, como variável resposta a proporção de pulgões não-consumidos, e como variável explicativa o tempo para a morte dos pulgões (horas).

Modelo de Weibull:

$$e^{-\mu^{-\alpha} t^{\alpha}}$$

Onde μ é o tempo médio para morte em horas, α é o parâmetro de forma e t é o tempo para morte em horas.

A análise de Weibull também foi utilizada para testar a diferença na velocidade da morte de adultos de *M. sacchari/sorghii* submetidos à predação por *C. sanguinea* no sorgo. Além disso, foi estabelecido o tempo médio para a mortalidade desses indivíduos, que corresponde à previsão do tempo gasto para que ocorresse a morte de 50% dos pulgões.

A vantagem em se utilizar a distribuição de Weibull, é que se torna possível através da estimativa de dois parâmetros a obtenção de informações tanto da longevidade média (μ = tempo médio para morte), quanto do tipo de curva de sobrevivência (α = parâmetro de forma) que a população apresenta. Ou seja, se a população tem dependência de sobrevivência do tipo I, implica que $\alpha > 1$ e a taxa de mortalidade aumenta com o tempo; se a dependência de sobrevivência é do tipo II, a taxa de mortalidade é constante e, então, α será aproximadamente 1; se a dependência de sobrevivência é do tipo III, a taxa de mortalidade decresce com o tempo e $\alpha < 1$ (Pinder et al., 1978).

Também foi determinada a derivada do modelo de Weibull, em que a proporção de pulgões não-consumidos em função do tempo foi utilizada para estimar a taxa de predação de *C. sanguinea* sobre adultos de *M. sacchari/sorghii*, usando a equação:

$$\frac{\Delta P_{sot}}{\Delta t} = \frac{\mu^{-\alpha \cdot t^{\alpha}} \cdot \alpha \cdot e^{-\mu^{-\alpha \cdot t^{\alpha}}}}{t}$$

Em que $\frac{\Delta P_{sot}}{\Delta t}$ é a proporção de pulgões não-consumidos ao longo do tempo; μ é o tempo médio para morte em horas; α é o parâmetro de forma e o t é o tempo para morte em horas, através do software SigmaPlot, versão 14.0 (Statsoft, 2018).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa na proporção de adultos de *M. sacchari/sorgho* predados por fêmeas e machos de *C. sanguinea* ($F = 31,806$ e $P < 0,0001$) (Figura 1). Fêmeas do predador consumiram $98,7 \pm 9,8$ indivíduos, enquanto os machos tiveram um consumo inferior correspondendo a $79,1 \pm 12,0$ (Tabela 1).

O maior consumo de pulgões por fêmeas *C. sanguinea* pode ser explicado pelo fato de necessitarem de reserva energética superior à dos machos, devido ao seu maior tamanho, maior exigência nutritiva e metabólica para a reprodução, produção de ovos e oviposição (Rhamhalinghan, 1987; Hodek and Honěk, 1996; Omkar e Pervez, 2004; Evans e Gunther, 2005; Mallama-Goyes e Eraso-Gómez, 2015).

Além disso, o fato de a predação ter sido avaliada sobre afídeos adultos pode ter facilitado a predação por parte da fêmea do predador, já que os machos podem não ter sucesso na captura de presas maiores, em decorrência do seu tamanho menor quando comparado ao das fêmeas. Para os machos é mais vantajosa a captura de presas menores, ou seja, ínstares imaturos (Cabral et al., 2009).

A maior predação de pulgões por fêmeas não ocorre apenas em *C. sanguinea* consumindo *M. sacchari/sorgho*. Em estudos com outras espécies de afídeos, como *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) (Milléo et al., 2019), *Toxoptera citricida* (Kirkaldy, 1907), *Dactynotus ambrosiae* (Thomas, 1878) (Morales e Burandt, 1985) e *Aphis craccivora* (Koch, 1854) (Solano et al., 2016), *C. sanguinea* apresentou comportamento semelhante ao observado no presente estudo.

Além disso, fêmeas de outras espécies de coccinelídeos como *Propylea dissecta* (Mulsant, 1886) (Boopathi et al., 2019), *Hippodamia variegata* (Goeze, 1777) (Farhadi et al., 2011), *Oenopia kirbyi* (Mulsant, 1850) (Gaikwad et al., 2022), *Coccinella septempunctata* (Linnaeus, 1758) (Omkar e Srivastava, 2003; Hamid et al., 2020) e *Adalia bipunctata* (Linnaeus, 1758) (Hempton et al., 1996), também apresentaram maior predação que machos,

sendo uma característica de comportamento alimentar presente em vários insetos predadores (Hull et al., 1977).

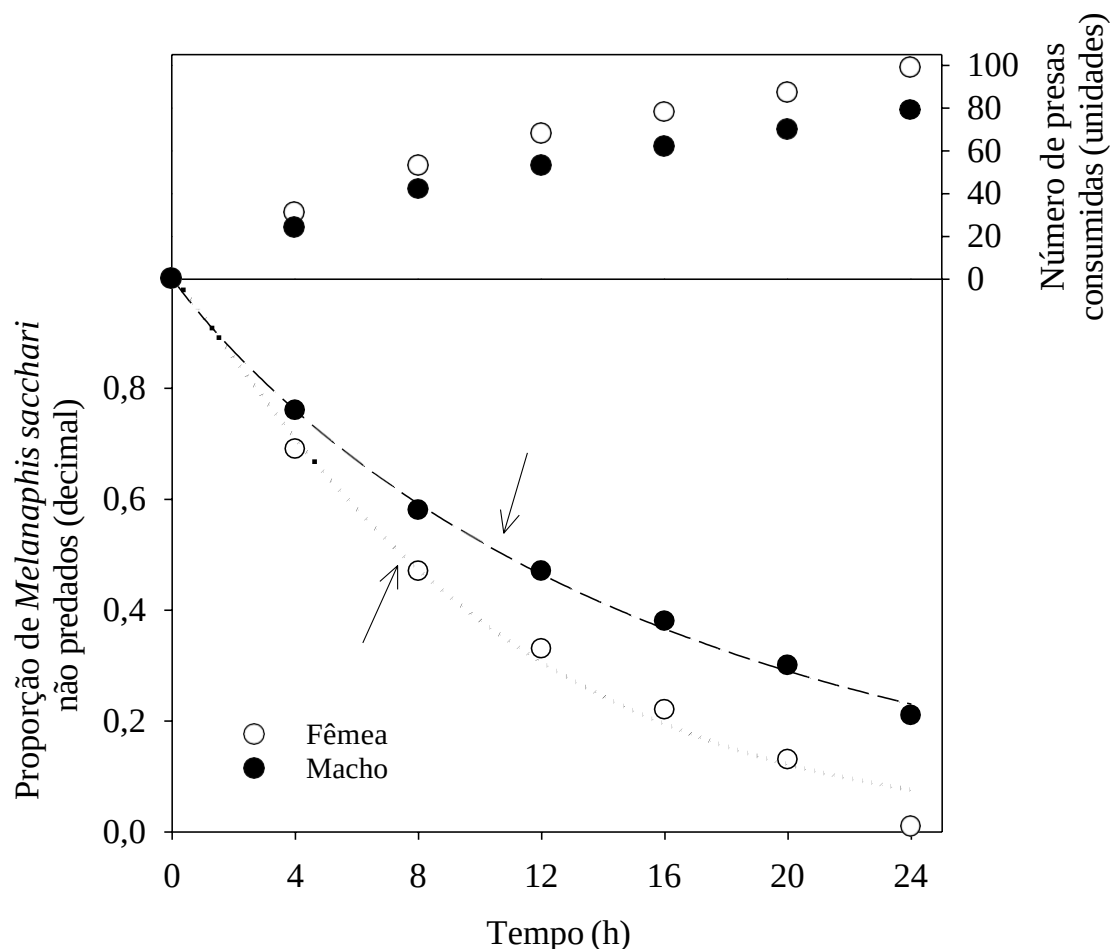


Figura 1. Número de adultos de *Melanaphis sacchari/sorghii* predados e proporção de adultos de *Melanaphis sacchar/sorghii* não predados por fêmeas e machos de *Cycloneda sanguinea*, em função do tempo, sob condições controladas (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo). Curvas geradas pelo modelo de Weibull. As setas indicam o momento em que o predador consome 50% da população de pulgões.

Ademais, *C. sanguinea* mostra-se uma predadora voraz para o pulgão *M. sacchari/sorghii* em comparação com outras espécies de coccinelídeos, pois fêmeas e machos deste predador apresentaram um consumo médio de 98,7 e 79,1 pulgões, respectivamente (Figura 1 e Tabela 1).

Tabela 1. Número de *Melanaphis sacchari/sorghii* predados por *Cycloneda sanguinea*, fêmeas e machos em função do tempo, sob condições controladas ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo).

Sexo	Tempo (h) ¹						NCT
	04	08	12	16	20	24	
Fêmea	30,7±9,5 a	22,2±10,9 a	14,7±4,8 a	10,1±6,0 a	9,6±5,6 a	11,5±4,9 a	98,7±9,8 a
Macho	24,1±7,8 b	17,8±6,6 a	10,8±12,6 a	9,3±7,4 a	8,6±5,5 a	8,7±5,3 a	79,1±12,0 b

¹ Médias seguidas por letras semelhantes na mesma coluna não diferem pelo teste Fisher (LSD) ($P < 0,05$). NCT= Número Consumido Total.

Os resultados obtidos por López-Luque et al. (2021) indicaram consumo médio de 72,63 pulgões *M. sacchari/sorghii*, independentemente do sexo de *C. sanguinea*, ou seja, número inferior ao obtido nesse estudo. Também há diferenças nos números obtidos em estudos que avaliam a predação média de pulgões consumidos por outras joaninhas.

Delgado-Ramírez et al. (2019) observaram que a joaninha afidófaga *Hippodamia convergens* (Guérin-Méneville, 1842) consumiu em média 55 e 43 pulgões de *M. sacchari/sorghii* em ínstares mistos, para fêmeas e machos, respectivamente. Já López-Luque et al. (2021), avaliando a predação de *Coleomegilla maculata* (De Geer, 1775), *H. convergens* e *Olla v-nigrum* (Mulsant, 1866), independentemente do sexo, reportaram médias de 38,27; 53,36 e 20,45 pulgões predados, respectivamente. Números inferiores ao observado nesse estudo.

Também há divergências nos estudos que avaliam o número médio de *M. sacchari/sorghii* consumidos por *C. sanguinea*, pois, os resultados obtidos por López-Luque et al. (2021) indicaram consumo médio de 72,63 pulgões, independentemente do sexo, ou seja, número inferior ao obtido nesse estudo.

Essa divergência no número de presas consumidas durante o período de 24h pode ser explicada pelas diferenças no arranjo experimental (Francesena et al., 2019), pois no experimento realizado por López-Luque et al. (2021) não houve a reposição da densidade inicial de presas, o que pode ter reduzido/dificultado a predação, já que com uma maior densidade de presas, ocorrem encontros mais frequentes entre elas e os predadores (Hamid et al., 2020). Além disso, a planta hospedeira pode afetar não só os insetos herbívoros, mas também os predadores, seja de forma direta ou indireta (Wu et al, 2010). De fato, as variedades de sorgo utilizadas nas pesquisas podem ter influenciado a voracidade dos inimigos naturais (Katsanis et al., 2016), uma vez que possuem diferenças na bioquímica vegetal que pode influenciar no valor nutricional dos herbívoros disponibilizados como presas (Giles et al., 2002). Podem,

também, causar alterações na quantidade de ingestão de alimentos para que o predador atinja a saciedade.

Há outros aspectos também podem explicar essas variações, como o nível de fome do predador, resquícios de alimentações anteriores, necessidades nutricionais e potencial digestivo, que vão variar em decorrência da idade dos indivíduos utilizados (Mills, 1982; Omkar e Pervez, 2004).

Com relação ao peso inicial de fêmeas e machos de *C. sanguinea* obtido no presente estudo, após terem permanecido 24h sem alimento, não foi observada diferença significativa quando comparados pelo teste de Fisher (LSD) ($P < 0,05$). Porém, após consumirem adultos de *M. sacchari/sorghii* houve diferença significativa para ambos os sexos em todos os períodos de avaliação (Tabela 2).

Tabela 2. Peso médio de fêmeas e machos de *Cycloneda sanguinea*, após o consumo de *Melanaphis sacchari/sorghii* em função do tempo, sob condições controladas ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo).

Sexo	PI	Tempo (h) ¹					
		04	08	12	16	20	24
Fêmea	0,021 $\pm$ 0,004a	0,024 $\pm$ 0,005a	0,025 $\pm$ 0,005a	0,028 $\pm$ 0,007a	0,025 $\pm$ 0,008a	0,024 $\pm$ 0,009a	0,024 $\pm$ 0,005a
Macho	0,019 $\pm$ 0,002a	0,020 $\pm$ 0,002b	0,020 $\pm$ 0,002b	0,020 $\pm$ 0,002b	0,020 $\pm$ 0,002b	0,019 $\pm$ 0,002b	0,019 $\pm$ 0,002b

¹ Médias seguidas por letras semelhantes na mesma coluna não diferem pelo teste de Fisher (LSD) ($P < 0,05$). PI= Peso Inicial após 24h de inanição.

O aumento de peso nas fêmeas em relação aos machos pode ser explicado pelo fato de consumirem mais adultos de *M. sacchari/sorghii* do que os machos, como reportado anteriormente. A quantidade superior de pulgões consumidos pela fêmea foi armazenada na forma de energia de maneira eficiente. Tal fator é extremamente importante, pois, as fêmeas utilizadas nesse estudo estavam acasaladas e em período reprodutivo, sendo imprescindível a ingestão máxima de alimento (Cabral et al., 2009), visto que, particularmente durante o período de oviposição, as fêmeas devem se alimentar mais do que os machos para conseguir direcionar os nutrientes para a produção adequada dos ovos (Hodek e Honěk, 1996).

Outro aspecto importante diz respeito ao fato de que os machos também gastam muito tempo e energia à procura de fêmeas para acasalar (Omkar e Srivastava, 2001). Mesmo em arenas de avaliação individuais, os machos provavelmente se locomoviam à procura de fêmeas gastando energia na locomoção e menos tempo na ingestão de pulgões, o que pode explicar a

menor predação e, conseqüentemente, menor armazenamento de energia, apresentando menor peso que as fêmeas.

O tempo médio para que ocorresse a predação de 50% de adultos de *M. sacchari/sorgho* por fêmeas de *C. sanguinea* foi de aproximadamente 07h:30min, enquanto para os machos esse tempo foi de aproximadamente 09h:30min (Figura 1). Como consequência, as fêmeas conseguem reduzir a população de pulgões mais rapidamente que os machos.

As fêmeas possuem um menor tempo de manuseio para com as presas em comparação aos machos, o que faz com que tenham maior eficiência na predação. O tempo de manuseio é um bom indicador do consumo e eficácia do predador por indicar o efeito cumulativo do tempo necessário para captura, abate, subjugação e digestão da presa (Veeravel e Baskaran, 1997). O manuseio mais rápido pelas fêmeas está presente em muitos coccinelídeos, incluindo as fêmeas de *H. variegata* que possuem menor tempo de manipulação em pulgões *Aphis fabae* (Scopoli, 1763) quando comparada aos machos (Farhadi et al., 2010).

No que se refere à velocidade de predação de fêmeas e machos de *C. sanguinea* sobre *M. sacchari/sorgho* (Figura 2) observou-se uma diminuição com o passar do tempo, para ambos os sexos. Porém, ao se comparar as fêmeas com os machos, observa-se que estas predam com maior velocidade nas primeiras quatro horas de predação, coincidindo com o período de maior voracidade de predação das fêmeas, nos intervalos de avaliação (Tabela 1).

Ao realizar análise do número de pulgões consumidos em cada intervalo de tempo, houve diferença significativa entre fêmeas e machos no primeiro período de avaliação. Quatro horas após a liberação das joaninhas nas arenas as fêmeas consumiram aproximadamente $30,7 \pm 9,5$ pulgões enquanto os machos consumiram $24,1 \pm 7,8$ (Tabela 1). Entretanto, nas quatro horas iniciais de avaliação pode-se observar a maior média de pulgões consumidos por fêmeas em comparação com os demais períodos de avaliação, o mesmo ocorrendo com os machos. Nos demais períodos de avaliação, o número de pulgões adultos consumidos por fêmeas e machos de *C. sanguinea* não diferiu significativamente (Tabela 1).

O porquê de os indivíduos de *C. sanguinea* apresentarem o maior número de pulgões consumidos no primeiro intervalo de avaliação pode ser explicado pelo fato de que os predadores, antes de serem liberados nas arenas de experimento, passaram 24h sem alimento, fazendo com que consumissem um número considerável de presas logo que estas foram disponibilizadas com o alimento. À medida que foram suprindo suas necessidades alimentares passou a ocorrer um menor ataque das presas subsequentes, uma vez que o impulso predatório se tornou relativamente menor (Hodek e Honek, 1996).

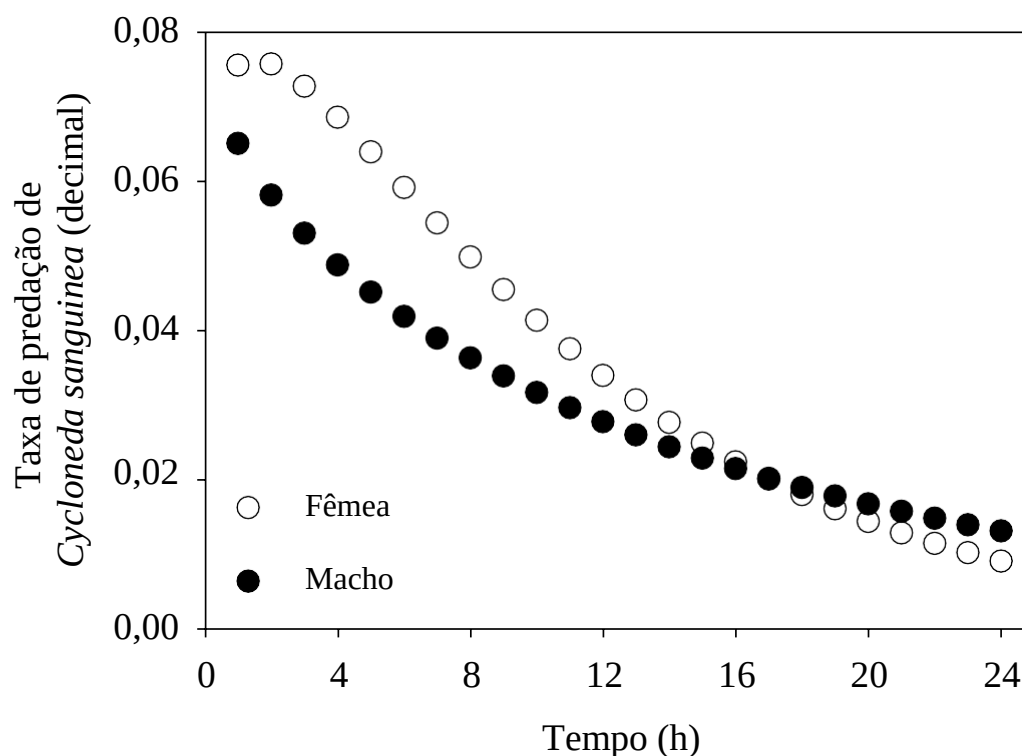


Figura 2. Velocidade de predação de fêmeas e machos de *Cycloneda sanguinea* sobre adultos de *Melanaphis sacchari/sorghii*, em função do tempo, sob condições controladas (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo). Curvas geradas pela derivada do modelo de Weibull.

A curva de sobrevivência da população de *M. sacchari/sorghii* predada por fêmeas de *C. sanguinea* foi do tipo I ($\alpha = 1,1258 \pm 0,0939$), ou seja, a taxa de mortalidade aumenta com o tempo. Já quando se considera a população de *M. sacchari/sorghii* predada por machos de *C. sanguinea*, tem-se $\alpha = 0,9364 \pm 0,0337$, demonstrando uma taxa de mortalidade constante e uma curva de sobrevivência do tipo II (Tabela 3). A análise dos dados de predação de fêmeas e machos de *C. sanguinea* sobre *M. sacchari/sorghii*, também apresentou coeficientes de determinação elevados, sendo $R^2 = 0,9900$ e $R^2 = 0,9977$ respectivamente, para o modelo de Weibull, indicando uma forte correlação entre a proporção de pulgões não-consumidos e o tempo para a morte destes (Tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros estimados pela distribuição de Weibull para *Melanaphis sacchari/sorghii* predados por fêmeas e machos de *Cycloneda sanguinea*, em função do tempo, sob condições controladas (25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 12 horas de fotoperíodo).

Sexo	$Y = e^{-\mu^{-\alpha} t^\alpha}$			
	μ	α	R^2	P
Fêmea	$10,3383 \pm 0,4463$	$1,1258 \pm 0,0939$	0,9900	<0,0001
Macho	$15,9288 \pm 0,2894$	$0,9364 \pm 0,0337$	0,9977	<0,0001

μ = tempo médio para morte em horas; α = parâmetro de forma.

O momento em que há a estabilização da predação, ou seja, em que os predadores de *C. sanguinea* atingem a saciedade foram diferentes para fêmeas e machos (Tabela 3). As fêmeas saciaram-se em aproximadamente dez horas do início da predação ($\mu = 10,3383 \pm 0,4463$) e os machos em aproximadamente dezesseis horas após o início da predação ($\mu = 15,9288 \pm 0,2894$) (Tabela 3). Isso não significa dizer que a predação cessou após o período de saciedade do predador pois, mesmo após *C. sanguinea* atingir a saciedade (momento em que há a estabilização da predação), o consumo de pulgões continuou, porém em um ritmo menos acelerado (Figuras 1 e 2) ocorrendo redução no número de indivíduos consumidos. Tal característica é muito relevante para o controle biológico de pragas, visto que há redução populacional da presa mesmo após a saciedade do predador (Omark e Srivastava, 2003). O mesmo foi observado por Omark e Srivastava (2003) nos seus estudos sobre a resposta funcional e predação de *C. septempunctata* alimentando-se do pulgão *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach, 1843) na cultura da mostarda.

Devido à crescente preocupação sobre as ameaças ambientais causadas pelo uso indiscriminado de pesticidas, os problemas à saúde e o risco de resistência de pragas, há a necessidade de se desenvolver programas de controle biológico (Van Lenteren e Woets, 1988). No presente estudo o predador nativo *C. sanguinea*, encontrado nos plantios de sorgo em Pernambuco, demonstrou ser um agente de biocontrole efetivo para o pulgão da cana-de-açúcar *M. sacchari/sorgho*.

Muitos estudos dedicam-se ao comportamento de forrageamento de predadores, porém, poucos dão atenção as diferenças de forrageamento entre os sexos (Sabaghi et al., 2011). Nesta pesquisa foi dado enfoque à predação considerando o sexo do predador, observando-se ao final que as fêmeas foram mais efetivas no biocontrole.

Estes resultados podem ser utilizados como base para explicar algumas das interações existentes entre o predador *C. sanguinea* e o pulgão *M. sacchari/sorgho* e contribuirão para o manejo integrado desta praga na cultura do sorgo. Também demonstra a possibilidade da utilização de um agente de biocontrole nativo, sem que haja a necessidade de introdução de espécies exóticas.

Vale ressaltar a importância da expansão de estudos desta natureza em escalas maiores, uma vez que os experimentos em laboratório utilizam sistemas simplificados artificiais, sendo importante agregar mais informações sobre as dinâmicas existentes entre presas e predadores em situações de campo (Hassell et al., 1977; Hodek e Honěk, 1996; Lee e Kang, 2004).

Nesse sentido, são necessários estudos complementares em situações de campo, uma vez que no campo há uma maior área de busca, diferentes características nas plantas (Roger et al., 2000), presença de espécies alternativas de presas (Tschanz et al., 2007), influência de fatores abióticos (Jalali et al., 2010) e competição por recursos com outras espécies (Křivan e Sirot, 2004). Também são necessários estudos sobre a abundância da espécie em campo, capacidade de reprodução, longevidade, entre outros aspectos (López-Luque et al., 2021).

A chegada do pulgão *M. sacchari/sorgho* nas plantações de sorgo do Brasil vem trazendo preocupações por reduzir a produtividade desta cultura em diferentes estados, como Minas Gerais, Distrito Federal, Goiás, São Paulo e Mato Grosso (Mendes et al., 2019). Assim, é de suma importância avaliar o potencial de controle biológico de inimigos naturais associados a esta praga nos plantios de sorgo do Brasil, como observado para *C. sanguinea* em Pernambuco. Sabe-se que atualmente o principal método de controle de pulgões continua sendo a utilização de inseticidas sintéticos (Singh et al., 2004; Rodríguez e Terán 2015; Bowling et al., 2016).

DECLARAÇÃO DE CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA CREDIT

Maria Luíza Tavares Matheus: Curadoria de dados, metodologia, análise formal, investigação, conceitualização, redação - rascunho original, redação – revisão e edição, visualização, administração do projeto. Cláudia Helena Cysneiros Matos de Oliveira: Metodologia, análise formal, conceitualização, supervisão, recursos, redação - rascunho original, redação – revisão e edição, supervisão, administração do projeto, aquisição de financiamento. Carlos Romero Ferreira de Oliveira: Metodologia, análise formal, investigação, conceitualização, supervisão, recursos, redação - rascunho original, redação – revisão e edição, supervisão, administração do projeto. Astrogilda Batista do Nascimento: metodologia, análise formal, investigação e conceitualização. Thieres George de Freire: metodologia, análise formal, redação, recursos, redação - rascunho original, redação – revisão e edição.

DECLARAÇÃO DE INTERESSE CONCORRENTE

Os autores declaram não haver conflito de interesses que influenciam o trabalho relatado neste artigo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), ao Núcleo de Ecologia dos Artrópodes (NEA) e ao Grupo de

Agrometeorologia no Semiárido (GAS) por todo o suporte durante a condução do trabalho relatado neste artigo.

FINANCIAMENTO

Este trabalho foi financiado pelo programa de bolsas BCT do PDPG-CAPES (BCT-0342-5.01/21) apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES –código financeiro 001) e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE)

REFERÊNCIAS

- Addinsoft, 2022. XLSTAT statistical and data analysis solution. Boston, USA. <https://www.xlstat.com>. Accessed at: 7 october 2021.
- Alvares, C. A. et al. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728.
- Arioli, M. C. S., 1985. Coccinellini no Rio Grande do Sul, Brasil (Coleoptera, Coccinellidae). *Revista Centro de Ciências Rurais*. 15, 5-35.
- Azeredo, E. H. et al., 2000. Occurrence of *Cycloneda sanguinea* L. (Coleoptera: Coccinellidae) as predator in an insect infestation associated with potato (*Solanum tuberosum* L.) in the district of Pinheiral, RJ. *Floresta e Ambiente*. 7, 198-207.
- Boopathi, T. et al., 2020. Biology, predatory potential, life table, and field evaluation of *Propylea dissecta* (Coleoptera: Coccinellidae), Against *Lipaphis erysimi* (Hemiptera: Aphididae) on broccoli. *Journal of Economic Entomology*. 113, 88-97. <https://doi.org/10.1093/jee/toz272>
- Bowling, R., M. J. et al., 2016. Sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae): a new pest on sorghum in North America. *J. Integrated Pest Manage.* 7, 1-13. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmw011>
- Brewer, M. J. et al., 2017. Sugarcane aphid population growth, plant injury, and natural enemies on selected grain sorghum hybrids in Texas and Louisiana. *Journal of economic entomology*. 110, 2109-2118. <https://doi.org/10.1093/jee/tox204>.
- Burden, B. J.; Erlandson, L. W., 2022. Development of *Coleomegilla maculata* on Diets of Two Species of Aphid. *Southwestern Entomologist*. 47, 353-360.
- Cabral, S.; Soares, A. O.; GARCIA, P. 2009. Predation by *Coccinella undecimpunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) on *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera: Aphididae): effect of

prey density. Biological Control. 50, 25-29.

<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.01.020>

Calvin, W. et al., 2021. Effects of biological insecticides on the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemiptera: Aphididae), in sorghum. Crop Protection. 142, 105528. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105528>.

Delfino, M. A., 1984. Discovery of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897) in Argentina and Uruguay. Revista de Investigación CIRPON. 2, 57-64.

Delgado-Ramírez, C. S. et al., 2019. Predation capability of *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) feeding of *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae). Florida Entomologist. 102, p. 24-28. <https://doi.org/10.1653/024.102.0104>

Escalona, H. E. et al., 2017. Molecular phylogeny reveals food plasticity in the evolution of true ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae: Coccinellini). BMC Evolutionary Biology. 17, 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12862-017-1002-3>.

Evans, E. W.; Gunther, D. I., 2005. The link between food and reproduction in aphidophagous predators: a case study with *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). European Journal of Entomology. 102, 423–430. <https://doi.org/10.14411/eje.2005.060>

Farhadi, R.; Allahyari, H.; Chi, H., 2011. Life table and predation capacity of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae). Biological Control. 59, p. 83-89. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.07.013>

Farhadi, R.; Allahyari, H.; Juliano, S. A., 2010. Functional response of larval and adult stages of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) to different densities of *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae). Environmental Entomology. 39, 1586-1592. <https://doi.org/10.1603/EN09285>

Francesena, N. et al., 2019. Potential of predatory Neotropical ladybirds and minute pirate bug on strawberry aphid. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 91, e20181001. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201920181001>

Gaikwad, M. B. et al., 2022. Functional response and predatory potential of coccinellid predator, *Oenopia kirbyi* Mulsant (Coccinellidae: Coleoptera) on rose aphid, *Macrosiphum rosae* L. (Aphididae: Hemiptera). Int J Trop Insect Sci. 42, 2233–2239. <https://doi.org/10.1007/s42690-022-00745-2>

- Giles, K. L. et al., 2002. Host plants affect predator fitness via the nutritional value of herbivore prey: investigation of a plant-aphid-ladybeetle system. *BioControl*. 47, 1-21. <https://doi.org/10.1023/A:1014419623501>
- Gordon, R. D. (1985). The Coccinellidae (Coleoptera) of America North of Mexico. *Journal of the New York Entomological Society*. 93. 912p.
- Guedes, C. F. C., 2013. Preferência alimentar e estratégias de alimentação em Coccinellidae (Coleoptera). *Oecologia Australis*. 17, 249-270.
- Hamid, M. F. et al., 2020. Functional Response of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) to Different Species of Aphids (Hemiptera: Aphididae). *Journal of the Kansas Entomological Society*. 93, 313-326. <https://doi.org/10.2317/0022-8567-93.4.313>
- Hassell, M. P.; Lawton, J. H.; Beddinger, J. R., 1977. Sigmoid functional responses by invertebrate predators and parasitoids. *Journal of Animal Ecology*. 46, 249–262. <https://doi.org/10.2307/3959>
- Hemptinne, J. L.; Dixon, A.; Lognay, G., 1996. Searching behaviour and mate recognition by males of the two-spot ladybird beetle, *Adalia bipunctata*. *Ecological Entomology*. 21, 165–170. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1996.tb01183.x>
- Hodek I.; Evans E. W., 2012. Food relationships, in *Ecology and behaviour of the ladybird beetles*, Hodek I, van Emden HF and Honek A (Eds), Wiley-Blackwell, Oxford, UK. 141-274.
- Hodek, I., Honek, A., 1996. *Ecology of Coccinellidae*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Hull, L. A.; Asquith, D.; Mowery, P. D., 1977. The functional responses of *Stethorus punctum* to densities of the European red mite. *Environmental Entomology*. 6, 85-90. <https://doi.org/10.1093/ee/6.1.85>
- Işikber, A. A., 2005. Functional response of two coccinellid predators, *Scymnus levaillanti* and *Cycloneda sanguinea*, to the cotton aphid, *Aphis gossypii*. *Turkish journal of agriculture and forestry*. 29, 347-355.
- Işikber, A. A.; Copland, M. J. W., 2001. Food consumption and utilisation by larvae of two coccinellid predators, *Scymnus levaillanti* and *Cycloneda sanguinea*, on cotton aphid, *Aphis gossypii*. *BioControl*. 46, 455-467. <https://doi.org/10.1023/A:1014181920308>.

- Islam, Y. et al., 2022. Age-stage, two-sex life table and predation parameters of *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae), reared on *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Hemiptera: Aphididae), at four different temperatures. Crop Protection. 106029. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2022.106029>.
- Jalali, M. A. et al., 2010. Temperature-dependent development of the two-spotted ladybeetle, *Adalia bipunctata*, on the green peach aphid, *Myzus persicae*, and a factitious food under constant temperatures. Journal of Insect Sciences. 10, 124–131. <https://doi.org/10.1673/031.010.12401>
- Katsanis, A.; Rasmann, S.; Mooney, K. A., 2016. Herbivore diet breadth and host plant defense mediate the tri-trophic effects of plant toxins on multiple coccinellid predators. Plos one. 11, e0155716. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155716>
- Křivan, V.; E. Sirot., 2004. Do short-term behavioural responses of consumers in tri-trophic food chains persist at the population time-scale? Evolutionary Ecology Research. 6, 1063–1081.
- Lee, J.-H.; Kang, T.-J., 2004. Functional response of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) to *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) in the laboratory. Biological control. 31, 306–310. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2004.04.011>
- López-Luque, E. B. et al., 2021. Capacidad de Depredación de Coccinellidae sobre el Pulgón Amarillo del Sorgo en Sinaloa, México. Southwestern Entomologist. 46, 497-502.
- Majerus, M. E. N. E Kerns, P. (1989). Ladybirds. Richmond Publishing Co., London. 103p.
- Mallama-Goyes A. J; Eraso-Gómez R. F., 2015. Determinación del ciclo biológico de *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville, 1842 (Coleoptera: Coccinellidae) y su capacidad predadora de áfidos (*Aphis* sp.) en condiciones de laboratorio. Master's Thesis. Universidad de Manizales. Manizales, Colombia.
- Martins, C. B. et al., 2009. *Harmonia axyridis*: a threat to Brazilian Coccinellidae? Revista Brasileira de Entomologia. 53, 663-671. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262009000400018>
- Mead, F. W., 1978. Sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner)-Florida-new continental United States record. Coop. Plant Pest Rep. 3, 475.
- Medeiros, M. A. D. et al., 2010. Identification of plant families associated with the predators *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Hippodamia convergens* Guérin-Menéville (Coleoptera: Coccinellidae) using pollen grain as a natural marker.

- Brazilian Journal of Biology. 70, 293-300. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842010005000011>.
- Mendes, S. M. et al., 2019. Pulgão da-cana-de-açúcar no sorgo: um velho conhecido, mas um novo problema! Grão em Grão, Sete Lagoas, ano 13, n.112.
- Milléo, J. et al., 2019. Resposta funcional comparada entre *Harmonia axyridis* (Pallas), *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) e *Hippodamia convergens* Guerin Meneville (Coleoptera: Coccinellidae) alimentadas com *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) (Hemiptera: Aphididae). EntomoBrasilis. 12, 70-76. <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v12i2.796>
- Mills, N., 1982. Satiation and the functional response: a test of a new model. Ecological Entomology. 7, 305–315. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1982.tb00671.x>
- Morales, J.; Burandt, C. L. J., 1985. Interactions between *Cycloneda sanguinea* and the brown citrus aphid: Adult feeding and larval mortality. Environmental Entomology. 14, 520-522. <https://doi.org/10.1093/ee/14.4.520>
- Omkar.; Pervez, A., 2004. Functional and numerical responses of *Propylea dissecta* (Col., Coccinellidae). Journal of Applied Entomology. 128, 140–146. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2004.00824.x>
- Omkar; Srivastava S., 2001. Comparative predatory potential of a ladybird beetle, *Coccinella septempunctata* Linn, on six prey species. Biological Memoirs. 27, 59-63.
- Omkar; Srivastava, S., 2003. Functional response of the sevenspotted lady beetle, *Coccinella septempunctata* Linnaeus on the mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach). International Journal of Tropical Insect Science. 23, 149-152. <https://doi.org/10.1017/S1742758400020373>
- Oresca, D. et al., 2021. Agronomic performance of forage sorghum and millet grown under irrigation with saline water and nitrogen doses in the Brazilian semi-arid. Research, Society and Development. 10, e359101018976-e359101018976. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18976>
- Peña-Martínez, R. et al., 2016. Formas sexuales del complejo pulgón amarillo del sorgo, *Melanaphis sacchari/sorgho* en México. Southwestern Entomologist. 41, 127-132. <https://doi.org/10.3958/059.041.0114>.
- Peña-Martínez, R. et al., 2017. Guía ilustrada para la identificación de los pulgones (Hemiptera: Aphididae) de cereales en México. 1.ed. Fundación Guanajuato Produce A. C. Alameda: México, 69p.

- Phoofolo, M. W.; Giles, K. L.; Elliott, N. C., 2007. Quantitative evaluation of suitability of the greenbug, *Schizaphis graminum*, and the bird cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum padi*, as prey for *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control*. 41, 25-32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2006.12.017>.
- Pinder, J. E.; Wiener, J. G.; Smith, M. H., 1978. The Weibull distribution: a new method of summarizing survivorship data. *Ecology*. 59, 175-179. <https://doi.org/10.2307/1936645>.
- Poorani, J. 2022. A review of *Horniolus Weise* (Coleoptera: Coccinellidae) from the Indian region, including descriptions of two new species. *Zootaxa*. 5104, 545-556. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5104.4.4>
- Putman, W. L., 1955. Bionomics of *Stethorus punctillum* Weise (Coleoptera: Coccinellidae) in Ontario. *The Canadian Entomologist*. 87, 9-33. <https://doi.org/10.4039/Ent879-1>.
- Rhamhalinghan M., 1987. Feeding behaviour of *Coccinella septempunctata* L. var. *confusa* Weidemann (Coleoptera: Coccinellidae) in relation to temperature—I. Pre-oviposition period. *Journal of entomological research*. 11,178-183.
- Rocca, M. et al., 2017. Intra-and interspecific interactions between aphidophagous ladybirds: the role of prey in predator coexistence. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 162, 284-292. <http://dx.doi.org/10.1111/eea.12527>.
- Rodríguez, L. A. B.; Terán, A. P., 2015. *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae): A new sorghum insect pest in Mexico. *Southwestern Entomologist*. 40, 433-434. <https://doi.org/10.3958/059.040.0217>.
- Roger, C.; Coderre, D.; Boivin, G., 2000. Differential prey utilization by the generalista predator *Coleomegilla maculata lengi* according to prey size and species. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 94, 3–13. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2000.00598.x>
- Roy, H. E. et al., 2011. Living with the enemy: parasites and pathogens of the ladybird *Harmonia axyridis*. *BioControl*. 56, 663-679. <http://dx.doi.org/10.1007/s10526-011-9387-1>.
- Sabaghi, R.; Hosseini, R.; Sahragard, A., 2011. Functional and numerical responses of *Scymnus syriacus* Marseul (Coleoptera: Coccinellidae) to the black bean aphid, *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions. *Journal of Plant Protection Research*. 51, <https://doi.org/10.2478/v10045-011-0070-4>
- Sarmiento, R. A. et al., 2007. Use of odours by *Cycloneda sanguinea* to assess patch quality. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 124, 313-318. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1570-7458.2007.00587.x>.

- Schlickmann-Tank, J. A.; Espinosa-Vásquez, G.; Drodowski, R. F. S., 2021. First Record of *Melanaphis sacchari* in Paraguay. *Southwestern Entomologist*, 46, 249-252. <https://doi.org/10.3958/059.046.0123>.
- Singh, B. U., Padmaja, P. G.; Seetharama, N., 2004. Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae), in sorghum: a review. *Crop Protection*. 23, 739-755. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2004.01.004>.
- Solano, Y. et al., 2016. Functional response of *Cycloneda sanguinea* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae) to the black pea aphid, *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphididae). *Entomotrópica*. 31, 311-318.
- Statsoft. INC. Statistica. Data Analysis Software System. version 14. Palo Alto: TIBCO Software, 2018. Available at: <www.statsoft.com>. Accessed at: 7 october 2021.
- Summers, T. E., 1978. Sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari*. *Florida Coop. Plant Pest Rep*. 3: 496.
- Tschanz, B.; Bersier, L. F.; Bacher, S.; 2007. Functional responses: a question of alternative prey and predator density. *Ecology*. 88, 1300–1308. <https://doi.org/10.1890/06-1512>
- Van Lenteren, J. C.; Woets, J., 1988. Biological and integrated pest control in greenhouses. *Annual review of Entomology*. 33, 239-269. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.33.010188.001323>
- Veeravel, R.; Baskaran, P., 1997. Functional and numerical Responses of *Coccinella transversalis* Fab. and *Cheilomenes sexmaculatus* Fab. feeding on the Melon Aphid, *Aphis gossypii* Glov. *International Journal of Tropical Insect Science*. 17, 335-339. <https://doi.org/10.1017/S1742758400019159>
- Veloso, V. D. R. S. et al., 1995. Aspectos biológicos de *Cycloneda sanguinea* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae). *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 25, 123-127.
- Villaneuva, R. T. et al., 2014. Sugarcane Aphid: a New Pest of Sorghum. *Texas A&M Agrilife Extension. Ento-035*, College Station, TX. 7, 1- 13.
- Wang, Y. S. et al., 1991. Studies on resistance in grain sorghum to sorghum aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner). *Miscellaneous publication-Agricultural Experiment Station, Oklahoma State University (USA)*.
- Wu, X-H.; Zhou, X-R.; Pang, B-P., 2010. Influence of five host plants of *Aphis gossypii* Glover on some population parameters of *Hippodamia variegata* (Goeze). *Journal of Pest Science*. 83, 77-83. <https://doi.org/10.1007/s10340-009-0272-y>

Zeb Q. et al., 2016. Effect of insecticides on the population of aphids, natural enemies and yield components of wheat. *Pak J Zoo.* 48, 1839–1848.

Zhao, Z. H. et al., 2013. Species composition and diversity of parasitoids and hyper-parasitoids in different wheat agro-farming systems. *Journal of Insect Science.* 13, 162.
<https://doi.org/10.1673/031.013.16201>