



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTENIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA

GABRIELA PRISCILA DE SOUSA MACIEL

**SAZONALIDADE E VOLTINISMO DO GAFANHOTO GIGANTE, DISTRIBUIÇÃO
E INFESTAÇÃO DE TRIPES EM CAJUEIRO-ANÃO**

FORTALEZA

2021

GABRIELA PRISCILA DE SOUSA MACIEL

**SAZONALIDADE E VOLTINISMO DO GAFANHOTO GIGANTE, DISTRIBUIÇÃO
E INFESTAÇÃO DE TRIPES EM CAJUEIRO-ANÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Entomologia

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Nivia da Silva Dias-Pini

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M138s Maciel, Gabriela Priscila de Sousa.
SAZONALIDADE E VOLTINISMO DO GAFANHOTO GIGANTE, DISTRIBUIÇÃO E INFESTAÇÃO
DE TRIPES EM CAJUEIRO-ANÃO / Gabriela Priscila de Sousa Maciel. – 2021.
53 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2021.

Orientação: Profa. Dra. Nivia da Silva Dias-Pini.

1. Anacardium occidentale. 2. dinâmica populacional. 3. variáveis climáticas. 4. genótipo. I. Título.

GABRIELA PRISCILA DE SOUSA MACIEL

SAZONALIDADE E VOLTINISMO DO GAFANHOTO GIGANTE, DISTRIBUIÇÃO E
INFESTAÇÃO DE TRIPES EM CAJUEIRO-ANÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Entomologia

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Nivia da Silva Dias-Pini (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Wagner da Silva Melo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Viviane Rodrigues de Sousa
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Dr. José Bruno Malaquias

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo (Esalq - USP)

Dedico:

A Deus.

Aos meus amados, mãe e papai.

AGRADECIMENTOS

À Deus principalmente, por ter posto em meu caminho pessoas tão especiais, por guiar meus passos às escolhas certas e por me dar sabedoria para lidar nos momentos de aflição.

À Universidade Federal do Ceará (UFC) e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia (PPGAF) por minha formação e pelas condições oferecidas para a realização desse curso e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa de mestrado.

À Embrapa agroindústria Tropical por toda a estrutura para a realização dos experimentos.

À querida Prof^a. Dra. Nivia Dias, pela oportunidade, empatia e confiança depositada, pelos ensinamentos e orientações prestadas durante o meu estágio na graduação e como bolsista de mestrado. Pelo incentivo para realização dos trabalhos, além de ser uma pessoa ímpar, a qual sempre esteve acessível para quaisquer demandas.

Ao querido Prof^o. Dr. Wagner Melo, pela orientação, sugestões, paciência e atenção dada, durante o desenvolvimento do trabalho. Muito Obrigada!

Aos membros da banca Dra. Nivia Dias, Dr. Wagner Melo, Dra. Viviane Sousa e Dr. Bruno Malaquias pela presteza em aceitar o convite para contribuir para a melhoria do trabalho. Muito Obrigada!

À querida Prof^a Dra. Goretti Lima por todo o suporte dado na condução do experimento e nas identificações taxonômicas de *Holopothrips fulvus*. À toda a sua equipe de alunos do laboratório de interação inseto-planta da UECE, em especial ao Aureliano, pela parceria, dedicação e solicitude. A querida Prof^a Dra. Ester Amaral e toda a sua equipe do laboratório de acarologia da UEMA pela identificação taxonômica dos ácaros. Ao querido Prof. Dr. Marcos Lhano por todo o suporte na condução dos experimentos com *Tropidacris collaris*.

À todos que fazem o laboratório de Entomologia da Embrapa, em especial aos meus amigos e colegas estagiários, Poliana, Vinicius, Lucas, Gleidson, Jessica, Neville e Joana, pela amizade, apoio, toda a ajuda e dedicação durante todo o período em que trabalhamos juntos.

À todos os amigos que um dia já fizeram parte do laboratório, que estimo e que contribuíram para meu aprendizado Abelardo, Elaine, Elaine Celin, Kelly, Isabelle, Nisce, Sharon, Suyanne, Josielma e Edgar.

Aos professores da UFC e amigos e colegas queridos do PPGAF, dos quais não irei citar nomes, pois irei acabar esquecendo alguém e todos são muitos especiais. Obrigado por tornar a difícil rotina de estudo em momentos descontraídos e por toda a força nessa jornada.

Ao pessoal do Campus Experimental de Pacajus (CEP), em especial ao Dão e ao Justino que foram sempre muito atenciosos e receptivos.

Ao motorista Jorge Dutra que foi sempre tão paciente e bem-humorado mesmo nos dias de mais cansaço.

Aos funcionários da Embrapa que foram sempre muito gentis e que de alguma forma tornaram possível à realização dos experimentos, em especial seu Claudio, Socorro e Carlinhos.

Ao meu querido amigo Dimitri, por ter me apoiado desde que cheguei a Fortaleza, por toda força, toda atenção e por ajudar na revisão dos experimentos, meu obrigado especial!

Aos meus amigos Emanuella, Aline e Wigo por sempre me apoiarem e estarem ao meu lado em todos os momentos, desde o ensino médio em Santa Quitéria/CE.

Aos meus pais, Antonio Santana e Cícera Rodrigues por sempre fazerem tudo para me oferecer o que há de melhor do mundo, me incentivarem a lutar pelos meus sonhos, e acima de tudo, me ensinarem os verdadeiros valores da vida. Ao meu esposo, Kacio Frank, por todo amor, carinho, cuidado, apoio, paciência e total incentivo.

Aos meus Irmãos, Benedita (Santa), Daniele, Laênio (Gegê), Severiano, Erislan e Cristovão (Totó), por todo o apoio e confiança que em mim depositaram.

À toda minha linda família, avós, tios e primos, pelo carinho, pelas palavras de incentivo e por sempre me ajudarem nos momentos difíceis.

À todos os amigos verdadeiros que surgiram durante essa jornada, que de alguma forma foram importantes para realização deste feito.

Minha mais sincera gratidão.

*“Todo esforço pelo bem vale apenas
Toda vitória é resultado de uma luta
Quando a sede de justiça entra em cena
A serenidade é vencedora da disputa
É importante vencer sem derrotar
A consciência é a arte de pensar
Erra menos quem para, olha e escuta (...)”*

Antonio Santana

RESUMO GERAL

A cajucultura é uma atividade de elevada importância socioeconômica para a região nordeste, no entanto, o cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) vem sendo prejudicado por vários insetos-praga, dentre estes, destacam-se *Tropidacris collaris* (Stoll, 1813) que causa danos por se alimentar das folhas e *Holopothrips fulvus* Morgan, 1929 que se alimenta de vários órgãos da planta. O presente estudo teve como objetivo avaliar: a) o voltinismo de *T. collaris* em cajueiro-anão, b) os efeitos das variáveis climáticas (radiação solar, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa do ar, velocidade do vento e evapotranspiração de referência) sobre a dinâmica populacional de *T. collaris*, c) a dinâmica populacional de *T. collaris* em relação aos estágios fenológicos de cajueiro-anão, d) a sazonalidade de *H. fulvus* e a influência de variáveis abióticas (radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação) e bióticas (ácaros da família Phytoseiidae) sobre sua dinâmica populacional, e) os padrões de distribuição vertical de *H. fulvus* na planta de cajueiro-anão e f) a susceptibilidade de genótipos de cajueiro-anão à infestação de *H. fulvus* em condições de campo. Os estudos foram conduzidos em uma área experimental de cajueiro pertencente a Embrapa em Pacajus/CE. As variações observadas na estrutura etária da população de *T. collaris* demonstraram que essa espécie é univoltina. A velocidade do vento, a evapotranspiração e a umidade relativa se correlacionaram significativamente com a população de ninfas de *T. collaris*. Os estágios fenológicos do cajueiro-anão de Queda de folhas/Fluxo foliar propiciaram a predominância de ninfas. Quanto à espécie *H. fulvus*, os maiores picos populacionais foram registrados entre os meses de outubro a dezembro de 2019, 49% da flutuação dos insetos foram explicados pelo fator climático radiação solar. Os ácaros fitoseídeos encontrados pertencem às espécies *Amblyseius aequalis* (Muma, 1955), *Iphiseiodes zuluagai* (Denmark & Muma, 1972), *Amblyseius largoensis* (Muma, 1955) e *Amblyseius tamatavensis* Blommers, 1974. Dentre estes, *I. zuluagai* foi a espécie com a maior porcentagem de indivíduos. O percentual de folhas infestadas por *H. fulvus* e o número médio de tripes por folha foram maiores nos estratos mediano e basal da planta, em comparação com o estrato apical. Além disso, os genótipos de cajueiro CAP 143/7, CAP 155, CAP 106/1, CAP 115/5, CAP 805/4 e BRS 226 foram menos infestados por *H. fulvus*, enquanto que o genótipo CCP 76 foi aquele mais infestado.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale*, variáveis climáticas, dinâmica populacional, genótipo.

ABSTRACT GENERAL

Cashew culture is an activity of high socioeconomic importance for the northeast region, however, the cashew tree (*Anacardium occidentale* L.) has been harmed by several pest insects, among which *Tropidacris collaris* (Stoll, 1813) stand out, which causes damage by feeding on leaves and *Holopothrips fulvus* Morgan, 1929 which feeds on various plant organs. The objective of the present study was to evaluate: a) the voltinism of *T. collaris* in dwarf cashew trees, b) the effects of climatic variables (solar radiation, maximum temperature, minimum temperature, average temperature, relative humidity, wind speed and reference evapotranspiration) on the population dynamics of *T. collaris*, c) the population dynamics of *T. collaris* in relation to the phenological stages of dwarf cashew, d) the seasonality of *H. fulvus* and the influence of abiotic variables (solar radiation, temperature, relative humidity, wind speed and rainfall) and biotics (mites of the family Phytoseiidae) on their population dynamics, e) the vertical distribution patterns of *H. fulvus* in the dwarf cashew plant and f) the susceptibility of genotypes of dwarf cashew tree to *H. fulvus* infestation under field conditions. The studies were conducted in an experimental area of cashew trees belonging to Embrapa in Pacajus/CE. The variations observed in the age structure of the *T. collaris* population demonstrated that this species is univoltine. Wind speed, evapotranspiration and relative humidity were significantly correlated with the population of *T. collaris* nymphs. The phenological stages of the leaf fall/leaf flow dwarf cashew tree provided the predominance of nymphs. As for the species *H. fulvus*, the highest population peaks were recorded between the months of October and December 2019, 49% of the fluctuation of insects was explained by the climatic factor of solar radiation. The phytoseiid mites found belong to the species *Amblyseius aerialis* (Muma, 1955), *Iphiseiodes zuluagai* (Denmark & Muma, 1972), *Amblyseius largoensis* (Muma, 1955) and *Amblyseius tamatavensis* Blommers, 1974. Among these, *I. zuluagai* was the species with the higher percentage of individuals. The percentage of leaves infested by *H. fulvus* and the average number of thrips per leaf were higher in the middle and basal strata of the plant, compared to the apical stratum. Furthermore, the cashew genotypes CAP 143/7, CAP 155, CAP 106/1, CAP 115/5, CAP 805/4 and BRS 226 were less infested by *H. fulvus*, while the CCP 76 genotype was the most infested .

Keywords: *Anacardium occidentale*, climatic variables, population dynamics, genotype.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Produção de castanha de caju no mundo, safra do ano de 2019 (mil toneladas) Fonte: (FAO, 2021)..... 14
- Figura 1 – *Tropidacris collaris*, Pacajus/CE, dezembro/2017 a janeiro/2019: A) fêmea em processo de dissecação, B) fêmea com valvas do ovipositor abertas, C) fêmea com valvas do ovipositor fechadas..... 23
- Figura 2 – Número de adultos e ninfas de *Tropidacris collaris*, evapotranspiração (mm/d), umidade relativa (%) e velocidade do vento (km/d) no campo experimental de Pacajus/CE no período de dezembro/2017 a janeiro/2019..... 25
- Figura 3 – Dinâmica populacional de *T. collaris* (adultos e ninfas) nos estágios fenológicos do cajueiro em Pacajus/CE, no período de dezembro/2017 a janeiro/2019. Regiões de confiança (páreas coloridas) estimadas com base no modelo linear generalizado misto com distribuição do tipo Poisson..... 28
- Figura 1 – (A) Número médio de *H. fulvus* (ovos, ninfas e adultos) e ácaros da família Phytoseiidae, por folha de cajueiro-anão, (B) precipitação (mm), umidade relativa (%), temperatura (°C), radiação ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) e velocidade do vento (km d^{-1}) no campo experimental de Pacajus/CE no período de maio/2019 a abril/2020..... 43
- Figura 2 – Percentual de folhas de cajueiro-anão infestadas por *H. fulvus* (A) e número médio de tripes/folha de cajueiro-anão (B), nos estratos apical, mediano e basal da planta de cajueiro. Pacajus/CE, maio/2019 a abril/2020..... 44
- Figura 3 – Infestação de *H. fulvus* em genótipos de cajueiro-anão em diferentes datas (maio/2019 a abril/2020). Pacajus/CE..... 45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos estágios fenológicos do cajueiro, adaptado de (MESQUITA; BRAGA SOBRINHO; OLIVEIRA, 2002) e (ADIGA et al., 2019).....	22
Tabela 2 – Peso fresco médio de adultos (machos e fêmeas) e ninfas, grau de maturação dos ovários e posição das valvas de <i>Tropidacris collaris</i> em Pacajus/CE, dezembro/2017 a janeiro/2019.....	27
Tabela 1 – Genótipos de cajueiro-anão avaliados no Campo Experimental de Pacajus, Estado do Ceará, Brasil, 2019-2020.....	41
Tabela 2 – Prevalência de ácaros da família Phytoseiidae, coletados em folhas de cajueiro no campo experimental de Pacajus/CE no período de maio/2019 a abril/2020.....	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	13
	REFERÊNCIAS.....	16
	CAPÍTULO I - Sazonalidade e voltinismo de <i>Tropidacris collaris</i> (Stoll, 1813) (Orthoptera: Romaleidae) em cajueiro-anão.....	18
	RESUMO.....	19
	ABSTRACT.....	20
1	INTRODUÇÃO.....	21
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	22
2.1	Área de estudo.....	22
2.2	Protocolo de coleta de <i>T. collaris</i>	23
2.3	Análise estatística.....	24
3	RESULTADOS	25
4	DISCUSSÃO.....	29
5	CONCLUSÕES.....	31
	REFERÊNCIAS.....	31
	CAPÍTULO II - Sazonalidade, distribuição vertical e infestação de <i>Holopothrips fulvus</i> Morgan, 1929 (Thysanoptera: Phlaeothripidae) em cajueiro-anão.....	35
	RESUMO.....	36
	ABSTRACT.....	37
1	INTRODUÇÃO.....	38
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	39
2.1	Área experimental.....	39
2.2	Sazonalidade de <i>H. fulvus</i> e influência de variáveis abióticas e bióticas... 39	
2.3	Distribuição vertical de <i>H. fulvus</i> na planta de cajueiro-anão.....	40
2.4	Susceptibilidade de genótipos de cajueiro-anão à infestação de <i>H. fulvus</i> em condições de campo.....	38
3	RESULTADOS.....	41
3.1	Sazonalidade de <i>H. fulvus</i> e influência de variáveis abióticas e bióticas... 41	
3.2	Distribuição vertical de <i>H. fulvus</i> na planta de cajueiro-anão.....	43
3.3	Susceptibilidade de genótipos de cajueiro-anão à infestação de <i>H. fulvus</i> em condições de campo.....	44
4	DISCUSSÃO.....	46
5	CONCLUSÕES.....	48
	REFERÊNCIAS.....	48

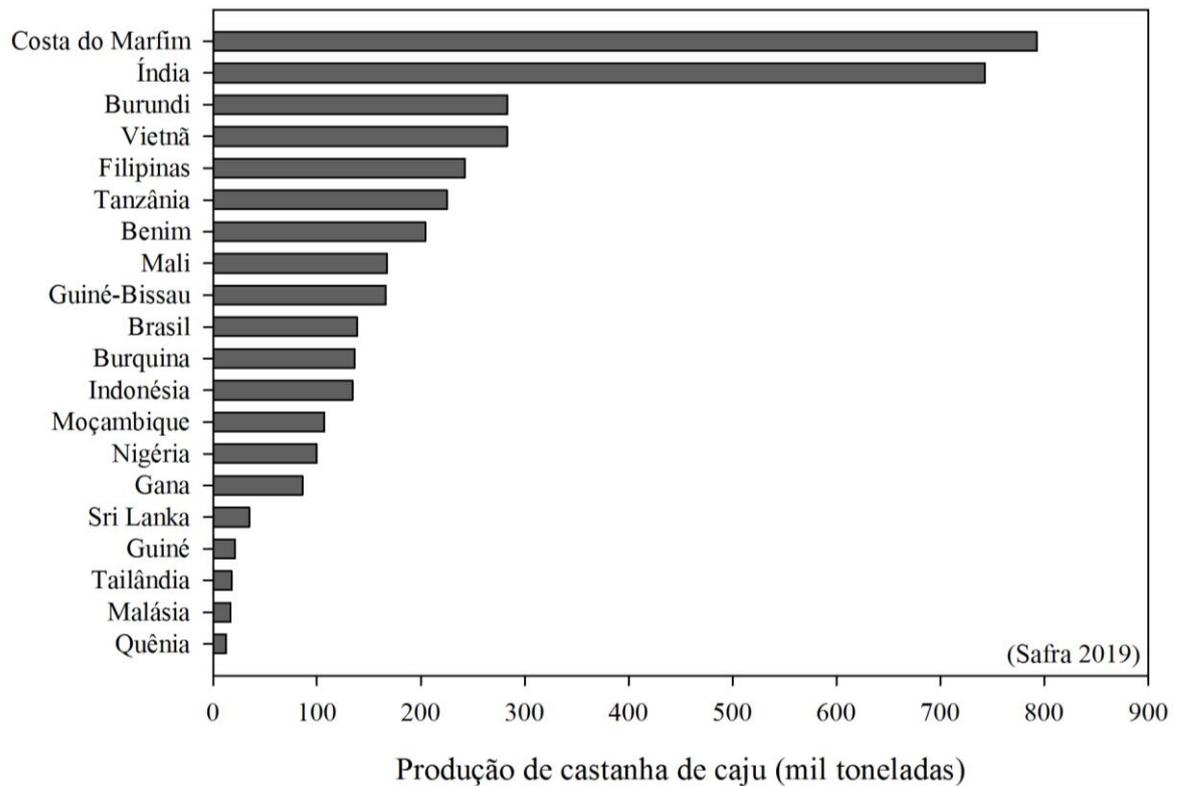
1 INTRODUÇÃO GERAL

O cajueiro, *Anacardium occidentale* L., é a espécie mais importante do seu gênero e a única cultivada comercialmente (BARROS et al., 1993). Os seus principais produtos são a amêndoa da castanha de caju e o pedúnculo (pseudofruto) (SERRANO; PESSOA, 2016). Pesquisas realizadas pelo Programa de Melhoramento Genético de cajueiro da Embrapa envolvendo clones do tipo comum e anão (*A. occidentale* L. var. *nanum*) resultaram no lançamento comercial de genótipos de cajueiro-anão (BARROS et al., 1984; ALMEIDA et al., 1993). Esses genótipos, produzidos com mudas enxertadas, proporcionam maiores ganhos na produtividade (OLIVEIRA et al., 2020), aliado ao porte baixo (5,4 m de altura) que facilita a realização de tratamentos culturais e possibilita um maior aproveitamento do pseudofruto (BARROS et al., 1993). Os genótipos de cajueiro-anão lançados mais recentemente, Embrapa 51, BRS 226 e BRS 253, estão entre os mais recomendados para o plantio comercial, pois apresentam alta produtividade e boa qualidade do pedúnculo e da amêndoa (PAIVA; BARROS, 2004)

Nativo do Brasil, o cajueiro foi introduzido na Ásia e na África pelos europeus no século XVI (OLIVEIRA et al., 2020). Assim, atualmente a agroindústria do caju localiza-se também na Índia e em alguns países da África Oriental, com forte crescimento na África Ocidental (LORENZI, 2004; OLIVEIRA et al., 2020). Segundo dados da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), (2021), o Brasil foi o 10º maior produtor mundial de castanha de caju de 2019 e Costa do Marfim o maior produtor, seguido pela Índia (Figura 1). Além disso, o Brasil também ocupa lugar de destaque na produção de pseudofrutos, sendo o maior produtor, seguido por Guiana, Mali e Madagascar com produções de 1.078.558, 500, 168 e 78 toneladas respectivamente (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2021).

No Brasil, na safra de 2020, a área colhida foi de 425 mil ha, com uma produção de castanha de caju que alcançou 138 mil toneladas, sendo os Estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, responsáveis por 120 mil toneladas (91% da produção nacional) (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2021). Ademais, sua produção ocorre na estação seca, no período de entressafra das demais culturas, contribuindo para a geração de empregos na indústria e no campo (SERRANO; PESSOA, 2016) o que torna o cajueiro uma cultura que possui elevada importância socioeconômica para a região.

Figura 1 – Produção de castanha de caju no mundo, safra do ano de 2019 (mil toneladas).
Fonte: (FAO, 2021).



A produção de amêndoas da castanha de caju tem sido afetada por diferentes fatores, e dentre estes, estão os relacionados ao ataque de insetos-praga, cujas injúrias interferem na produtividade e na qualidade dos frutos (SERRANO; OLIVEIRA, 2013). Dentre as espécies de insetos que atacam o cajueiro, destaca-se *Tropidacris collaris* (Stoll, 1813) (Orthoptera: Romaleidae), que foi relatada causando danos nas folhas das plantas (LHANO et al., 2019). Além do cajueiro, esse gafanhoto também possui preferência por diversas culturas de importância econômica, como a cana-de-açúcar, algodão, oliva, jojoba, milho, soja e trigo (BARRERA; PAGANINI, 1975). Ademais, as recentes ameaças de devastação por gafanhoto na região sul do Brasil em 2020 (GEREMIAS et al., 2020), alertam para a importância de se compreender a fenologia de *T. collaris*, que é classificada por Duranton et al. (1987) como uma espécie “devastadora ocasional e localizada”, ou seja, está presente em uma abundância baixa, porém, qualquer alteração dos fatores ambientais pode acarretar um alto crescimento populacional.

Holopothrips fulvus Morgan, 1929 (Thysanoptera: Phlaeothripidae) é outra espécie prejudicial ao cajueiro. Trata-se de uma praga emergente, tendo recebido atenção recentemente por causar danos por se alimentar de folhas, frutos e pseudofrutos de caju,

levando a queda de folhas e inflorescências (LIMA et al., 2017). O tamanho pequeno desse inseto dificulta sua visualização no campo e conseqüentemente o seu manejo. Assim, compreender como ocorre a distribuição vertical desse inseto na planta contribui para o desenvolvimento de planos de amostragens (TRICHILO; WILSON; MACK, 1993). Ademais, novas alternativas de controle de *H. fulvus*, como a identificação de fontes de resistência para o cajueiro e a investigação de agentes com potencial para o controle biológico desta praga, torna-se uma necessidade.

Na literatura, há escassez de estudos que tratem sobre o controle dessas pragas e para manejá-las os produtores ainda não dispõem de produtos registrados para o cajueiro (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2020). O conhecimento da dinâmica populacional de insetos em culturas agrícolas é um ponto chave para o manejo (LAZAR et al., 2016; VERAN et al., 2015), pois as populações de insetos são influenciadas por vários fatores, dentre eles, os fatores abióticos (NUFIO; BUCKLEY, 2019; WU et al., 2020). Esses fatores influenciam no comportamento, morfologia, desenvolvimento e potencial reprodutivo dos insetos, que juntos contribuem para o aumento ou decréscimo de uma população (FIGUEIRA; CARVALHO; SOUZA, 2000; KARPAKAKUNJARAM; KOLATKAR; MURALIRANGAN, 2002; NUFIO; BUCKLEY, 2019; WU et al., 2020).

Buscando contribuir para o estabelecimento do manejo das espécies *T. collaris* e *H. fulvus*, o presente estudo objetivou avaliar:

- a) o voltinismo de *T. collaris* em cajueiro-anão;
- b) os efeitos das variáveis climáticas (radiação solar, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa do ar, velocidade do vento e evapotranspiração de referência) sobre a dinâmica populacional de *T. collaris*;
- c) a dinâmica populacional de *T. collaris* em relação aos estágios fenológicos de cajueiro-anão;
- d) a sazonalidade de *H. fulvus* e a influência de variáveis abióticas (radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação) e bióticas (ácaros da família Phytoseiidae) sobre sua dinâmica populacional;
- e) os padrões de distribuição vertical de *H. fulvus* na planta de cajueiro-anão;
- f) a susceptibilidade de genótipos de cajueiro-anão à infestação de *H. fulvus* em condições de campo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. I. L.; ARAÚJO, F. E.; BARROS, L. M. Características do clone EPACE CL 49 de cajueiro tipo anão precoce. **Fortaleza: EPACE, 1993a. 13p.(Comunicado Técnico, 44)**, 1993.
- BARRERA, M.; PAGANINI, I. H. Acridios de Tucumán: notas bioecológicas. **Acta Zoológica Lilloana**, v. 31, n. 11, p. 107–124, 1975.
- BARROS, L. M. et al. A cultura do Cajueiro-anão. Fortaleza, EPACE. 1984. 67p. (**EPACE, Documentos, 3**).
- BARROS, L. M. et al. Recomendações técnicas para a cultura do cajueiro-anão precoce. **Embrapa Agroindústria Tropical-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 1993.
- DURANTON, J. F. et al. **Guia prático de luta contra os gafanhotos devastadores no Brasil**. FAO, Rome-CIRAD/PRIFAS, Montpellier. 1987, 161 p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> > Acesso em: 07 fev. 2021.
- FIGUEIRA, L. K.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Biologia e exigências térmicas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com ovos de *Alabama argillacea* (Hubner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 2, p. 319–326, 2000.
- GEREMIAS, L. D. et al. A ameaça da invasão dos gafanhotos e a atuação dos órgãos públicos de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v. 33, n. 3, p. 7-9, 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>> Acesso em: 03 fev. de 2021.
- KARPAKAKUNJARAM, V.; KOLATKAR, M. D.; MURALIRANGAN, M. C. Effects of abiotic factors on the population of an acridid grasshopper, *Diaboloocatantops pinguis* (Orthoptera: Acrididae) at two sites in southern India: a three-year study. **Journal of Orthoptera Research**, v. 11, n. 1, p. 55–62, 2002.
- LAZAR, M. et al. Importance of solitarious desert locust population dynamics: lessons from historical survey data in Algeria. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 161, n. 3, p. 168–180, 2016.
- LHANO, M. G. et al. *Tropidacris collaris* (Orthoptera: Romaleidae) expands its damage in orchards of the dwarf cashew, *Anacardium occidentale* (Anacardiaceae). **Entomological Science**, v. 22, n. 2, p. 151–156, 2019.
- LIMA, M. G. et al. Identification and pest status of *Holopothrips fulvus* (Thysanoptera: Phlaeothripidae) on dwarf-cashew crops in northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 61, n. 4, p. 271-274, 2017.

LORENZI, A. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**, 4ª ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2002, v. 1, 368 p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. MAPA. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 17 nov. 2020.

NUFIO, C. R.; BUCKLEY, L. B. Grasshopper phenological responses to climate gradients, variability, and change. **Ecosphere**, v. 10, n. 9, 2019.

OLIVEIRA, N. N. et al. Cashew nut and cashew apple: a scientific and technological monitoring worldwide review. Castanha de caju e maçã de caju: uma revisão mundial do monitoramento científico e tecnológico. **Journal of food science and technology**, v. 57, n. 1, p. 12-21, 2020.

PAIVA, J. R.; BARROS, L. M. Clones de cajueiro: obtenção, características e perspectivas. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 26 p. (**Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 82**). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/425173/1/doc82.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2021.

SERRANO, L. A. L. PESSOA P. F. A. P. Sistema de produção do caju. Embrapa Agroindústria Tropical, **Sistema de Produção**, 2016.

SERRANO, L. A. L.; OLIVEIRA, V. H. Aspectos botânicos, fenologia e manejo da cultura do cajueiro. In: ARAÚJO, J. P. P. (Ed.). **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília: Embrapa, p. 77-175, 2013.

TRICHILO, P. J.; WILSON, L. T.; MACK, T. P. Spatial and temporal dynamics of the threecornered alfalfa hopper (Homoptera: Membracidae) on soybeans. **Environmental entomology**, v. 22, n. 4, p. 802-809, 1993.

VERAN, S. et al. Modeling spatiotemporal dynamics of outbreaking species: Influence of environment and migration in a locust. **Ecology**, v. 96, n. 3, p. 737-748, 2015.

WU, S. et al. Competitive interaction between *Frankliniella occidentalis* and locally present thrips species: A global review. **Journal of Pest Science**, v. 94, n.1, p. 1-12, 2020.

CAPÍTULO I

**Sazonalidade e voltinismo de *Tropidacris collaris* (Stoll, 1813) (Orthoptera: Romaleidae)
em cajueiro-anão**

RESUMO

Tropidacris collaris (Stoll, 1813) (Orthoptera: Romaleidae), é uma praga polífaga, comumente encontrada no continente sul-americano, e que foi recentemente relatada causando danos em cajueiro. O objetivo desse trabalho foi avaliar a) o voltinismo de *T. collaris* em cajueiro-anão, b) os efeitos das variáveis climáticas sobre a dinâmica populacional de *T. collaris* e c) a dinâmica populacional de *T. collaris* em relação aos estágios fenológicos de cajueiro-anão. Os espécimes de gafanhoto foram coletados mensalmente, no período de dezembro de 2017 a janeiro de 2019, em plantio de cajueiro-anão (*Anacardium occidentale* L.) em Pacajus/CE. Adultos e ninfas foram coletados com o auxílio de redes entomológicas. Em laboratório, os insetos foram separados e pesados e as fêmeas dissecadas para análise do grau de maturação dos ovários (I, II e III) e classificação das valvas do ovipositor. Maiores abundâncias de adultos foram encontradas nos meses de dezembro/2017 e junho/2018, a presença de ninfas foi registrada nos meses de fevereiro a maio de 2018. Registraram-se maiores valores de peso fresco médio de fêmeas em dezembro de 2017/2018 e em janeiro de 2018 menores valores para as ninfas. A quantidade de fêmeas com ovários maduros (tipo III) esteve correlacionada positivamente com ovipositores de valvas abertas. A ocorrência desses ovários foi registrada em dezembro/2017 e janeiro e julho/2018. A velocidade do vento, a evapotranspiração e a umidade relativa do ar demonstraram correlação significativa com a população de ninfas de *T. collaris*. No entanto, não foi verificada a existência de correlação entre fatores abióticos e adultos. Os estágios fenológicos do cajueiro-anão de Queda de folhas/Fluxo foliar propiciaram a predominância de ninfas. As variações observadas na estrutura etária da população de *T. collaris* demonstram que essa espécie é univoltina.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale*, dinâmica populacional, gafanhoto gigante, fatores abióticos.

ABSTRACT

Tropidacris collaris (Stoll, 1813) (Orthoptera: Romaleidae) is a polyphagous pest, found throughout the South American continent, and which has recently been reported to cause damage to cashew trees. The aim of this study was to evaluate a) the voltinism of *T. collaris* in the dwarf cashew, b) the effects of climate variables on the population dynamics of *T. collaris*, and c) the population dynamics of *T. collaris* in relation to the phenological stages of the dwarf cashew. Grasshopper specimens were collected monthly from December 2017 to January 2019, in a plantation of dwarf cashew (*Anacardium occidentale* L.) in Pacajus, Ceará. Adults and nymphs were captured with the aid of entomological nets. In the laboratory, the insects were separated and weighed, and the females dissected to assess the degree of maturation of the ovaries (I, II and III) and classify the ovipositor valves. A greater abundance of adults was found in December 2017 and June 2018, and nymphs were recorded from February to May 2018. Higher mean values for female fresh weight were registered in December 2017 and 2018, and lower values for nymphs in January 2018. The number of females with mature ovaries (type III) showed a positive correlation with ovipositors with open valves, such ovaries being registered in December 2017, and in January and July 2018. Wind speed, evapotranspiration and relative humidity showed a significant correlation with the nymph population of *T. collaris*. However, no correlation between abiotic factors and adults was found. The phenological stages of leaf fall/leaf flux in the dwarf cashew resulted in a predominance of nymphs. Variations seen in the age structure of the *T. collaris* population show that the species is univoltine.

Keywords: *Anacardium occidentale*, population dynamics, giant grasshopper, abiotic factors.

1 INTRODUÇÃO

Tropidacris collaris (Stoll, 1813) (Orthoptera: Romaleidae), também conhecido como gafanhoto de asas azuis ou gafanhoto gigante, é um inseto comumente encontrado no continente sul-americano. Apesar de possuir preferência por folhas de árvores lenhosas, é caracterizada como uma espécie polífaga e de grande importância econômica por atacar diversas culturas, como a cana-de-açúcar, algodão, oliva, jojoba, milho, soja e trigo (BARRERA; PAGANINI, 1975). *Tropidacris collaris* é considerada uma das maiores espécies de gafanhoto, com machos e fêmeas adultos medindo de 101 mm a 126 mm, respectivamente. Juvenis possuem hábito gregário e voraz o que contribui para que causem uma intensa desfolha nas plantas (PELIZZA et al., 2012).

No Brasil, *T. collaris* é considerada uma praga emergente em cultivos de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), uma vez que o inseto pode ser encontrado em grande número populacional, com adultos e ninfas causando severos danos nas plantas (LHANO et al., 2019). Para o manejo desse inseto no cajueiro não existem produtos registrados (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2020) e informações a respeito da dinâmica populacional e hábitos reprodutivos de *T. collaris* ainda são desconhecidos.

Para a implementação de estratégias de controle de *T. collaris* é necessário o conhecimento dos fatores intrínsecos ao inseto como, por exemplo, o voltinismo (número de gerações que uma espécie apresenta em um ano) que influencia na biologia do inseto-praga a ser controlado (KISHIMOTO-YAMADA; ITIOKA, 2015). Além disso, flutuações na disponibilidade de recursos alimentares (KISHIMOTO-YAMADA; ITIOKA, 2015) e alterações climáticas são fatores extrínsecos que provocam mudanças no comportamento do inseto (NUFIO; BUCKLEY, 2019). Ademais, características do inseto, tais como morfologia, desenvolvimento e potencial reprodutivo, também são afetadas por fatores abióticos, resultando no aumento ou decréscimo da população (FIGUEIRA; CARVALHO; SOUZA, 2000; KARPAKAKUNJARAM; KOLATKAR; MURALIRANGAN, 2002; NUFIO; BUCKLEY, 2019).

Assim, este trabalho teve como objetivos avaliar: a) o voltinismo de *T. collaris* em cajueiro-anão, b) os efeitos das variáveis climáticas (radiação solar, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa do ar, velocidade do vento e evapotranspiração de referência) sobre a dinâmica populacional de *T. collaris* e c) a dinâmica populacional de *T. collaris* em relação aos estágios fenológicos de cajueiro-anão.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi conduzido em um pomar de cajueiro-anão *A. occidentale* de 1,3 ha, pertencente ao programa de Melhoramento Genético do Cajueiro da Embrapa Agroindústria Tropical localizado em Pacajus/CE (4°11'S 38°30'W; altitude 79 m), no período compreendido entre dezembro/2017 a janeiro/2019. De acordo com a classificação climática de Köppen (KOTTEK et al., 2006) o clima local é classificado como savana equatorial com inverno seco, localizado em uma região climática árida com estação chuvosa concentrada nos meses de fevereiro e março. Os dados climáticos foram registrados em uma estação meteorológica da Embrapa Agroindústria tropical com localização próxima a área experimental. Durante o experimento, não foi efetuado nenhum tipo de trato fitossanitário nas plantas. Os tratamentos culturais foram realizados de acordo com a recomendação para o plantio comercial de cajueiro-anão em cultivo de sequeiro (BARROS et al., 1993). A fenologia do cajueiro foi classificada de acordo com Mesquita; Braga Sobrinho; Oliveira, (2002) e Adiga et al. (2019) (Tabela 1).

Tabela 1 – Classificação dos estágios fenológicos do cajueiro, adaptado de (MESQUITA; BRAGA SOBRINHO; OLIVEIRA, 2002) e (ADIGA et al., 2019).

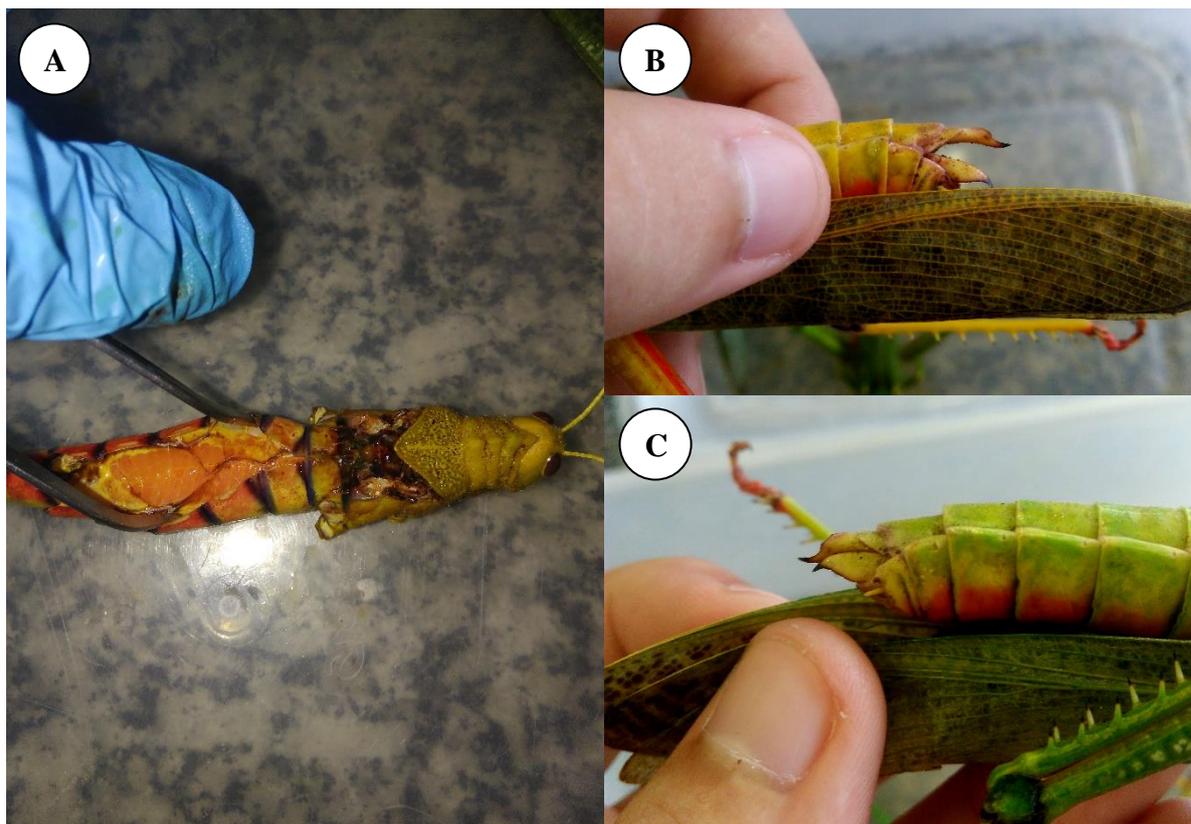
Meses	Estágios fenológicos da planta de cajueiro	Siglas
Janeiro	Senescência de inflorescências	SI
Fevereiro	Queda de folhas	QF
Março	Queda de folhas/Fluxo foliar	QF.FF
Abril	Queda de folhas/Fluxo foliar	QF.FF
Maio	Queda de folhas/Fluxo foliar	QF.FF
Junho	Florescimento	FL
Julho	Florescimento	FL
Agosto	Desenvolvimento do Fruto e Pseudofruto	DFP
Setembro	Desenvolvimento do Fruto e Pseudofruto	DFP
Outubro	Maturidade do Fruto e Pseudofruto	MFP
Novembro	Maturidade do Fruto e Pseudofruto	MFP
Dezembro	Maturidade do Fruto e Pseudofruto	MFP

2.2 Protocolo de coleta de *T. collaris*

Os exemplares foram capturados por dois coletores separados por uma distância de 10 m, com o auxílio de rede entomológica e de forma aleatória. As coletas foram realizadas entre 9:00 e 11:00 horas da manhã, em dois turnos de 45 min separados por um intervalo de 15 min. Os insetos coletados foram acondicionados em caixas de plástico e transportados vivos para o Laboratório de Entomologia da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza (CE).

No laboratório, os espécimes de *T. collaris* foram acondicionados em um freezer por 72 horas para evitar danos a sua estrutura. Posteriormente, machos, fêmeas e ninfas foram pesados para obtenção do peso fresco médio (PFM). As fêmeas adultas foram dissecadas com corte efetuado na face dorsal (YOUDEOWEI, 1974) (Figura 1-A) para análise dos ovários e determinação do grau de maturação utilizou-se a classificação proposta por Franceschini et al. (2007): estágio I (imaturos) representados por ovaríolos brancos, pequenos, com aparência de fios e sem conteúdo; estágio II (em maturação) presença de ovos nos ovaríolos, porém, pequenos e sem coloração amarela; e o estágio III (maduros) presença de ovos grandes e amarelos nos ovaríolos. A presença de ovipositores com valvas abertas ou fechadas nas fêmeas também foi registrada (Figura 1- B; C).

Figura 1 - *Tropidacris collaris*, Pacajus/CE, dezembro/2017 a janeiro/2019: A) fêmea em processo de dissecação, B) fêmea com valvas do ovipositor abertas, C) fêmea com valvas do ovipositor fechadas.



2.3 Análise Estatística

As relações entre as variáveis climáticas (radiação solar, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa do ar, velocidade do vento e evapotranspiração de referência) (anexos) e os dados de população de *T. collaris*: machos, fêmeas, ninfas, machos (g), fêmeas (g), ninfas (g), ovários (I, II e III) e valvas abertas e fechadas, bem como, as relações entre ovários maduros e valvas abertas, foram analisados por meio do coeficiente de correlação de Pearson, em um nível de significância de 5%, usando o programa PAST versão 4.03 (HAMMER et al., 2001).

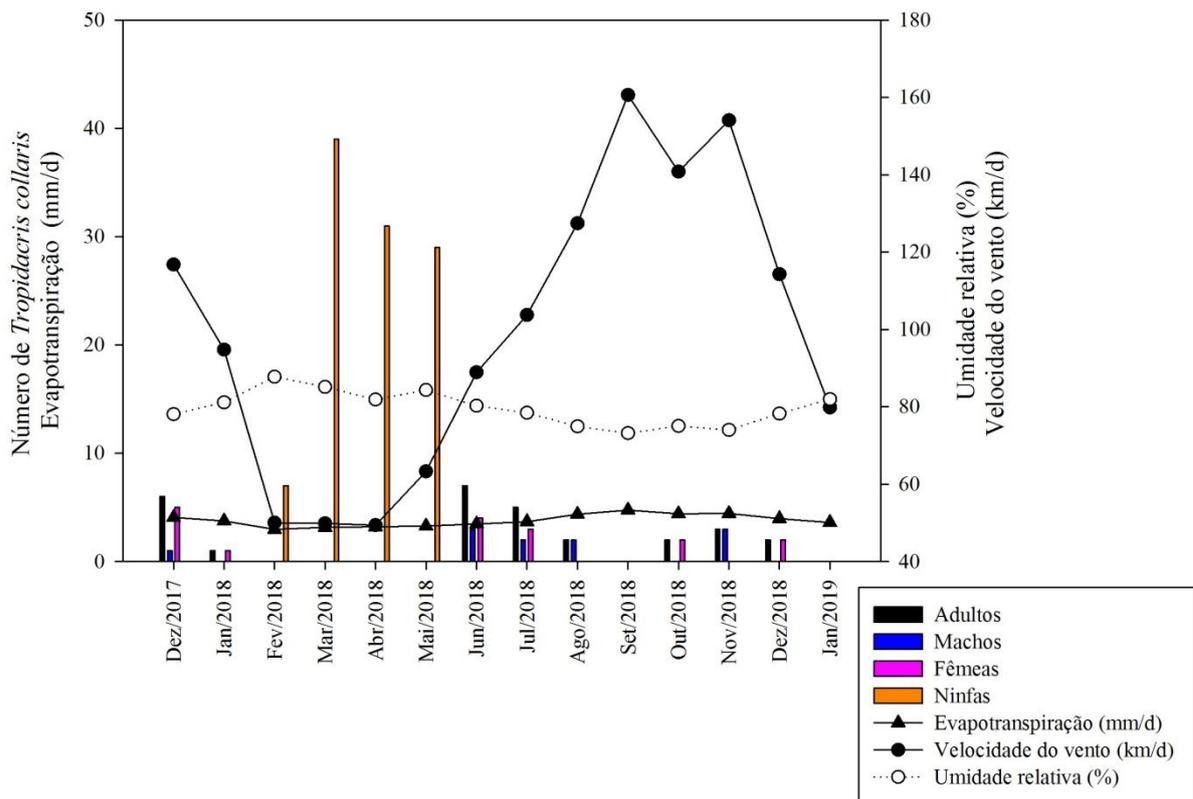
Um modelo generalizado linear misto com distribuição do tipo Poisson foi ajustado para os dados de dinâmica populacional de *T. collaris*. O modelo foi programado com o uso da função glmer do pacote lme4 (BATES et al., 2015) do R (R CORE TEAM, 2020), o fator estágio fenológico da planta foi considerado como efeito aleatório, enquanto o estágio do inseto foi considerado como efeito fixo no modelo. O ajuste do modelo aos dados foi confirmado por meio de um envelope simulado meio normal com o pacote hnp (MORAL; HINDE; DEMÉTRIO, 2017) do R (R CORE TEAM, 2020). Os dados previstos pelo modelo

foram obtidos por meio de um bootstrap baseado em modelos mistos com a função bootMer do pacote lme4 (BATES et al., 2015) do R (R CORE TEAM, 2020).

3 RESULTADOS

Ao longo dos 14 meses de amostragem foram coletados 134 indivíduos. Adultos e ninfas ocorreram em períodos diferentes, sendo as ninfas registradas apenas nos meses de fevereiro a maio de 2018, período em que não ocorreram adultos. Maiores abundâncias de adultos foram encontradas nos meses dezembro/2017 e junho/2018 (Figura 2).

Figura 2 - Número de adultos e ninfas de *Tropidacris collaris*, evapotranspiração (mm/d), umidade relativa (%) e velocidade do vento (km/d) no campo experimental de Pacajus/CE no período de dezembro/2017 a janeiro/2019.



Dentre as variáveis climáticas avaliadas, apenas a velocidade do vento, a evapotranspiração e a umidade relativa do ar influenciaram na população de ninfas de *T. collaris* (Figura 2). Houve correlação negativa e significativa entre a velocidade do vento e a população ($r = -0,7003$ $P = 0,0053$) e o peso das ninfas (g) ($r = -0,6166$ $P = 0,0189$). Da mesma forma, a população ($r = -0,5503$ $P = 0,0160$) e o peso das ninfas (g) ($r = -0,6287$ $P =$

0,0415) foram correlacionadas negativamente com a evapotranspiração de referência. Em contraste, a população de ninfas foi correlacionada positivamente com a umidade relativa do ar ($r = 0,5950$ $P = 0,0248$).

No geral, os valores de peso fresco médio das fêmeas foram maiores, seguidos pelos de machos e de ninfas (Tabela 2). Os maiores valores de peso fresco médio (PFM) dos adultos ocorreram em dezembro de 2017, janeiro de 2018 e dezembro de 2018, que coincidiu com os mesmos meses de maiores valores de PFM das fêmeas (Tabela 2). Com relação aos menores valores de PFM registrados, destacam-se as ninfas, no mês de fevereiro de 2018. O peso fresco médio dos machos variou de 3,5 a 4,5 nos meses de ocorrência (Tabela 2).

Tabela 2 - Peso fresco médio de adultos (machos e fêmeas) e ninfas, grau de maturação dos ovários e posição das valvas de *Tropidacris collaris* em Pacajus/CE, dezembro/2017 a janeiro/2019.

Meses	Peso Fresco Médio <i>Tropidacris collaris</i> (g)				Valva do ovipositor		Ovário		
	Adultos (n*)	Machos (n)	Fêmeas (n)	Ninfas (n)	Aberta	Fechada	I	II	III
Dezembro	9,36±1,10 (6)	4,37±0,00 (1)	10,36±0,58 (5)	-	4	1	2	2	1
Janeiro	15,56±0,00 (1)	-	15,56±0,00 (1)	-	1	-	-	-	1
Fevereiro	-	-	-	0,33±0,09 (7)	-	-	-	-	-
Março	-	-	-	8,01±5,45 (39)	-	-	-	-	-
Abril	-	-	-	8,98±2,19 (31)	-	-	-	-	-
Mai	-	-	-	12,88±8,91 (29)	-	-	-	-	-
Junho	5,84±0,69 (7)	4,46±0,56 (3)	6,87±0,83 (4)	-	-	4	4	-	-
Julho	6,06±1,34 (5)	3,625±0,63 (2)	7,68±1,62 (3)	-	1	2	2	0	1
Agosto	3,94±0,00 (2)	3,935±0,00 (2)	-	-	-	-	-	-	-
Setembro	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Outubro	7,24±0,69 (2)	-	7,24±0,69 (2)	-	-	2	2	-	-
Novembro	4,18±0,29 (3)	4,18±0,29 (3)	-	-	-	-	-	-	-
Dezembro	13,89±3,61 (2)	-	13,89±3,61 (2)	-	2	-	2	-	-
Janeiro	-	-	-	-	-	-	-	-	-

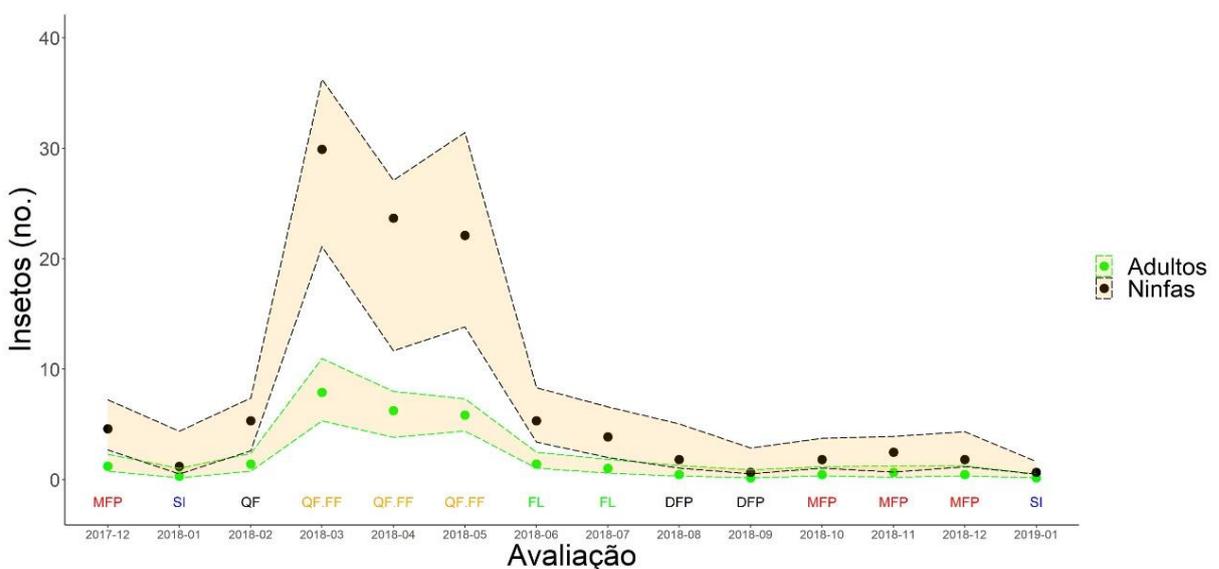
*n= quantidade de indivíduos.

Na população de *T. collaris*, os ovários imaturos (tipo I) ocorreram em todos os meses em que foram coletadas fêmeas, exceto no mês de janeiro de 2018 (Tabela 2). Em contraste, a presença de ovários maduros (tipo III) ocorreu nos meses de dezembro/2017 e janeiro e julho/2018. A presença de ovário em maturação (tipo II) ocorreu apenas no mês de dezembro/2017 (Tabela 2).

A quantidade de fêmeas com ovários maduros esteve correlacionada positivamente com oviposidores de valvas abertas ($r = 0,669$ $P = 0,009$ $n = 14$). Porém, durante o período de coleta, havia fêmeas com ovários imaturos e valvas abertas (Tabela 2).

O modelo preditivo generalizado linear misto revelou que o estágio fenológico do cajueiro com maior probabilidade de ocorrência de ninfas e adultos de *T. collaris* é o estágio de Queda de folhas/fluxo foliar (QF.FF) (Figura 3). No entanto, com uma infestação por ninfas significativamente superior a infestação por adultos. Essa mesma tendência é observada para o estágio fenológico de florescimento (FL) (Figura 3). Para os demais estágios ocorrem sobreposições dos intervalos de confiança previstos pelo modelo, portanto não evidenciando diferença significativa entre os estágios de ninfa e adulto.

Figura 3 – Dinâmica populacional de *T. collaris* (adultos e ninfas) nos estágios fenológicos do cajueiro em Pacajus/CE, no período de dezembro/2017 a janeiro/2019. Regiões de confiança (páreas coloridas) estimadas com base no modelo linear generalizado misto com distribuição do tipo Poisson.



4 DISCUSSÃO

O estudo fenológico de *T. collaris* mostrou que essa espécie está presente no campo na maioria dos meses do ano, com exceção dos meses de setembro de 2018 e janeiro de 2019, em uma densidade baixa, o que não causou dano expressivo ao cajueiro. No entanto, essa espécie foi recentemente documentada causando danos em pomares de cajueiro em anos anteriores (LHANO et al., 2019) e é considerada praga na cultura do eucalipto (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2020), além disso, possui histórico de danos causados em culturas de importância econômica no país, como mangueiras (*Mangifera indica* L.) e coqueiros (*Cocus nucifera* L.) (CHAGAS; MOREIRA; BARRETO, 1995). O surgimento de ninfas de *T. collaris* em fevereiro com posterior pico em maio, pode ter sido ocasionado pela ocorrência de chuvas, pois a precipitação favorece a eclosão dos ovos (LECOQ; PIEROZZI, 1994). A ocorrência de ninfas de *T. collaris* nesse período sugere que esse seja o momento mais adequado para realizar ações de controle, pois impedirá o aparecimento de uma nova geração de adultos nos meses seguintes (junho/julho), período crítico em que o cajueiro-anão inicia a fase de florescimento. A ausência do controle desse inseto, e o conseqüente crescimento da população de adultos, podem acarretar perdas na produção do cajueiro. No Brasil, não existem produtos registrados junto ao MAPA (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2020) para o manejo de *T. collaris*, no entanto em outros países, estudos com controle biológico mostraram-se promissores, por exemplo, os fungos *Paranosema locustae* (Canning, 1953) (LANGE, 2010) e *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, 1912 (PELIZZA et al., 2012) na Argentina, além de nemátoides da família Mermithidae, no Canadá (ATTARD et al., 2008).

O peso fresco médio de *T. collaris* variou ao longo do tempo em função do estágio de desenvolvimento do inseto. Maiores valores de PFM de *T. collaris* foram obtidos no mês de janeiro de 2018, devido à população ter uma maior quantidade de insetos adultos. Após esse mês foram amostradas ninfas em estágios de desenvolvimento iniciais e ao longo dos meses seguintes esses imaturos progrediram para estágios mais avançados, fato evidenciado pelo aumento no PFM de ninfas de *T. collaris*. Destaca-se que essa transição de fase dos gafanhotos coletados no campo, coincidiu com o fim dos estágios fenológicos do cajueiro de desenvolvimento e maturaridade do fruto e pseudofruto e senescência de inflorescências e início do fluxo foliar. O aumento do PFM das ninfas e a maior probabilidade de ocorrência destas, quando comparada aos adultos no estágio fenológico do cajueiro de Queda de

folhas/Fluxo foliar, provavelmente foram ocasionados pela presença de grande quantidade de folhagem de cajueiro-anão disponível para alimentação nesse período. A presença de folhas torna esse habitat mais propício para o desenvolvimento das ninfas, pois as mesmas não possuem estruturas alares desenvolvidas para buscar alimentos em ambientes distantes do local de nascimento. Por outro lado, os adultos, por serem alados, tem boa capacidade de voo e assim disponibilidade de maiores áreas para forrageamento. Além da fenologia da planta, as condições ambientais também podem interferir na relação inseto-planta (BALDIN; BENTIVENHA, 2019).

Dentre as variáveis climáticas avaliadas, a velocidade do vento, a evapotranspiração e a umidade relativa do ar se correlacionaram significativamente com a população de ninfas, no entanto, nenhuma variável teve correlação com a população de adultos. Da mesma forma, Braga et al. (2011) não observaram correlação significativa entre fatores abióticos e a população de *Cornops aquaticum* (Bruner, 1906) (Orthoptera: Acrididae) na Amazônia central. Embora a fenologia dos gafanhotos seja frequentemente ligada a fatores abióticos (NUFIO; BUCKLEY, 2019), em nosso estudo, a dinâmica populacional de *T. collaris* não sofreu forte influencia desses fatores.

A maturação dos ovários de *T. collaris* teve variação no período avaliado, indicando o possível período reprodutivo da população. Os ovários maduros (tipo III) ocorreram com mais frequência no início do ano (dezembro/janeiro), indicando que *T. collaris* estava em fase de reprodução, visto que é uma época em que precede o período de maior abundância de folhas de cajueiro-anão (março-maio), o que garante a sobrevivência da prole. Esse período também coincide com o posterior período de eclosão dos ovos (fevereiro/março), evidenciado pelo surgimento das ninfas.

A presença de ninfas em apenas quatro meses do ano, sugere que a população de *T. collaris* reproduz uma vez ao ano, pois mesmo com a presença de ovários maduros (tipo III) em julho, não observou-se o surgimento de ninfas após esse período. Em contraste, Silva et al. (2010) estudando a fenologia de gafanhotos da espécie *C. aquaticum* constataram uma reprodução contínua, ocasionada pela presença de ninfas em todo o ano, aliado a presença de ovários maduros tipo (III) em quase todos os meses avaliados. O resultado encontrado aqui corrobora com Carbonell (1986) e Duranton et al. (1987) que afirmam que *T. collaris* é univoltina. O conhecimento desse voltinismo possibilita uma maior certeza na sincronia entre o momento ideal de aplicação do método de controle com a fase de desenvolvimento mais suscetível do inseto. No geral, Ortópteros possuem diferenças nos seus ciclos de vida, que variam a depender da espécie e da estação do ano (SQUITIER; CAPINERA, 2003).

Apesar da baixa densidade populacional de *T. collaris* em cajueiro-anão, ao longo do período de coleta, esse comportamento não se trata de uma ocorrência esporádica, de fato mostra que há uma presença constante da população destes insetos na área, uma vez que esse ortóptero já foi detectado em áreas de cajueiro em anos anteriores (LHANO et al., 2019). Além disso, Durantón et al. (1987) classifica essa espécie como “devastadora ocasional e localizada” que está presente em uma abundância baixa, porém, qualquer alteração dos fatores ambientais pode acarretar em alto crescimento populacional, devido ao seu potencial biótico e hábito voraz (PELIZZA et al., 2012), podendo causar danos nas culturas, conforme registros já efetuados para a espécie (CHAGAS; MOREIRA; BARRETO, 1995; LHANO et al., 2019). De fato, pululações de *T. collaris* já foram registradas na região amazônica (CARBONELL, 1984). O surgimento de nuvens de gafanhoto acontece devido a alteração dos fatores abióticos, principalmente precipitação e temperatura (LECOQ, 1991). Ações antrópicas também podem modificar o meio ambiente, favorecendo os gafanhotos e criando novos meios propícios às pululações de certas espécies que, antes, eram inofensivas (LECOQ, 1991). Entretanto, as estratégias de manejo adotadas para o controle de cada espécie são determinadas de acordo com as particularidades de sua bioecologia (LECOQ, 1991).

Assim, a sazonalidade e voltinismo de *T. collaris* em cajueiro-anão, aqui descritos, constituem informações de suma importância a serem consideradas para o manejo assertivo de *T. collaris*.

5 CONCLUSÕES

Tropidacris collaris é uma espécie univoltina, cujo aumento da população de ninfas é afetado pelas variáveis climáticas: velocidade do vento, evapotranspiração e umidade relativa do ar, sendo que os maiores picos populacionais de ninfas são propiciados pelos estágios fenológicos do cajueiro-anão de Queda de folhas/Fluxo foliar.

REFERÊNCIAS

- ATTARD, L. M. et al. Mermithid nematode infection in a colony of blue-winged grasshoppers (*Tropidacris collaris*). **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v. 39, n. 3, p. 488–492, 2008.
- BALDIN, E. L. L.; BENTIVENHA, J. F. Fatores que afetam a expressão da resistência *In*: BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Piracicaba: FEALQ, 2019, p. 323-356.
- BARRERA, M.; PAGANINI, I. H. Acridios de Tucumán: notas bioecológicas. **Acta**

Zoológica Lilloana, v. 31, n. 11, p. 107–124, 1975.

BARROS, L. M. et al. Recomendações técnicas para a cultura do cajueiro anão precoce. **Embrapa Agroindústria Tropical-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 1993.

BATES, D. et al. Fitting linear mixed-effects models using lme4. **Journal of Statistical Software**, v, 67, n. 1, p. 1-48, 2015.

BRAGA, C. E. et al. Fenologia de *Cornops aquaticum* (Orthoptera: Acrididae) associado a *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae) em um Lago de Várzea na Amazônia Central, Brasil. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v. 70, n. 3–4, p. 185–196, 2011.

CARBONELL, C. S. Nomenclature and systematics of *Tropidacris* et *Eutropidacris* (Orthoptera, Acrididae, Romaleidae). **Notula Naturae of the Academy of Natural Sciences**, Philadelphia, v. 461. p. 11, 1984.

CARBONELL, C. S. Revision of the Neotropical Genus *Tropidacris* (Orthoptera, Acridoidea, Romaleidae, Romaleinae). **Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia**, v. 138, n. 2, p. 366–402, 1986.

CHAGAS, M.; MOREIRA, M.; BARRETO, M. F. P. Biological aspects of *Schistocerca pallens*, *Stiphra robusta* and *Tropidacris collaris* grasshoppers species at Rio Grande do Norte State, Brazil. **Acta Horticulturae**, n. 370, p. 83–88, 1995.

DURANTON, J. F. et al. **Guia prático de luta contra os gafanhotos devastadores no Brasil**. FAO, Rome-CIRAD/PRIFAS, Montpellier. 1987, 161 p.

FIGUEIRA, L. K.; CARVALHO, C. F.; SOUZA, B. Biologia e exigências térmicas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada com ovos de *Alabama argillacea* (Hubner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 2, p. 319–326, 2000.

FRANCESCHINI, M. C. et al. Fenología de *Cornops aquaticum* (Orthoptera: Acrididae) en un camalotal de *Eichhornia azurea* (Pontederiaceae) en Argentina. **Amazoniana**, v. 19, n. 3–4, p. 149–158, 2007.

HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, , v. 4, n. 1, p. 9, 2001. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. Disponível em: <<https://www.nhm.uio.no/english/research/infrastructure/past>> Acesso em: 01 set. 2020.

KARPAKAKUNJARAM, V.; KOLATKAR, M. D.; MURALIRANGAN, M. C. Effects of abiotic factors on the population of an acridid grasshopper, *Diabolo-catantops pinguis* (Orthoptera: Acrididae) at two sites in southern India: a three-year study. **Journal of Orthoptera Research**, v. 11, n. 1, p. 55–62, 2002.

KISHIMOTO - YAMADA, K.; ITIOKA, T. How much have we learned about seasonality in tropical insect abundance since Wolda (1988)? **Entomological Science**, v. 18, n. 4, p. 407-419, 2015.

KOTTEK, M. et al. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259–263, 2006.

LANGE, C. E. *Paranosema locustae* (Microsporidia) in grasshoppers (Orthoptera: Acridoidea) of Argentina: Field host range expanded. **Biocontrol Science and Technology**, v. 20, n. 10, p. 1047–1054, 2010.

LAZAR, M. et al. Importance of solitarious desert locust population dynamics: lessons from historical survey data in Algeria. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 161, n. 3, p. 168–180, 2016.

LECOQ, M.; PIEROZZI, Jr. I. *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn, 1906), criquet ravageur de l'état du Mato Grosso (BRESIL): essai de synthèse bibliographique. Bruxelles: CCE; Montpellier: CIRAD-GERDAT-PRIFAS; Campinas: Embrapa-NMA, 1994. 89 p.

LECOQ, M. **Gafanhotos do Brasil. Natureza do problema e bibliografia / Les criquets du Brésil. Nature du problème et bibliographie.** EMBRAPA/NMA e CIRAD/PRIFAS (Montpellier): 1991. 158 p.

LHANO, M. G. et al. *Tropidacris collaris* (Orthoptera: Romaleidae) expands its damage in orchards of the dwarf cashew, *Anacardium occidentale* (Anacardiaceae). **Entomological Science**, v. 22, n. 2, p. 151–156, 2019.

MESQUITA, A. L. M.; BRAGA SOBRINHO, R.; DE OLIVEIRA, V. H. Monitoramento de pragas na cultura do cajueiro. **Embrapa Agroindústria Tropical - Documentos (INFOTECA-E)**, 2002.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. MAPA. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 17 nov. 2020.

MORAL, R. A.; HINDE, J.; DEMÉTRIO, C. G. B. Half-normal plots and overdispersed models in R: The hnp package. **Journal of Statistical Software**, v. 81, n. 10, 2017.

NUFIO, C. R.; BUCKLEY, L. B. Grasshopper phenological responses to climate gradients, variability, and change. **Ecosphere**, v. 10, n. 9, 2019.

PELIZZA, S. A. et al. Screening of Argentine native fungal strains for biocontrol of the grasshopper *Tropidacris collaris*: Relationship between fungal pathogenicity and chitinolytic enzyme activity. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 28, n. 4, p. 1359–1366, 2012.

R CORE TEAM R. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021. Available from: <<https://www.R-project.org/>> Accessed in: 14 april. 2020.

SANTOS, F. D. et al. Ultrastructure of the ovarioles of *Tropidacris collaris* (Stoll) (Orthoptera: Romaleidae) submitted to three photoperiods. **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 3, p. 396–401, 2007.

SILVA, R. J. et al. Fenologia de *Cornops aquaticum* (Bruner) (Orthoptera : Acrididae) em *Eichhornia azurea* (Pontederiaceae) no Norte do Pantanal de Mato Grosso. **Neotropical entomology**, v. 39, n. 4, p. 535–542, 2010.

SQUITIER, J. M.; CAPINERA, J. L. Habitat associations of Florida grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). **Florida Entomologist**, v. 85, n. 1, p. 235–244, 2003.

SYSTAT SOFTWARE. 2008. SigmaPlot para Windows. Versão 11.0. Chicago, USA.

VERAN, S. et al. Modeling spatiotemporal dynamics of outbreaking species: Influence of environment and migration in a locust. **Ecology**, v. 96, n. 3, p. 737–748, 2015.

WHITMAN, D. W.; AGRAWAL, A. A. What is phenotypic plasticity and why is it important? *In*: WHITMAN, D. W.; ANANTHAKRISHNA, T. N. **Phenotypic plasticity of insects: mechanisms and consequences**. Science Publishers, Inc., Enfield, NH, 2009. p. 1-63.

YOUDEOWEI, A. **Dissection of the variegated grasshopper**. Oxford University Press, 1974.

CAPÍTULO II

**Sazonalidade, distribuição vertical e infestação de *Holopothrips fulvus* Morgan, 1929
(Thysanoptera: Phlaeothripidae) em cajueiro-anão**

RESUMO

Holopothrips fulvus Morgan, 1929 (Thysanoptera: Phlaeothripidae) é uma praga emergente na cultura do cajueiro. O estudo teve como objetivo avaliar: a) a sazonalidade de *H. fulvus* e a influência de variáveis abióticas (radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação) e bióticas (ácaros da família Phytoseiidae) sobre sua dinâmica populacional; b) os padrões de distribuição vertical de *H. fulvus* na planta de cajueiro-anão e c) a susceptibilidade de genótipos de cajueiro-anão à infestação de *H. fulvus* em condições de campo. Os experimentos foram conduzidos na área experimental de cajueiro-anão em Pacajus/CE. Um total de 15 plantas foi avaliado em cada experimento, sendo coletadas seis folhas de cada planta. Para investigar os padrões de distribuição vertical de *H. fulvus*, a copa da planta foi dividida em estratos verticais: apical, mediano e basal e duas folhas foram coletadas em cada estrato. A susceptibilidade de cajueiro-anão ao inseto foi avaliada nos genótipos: CAP 131/2, CAP 31, CAP 155, CAP 115/5, CAP 143/7, BRS 226, CAP 170, CAP 120/4, CAP 145/2, CCP 76, CAP 106/1, PRO 805/4, CAP 145/7, CAP 128/2 e CAP 130/1. Em laboratório, adultos, ninfas e ovos de *H. fulvus* de cada folha foram contabilizados, assim como adultos e imaturos de ácaros. Os maiores picos populacionais de *H. fulvus* foram registrados entre os meses de outubro a dezembro de 2019, 49% da flutuação dos insetos foram explicados pelo fator climático radiação solar. Os ácaros fitoseídeos encontrados pertencem às espécies *Amblyseius aerialis* (Muma, 1955), *Iphiseiodes zuluagai* (Denmark & Muma, 1972), *Amblyseius largoensis* (Muma, 1955) e *Amblyseius tamatavensis* Blommers, 1974. Dentre estes, *I. zuluagai* foi a espécie com a maior porcentagem de indivíduos. O percentual de folhas infestadas por *H. fulvus* e o número médio de tripes por folha foram maiores nos estratos mediano e basal da planta, em comparação com o estrato apical. Os genótipos de cajueiro-anão CAP 143/7, CAP 155, CAP 106/1, CAP 115/5, CAP 805/4 e BRS 226 foram menos infestados por *H. fulvus*, mostrando baixas infestações em todas as datas de avaliação, enquanto que o genótipo CCP 76 foi aquele mais infestado.

Palavras-chave: tripes, variáveis climáticas, dinâmica populacional.

ABSTRACT

This study evaluated the following aspects of *Holopothrips fulvus*, an emergent pest of the cashew in the northeast of Brazil: a) the seasonality and influence of abiotic variables (solar radiation, temperature, relative humidity, wind speed and rainfall) and biotic variables (predatory mites of family Phytoseiidae) on the population dynamics of the insect; b) the vertical distribution patterns of the thrips in their host, and c) the susceptibility of dwarf cashew genotypes to infestation by the insect under field conditions. The experiments were conducted in the experimental area for the dwarf cashew in Pacajus, Ceará. A total of 15 plants were evaluated in each experiment, with six leaves collected from each plant: two leaves from each stratum of the crown of the plant (apical, median and basal). In the laboratory, the adults, larvae and eggs of *H. fulvus* on each leaf were counted, as well as adult and immature mites. To investigate the vertical distribution patterns of *H. fulvus*, the crown of the plant was divided into vertical strata: apical, median and basal, and two leaves were collected from each stratum. The susceptibility of the dwarf cashew to the insect was assessed in 15 genotypes. The highest peaks in *H. fulvus* population were seen between October and December 2019, where 49% of the fluctuation in insect population was explained by the solar radiation. The phytoseiid mites that were found belong to the following species *Amblyseius aerialis* (Muma, 1955), *Iphiseiodes zuluagai* (Denmark & Muma, 1972), *Amblyseius largoensis* (Muma, 1955) and *Amblyseius tamatavensis* Blommers, 1974. Among these, *I. zuluagai* had the highest percentage of individuals. The percentage of leaves infested by *H. fulvus*, and the mean number of thrips per leaf, were greater in the median and basal strata of the plant compared to the apical stratum. The CAP 143/7, CAP 155, CAP 106/1, CAP 115/5, CAP 805/4 and BRS 226 genotypes of the dwarf cashew were less infested by *H. fulvus*, showing low infestation on each of the dates under evaluation, while the CCP 76 genotype was the most infested.

Keywords: thrips, climate variables, population dynamics.

1 INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), nativo do Brasil, é uma planta cultivada em 36 países do mundo (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2021), e tem como principal produto a amêndoa da castanha, uma das mais consumidas mundialmente (CAVALCANTE; VIDAL NETO; BARROS, 2013). O Ceará é o estado que tem maior participação na exportação de castanha de caju no Brasil, com 82,2%. Em 2019 o país exportou 17.000 toneladas de castanha de caju, abrangendo um montante de aproximadamente 121 milhões de dólares (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR, 2020). Entre os fatores que mais afetam a produção do cajueiro, está o ataque de insetos-praga.

Holopothrips fulvus Morgan, 1929 (Thysanoptera: Phlaeothripidae) é uma espécie de tripes que foi recentemente relatada como prejudicial ao cajueiro-anão (LIMA et al., 2017). Esse inseto causa danos por se alimentar de folhas, frutos e pseudo-frutos de caju, produzindo manchas necróticas no local da alimentação, tornando as folhas amareladas e murchas, reduzindo a taxa fotossintética da planta (LIMA et al., 2017). Além dos danos diretos causados pela sucção da seiva, a alimentação de tripes também causa aborto de flores e redução de frutificação, pelo consumo de grãos de pólen (RILEY et al., 2011, FU et al., 2019). No cajueiro, a queda de flores ocorre naturalmente no ciclo da planta (ADIGA et al., 2019) e essa queda pode ser intensificada pelo ataque de *H. fulvus*. Outro dano indireto decorrente da alimentação é a transmissão de doenças de plantas, principalmente tospoviroses (ROTENBERG et al., 2015, GHOSH et al., 2019).

Atualmente, para o controle de tripes a estratégia mais utilizada é o controle químico (MOUDEN et al., 2017, RENKEMA et al., 2020) o que pode levar ao surgimento de populações resistentes a inseticidas (WANG et al., 2016). Entretanto, no Brasil, os cajucultores ainda não dispõem de produtos registrados para o controle de *H. fulvus* (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2020) e a implementação de estratégias de controle biológico ainda possui limitações (MOUDEN et al., 2017, RAZZAK et al., 2019).

Os thysanopteros possuem alta capacidade de dispersão (MAKRA et al., 2018) e um tamanho pequeno, que lhes permite esconderijo em diversas áreas da planta, dificultando ainda mais o seu controle. A compreensão de como ocorre a distribuição vertical insetos-

praga na planta hospedeira é fundamental para o desenvolvimento de planos de amostragens (TRICHILO; WILSON; MACK, 1993). Esses planos reduzem o tempo e os custos necessários para o monitoramento da praga, sem que haja diminuição da confiabilidade dos resultados (WILSON et al., 1982). Além disso, novas alternativas de controle de *H. fulvus*, como a identificação de fontes de resistência para o cajueiro, tornam-se uma necessidade.

A resistência de plantas a insetos (RIP) é uma estratégia do Manejo Integrado de Pragas (MIP) promissora, uma vez que pode ser adotada junto aos outros componentes do MIP. Sabe-se que condições ambientais como temperatura e luz modulam as interações planta-inseto (ZAVALA et al., 2015), assim, o estudo da dinâmica populacional de insetos deve ser fundamentado, considerando as variações dos fatores abióticos. Buscando contribuir para o estabelecimento de um manejo integrado para *H. fulvus* em cajueiro-anão mais eficiente, esse trabalho teve como objetivo avaliar: a) a sazonalidade de *H. fulvus* e a influência de variáveis abióticas (radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e precipitação) e bióticas (ácaros da família Phytoseiidae) sobre sua dinâmica populacional; b) os padrões de distribuição vertical de *H. fulvus* na planta de cajueiro-anão e c) a susceptibilidade de genótipos de cajueiro-anão à infestação de *H. fulvus* em condições de campo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área experimental

O estudo foi conduzido em plantio experimental de cajueiro-anão (Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical) com nove anos de idade, em Pacajus, Ceará, Brasil (4°11'S 38°30'W). Os experimentos foram conduzidos no período de maio de 2019 até abril de 2020, com o intervalo entre cada amostragem (coleta) variando entre 14 e 21 dias. Um total de 20 coletas foi realizado em cada experimento. Durante os experimentos, nenhuma prática fitossanitária foi realizada. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima local é a savana equatorial com inverno seco, uma região climática árida com estação chuvosa concentrada entre fevereiro e março (KOTTEK et al., 2006).

2.2 Sazonalidade de *H. fulvus* e influência de variáveis abióticas e bióticas

A sazonalidade de *H. fulvus* foi avaliada por meio da coleta de seis folhas de cajueiro-anão coletadas nos estratos da planta (apical, mediano e basal), sendo duas folhas por

estrato. Um total de 15 pontos de amostragem (planta) foi considerado. As folhas foram armazenadas em sacos plásticos e acondicionadas em bandejas plásticas (20,0 x 30,0 x 50,0 cm). As amostras foram transportadas para o laboratório de entomologia da Embrapa Agroindústria Tropical, para a triagem dos artrópodes com o auxílio de uma lupa estereoscópica. A espécie *H. fulvus* foi identificada pela taxonomista Maria Goretti Araújo de Lima (Laboratório de Interação Inseto – Planta, Universidade Estadual do Ceará – UECE) e os ácaros foram identificados pela taxonomista Ester Azevedo do Amaral (Laboratório de Acarologia da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA). Os espécimes encontram-se armazenados nos laboratórios onde ocorreu a identificação.

Os dados ambientais (precipitação pluviométrica, temperatura, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento) foram registrados em uma estação meteorológica localizada a uma distancia de 300 m da área experimental. Os fatores abióticos (variáveis climáticas) e bióticos (ácaros) foram estimados. Para tanto, inicialmente foram realizadas correlações simples para evitar a multicolinearidade e em seguida, procedeu-se com análise de regressão multivariada (Stepwise), utilizando o programa SAS (SAS Institute 2002).

2.3 Distribuição vertical de *H. fulvus* na planta de cajueiro-anão

Para avaliar a distribuição vertical de *H. fulvus*, a copa da planta foi dividida em três estratos (apical, mediano e basal). Em cada estrato foram coletadas duas folhas de cajueiro, num total de 15 plantas de cajueiro-anão. Posteriormente, as folhas foram colocadas em sacos plásticos, identificadas, acondicionadas em bandejas plásticas (20,0 x 30,0 x 50,0 cm) e transportadas para o laboratório de Entomologia da Embrapa. Em laboratório, a contagem dos adultos e imaturos de *H. fulvus* foi feita diretamente nas folhas, com o auxílio de uma lupa estereoscópica. Devido à variação nos dados coletados, a distribuição vertical do *H. fulvus* foi comparada através do teste não paramétrico Kruskal Wallis. A análise dos dados foi feita no programa estatístico SAS (SAS Institute 2002).

2.4 Susceptibilidade de genótipos de cajueiro-anão à infestação de *H. fulvus* em condições de campo.

A susceptibilidade de plantas de cajueiro-anão à *H. fulvus* foi realizada em 15 genótipos, selecionados de acordo com a classificação de infestação obtidas no estudo de Maciel et al. (2020a) (Tabela 1). Em cada genótipo foram coletadas duas folhas em cada

estrato da planta (apical, mediano e basal), totalizando seis folhas por genótipo. As folhas foram armazenadas em sacos plásticos, acondicionadas em bandejas plásticas (20,0 x 30,0 x 50,0 cm) e transportadas para o laboratório de Entomologia da Embrapa. Em laboratório, foi feita a contagem dos adultos e ninfas de *H. fulvus* presentes nas folhas de cada genótipo de cajueiro, com o auxílio de uma lupa estereoscópica. Para avaliar os níveis de infestação de *H. fulvus* nos genótipos, foi feita uma análise de medidas repetidas no tempo, utilizando-se o programa SAS (SAS Institute 2002).

Tabela 1 - Genótipos de cajueiro-anão avaliados no Campo Experimental de Pacajus, Estado do Ceará, Brasil, 2019-2020.

Genótipos			
CAP 131/2***	CAP 31*	CAP 155*	CAP 115/5***
CAP 143/7*	BRS 226*	CAP 170**	CAP 120/4***
CAP 145/2**	CCP 76**	CAP 106/1*	PRO 805/4**
CAP 145/7**	CAP 128/2**	CAP 130/1**	

*Genótipos menos infestados, **Genótipos com infestação intermediária, ***Genótipos mais infestados (MACIEL et al., 2020a).

3 RESULTADOS

3.1 Sazonalidade de *H. fulvus* e a influência de variáveis abióticas e bióticas

Os maiores picos populacionais de *H. fulvus* foram registrados entre os meses de outubro a dezembro de 2019 (Figura 1-A), no qual 49% da flutuação dos insetos foram explicados pelo fator climático radiação solar ($F_{1,18} = 16,44$; $R^2 = 0,49$; $P = 0,001$). De fato, períodos com maior intensidade de radiação (outubro - dezembro) coincidiram com os meses de pico populacional do trips (Figura 1-A; B). Ácaros da família Phytoseiidae foram detectados nas folhas de cajueiro, junto ao trips (Tabela 2). O comportamento de flutuação desses fitoseídeos seguiu um padrão semelhante aquele observado para *H. fulvus*, sendo observados picos populacionais desses ácaros em agosto e novembro (Figura 1-A). A partir do mês de janeiro de 2020, foi observado um decréscimo nas densidades de *H. fulvus* e fitoseídeos (Figura 1-A).

Os fitoseídeos encontrados pertencem a quatro espécies de ácaros, três dos quais são classificados como predadores generalistas (tipo III), *Amblyseius aerialis* (Muma, 1955), *Amblyseius largoensis* (Muma, 1955) e *Amblyseius tamatavensis* Blommers, 1974. Enquanto,

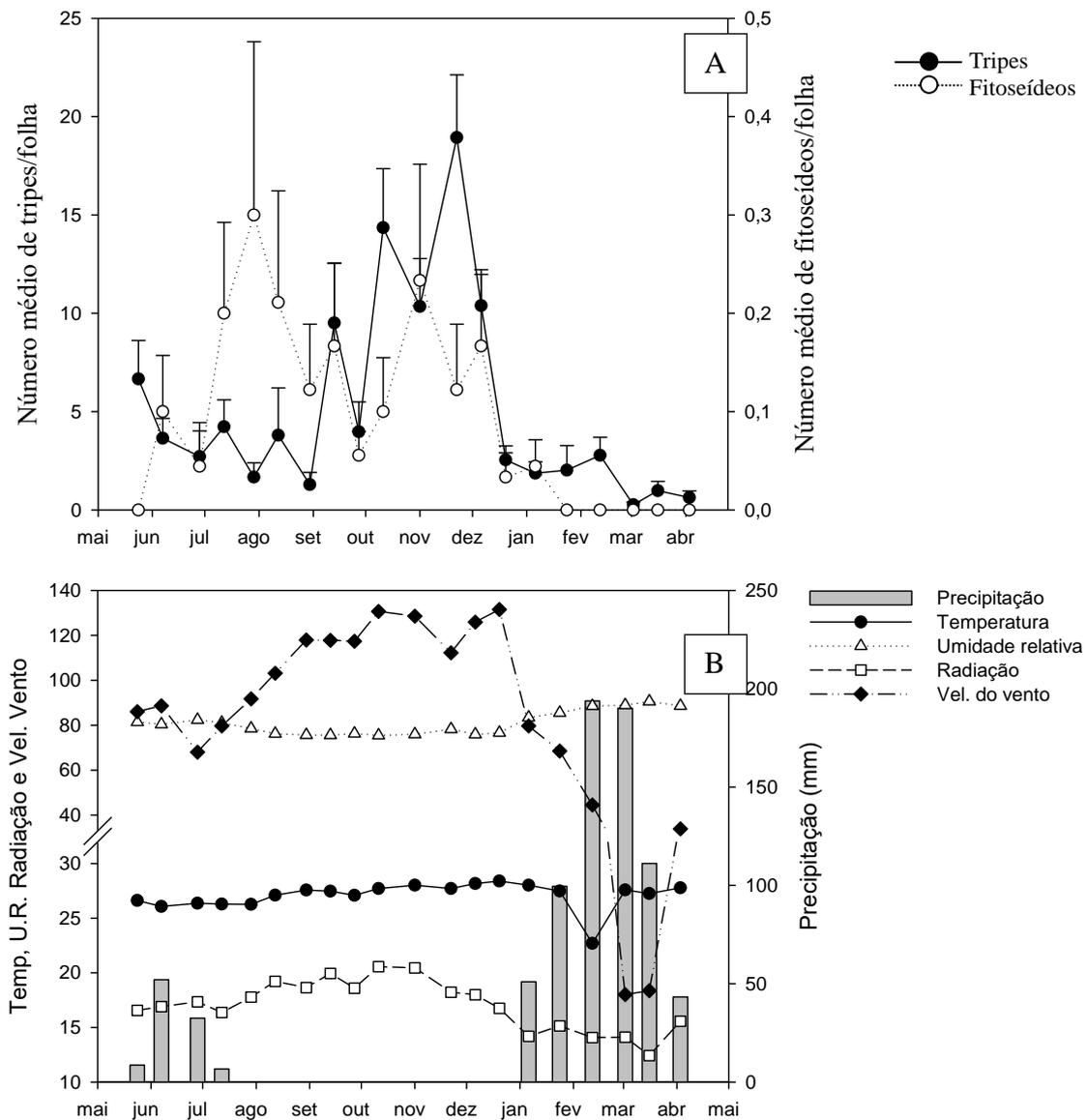
Iphiseiodes zuluagai (Denmark & Muma, 1972) é classificado como predador generalista, com preferência por pólen (tipo IV), este último, foi a espécie com a maior porcentagem de população coletada 83,11% (Tabela 2).

Tabela 2 – Prevalência de ácaros da família Phytoseiidae, coletados em folhas de cajueiro no campo experimental de Pacajus/CE no período de maio/2019 a abril/2020.

Espécies de fitoseídeos	Total	Prevalência (%)	Tipo ¹
<i>Amblyseius aerialis</i>	7	4,73	III
<i>Iphiseiodes zuluagai</i>	123	83,11	IV
<i>Amblyseius largoensis</i>	14	9,46	III
<i>Amblyseius tamatavensis</i>	4	2,70	III
Total	148		

¹Tipos de estilo de vida de fitoseídeos de acordo com a classificação proposta por McMurtry et al. (2013).

Figura 1 – (A) Número médio de *H. fulvus* (ovos, ninfas e adultos) e ácaros da família Phytoseiidae, por folha de cajueiro-anão, (B) precipitação (mm), umidade relativa (%), temperatura (°C), radiação (MJ m⁻² d⁻¹) e velocidade do vento (km d⁻¹) no campo experimental de Pacajus/CE no período de maio/2019 a abril/2020.

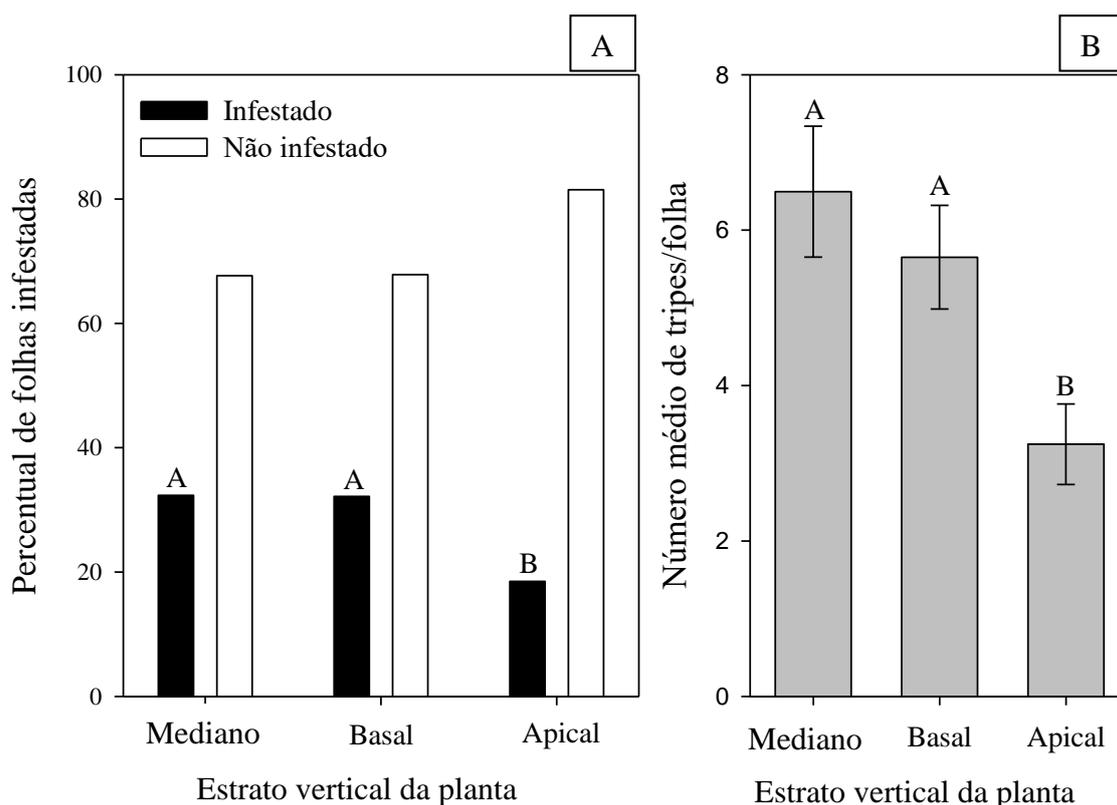


3.2 Distribuição vertical de *H. fulvus* na planta de cajueiro-anão

Quanto à infestação vertical de *H. fulvus* em cajueiro-anão, houve diferença significativa entre os estratos da planta. O percentual de folhas infestadas por *H. fulvus* foi maior nos estratos mediano e basal da planta, em comparação com o estrato apical ($\chi^2 = 37,7726$; $df = 2$; $P < 0,001$) (Figura 2-A). O mesmo padrão foi observado no número médio de

tripes por folha, sendo maior nos estratos mediano e basal da planta ($\chi^2 = 37,8554$; $df = 2$; $P < 0,001$) (Figura 2-B).

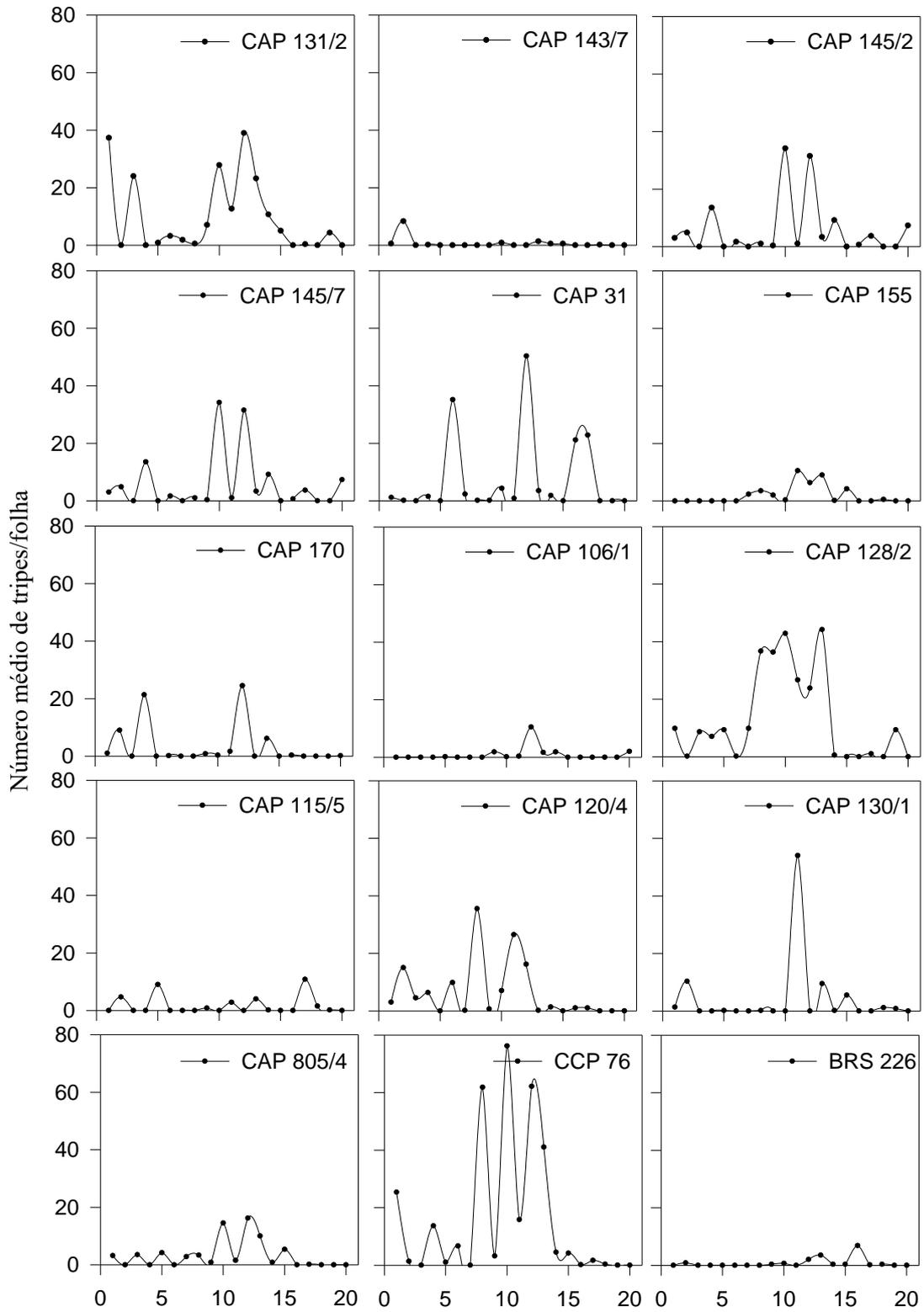
Figura 2 - Percentual de folhas de cajueiro-anão infestadas por *H. fulvus* (A) e número médio de tripes/folha de cajueiro-anão (B), nos estratos apical, mediano e basal da planta de cajueiro. Pacajus/CE, maio/2019 a abril/2020.



3.3 Susceptibilidade de genótipos de cajueiro-anão à infestação de *H. fulvus* em condições de campo

A densidade de *H. fulvus* flutuou nos genótipos em diferentes datas, resultando na interação significativa entre genótipo e tempo (Tempo $F = 12,19$, $P < 0,001$; Genótipo $F = 10,95$, $P < 0,001$; Tempo*Genótipo $F = 2,92$, $P < 0,001$) (Figura 3). Os genótipos de cajueiro-anão CAP 143/7, CAP 155, CAP 106/1, CAP 115/5, CAP 805/4 e BRS 226 foram os menos infestados por *H. fulvus*, pois mostraram baixas infestações em todas as datas de avaliação. Em contraste, o genótipo CCP 76 se destacou como o mais infestado pelo inseto (Figura 3).

Figura 3 - Infestação de *H. fulvus* em genótipos de cajueiro-anão em diferentes datas (maio/2019 a abril/2020). Pacajus/CE.



Datas de coleta de folhas dos genótipos de cajueiro-anão

4 DISCUSSÃO

A população de *H. fulvus* em cajueiro variou ao longo dos meses, com picos populacionais registrados em outubro e dezembro. Resultados semelhantes foram obtidos por Maciel et al. (2020a), que afirmaram que o inseto também ocorreu nesses meses, no entanto, com pico populacional em novembro. Essa pequena diferença nos períodos de pico de infestação de *H. fulvus* pode ter ocorrido devido as diferentes metodologias empregadas na avaliação, ou por interferência dos fatores bióticos e abióticos. De fato, entre os meses de outubro e novembro, foram observados acréscimos nos níveis da radiação solar, e essa variável climática foi diretamente correlacionada com o crescimento populacional de *H. fulvus* nas plantas de cajueiro. Em contraste ao observado nesse estudo, a radiação solar afetou negativamente a densidade populacional e a herbivoria do tripses *Caliothrips phaseoli* (Hood, 1912) (Thysanoptera: Thripidae) na cultura da soja (MAZZA et al., 1999). Isso pode ocorrer, pois os efeitos da radiação solar na taxa de crescimento, nos níveis de infestação e de danos dos insetos podem variar a depender da espécie (AL SHIDI et al., 2018). Além da radiação solar, o estágio fenológico das plantas de cajueiro pode ter contribuído com os picos populacionais de *H. fulvus* nos meses correspondentes (outubro a dezembro), pois nesse período as plantas estavam em plena floração. Segundo Maciel et al. (2020a) as populações de *H. fulvus* são fortemente influenciadas pela ocorrência de flores nesta cultura.

Dentre as espécies de ácaro encontradas, *A. aerialis*, *I. zuluagai*, *A. largoensis* já foram relatadas em cajueiro (MENDES et al., 2021), exceto *A. tamatavensis*. Ácaros do gênero *Amblyseius* e da espécie *I. zuluagai* são classificados como fitoseídeos generalistas (tipo III e IV respectivamente) (MCMURTRY; MORAES; SOURASSOU, 2013). Embora possam se alimentar de alguns insetos, como por exemplo, tripses e moscas-brancas (GERSON; WEINTRAUB, 2012, MCMURTRY; MORAES; SOURASSOU, 2013), nesse estudo, a ocorrência de ácaros do gênero *Amblyseius* e a alta prevalência mostrada pela espécie *I. zuluagai* não influenciou na flutuação populacional de *H. fulvus*. Isso pode ser explicado pela falta de evidências de que *I. zuluagai* exerça controle biológico em insetos. Estudos mostram que esse predador tem preferência por se alimentar de pólen (REIS; CHIAVEGATO; ALVES, 1998) e outros ácaros como *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) e *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank, 1781) (ALBUQUERQUE; MORAES 2008). *A.*

largoensis se alimenta de ovos de *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895) (NGUYEN, et al., 2019), no entanto, essa espécie teve uma baixa abundância.

O número de *H. fulvus* por folha e o percentual de folhas infestadas pelo inseto foram maiores nos estratos mediano e basal da planta de cajueiro, o que sugere que essas duas alturas inferiores eram os locais preferidos para alimentação e reprodução por *H. fulvus*. Da mesma forma, Reay Jones et al. (2017) estudando a distribuição vertical de *Frankliniella tritici* (Fitch, 1855), *F. fusca* (Hinds, 1902) *F. occidentalis*, *Neohydatothrips variabilis* (Beach, 1896) e *Thrips tabaci* Lindeman, 1888 em algodão, observou maior número de adultos em folhas do estrato mediano da copa e um maior número de ninfas em folhas do estrato inferior. Diferente desses resultados, Maciel et al. (2020b) investigando a distribuição espacial de *Scirtothrips dorsalis* Hood, 1919 em mudas de cajueiro, observaram uma preferência desse tripses pelo estrato superior da planta. Segundo Ananthakrishnan (1993), a abundância e os padrões de distribuição das plantas hospedeiras no espaço e no tempo, influenciam na dinâmica populacional de tripses. Portanto, essa diferença na preferência de *H. fulvus* e *S. dorsalis* por diferentes estratos de cajueiro pode ter sido ocasionada pelas plantas se encontrarem em ambientes e estágios de desenvolvimento diferentes.

O menor número de *H. fulvus* no estrato apical das plantas de cajueiro pode está relacionada a uma baixa capacidade de voo do inseto. Estudos buscando compreender o padrão de distribuição de *F. occidentalis*, mostraram que um menor número de tripses foi capturado em armadilhas dispostas nas alturas mais distantes verticalmente da copa da planta (KAAS, 2005, ARÉVALO; LIBURD, 2007). Geralmente os tripses possuem potencial de voo fraco, com grande número de espécies usando o vento para se dispersar (LEWIS, 1964, LEWIS, 1991, KAAS, 2005). No entanto, ainda não há estudos a cerca do potencial de voo da espécie *H. fulvus*. A maior abundância de *H. fulvus* encontrada na região inferior da copa tem implicações práticas no seu manejo em cajueiro-anão, pois esse resultado sugere que as tecnologias empregadas para o controle dessa praga, sejam direcionadas para essa zona da copa da planta (estrato mediano e basal). Além disso, esse conhecimento serve de base para a realização de planos de amostragem para o monitoramento desse inseto em campo e no planejamento de novas pesquisas envolvendo esse tripses em cajueiro.

A densidade de *H. fulvus* em cajueiro variou nas diferentes datas, independente do genótipo avaliado. Os genótipos CAP 143/7, CAP 155, CAP 106/1, CAP 115/5, CAP 805/4 e BRS 226 tiveram variações mínimas na infestação do tripses, sendo próxima de zero na maioria das datas de coleta para o genótipo CAP 143/7, indicando menor preferência de alimentação para esse genótipo. Em condições de laboratório o genótipo CAP 143/7

apresentou resistência do tipo antibiose (GOIANA et al., 2020a) e antixenose (GOIANA et al., 2020b) para *Aleurodicus cocois* (Curtis, 1846), praga em cultivos de cajueiro-anão. Estudos morfológicos e histoquímicos revelaram que as folhas desse genótipo (CAP 143/7), apresentavam maior densidade de tricomas glandulares, bem como maior intensidade de fitoquímicos (aminoácidos aromáticos, flavonóides e compostos fenólicos) sendo essas características relacionadas com a antixenose para *A. cocois* (GOIANA et al., 2020b). Esses mecanismos de defesa da planta podem ter influenciado na baixa preferência de *H. fulvus* por se alimentar desse genótipo em condições de campo, pois, embora sejam insetos de espécies diferentes, moscas-brancas e tripes são insetos sugadores que se alimentam na face abaxial da folha de cajueiro. Assim, estudos adicionais sobre a associação de *H. fulvus* com os genótipos menos infestados (CAP 143/7, CAP 155, CAP 106/1, CAP 115/5, CAP 805/4 e BRS 226) devem ser realizados para investigar a resistência da planta ao inseto e suas causas.

5 CONCLUSÕES

Holopothrips fulvus tem maior ocorrência populacional em cajueiro-anão entre os meses de outubro a dezembro. Ademais, o fator abiótico radiação solar afeta a flutuação populacional de *H. fulvus*. A distribuição vertical de *H. fulvus* em cajueiro-anão concentra-se nos estratos mediano e basal da planta. Os genótipos de cajueiro-anão CAP 143/7, CAP 155, CAP 106/1, CAP 115/5, CAP 805/4 e BRS 226 são menos infestados por *H. fulvus*.

REFERÊNCIAS

- ADIGA, J. D. et al. Phenological growth stages of the cashew tree (*Anacardium occidentale* L.) according to the extended BBCH scale. **Annals of Applied Biology**, v. 175, n. 2, p. 246-252, 2019.
- AL SHIDI, R. H. et al. Does solar radiation affect the distribution of Dubas bug (*Ommatissus lybicus* de Bergevin) Infestation. **Agriculture**, v. 8, n. 7, p. 107, 2018.
- ALBUQUERQUE, F. A.; MORAES, G. J. Perspectives for mass rearing of *Iphiseiodes zuluagai* Denmark and Muma (Acari: Phytoseiidae); Perspectivas para a criação massal de *Iphiseiodes zuluagai* Denmark e Muma (Acari: Phytoseiidae). **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 3, p. 328-333, 2008.
- ANANTHAKRISHNAN, T. N. Bionomics of thrips. **Annual Review of Entomology**, v. 38, n. 1, p. 71-92, 1993.
- ARÉVALO, H. A.; LIBURD, O. E. Horizontal and vertical distribution of flower thrips in southern highbush and rabbiteye blueberry plantings, with notes on a new sampling method

for thrips inside blueberry flowers. **Journal of Economic Entomology**, v. 100, n. 5, p. 1622-1632, 2007.

CAVALCANTE, J. J. V.; VIDAL NETO, F. C.; BARROS, L. M. Avanços, desafios e novas estratégias do melhoramento genético do cajueiro no Brasil. *In*: VIDAL NETO, F.C., CAVALCANTE, J.J.V. (ed.) **Melhoramento Genético de Plantas no Nordeste**. Embrapa, p. 151-170, 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>> Acesso em: 07 fev. 2021.

FU, B. et al. Oviposition, feeding preference, and biological performance of *Thrips hawaiiensis* on four host plants with and without supplemental foods. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 13, n. 3, p. 441-452, 2019.

GERSON, U.; WEINTRAUB, P. G. Mites (Acari) as a factor in greenhouse management. *Annual review of entomology*, v. 57, p. 229-247, 2012.

GHOSH, A. et al. Genética de *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae). **Journal of Pest Science**, p. 1-13, 2019.

GOIANA, E. S. S. et al. Dwarf cashew antibiotic and antixenotic resistance to the whitefly *Aleurodicus cocois*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, 2020a.

GOIANA, E. S. S. et al. Dwarf-cashew resistance to whitefly (*Aleurodicus cocois*) linked to morphological and histochemical characteristics of leaves. **Pest management science**, v. 76, n. 2, p. 464-471, 2020b.

KAAS, J. P. Vertical distribution of thrips and whitefly in greenhouses and relative efficiency of commercially available sticky traps for population monitoring. *In*: **Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting**. p. 109-115. 2005.

KOTTEK, M. et al. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

LEWIS, T. Feeding, flight and dispersal in thrips. **Towards Understanding Thysanoptera. USDA Northeastern For. Exp. Sta. Gen. Tech. Rep. NE-147**, p. 63-70, 1991.

LEWIS, T. The weather and mass flights of Thysanoptera. **Annals of Applied Biology**, v. 53, n. 1, p. 165-170, 1964.

LIMA, M. G. et al. Identification and pest status of *Holopothrips fulvus* (Thysanoptera: Phlaeothripidae) on dwarf-cashew crops in northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 61, n. 4, p. 271-274, 2017.

MACIEL, G. P. S. et al. Population dynamics and infestation of *Holopothrips fulvus* Morgan (Thysanoptera: Phlaeothripidae) in dwarf cashew genotypes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, 2020a.

MACIEL, G. P. S, et al. Distribuição espacial e preferência alimentar de *Scirtothrips dorsalis* em cajueiro. In: GOMES, R. S. S.; NASCIMENTO L. C. **Experimentação em fitossanidade**. João Pessoa, PB: S & S Editora, p. 126 – 134, 2020b.

MAKRA, L. et al. The first record of subtropical insects (Thysanoptera) in central Europe: long-distance transport of airborne thrips, applying three-dimensional backward trajectories. **Agricultural and forest entomology**, v. 20, n. 3, p. 301-326, 2018.

MAZZA, C. A. et al. Perception of solar UVB radiation by phytophagous insects: behavioral responses and ecosystem implications. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 96, n. 3, p. 980-985, 1999.

MCMURTRY, J. A.; MORAES, G. J.; SOURASSOU, N. F. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (acari: phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic and applied Acarology**, v. 18, n. 4, p. 297-320, 2013.

MENDES, J. A. et al. Phytoseiid mites in cashew trees: diversity and seasonality. **International Journal of Acarology**, 2021. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01647954.2021.1908423>> Acesso em: 21 abril. 2021.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. MAPA. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 17 nov. 2020.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. **Dados do Comércio Exterior**. MDIC. Ceará: Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/comex-vis/frame-ppe?ppe=1130>> Acesso em: 14 jan. 2020.

MOUDEN, S. et al. Integrated pest management in western flower thrips: past, present and future. **Pest management science**, v. 73, n. 5, p. 813-822, 2017.

NGUYEN, V. H. et al. Phytoseiid mites prey effectively on thrips eggs: evidence from predation trials and molecular analyses. **Biological Control**, v. 137, p. 104012, 2019.

RAZZAK, M. A. et al. Predatory mite, *Amblyseius swirskii*, and plastic mulch for managing melon thrips, Thrips palmi, in vegetable crops. **Crop Protection**, v. 126, p. 104916, 2019.

REAY-JONES, F. P. F. et al. Within-plant distribution and dynamics of thrips species (Thysanoptera: Thripidae) in cotton. **Journal of economic entomology**, v. 110, n. 4, p. 1563-1575, 2017.

REIS, P. R.; CHIAVEGATO, L. G.; ALVES, E. B. Biology of *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 27, n. 2, p. 185-191, 1998.

RENKEMA, J. M. et al. Efficacy of insecticides for season-long control of thrips (Thysanoptera: Thripidae) in winter strawberries in Florida. **Crop Protection**, v. 127, p. 104945, 2020.

RILEY, D. G.; ANGELELLA, G. M.; MCPHERSON, R. M. Pine pollen dehiscence relative to thrips population dynamics. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 138, n. 3, p. 223-233, 2011.

ROTENBERG, D. et al. Thrips transmission of tospoviruses. **Current Opinion in Virology**, v. 15, p. 80-89, 2015.

TRICHILO, P. J.; WILSON, L. T.; MACK, T. P. Spatial and temporal dynamics of the threecornered alfalfa hopper (Homoptera: Membracidae) on soybeans. **Environmental entomology**, v. 22, n. 4, p. 802-809, 1993.

WANG, Z. H. et al. Field-evolved resistance to insecticides in the invasive western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) in China. **Pest Management Science**, v. 72, n. 7, p. 1440-1444, 2016.

WILSON, L. T.; GUTIERREZ, A. P.; HOGG, D. B. Within-plant distribution of cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Hübner) on cotton: development of a sampling plan for eggs. **Environmental Entomology**, v. 11, n. 1, p. 251-254, 1982.

ZAVALA, J. A. et al. Soybean resistance to stink bugs (*Nezara viridula* and *Piezodorus guildinii*) increases with exposure to solar UV-B radiation and correlates with isoflavonoid content in pods under field conditions. **Plant, cell & environment**, v. 38, n. 5, p. 920-928, 2015.