

ASTROGILDA BATISTA DO NASCIMENTO

ATIVIDADE INSETICIDA DOS EXTRATOS DE FOLHAS DE MARMELEIRO
(*Croton blanchetianus* Baill.) E DE VELAMINHO (*Croton pulegioidorus* Baill.) NO
MANEJO DE *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (HEMIPTERA: APHIDIDAE), EM
SORGO

SERRA TALHADA
PERNAMBUCO - BRASIL
2023

**N
A
S
C
I
M
E
N
T
O**

**A
B**

**A
T
I
V
I
D
A
D
E
I
N
S
E
T
I
C
I
D
A
D**

·

·

·

2

0

2

3

ASTROGILDA BATISTA DO NASCIMENTO

ATIVIDADE INSETICIDA DOS EXTRATOS DE FOLHAS DE MARMELEIRO
(*Croton blanchetianus* Baill.) E DE VELAMINHO (*Croton pulegioidorus* Baill.) NO
MANEJO DE *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (HEMIPTERA: APHIDIDAE), EM
SORGO

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.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Romero
Ferreira de Oliveira

Co-orientadora: Dra. Cláudia Helena
Cysneiros Matos de Oliveira

SERRA TALHADA
PERNAMBUCO - BRASIL
2023

- N244a Nascimento, Astrogilda
ATIVIDADE INSETICIDA DOS EXTRATOS DE FOLHAS DE MARMELEIRO (*Croton blanchetianus* Baill.) E DE VELAMINHO (*Croton pulegiodorus* Baill.) NO MANEJO DE *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (HEMIPTERA: APHIDIDAE), EM SORGO / Astrogilda Nascimento. - 2023.
54 f. : il.
- Orientador: Carlos Romero Ferreira de .
Coorientador: Claudia Helena Cysneiros Matos de Oliveira.
Inclui referências.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal , Serra Talhada, 2023.
1. Inseticidas botânicos. 2. Controle alternativo. 3. Euphorbiaceae. 4. Manejo de pragas. . I. , Carlos Romero Ferreira de, orient. II. Oliveira, Claudia Helena Cysneiros Matos de, coorient. III. Título

ASTROGILDA BATISTA DO NASCIMENTO

ATIVIDADE INSETICIDA DOS EXTRATOS DE FOLHAS DE MARMELEIRO
(*Croton blanchetianus* Baill.) E DE VELAMINHO (*Croton pulegioidorus* Baill.) NO
MANEJO DE *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (HEMIPTERA: APHIDIDAE), EM
SORGO

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 / 07 / 2023.

Banca Examinadora

Dr. Carlos Romero Ferreira de Oliveira – UAST/UFRPE
Orientador

Dr. Thieres George Freire da Silva – UAST/UFRPE
Examinador Interno

Dra. Célia Siqueira Ferraz – UAST/UFRPE
Examinador Externo

A Deus, e aos meus pais Gilberto Batista e Francisca Valdeny, não existe palavras
suficientes para expressar o quanto sou grata por vocês.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e sabedoria para alcançar mais uma conquista na minha vida;

Aos meus pais, Gilberto Batista e Francisca Valdeny, por todo o esforço dedicado em me proporcionar uma excelente educação. Sua inspiração e apoio foram fundamentais para que eu trilhasse o caminho acadêmico. Quero expressar meu profundo agradecimento e dizer que amo vocês de todo o meu coração.

Ao meu noivo, Edésio Souza, expresso profunda gratidão pelo seu carinho, companheirismo, apoio, compreensão, força e incentivo incondicionais, sempre presentes quando mais necessito;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Romero Ferreira de Oliveira e a minha coorientadora Profa. Dra. Cláudia Helena Cysneiros Matos de Oliveira, por terem acreditado e confiado no meu trabalho, por terem investido, ajudado e contribuído com mais um passo na minha formação acadêmica; vocês foram excelentes comigo, foi através da independência dada por vocês que cresci, não somente profissional, mas também como pessoa, meu muito obrigado;

Agradeço aos membros da banca examinadora Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva e a Prof. Dra. Célia Siqueira Ferraz, por dedicarem tempo à avaliação do meu trabalho e pelas valiosas contribuições. Sua participação foi fundamental para o meu crescimento acadêmico.

Aos meus professores do Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal, que sempre estiveram prontos para me ensinar, ajudar e dar oportunidade de crescer;

Ao secretário Laércio Gomes por ter sido tão prestativo, dedicado, competente, profissional e exemplar;

A Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), a Universidade Federal Rural Pernambuco (UFRPE), e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, por ter me dado a oportunidade de mais um título profissional.

Ao grupo de pesquisa Núcleo de Ecologia em Artrópodes – NEA, meu muito obrigado pelo companheirismo, pelos bons momentos compartilhados, em especial, aos amigos Lucas Monteiro, Janiele Carvalho e Geordan Primo, meu muito obrigado, vocês foram fundamentais nesta reta final.

A Lana Raissa, a agrônoma cearense, obrigada pela sua amizade e suporte, por compartilhar comigo os desafios e conquistas deste percurso; foram verdadeiros pilares que me impulsionaram a superar os obstáculos e alcançar o meu objetivo;

Os meus sinceros agradecimentos àqueles amigos que diretamente e indiretamente contribuíram para esta realização;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pelo apoio financeiro no programa Bolsa de Cooperação Técnica (BCT), concedido durante o desenvolvimento deste projeto, que hoje culmina neste trabalho.

" O verdadeiro sucesso não é sobre ganhar para si mesmo, mas sobre ajudar outros a ter
sucesso."

(Oprah Winfrey)

RESUMO GERAL

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma cultura globalmente cultivada, conhecida por sua versatilidade e tolerância a condições adversas. Além de sua utilização na alimentação e como cultura energética para biocombustíveis, a produção de sorgo enfrenta desafios significativos devido à falta de produtos sintéticos registrados para controlar os danos causados pelo pulgão *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae). O uso do controle alternativo é uma opção eficaz para reduzir a dependência de produtos químicos. Neste sentido, objetivou-se avaliar o potencial inseticida dos extratos aquosos de folhas de marmeleiro (*Croton blanchetianus* Baill) e de velaminho (*Croton pulegioidorus* Baill) sobre *M. sorghi*. No capítulo I, as concentrações letais (CL₅₀ e CL₉₀) dos extratos aquosos de marmeleiro e velaminho, foram estimadas entre as concentrações de 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 35%, 50% e 65% (m/v) sobre *M. sorghi*, para serem utilizados em testes de toxicidade e repelência. A repelência desses extratos vegetais foi avaliada em arenas onde foram liberados 15 adultos de *M. sorghi* sobre a nervura central de cada folha de sorgo (6x8cm) com a parte abaxial voltada para cima, com uma das laterais tratadas com um dos extratos nas concentrações letais, e outra com água destilada. Após 48 horas realizou-se a contagem dos pulgões vivos e mortos em cada folha. O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado (2 espécies x 9 concentrações) e 10 repetições. Os resultados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Houve diferença significativa para os parâmetros avaliados. As concentrações letais obtidas para o extrato de *C. blanchetianus* foram: CL₅₀ = 16,30% e CL₉₀ = 76,11%, e para o extrato de *C. pulegioidorus* foram: CL₅₀ = 10,47% e CL₉₀ = 59,53%. Os extratos aquosos de folhas de *C. blanchetianus* e de *C. pulegioidorus* nas maiores concentrações letais (CL₉₀) apresentaram índices de toxicidade, e ocasionaram mortalidades entre 67,34% e 70,74%, respectivamente, adquirindo classificação toxicológica de moderadamente tóxico, e levemente tóxico apenas para a CL₅₀ de *C. blanchetianus*. No que se refere ao índice de repelência o pulgão *M. sorghi* mostrou-se mais suscetível ao extrato *C. pulegioidorus*, entretanto, de acordo com o intervalo de segurança ambos os extratos obtiveram classificação repelente sobre *M. sorghi*. Em Resumo, o uso de extratos botânicos para o controle de pragas, como os provenientes de *C. blanchetianus* e *C. pulegioidorus*, apresentou resultados promissores no controle a *M. sorghi*. Essa abordagem demonstrou eficiência e mostrou-se uma alternativa viável e mais sustentável em comparação aos produtos químicos sintéticos. Com base nos resultados obtidos, o uso

desses extratos pode se tornar uma importante ferramenta no manejo integrado de pragas no cultivo de sorgo, reduzindo o impacto ambiental e os riscos para a saúde humana. Contudo, é essencial continuar desenvolvendo novas estratégias para aprimorar ainda mais o uso desses biopesticidas na agricultura.

Palavras-chave: Inseticidas botânicos, Controle alternativo, Euphorbiaceae, Manejo de pragas.

GENERAL ABSTRACT

Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) is a globally grown crop known for its versatility and tolerance to adverse conditions. In addition to its use in food and as an energy crop for biofuels, sorghum production faces significant challenges due to the lack of registered synthetic products to control damage caused by the aphid *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae). The use of alternative control is an effective option to reduce dependence on chemicals. In this sense, we aimed to evaluate the insecticidal potential of aqueous extracts of quince leaves (*Croton blanchetianus* Baill) and velaminho (*Croton pulegioidorus* Baill) on *M. sorghi*. In chapter I, the lethal concentrations, LC_{50} and LC_{90} of the aqueous extracts of quince and velaminho, were estimated between concentrations of 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 35%, 50%, and 65% (w/v) on *M. sorghi* to be used in toxicity and repellency tests. The repellency of these plant extracts was evaluated in arenas where 15 adults of *M. sorghi* were released on the central vein of each sorghum leaf (6x8cm) with the abaxial part facing upwards, with one side treated with one of the extracts at the lethal concentrations, and the other with distilled water. After 48 hours, live and dead aphids were counted on each leaf. The statistical design adopted was entirely randomised (2 species x 9 concentrations) and 10 replicates. The results were submitted to analysis of variance and the means were compared by Tukey's test. There was a significant difference for the parameters evaluated. The lethal concentrations obtained for the extract of *C. blanchetianus* were: CL_{50} = 16.30% and CL_{90} = 76.11%, and for the extract of *C. pulegioidorus* were: CL_{50} = 10.47% and CL_{90} = 59.53%. The aqueous extracts of *C. blanchetianus* and *C. pulegioidorus* leaves at the highest lethal concentrations (CL_{90}) showed toxicity indices, and caused mortalities of 67.34% and 70.74%, respectively, acquiring a toxicological classification of moderately toxic, and slightly toxic only for the CL_{50} of *C. blanchetianus*. Regarding the repellency index, *M. sorghi* was more susceptible to the *C. pulegioidorus* extract, moreover, according to the safe range both extracts obtained repellent rating on *M. sorghi*. In summary, the use of botanical extracts for pest control, such as those from *C. blanchetianus* and *C. pulegioidorus*, showed promising results in controlling *M. sorghi*. This approach demonstrated efficiency and proved to be a viable and more sustainable alternative compared to synthetic chemicals. Based on the results obtained, the use of these extracts can become an important tool in the integrated pest management in sorghum cultivation, reducing the environmental impact and risks to

human health. However, it is essential to continue developing new strategies to further enhance the use of these biopesticides in agriculture.

Keywords: Botanical insecticides, Alternative control, Euphorbiaceae, Pest management.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1. (A) Aspecto geral de uma arena de criação e (B) Arena de criação coberta, utilizada na criação do pulgão <i>M. sorghi</i> (HEMIPTERA: APHIDIDAE) em câmara climatizada tipo B.O.D. ($27\pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\pm 5\%$ UR e 12h de fotofase).....	34
Figura 2. (A) Folhas de <i>C. pulegioidorus</i> submetidas ao processo de desinfecção; (B) Extrato em pó seco e (C) Obtenção do extrato aquoso.....	35
Figura 3. (A) Aspecto de uma arena de criação e (B) Aspecto geral do experimento para determinar a toxicidade dos extratos aquosos de folhas de <i>C. blanchetianus</i> e <i>C. pulegioidorus</i> sobre adultos de <i>M. sorghi</i> em sorgo, em laboratório ($27\pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\pm 5\%$ UR e 12h de fotofase)	36
Figura 4. (A) Aspecto de uma das arenas de criação do e (B) Demonstração do experimento para determinar o efeito repelente dos extratos aquosos de folhas de <i>C. blanchetianus</i> e <i>C. pulegioidorus</i> sobre adultos de <i>M. sorghi</i> (Hemiptera: Aphididae) em folhas de sorgo (($27\pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\pm 5\%$ UR e 12h de fotofase).	38
Figura 5. Curva de concentração-mortalidade de <i>M. sorghi</i> sob diferentes concentrações dos extratos aquosos de <i>C. blanchetianus</i> (A) e de <i>C. pulegioidorus</i> (B).....	41

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1. Toxicidade de extratos aquosos de *C. blanchetianus* e *C. pulegiodorus* sobre o pulgão *M. sorghi*, em laboratório (Temperatura $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $70 \pm 5\%$ UR e 12h de fotofase).....39

Tabela 2. Toxicidade, agrupamento toxicológico e efeito repelente da CL_{50} e CL_{90} dos extratos aquosos de folhas de marmeleiro (*C. blanchetianus*) e velaminho (*C. pulegiodorus*) sobre adultos de *M. sorghi* em sorgo forrageiro (*S. bicolor*), em laboratório (Temperatura $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $70 \pm 5\%$ UR e 12h de fotofase).....42

Sumário

1. INTRODUÇÃO	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1. Aspectos gerais sobre a cultura do sorgo	21
2.2. Pulgão do sorgo <i>Melanaphis sorghi</i> (Hemiptera: Aphididae)	22
2.3. Extratos vegetais	23
2.4. Marmeleiro (<i>Croton blanchetianus</i> Baill)	25
2.5. Velaminho (<i>Croton pulegioidorus</i> Baill)	26
2.6. Potencial inseticida de espécies do gênero <i>Croton</i>	27
CAPITULO I – TOXICIDADE E REPELÊNCIA DO EXTRATO AQUOSO DE FOLHAS DE MARMELEIRO (<i>Croton blanchetianus</i>) E VELAMINHO (<i>Croton pulegioidorus</i>) NO CONTROLE DO PULGÃO (<i>Melanaphis sorghi</i>) EM SORGO (<i>Sorghum bicolor</i> L.)	29
1. INTRODUÇÃO	31
2. MATERIAL E MÉTODOS	33
2.1. Criação do pulgão <i>M. sorghi</i>	33
2.2. Preparo do extrato aquoso de folhas de marmeleiro (<i>C. blanchetianus</i>) e velaminho (<i>C. pulegioidorus</i>).	34
2.3. Avaliação da toxicidade e estimativa da CL ₅₀ e CL ₉₀ do extrato aquoso de folhas marmeleiro (<i>C. blanchetianus</i>) e velaminho (<i>C. pulegioidorus</i>) sobre <i>M. sorghi</i>	35
2.4- Efeito repelente da CL ₅₀ e CL ₉₀ do extrato aquoso marmeleiro (<i>C. blanchetianus</i>) e velaminho (<i>C. pulegioidorus</i>) sobre <i>M. sorghi</i>	36
2.4. Análise estatística	38
3. RESULTADOS	38
3.1. Toxidade dos extratos aquosos sobre adultos de <i>M. sorghi</i>	38
3.2. Efeito repelente dos extratos aquosos sobre adultos de <i>M. sorghi</i>	41
4. DISCUSSÃO	42
4.1. Extratos aquosos de <i>C. pulegioidorus</i> e de <i>C. blanchetianus</i> promovem mortalidade em <i>M. sorghi</i>	42
4.2. Extratos aquosos de <i>C. pulegioidorus</i> e de <i>C. blanchetianus</i> promovem repelência em <i>M. sorghi</i>	45
5. CONCLUSÕES	45
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a produção de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) tem se destacado como uma atividade agrícola de extrema relevância no Brasil. Dados do levantamento de safras realizado pela CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) revelam um crescimento significativo, com a produção de sorgo atingindo a marca de 3,6 milhões de toneladas na safra 2022/2023, um aumento impressionante de 49,5% em relação à safra anterior (EMBRAPA, 2023). Além disso, o estudo aponta um aumento na produtividade para 3.165 quilos por hectare, representando um incremento de 15% em comparação com a safra anterior. O sorgo é predominantemente cultivado durante a segunda safra (cultura plantada após a colheita da primeira safra, conhecida como safrinha), devido à sua maior resistência à escassez de chuvas e à capacidade de tolerar temperaturas mais elevadas (USDA, 2022). De acordo com a CONAB (2023), a área total de cultivo no país é de 1,03 milhão de hectares, o que representa um crescimento notável de 19,4% em relação à safra anterior. Esses números refletem o potencial do Brasil como produtor de sorgo e evidenciam a importância dessa cultura agrícola no cenário nacional.

A utilização do sorgo é multivariada e como fonte de alimentação animal suas variedades forrageiras são usadas como pasto verde, silagem ou feno para o gado, especialmente em regiões com restrições de água (PURCINO *et al.*, 2011; SOLANO *et al.*, 2017). Consiste em uma planta típica de clima quente, de características xerófilas, que além da sua baixa exigência em termos de riqueza mineral do solo, apresenta tolerância/resistência aos fatores abióticos, tais como: estresse hídrico, salinidade e encharcamento (SIMPLÍCIO *et al.*, 1999; TABOSA *et al.*, 2002). Em termos de utilização na alimentação humana, as sementes de sorgo podem ser moídas em farinha e usadas para fazer pães, bolos, biscoitos e outros produtos de panificação. Em algumas regiões, também são usadas na produção de bebidas alcoólicas, como cerveja e destilados (VILELA *et al.*, 2017). Além disso, outra aplicação significativa do sorgo está na produção de biocombustíveis (SOLANO *et al.*, 2017). O sorgo doce, uma variedade especial cultivada para esse fim, possui alto teor de sacarose em seus colmos, o que o torna adequado para a produção de etanol (PURCINO *et al.*, 2011; CARRILO *et al.*, 2014; SOLANO *et al.*, 2017).

Uma das características observáveis do sorgo é sua resistência a condições adversas, como seca, calor e solos pobres (SIMPLÍCIO *et al.*, 1999; TABOSA *et al.*, 2002; SILVA, 2006). Esse tipo de cereal possui um sistema radicular profundo e é capaz

de extrair água e nutrientes de camadas mais profundas do solo (SILVA *et al.*, 2017). Essa adaptabilidade torna o sorgo uma cultura valiosa em regiões onde outros cereais têm dificuldade de crescimento (VILELA *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2017). Neste sentido, é uma cultura que pode ser adequadamente ajustada como alternativa ou estratégia para os diferentes ambientes agroecológicos do semiárido brasileiro, fator que interfere no desenvolvimento da maioria das plantas forrageiras e produtoras de grãos, principalmente nas regiões áridas e semiáridas do Brasil (VILELA *et al.*, 2017). No entanto, assim como outras culturas agrícolas, o sorgo também está sujeito a ataques de pragas que podem causar danos significativos à produção. Na fase inicial do cultivo os insetos-praga atacam sementes, raízes e plântulas, e a base do colmo, enquanto na fase vegetativa atacam folhas e colmos, sendo que o ataque às panículas causa danos aos grãos e panículas (MENDES *et al.*, 2020).

Dentre as principais pragas que atacam a cultura do sorgo, o pulgão *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (NIBOUCHE *et al.*, 2021), é o principal inseto-praga que vem causando sérios prejuízos à cultura, devido à alta infestação atípica somada à ausência de defensivos registrados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (MENDES *et al.*, 2019; MENDES *et al.*, 2019; HARRIS-SHULTZ *et al.*, 2022). O pulgão *M. sorghi* possui coloração amarelada e apêndices escuros, se alimenta sugando a seiva, principalmente na face abaxial, e a infestação inicia-se nas folhas mais velhas e progride em direção às mais jovens, seguindo um padrão de infestação ascendente (MENDES *et al.*, 2014; BOWLING *et al.*, 2016; MENDES *et al.*, 2019). A sucção contínua os faz excretar grandes quantidades de substâncias adocicadas, chamadas de *honeydew* (melado), onde se desenvolve um fungo, geralmente do gênero *Capnodium*, que conferem às folhas um aspecto escuro (fumagina), impedindo a realização da fotossíntese, resultando no amarelecimento e secamento foliar (MENDES *et al.*, 2019; SAMPAIO *et al.*, 2022). Além disso, pode haver um comprometimento total ou parcial da produção de grãos, devido ao depauperamento da planta provocado pela alta infestação ou pela infecção precoce de viroses que essa praga é capaz de transmitir para a cultura do sorgo (MENDES *et al.*, 2019).

O controle do *M. sorghi* é realizado através de inseticidas sintéticos, sem especificidade alguma, os quais são produtos químicos que em sua maioria são utilizados para controle de outros afídeos. Sabe-se que para minimizar os impactos causados por esta praga, são usados segundo Lytle e Huseth, (2021), inseticidas como flupiradifurona

(Sivanto Prime, Bayer CropScience, Research Triangle Park, NC, EUA) e sulfloxaflor (Transform, Corteva Agriscience, Indianápolis, IN), que tem sido considerados eficazes para o seu controle (LAHIRI *et al.*, 2021; PEKARCIK e JACOBSON, 2021).

Esses produtos segundo Morais (2016), contêm princípios ativos com propriedades específicas que afetam os sistemas biológicos das pragas, como o sistema nervoso, a respiração celular ou a muda dos insetos. Alguns dos principais princípios ativos encontrados em produtos sintéticos incluem o Imidacloprido, que é um neonicotinoide amplamente utilizado para combater insetos sugadores, como pulgões; a Bifentrina, um piretroide sintético eficaz contra diversas pragas de insetos e ácaros; o Mancozebe, um fungicida cúprico que age como protetor das plantas contra doenças fúngicas; a Azoxistrobina, um fungicida estrobilurina que inibe a respiração celular dos fungos; e a Deltametrina, um piretroide sintético que tem ação inseticida e acaricida (LACERDA *et al.*, (2022); VIEIRA, 2022). No entanto, isto é preocupante, pois o uso excessivo de inseticidas pouco específicos e de forma indiscriminada pode desencadear problemas significativos. O acúmulo de resíduos de pesticidas nos produtos agrícolas pode representar riscos para a saúde humana e ambiental. Além disso, a dependência de produtos químicos pode levar ao desenvolvimento de resistência por parte das pragas, incluindo os pulgões (SANTOS *et al.*, 2013; MENDES *et al.*, 2014;). Com o tempo, as populações de pulgões podem adquirir resistência aos pesticidas utilizados repetidamente, tornando esses produtos menos eficazes no controle da praga (BALDWIN *et al.*, 2001). Nesse contexto é crescente a busca por métodos alternativos de controle visando a redução da dependência de produtos sintéticos, e por soluções mais equilibradas e integradas para o manejo de pragas, como, por exemplo, os extratos vegetais que são substâncias obtidas a partir de plantas que possuem propriedades inseticidas ativas.

O uso de extratos vegetais como inseticidas tem despertado interesse crescente devido à busca por alternativas aos inseticidas sintéticos no controle de pragas (BANDEIRA *et al.*, 2017). Esses extratos são obtidos a partir de diferentes partes das plantas, como folhas, caules, raízes e sementes, e contêm compostos bioativos que apresentam propriedades inseticidas (RIBEIRO, 2006). Entre os compostos mais comuns encontrados nos extratos vegetais com potencial inseticida estão alcalóides, flavonóides, terpenóides e fenóis (MENDES *et al.*, 2019; BORÉM *et al.*, 2014). Esses compostos podem agir de diferentes maneiras no controle de pragas, incluindo repelência, toxicidade direta, inibição do desenvolvimento e interferência no comportamento dos insetos (SANS

et al., 2003; MACHADO, 2014). Além disso, também podem afetar o ciclo de vida dos insetos, a eclosão dos ovos, o crescimento larval e a reprodução dos adultos, dentre outros (SANTOS *et al.*, 2013). Segundo Oliveira (2016), a toxicidade é a capacidade inerente de uma substância química produzir um efeito nocivo após interação com um organismo vivo. Já a repelência segundo Tonaco (2017), é a condição ou característica do que é repelente, ou seja, que causa repulsão ou mantém o organismo afastado.

No entanto, apesar do potencial promissor, é necessário realizar estudos adicionais para aprofundar o conhecimento sobre os mecanismos de ação dos extratos vegetais, a sua toxicidade em relação a organismos benéficos e a sua estabilidade e persistência no ambiente. Essas propriedades múltiplas podem ajudar no manejo integrado de pragas, contribuindo para a redução do uso de pesticidas químicos e para a promoção de práticas agrícolas mais sustentáveis.

Até o momento não existem estudos que tenham avaliado as propriedades do extrato aquoso de folhas do *C. pulegiodorus* em insetos-praga, no entanto, Achimón *et al.*, (2022) explorou a toxicidade de contato do óleo essencial contra o gorgulho-do-milho (*Sitophilus zeamais*), e foi constatado que dentre as espécies estudadas, *C. pulegiodorus*, possui potencial para ser utilizado como bioinseticida contra *S. zeamais*. Obtendo o mesmo efeito Silva *et al.*, (2019), ao estudar o óleo essencial extraído das folhas, sobre oito populações de *S. zeamais*, verificou-se o efeito fumigante ocasionando mortalidade em todas as populações utilizadas. No que se diz respeito ao *C. blanchetianus*, Xavier *et al.* (2015), ao avaliarem o efeito repelente e a toxicidade do extrato aquoso sobre o ácaro *Tetranychus bastosi* Tutler, Baker & Sales associado à cultura do pinhão- manso (*Jatropha curcas* L), observaram efeito tóxico e repelente, para as fêmeas *T. bastosi*, principalmente em concentrações maiores. É altamente provável que os compostos identificados na planta tenham desempenhado um papel decisivo na taxa de mortalidade observada, fornecendo evidências sólidas de que, de maneira análoga a outras espécies pertencentes ao gênero *Croton*, tanto *C. blanchetianus* quanto *C. pulegiodorus* podem ser considerados agentes potencialmente eficazes no controle do pulgão *M. sorghi*.

Diante da necessidade de reduzir a dependência dos pesticidas químicos e promover a sustentabilidade na agricultura, a adoção de métodos alternativos de controle de pragas surge como uma estratégia eficaz e promissora. Logo, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial inseticida do extrato aquoso de *C. blanchetianus* Baill e de *C. pulegiodorus* Baill no controle de populações do pulgão *M. sorghi* na cultura do sorgo

(*Sorghum bicolor*). No capítulo 1 foi analisada a toxicidade e a repelência dos extratos aquosos de folhas de *C. blanchetianus* Baill e de *C. pulegioidorus* sobre o pulgão *M. sorghi*.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Aspectos gerais sobre a cultura do sorgo

O sorgo *S. bicolor* (L.) Moench é o quinto cereal mais importante no mundo em área cultivada, e o Brasil situa-se entre os dez maiores países produtores de grãos de sorgo (COSTA, 2022). Sua origem remonta a milhares de anos, e acredita-se que tenha se originado na região africana do Sahel, que abrange partes da África Subsaariana (ALMEIDA; 2019). O sorgo é uma planta herbácea anual que pertence à família Poaceae, apresenta porte alto, com altura média entre 2 e 3 metros, caule rígido, folhas longas e estreitas, e inflorescências do tipo panícula (RIBAS *et al.*, 2014; GOMES; 2014). Os grãos de sorgo são pequenos e podem ter diferentes cores incluindo branco, vermelho, marrom e preto (RIBAS *et al.*, 2014).

Na região Nordeste do Brasil, onde os desafios climáticos são significativos, o cultivo do sorgo tem se mostrado uma alternativa promissora para diversificar a produção agrícola e garantir a sustentabilidade dos sistemas produtivos (ÁVILA, 2018). Além de contribuir para a segurança alimentar e a geração de renda, o sorgo também desempenha um papel importante na conservação do solo e dos recursos hídricos, uma vez que sua tolerância à seca reduz a necessidade de irrigação intensiva (TABOSA *et al.*, 2002; MONTEIRO *et al.*, 2004).

O sorgo pode ser classificado de acordo com às características agronômicas: granífero (porte baixo, utilizado na colheita mecânica); silageiro (porte alto, adaptado para a produção de silagem); sacarino (adaptado para a produção de etanol e açúcar); corte e pastejo (utilizado para pastejo extensivo ou corte fresco); vassoura (panículas utilizadas como vassouras) (DOGETT, 1988; BENNETT *et al.*, 1990; BORÉM *et al.*, 2014).

O sorgo tem um ciclo de crescimento relativamente rápido em comparação com outras culturas, o que significa que pode ser colhido em um período de tempo mais curto. Isso permite que os agricultores cultivem em rotação de culturas e obtenham colheitas mais frequentes (BORÉM *et al.*, 2014). No entanto, o sorgo está sujeito a uma série de pragas que podem afetar seu crescimento, produtividade e qualidade. As principais pragas

que podem atacar o sorgo são a Broca-do-colmo *Diatraea spp.* (Lepidoptera), a Lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera), Cigarrinhas *Dalbulus spp.* (Hemiptera), Gafanhotos (Orthoptera), Tripes (Thysanoptera), diversos pulgões (Hemiptera), como o pulgão-do-milho *Rhopalosiphum maidis*, e com grande relevância o pulgão-amarelo *Melanaphis sorghi* (SANTOS *et al.*, 2013).

2.2.Pulgão do sorgo *Melanaphis sorghi* (Hemiptera: Aphididae)

O *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae), pulgão do sorgo ou pulgão amarelo do sorgo, assim como é chamado, diferencia-se do pulgão *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897), através de análise genética, mas também por caracteres morfológicos ainda que de forma mais difícil (NIBOUCHE *et al.*, 2021). Apresenta-se como uma praga-chave da cultura do sorgo, por ocasionar grandes prejuízos econômicos (SOUSA *et al.*, 2021; MENDES *et al.*, 2021; NIBOUCHE *et al.*, 2021), sendo considerado forte ameaça à cultura no Brasil, África, Ásia, Austrália, (SINGH *et al.*, 2004), México, Porto Rico e Estados Unidos (NIBOUCHE *et al.*, 2018). Afídeo de tamanho milimétrico, de coloração amarelada, apresenta sifúnculos e extremidades dos tarsos pretas, diferenciando-se de outras espécies de afídeos que infestam as Poaceae (CARRANZA *et al.*, 2017; VALVERDE, 2018; NIBOUCHE *et al.*, 2021).

Segundo Fernandes (2021), o *M. sorghi* ocorre em todo o desenvolvimento da cultura do sorgo, e sua infestação pode variar de moderada a severa, dependendo do estágio em que a infestação começou, já que este inseto se reproduz por meio de partenogênese telítica, em que fêmeas dão origens a outras fêmeas. Em condições favoráveis (27°C), podem gerar de 34 a 96 descendentes; na fase imatura passa por quatro estádios de ninfa, que duram entre 4 e 12 dias, dependendo das temperaturas em que se encontra; possui sobrevivência média de 22 a 24 dias; adultos vivem em média 10 a 28 dias, (BOWLING *et al.*, 2016; MENDES *et al.*, 2021; SOUSA *et al.*, 2021; OLABIMPE *et al.*, 2021).

Os pulgões, inicialmente, se alojam na face abaxial das folhas inferiores, alimentando-se da seiva da planta. À medida que a infestação progride, eles avançam para as folhas superiores, podendo até atingir a panícula e prejudicar o processo de polinização dos grãos (VAN DEN BERG *et al.*, 2001; MENDES *et al.*, 2019). Em casos de infestações intensas, as folhas podem secar, resultando até mesmo na morte da planta. Além disso, esses insetos excretam uma substância açucarada conhecida como mela (*honeydew*), que serve de substrato para o desenvolvimento de fungos causadores da

fumagina. A fumagina cobre as folhas com uma coloração escura, prejudicando a realização da fotossíntese pela planta e reduzindo a absorção de nutrientes (MENDES *et al.*, 2021). Geralmente nas lavouras de sorgo há uma maior incidência do pulgão no final do estágio vegetativo e início do reprodutivo, sendo necessária a realização de várias aplicações com inseticidas foliares não específicos durante o ciclo da cultura, em busca de controle dessa praga (SOUSA *et al.*, 2021).

Os pulgões são ápteros, mas quando as colônias se tornam muito grandes, ocorre a formação de indivíduos alados. Essa mudança está relacionada à necessidade de dispersão devido à superpopulação e/ou à baixa qualidade nutricional no hospedeiro (VALVERDE, 2018). Desta forma, se faz necessário buscar novas formas de controle para o pulgão *M. sorghi* devido aos impactos negativos que essa espécie de afídeo vem ocasionando na cultura do sorgo. Buscar alternativas de controle, como o uso de agentes biológicos, métodos culturais ou tecnologias inovadoras, pode ajudar a reduzir a dependência de pesticidas químicos e minimizar os danos causados pelo *M. sorghi*.

2.3.Extratos vegetais

A utilização de plantas e derivados como inseticidas remonta a tempos antigos e continua sendo uma prática relevante nos dias de hoje. No início do século XX, o controle de insetos por meio de plantas era amplamente adotado, especialmente em regiões tropicais (KRINSKI *et al.*, 2014). Atualmente, mais de 2.000 espécies vegetais são reconhecidas por seu potencial inseticida, e os produtos derivados dessas plantas apresentam uma ampla diversidade de compostos que exercem diversas ações, incluindo a atração e repelência de insetos-alvo, inibição da oviposição e alimentação, alterações morfológicas, esterilização de adultos e mortalidade nas fases imaturas e adultas (GALLO *et al.*, 2002; KRINSKI *et al.*, 2014). Essa variedade de mecanismos de ação demonstra a complexidade dos compostos presentes nas plantas e a potencial eficácia dessas substâncias no controle de insetos (MACHADO, 2014; KORTBEEK *et al.*, 2019).

O uso de inseticidas sintéticos tem sido amplamente adotado para o controle insetos-praga, no entanto, os impactos negativos desses produtos na saúde humana e no ecossistema têm despertado a busca por alternativas mais seguras e sustentáveis (SOUZA, 2004). Nesse contexto, os extratos vegetais têm se destacado como uma fonte promissora de inseticidas naturais, devido à presença de compostos bioativos que podem afetar o comportamento e a fisiologia dos insetos-alvo (GARCÍA e CARRIL, 2009; RASKIN *et al.*, 2002). Os extratos vegetais contêm uma ampla variedade de compostos secundários,

tais como alcalóides, terpenóides, flavonóides, fenóis e compostos voláteis, que apresentam propriedades inseticidas (SANTOS *et al.*, 2013). Essas substâncias podem atuar em diferentes estágios do ciclo de vida dos insetos, e inibir a alimentação, o crescimento, o desenvolvimento e a reprodução (MACHADO, 2014).

Os extratos vegetais com potencial inseticida podem atuar por meio de diversos mecanismos de ação. Alguns compostos podem afetar diretamente o sistema nervoso dos insetos, interferindo na transmissão dos impulsos nervosos ou na função dos receptores neuronais (SANTOS *et al.*, 2013). Isso se deve ao fato de as plantas, normalmente apresentarem em sua composição química, metabólitos primários e secundários. O metabolismo primário é importante para o desenvolvimento de toda a planta, estando presente em todas as células vegetais. Já, o metabolismo secundário é utilizado pelas plantas como forma de proteção aos microrganismos, insetos e outros artrópodes fitófagos (LUCAS *et al.*, 2000; TAN *et al.*, 2019). Outros compostos podem interferir na atividade enzimática dos insetos, inibindo enzimas essenciais para processos metabólicos vitais. Além disso, os extratos vegetais também podem causar danos físicos às estruturas dos insetos ou interferir em seus sistemas de defesa antioxidante (KHAN *et al.*, 2017; SOSA *et al.*, 2019).

De acordo com Jacobson (1989), as espécies das famílias Labiatae, Rutaceae, Mirtaceae, Myristicaceae, Umbeliferae, Pinaceae, Lauraceae, Araceae, Chenopodiaceae, Gramineae, Meliaceae, Asteraceae e Canellaceae, são consideradas com potencial inseticida, pois destacam-se na produção de compostos secundários. Desta forma é crescente as pesquisas de novos produtos alternativos que possam ser utilizados no controle de insetos.

O emprego de vegetais e de produtos preparados a partir de seus constituintes, tais como extratos e óleos essenciais, contra insetos em geral, têm aumentado nos países industrializados, inclusive no Brasil, principalmente pelo fato de o País possuir uma flora rica e diversa (JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO, 2020; FERNANDEZ *et al.*, 2020). Ao observar os dados de literatura envolvendo publicações que utilizaram plantas inseticidas, percebe-se o quanto é vasta esta abordagem e pode-se observar a eficácia destes produtos como alternativa de controle de insetos (MACHADO, 2014). Além do mais, por apresentarem compostos biodegradáveis e produtos não tóxicos, são potencialmente adequados para utilização no manejo de pragas. Freitas *et al* (2020), evidenciaram a presença de um teor significativo de flavanóides no extrato bruto das

folhas de *C. blanchetianus*. Estudos anteriores demonstraram que o extrato etanólico das folhas possui atividade antioxidante, atribuída a compostos fenólicos, presente em grande escala nessa parte da planta (AQUINO *et al.*, 2017). Castro *et al.* (2019), avaliaram a atividade acaricida do óleo volátil de *C. pulegiodorus* contra o carrapato *Rhipicephalus microplus*, em que constataram a eficácia contra larvas e fêmeas ingurgitadas de *R. microplus*, comprovando a possível utilização para formulação de acaricida, pois dentre os tratamentos avaliados o *C. pulegiodorus* demonstrou-se maior atividade acaricida. Os estudos destacam a riqueza de compostos fenólicos, como os flavonóides, nas folhas de *C. blanchetianus* e de *C. pulegiodorus*. Essas descobertas ressaltam a importância dessas plantas como fontes promissoras de compostos bioativos e soluções naturais para enfrentar os desafios na agricultura quanto ao uso de produtos não específicos.

2.4.Marmeleiro (*Croton blanchetianus* Baill)

O Gênero *Croton* é o segundo maior da família Euphorbiaceae pertencente à subfamília Crotonoideae, que consiste de cerca de 2400 espécies agrupadas em 67 gêneros e 12 tribos. O *Croton* possui cerca de 1200 espécies, agrupadas em 40 seções, que apresentam distribuição pantropical, com maior predominância nas Américas. O Brasil é o país da América do Sul com o maior número de espécies, aproximadamente (LIMA; PIRANI, 2008). No Nordeste a maioria das espécies deste gênero é conhecida popularmente como marmeleiros, canelas e velames (SILVEIRA, 1976).

Este gênero possui um perfil químico diverso com metabólitos secundários que incluem terpenóides (monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, triterpenóides), esteróides, alcalóides e outros compostos fenólicos, além de potencial econômico significativo, tornando-o uma fonte potencial de estudos sobre compostos naturais bioativos (DÓRIA *et al.*, 2010; ALMEIDA *et al.*, 2013; XU; LIU; LIANG, 2018). Desta forma, suas espécies são conhecidas por apresentar atividades inseticida, larvicida, antimalárica, antimicrobiana, antiulcerogênica, anti-helmíntica, moluscicida, antiinflamatória e antineoplásica comprovadas (DORIA *et al.*, 2010; LOPES *et al.*, 2012; RAMOS *et al.*, 2013; COELHO-DE-SOUZA *et al.*, 2013; OBEY *et al.*, 2016; CARVALHO *et al.*, 2016; ARAÚJO *et al.*, 2017; ALENCAR FILHO *et al.*, 2017; XU; LIU; LIANG, 2018).

O *Croton blanchetianus* Baill., (Figura 1) conhecida como marmeleiro preto é uma planta anual de porte arbustivo, podendo chegar à pequena árvore, raramente passando dos 6 m de altura. Planta bastante ramificada, com folhas simples, pilosas e

aromáticas, apresenta flores pequenas e brancas dispostas nas extremidades dos ramos, formando espigas terminais. Seus frutos são do tipo cápsula, contendo sementes oleaginosas. É conhecida popularmente como marmeleiro preto ou simplesmente marmeleiro, sendo uma planta endêmica do Brasil com ocorrência nos Estados do Nordeste, exceto no Maranhão (GOMES, 2006). Durante o período de estiagem perde todas as suas folhas, porém no período de chuvas, imediatamente rebrota e se desenvolve, formando densa e extensa cobertura vegetal, com aroma característico, agradável e peculiar da Caatinga (SILVEIRA; PESSOA, 2005). A nomenclatura dessa espécie foi reajustada de *C. sonderianus* para *C. blanchetianus* (GOVAERT *et al.*, 2000).



Figura 1. (A) Aspecto botânico da espécie coletada de *C. blanchetianus* Baill, com detalhes nas folhas e (B) parte de início de emissão de suas inflorescências.

2.5. Velaminho (*Croton pulegioides* Baill)

O *Croton pulegioides* Baill, é uma espécie popularmente conhecida por velame-rasteiro ou velaminho, podendo ser encontrada no Nordeste brasileiro e se apresenta como subarbusto, tendo entre 0,3-1,0 metros de altura. Exala um odor característico devido a presença de ácido caprílico ou octanóico que possui características bactericida e antifúngica (SILVA, 2006; KIM; RHEE, 2016; CARUZO *et al.*, 2020). Devido o óleo essencial apresentar componentes químicos secundários, ação antitumoral, antimicótico, antibacteriano, anticarrapaticida e inseticida (CARVALHO *et al.*, 2022), surge cada vez

mais o interesse em realizar estudos comparativos sobre a composição química, a atividade inseticida e o efeito sinérgico de seus óleos essenciais contra insetos-praga de interesse agrícola.

Pouco se sabe sobre a ação inseticida do velaminho quanto ao seu uso na forma de extrato vegetal aquoso, obtido por parte das suas folhas. Contudo trata-se de uma espécie com componentes químicos secundários já comprovados, tendo em vista que quando utilizado o seu óleo essencial, foram observados resultados importantes. Segundo Castro *et al.* (2019), que avaliaram a ação carrapaticida do óleo essencial de folhas de duas espécies de *Croton*, *C. pulegioidorus* apresentou os melhores resultados contra larvas e fêmeas ingurgitadas de *Rhipicephalus microplus*, com composição rica em p-cimeno (23,13%) e ascaridol (22,5%). Dessa forma, surge a necessidade de mais estudos sobre essa espécie, devido aos seus componentes presentes e sua potencial atividade inseticida.



Figura 2. (A) Aspecto botânico de *C. pulegioidorus* Baill. (B) com detalhes das folhas e inflorescências. Fonte: (FERRAZ, 2016; SANTOS, 2018).

2.6. Potencial inseticida de espécies do gênero *Croton*

Melo *et al.* (2015) avaliaram a atividade repelente e os efeitos de pós das folhas e caules de 9 espécies vegetais da Caatinga, incluindo *Amburana 27earenses* A. C. Smith (“cumaru”) (Fabales: Fabaceae), *Croton sonderianus* Mull. (“marmeleiro preto”) (Malpighiales: Euphorbiaceae), *Cleome spinosa* Jacq. (“mussambê”) (Capparales: Cleomaceae), *Mimosa tenuiflora* Benth. (“jurema-preta”) (Fabales: Fabaceae), *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan (“angico-vermelho”) (Fabales: Fabaceae), *Aspidosperma pyrifolium* Mart. (“Alfazema-Brava”) (Lamiales: Lamiaceae) e *Ziziphus joazeiro* Mart (Rosales: Rhamnaceae) sobre a longevidade do gorgulho-do-

feijão-caupi, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). Os autores observaram que todos os pós vegetais foram fortemente repelentes às fêmeas do inseto, sendo que em teste de livre escolha as fêmeas preferiram feijão não-tratado com variação de 77% a 94%, e foram significativamente maiores do que as fêmeas que preferiram o feijão tratado com pó foliar. Em relação aos pós do caule, as espécies vegetais *C. sonderianus*, *C. spinosa*, *H. suaveolens* e *Z. joazeiro* apresentaram maiores níveis de repelência.

Santos *et al.* (2019), ao avaliarem a toxicidade de contato do óleo essencial de *C. pulegioidorus* sobre 6 populações de *Sitophilus zeamais* Motschulsky, observaram grandes variações nas concentrações letais estimadas de CL₅₀ (4,21 µL/20g de milho a 6,02 µL/20g de milho) e de CL₉₀ (6,67 µL/20g de milho a 10,55 µL/20g de milho), entre as populações estudadas. Os autores observaram que a população de Serra Talhada – PE foi considerada padrão de susceptibilidade ao óleo essencial de *C. pulegioidorus* enquanto a de Espírito Santo do Pinhal – SP foi a mais tolerante. Resultados como esse mostram que o uso de concentrações letais menores pode ajudar a minimizar o desenvolvimento de resistência uma vez que as pragas são menos propensas a desenvolver mecanismos de defesa contra níveis mais baixos de compostos.

Silva *et al.* (2020), avaliaram a toxicidade, por contato, a taxa de oviposição e a emergência de *C. maculatus* em grãos de feijão-caupi tratados com o óleo essencial de *Croton blanchetianus*. As concentrações letais obtidas do óleo essencial de *C. blanchetianus* sobre este coleóptero foram 7,14 µL/20g (CL₅₀) e 14,85 µL/20g (CL₉₀), respectivamente. Sobre a mortalidade, a CL₅₀ ocasionou mortalidade superior a 50%, observando-se também uma redução na quantidade de ovos (16,67 a 95,52%), nas concentrações utilizadas, em comparação aos valores da testemunha. Esses resultados demonstram a atividade inseticida da espécie estudada.

CAPITULO I – TOXICIDADE E REPELÊNCIA DO EXTRATO AQUOSO DE FOLHAS DE MARMELEIRO (*Croton blanchetianus*) E VELAMINHO (*Croton pulegiodorus*) NO CONTROLE DO PULGÃO (*Melanaphis sorghi*) EM SORGO (*Sorghum bicolor* L.)

RESUMO

O principal impacto causado pelo pulgão-do-sorgo, *Melanaphis sorghi* Theobald, (Hemiptera: Aphididae), é a redução na produtividade das culturas de sorgo. Além disso, os pulgões podem transmitir doenças e vírus para as plantas, comprometendo ainda mais a saúde e produtividade das culturas. O presente estudo teve por objetivo avaliar a toxicidade e o efeito repelente dos extratos aquosos de folhas de marmeleiro (*Croton blanchetianus* Baill) e de velaminho (*Croton pulegiodorus* Baill) sobre adultos de *M. sorghi*. Foi avaliada a toxicidade dos extratos aquosos de ambas as espécies nas concentrações de 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 35%, 50%, e 65% sobre o pulgão, sendo determinadas as concentrações letais (CL₅₀ e CL₉₀) dos extratos. Avaliou-se o potencial inseticida dos extratos sobre 15 pulgões adultos de *M. sorghi*, em arenas compostas por folhas de sorgo tratadas com os tratamentos: T1= CL₅₀ do marmeleiro; T2 = CL₉₀ do marmeleiro; T3= CL₅₀ do velaminho; T4= CL₉₀ do velaminho e T5= água destilada. O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado, em 10 repetições. Para o teste de repelência foram liberados 15 adultos de *M. sorghi* sobre a nervura central de cada folha de sorgo (6 x 8cm), com uma das laterais da folha tratada com um dos extratos nas concentrações letais e outro com água destilada, com a parte abaxial voltada para cima, de acordo com os tratamentos T1= CL₅₀ do marmeleiro x testemunha; T2 = CL₉₀ do marmeleiro x testemunha; T3= CL₅₀ do velaminho x testemunha; T4= CL₉₀ do velaminho x testemunha, em 10 repetições. Após 48 horas realizou-se a contagem dos pulgões atraídos pelo tratamento ou pela testemunha. No que diz respeito a toxicidade, os extratos aquosos de marmeleiro e de velaminho induziram a mortalidade de *M. sorghi* em todas as concentrações letais testadas, com variação de 57±88% a 60±95% para *C. blanchetianus* e *C. pulegiodorus*, respectivamente. Mortalidades superiores (88±95%) foram obtidas quando utilizadas as CL₉₀ dos extratos. Ambos os extratos apresentaram repelência ao pulgão em todas as concentrações utilizadas, sendo considerados, pelo agrupamento toxicológico, moderadamente ou levemente tóxicos. Os resultados indicam que os extratos aquosos de marmeleiro e velaminho podem ser indicados para o manejo do pulgão *M. sorghi* no sorgo.

Palavras – chave: Plantas inseticidas, extratos vegetais, controle alternativo, Euphorbiaceae, Aphididae.

CHAPTER I - TOXICITY AND REPELLENCE OF AQUEOUS EXTRACTS OF MARMELEIRO (*Croton blanchetianus*) AND VELAMINHO (*Croton pulegioidorus*) LEAVES IN THE CONTROL OF APHID (*Melanaphis sorghi*) ON SORGHUM (*Sorghum bicolor* L.)

ABSTRACT

The primary impact of the sorghum aphid, *Melanaphis sorghi* Theobald, (Hemiptera: Aphididae), is a reduction in sorghum crop productivity. In addition, aphids can transmit diseases and viruses to plants, further reducing crop health and productivity. The objective of this study was to evaluate the toxicity and repellent effect of aqueous extracts of quince leaves (*Croton blanchetianus* Baill) and velaminho leaves (*Croton pulegioidorus* Baill) on adult *M. sorghi*. The toxicity of aqueous extracts of both species at concentrations of 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 35%, 50% and 65% on the aphid was evaluated and the lethal concentrations (LC₅₀ and LC₉₀) of the extracts were determined. The insecticidal potential of the extracts was evaluated on 15 adult aphids of *M. sorghi* in arenas composed of sorghum leaves treated with the treatments: T1= CL₅₀ of quince; T2= CL₉₀ of quince; T3= CL₅₀ of velaminho; T4= CL₉₀ of velaminho and T5= distilled water. The statistical design was completely randomized, with ten replications. In the repellency test, 15 adult *M. sorghi* were released on the central vein of each sorghum leaf (6 x 8 cm), with one side of the leaf treated with one of the extracts at the lethal concentrations and the other with distilled water, abaxial side up, according to the treatments T1= CL₅₀ of quince x control; T2= CL₉₀ of quince x control; T3= CL₅₀ of witch hazel x control; T4= CL₉₀ of witch hazel x control, in 10 replicates. After 48 hours, the aphids attracted by the treatment or control were counted. In terms of toxicity, the aqueous extracts of quince and witch hazel induced mortality in *M. sorghi* at all the lethal concentrations tested, ranging from 57±88% to 60±95% for *C. blanchetianus* and *C. pulegioidorus*, respectively. Higher mortalities (88±95%) were obtained using the CL₉₀ of the extracts. Both extracts were repellent to aphids at all concentrations used and were considered moderately or slightly toxic by the toxicological grouping. The results indicate that the aqueous extracts of quince and velaminho may be indicated for the management of *M. sorghi* aphid on sorghum.

Key-words: Insecticidal plants, plant extracts, alternative control, Euphorbiaceae, Aphididae.

1. INTRODUÇÃO

Os agrotóxicos são substâncias químicas sintéticas desenvolvidas para proteger os produtos agrícolas contra a ação, principalmente, de insetos - praga. No entanto, quando utilizados de forma inadequada, esses produtos podem representar riscos significativos como a presença de altos níveis de resíduos tóxicos nos alimentos, desequilíbrio biológico, ressurgência de pragas, surtos de pragas secundárias, e linhagens de insetos resistentes (ARAÚJO et al., 2017). Para atenuar esses problemas a utilização de plantas que apresentam potencial inseticida aponta-se como promissora, pois contém uma variedade de compostos ativos, resultante do metabolismo secundário, que de acordo com pesquisas químicas e ecológicas já realizadas, indicam que esses compostos desempenham um papel crucial na proteção das plantas contra a ação de insetos, ajudando a regular as interações entre esses seres vivos (ALENCAR FILHO et al., 2017). Dessa forma torna-se uma forma viável, econômica e ecológica no controle de pragas, atuando como repelentes e inseticidas.

O sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench é uma planta de grande importância econômica e tem sido empregado na produção de combustível a partir de sua biomassa, e também como fonte de alimentos para humanos em forma de farinha, sendo a base para a produção de outros produtos alimentícios (QUEIROZ, 2014). Na alimentação animal o sorgo pode ser utilizado para fabricação de ração, silagem e para pastejo. Segundo a CONAB (2023), a produtividade de sorgo na safra 2021/2022 foi de 2.985 kg/ha, enquanto na safra 2022/2023 a produtividade alcançada foi de 3.155 kg/ha, constatando um aumento de aproximadamente 9 sacas/ha. Os maiores produtores do cereal no Brasil são os Estados de Goiás, Minas Gerais e Bahia. Entretanto, assim como outras culturas, o sorgo enfrenta problemas referentes ao ataque de diversos insetos-praga, e o pulgão do sorgo, *Melanaphis sorghi* Theobald (HEMIPTERA: APHIDIDAE), vem ganhando cada vez mais destaque devido aos danos e prejuízos significativos em todo o desenvolvimento da planta, podendo variar de moderado a severo, por possuir alta capacidade de dispersão e alto potencial para ocupar uma ampla gama de condições climáticas.

O pulgão *M. sorghi* que obteve seu nome revisado baseado em evidências morfológicas e moleculares, anteriormente identificado como *Melanaphis sacchari* Zehntner (MENDES et al., 2021), tornou-se uma praga econômica significativa do sorgo. É um inseto filófago, cosmopolita (se encontra distribuído em pelo menos 2/3 da superfície terrestre, estando presente em todos os continentes), ocasionando prejuízos

expressivos ao excretar uma substância açucarada em grande quantidade chamada de *honeydew* (mela), o que promove o crescimento de mofo fuliginoso nas folhas, impedindo a fotossíntese, respiração e transpiração das folhas de sorgo afetadas. Estes danos diminuem ou interrompem o crescimento dos grãos de sorgo e, consequentemente, reduzem o rendimento das culturas em mais de 50% podendo chegar à morte de plantas de sorgo (MENDES et al., 2021; SOUSA et al., 2021).

O controle de *M. sorghi* atualmente vem sendo realizado com inseticidas registrados para outras espécies de pulgão (BARBOSA, 2023), e segundo Agrofit (2023), ainda não existem inseticidas registrados para essa espécie. De acordo com Sousa et al. (2021), três aplicações sequenciais dos inseticidas combinados Acefato+ Imidacloprido, Sulfoxaflor + Lambda-cialotrina, Tiametoxam + Lambda-cialotrina e Acetamiprido + Bifentrina, apresentaram eficiência significativa no controle de *M. sorghi* na cultura do sorgo. No entanto, o uso frequente e indiscriminado de produtos químicos, pouco específicos e com alto teor de toxicidade para o controle de insetos-praga, pode prejudicar de maneira consistente o mecanismo táxon local, pois devido a sua não-especificidade, bem como o uso de maneira inadequada, mata vários insetos que atuam como inimigos naturais, além do inseto-alvo. Nesse contexto, a utilização de extratos vegetais com potencial inseticida, têm sido fonte de inúmeras pesquisas que validam sua eficácia.

Os metabolitos secundários produzidos pelas plantas se mostram capazes de afetar a biologia, o desenvolvimento fisiológico, morfológico e a reprodução dos insetos e por isso vem sendo usados em programas de manejo de pragas (QUEIROZ, 2014; CARVALHO, et al., 2016). Dentre essas espécies com potencial inseticida, o marmeleiro (*Croton blanchetianus* Baill), apresenta utilidades no controle de pragas devido às suas propriedades repelentes e alelopáticas (CARVALHO, et al., 2016). Segundo Vasconcelos (2022), suas folhas e sementes contêm compostos químicos, como os alcalóides, terpenóides e flavonóides, que possuem propriedades repelentes naturais, e atuam como uma barreira protetora contra insetos. O velaminho (*Croton pulegioidorus* Baill) é uma espécie valorizada principalmente por suas propriedades medicinais e inseticidas (ROCHA et al., 2021). Suas partes, como folhas, raízes e cascas são utilizadas na medicina tradicional africana para tratar várias condições, incluindo doenças de pele, infecções, problemas gastrointestinais e febre (ROCHA et al., 2021; SILVA, 2019). Além disso, extratos do velaminho pode ser usado como repelentes naturais de insetos e no controle de pragas.

Em virtude do potencial inseticida apresentado pelas plantas, pela importância de utilizar-se o controle alternativo através de uso de extratos vegetais como forma de amenizar o uso intensivo de produtos sintéticos, bem como a escassez de estudos sob este método para o controle do *M. sorghi*, o objetivo deste trabalho foi avaliar a atividade inseticida dos extratos aquosos de marmeleiro e de velaminho sobre o pulgão amarelo, *M. sorghi*, em sorgo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Núcleo de Ecologia de Artrópodes (NEA), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), Serra Talhada - PE, no período de setembro de 2022 a março de 2023. Plantas de sorgo, *Sorghum bicolor* L. (Poaceae), cultivar SF-15, foram utilizadas para a criação de *M. sorghi*. As sementes foram adquiridas no “Centro de Referência Internacional de Estudos em Agrometeorologia de Palma e outras Plantas Forrageiras”, na UAST/UFRPE. Realizou-se o semeio em vasos de polietileno (10L de capacidade), proporção 1:1 de solo e esterco bovino, para serem utilizados na criação-estoque do *M. sorghi* em laboratório e nos experimentos. O cultivo foi mantido em casa de vegetação na UAST/UFRPE.

2.1. Criação do pulgão *M. sorghi*

Os pulgões *M. sorghi* foram criados em casa de vegetação, para posterior criação em laboratório de maneira a serem utilizados nos estudos experimentais. O método de criação foi baseado em Matos (2006), com adaptação, sendo utilizados potes descartáveis redondos (1L de capacidade), contendo no seu interior uma camada de espuma (4 cm de espessura) recoberta por papel filtro. Ao centro encaixou-se uma folha de sorgo *S. bicolor*, de maneira que ficasse em pé, envolvida por algodão hidrófilo umedecido com água destilada, para manter a umidade e evitar a fuga dos pulgões. Sobre a arena colocou-se um tecido Organza liso branco com o uso de elástico de Látex Especial amarelo para vedar a estrutura (Figura 1).

As folhas utilizadas pelos pulgões e que perderam sua turgescência foram substituídas por novas folhas para manutenção da criação em boas condições de desenvolvimento e reprodução da espécie. As criações foram mantidas em câmaras climáticas do tipo B.O.D ($27\pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\pm 10\%$ UR e 12 horas de fotofase).

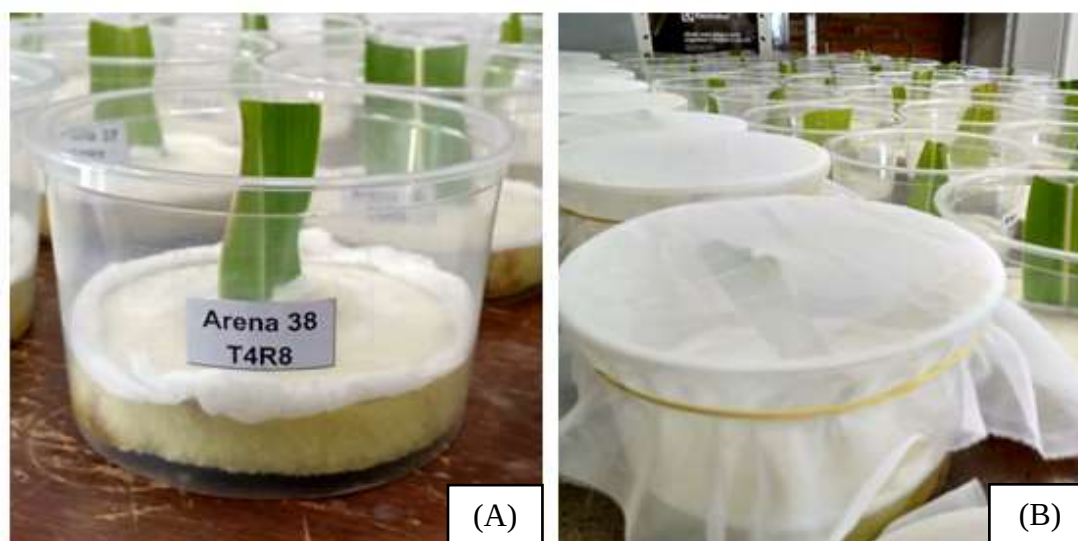


Figura 1. (A) Aspecto geral de uma arena de criação e (B) Arena de criação coberta, utilizada na criação do pulgão *M. sorghi* (HEMIPTERA: APHIDIDAE) em câmara climatizada tipo B.O.D. ($27\pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\pm 5\%$ UR e 12h de fotofase).

2.2. Preparo do extrato aquoso de folhas de marmeleiro (*C. blanchetianus*) e velaminho (*C. pulegioidorus*).

As folhas de *C. blanchetianus* e de *C. pulegioidorus*, ambas espécies de origem nativa, endêmicas do Brasil, com ocorrências confirmadas no Nordeste (Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí) (CORDEIRO et al., 2015; CARUZO et al., 2020), foram coletadas em áreas circunvizinhas à UAST/UFRPE e no município de Triunfo - PE, no período da manhã. O material vegetal foi acondicionado em sacos de papel Kraft devidamente etiquetados e levados ao Laboratório do Núcleo de Ecologia de Artrópodes (NEA), na Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST/UFRPE). As folhas foram submetidas à desinfestação superficial, com água destilada e em seguida em solução de cloro ativo a (0,05%), por 20 minutos. As amostras foram submetidas a secagem em temperatura ambiente durante um período de 5h, seguida da secagem em estufa (50°C), por um período de 48h. Posteriormente, foram trituradas em Micromoinho Tipo Willye até obtenção do pó e, em seguida, pesadas para obtenção do extrato aquoso (Figura 2). As concentrações dos extratos (m/v) utilizadas inicialmente foram 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, e 25% obtidas obedecendo a relação peso de folha para cada 100ml de água destilada (0, 5, 10, 15, 20, e 25g de folha/100ml de água destilada). O material foi abrigado na geladeira à temperatura média de (5°C) até a obtenção do extrato bruto, por um período de 24 horas.



Figura 2. (A) Folhas de *C. pulegiodorus* submetidas ao processo de desinfecção; (B) Extrato em pó seco e (C) Obtenção do extrato aquoso.

2.3. Avaliação da toxicidade e estimativa da CL_{50} e CL_{90} do extrato aquoso de folhas marmeleiro (*C. blanchetianus*) e velaminho (*C. pulegiodorus*) sobre *M. sorghi*

Para determinar a toxicidade do extrato aquoso de folhas de *C. blanchetianus* e *C. pulegiodorus* sobre adultos de *M. sorghi*, foram utilizadas folhas de sorgo *S. bicolor* (6 x 8 cm), as quais foram imersas, durante cinco segundos, em calda nas diferentes concentrações (m/v) de cada um dos extratos (0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 35%, 50% e 65%), para estimativa das concentrações letais dos extratos aquosos que mata 50% (CL_{50}) e 90% (CL_{90}) da população de *M. sorghi*. Em seguida, foram secas por 20 minutos em temperatura ambiente ($27 \pm 2^\circ\text{C}$). Posteriormente, as folhas foram transferidas individualmente para as arenas de criação, como descrito no item 2.1, contendo espuma (1 cm de espessura) recoberta por papel filtro, colocando-se ao redor do mesmo, algodão hidrófilo umedecido em água destilada para manter a umidade (Figura 1). Em cada folha de sorgo tratada foram colocados 15 adultos de *M. sorghi*. As arenas foram mantidas em câmara climática do tipo B.O.D ($27 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 5\%$ UR e 12h de fotofase) por um período de 48 horas (MATOS, 2006; FERRAZ, 2011). Após a aplicação dos extratos foi efetuada a contagem dos indivíduos vivos e mortos, sendo considerados mortos os pulgões que não se moviam, vigorosamente, após um leve toque com pincel de pelo fino. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado 2 x 9 (2 espécies e 9 concentrações), em 10 repetições, e os resultados foram submetidos à análise de Probit no programa R (Project for Statistical Computing).

Posteriormente, para avaliar a toxidade das concentrações letais estimadas (CL_{50} e CL_{90}) dos extratos aquosos sobre o *M. sorghi*, com a mesma metodologia do teste de

toxicidade do extrato aquoso, foram confeccionadas arenas com folhas de sorgo colocando-se, em cada folha, 15 adultos de *M. sorghi* (Figura 3). Com o auxílio de um borrifador manual procedeu-se a pulverização da folha de sorgo (6 x 8 cm) com o extrato aquoso de folhas de *C. blanchetianus* ou *C. pulegiodorus* nas concentrações letais previamente estimadas: T1 = Água destilada (testemunha); T2 = CL₅₀ do extrato aquoso *C. pulegiodorus*; T3= CL₉₀ do extrato aquoso *C. pulegiodorus*; T4= CL₅₀ do extrato aquoso *C. blanchetianus*; T5 = CL₉₀ do extrato aquoso *C. blanchetianus*. As arenas foram mantidas em câmara climática do tipo B.O.D (27±2°C, 70% ±5 UR e 12h de fotofase) (MATOS, 2006; FERRAZ, 2011). Após 48h efetuou-se a contagem dos pulgões vivos e mortos. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado no esquema 2 x 5 (2 espécies e 5 concentrações letais), em 10 repetições.

A mortalidade corrigida foi calculada pela fórmula de Abbott (1925): $Ma = (Mt - Mc) / (100 - Mc) \times 100$, em que Ma = mortalidade corrigida em função da testemunha; Mt = mortalidade observada no tratamento com extrato e Mc = mortalidade observada na testemunha.

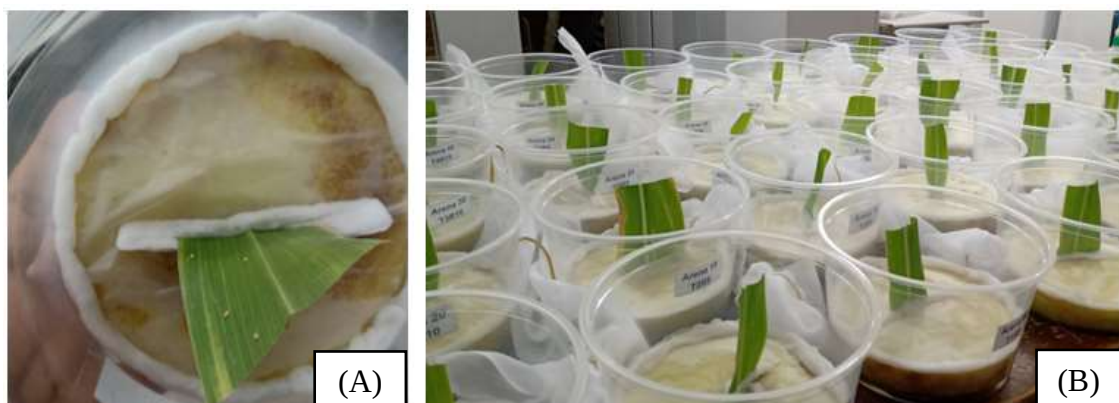


Figura 3. (A) Aspecto de uma arena de criação e (B) Aspecto geral do experimento para determinar a toxicidade dos extratos aquosos de folhas de *C. blanchetianus* e *C. pulegiodorus* sobre adultos de *M. sorghi* em sorgo, em laboratório (27±2°C, 70±5% UR e 12h de fotofase)

2.4- Efeito repelente da CL₅₀ e CL₉₀ do extrato aquoso marmeleiro (*C. blanchetianus*) e velaminho (*C. pulegiodorus*) sobre *M. sorghi*

O efeito repelente foi avaliado em arenas utilizando-se a metodologia no item 2.3, contendo uma folha de sorgo com (5 x 8 cm), com a parte abaxial voltada para cima, sendo um dos lados tratado com a CL₅₀ ou CL₉₀ de um dos extratos aquosos de folhas de *C. blanchetianus* e de *C. pulegiodorus*, e o outro lado com água destilada (testemunha).

Um dos lados da folha foi imerso durante cinco segundos no tratamento testado e seco por 20 minutos em temperatura ambiente ($27\pm 2^{\circ}\text{C}$). Em seguida, foram adicionados em arenas de plástico descartável redonda (1L de capacidade), contendo no seu interior uma camada de espuma (2 cm de espessura) recoberta por papel filtro, colocando-se ao redor do mesmo algodão hidrófilo umedecido em água destilada para manter a umidade. As folhas foram colocadas nas arenas devidamente identificadas, e em seguida foram liberados 15 adultos do pulgão *M. sorghi* sobre a nervura central da folha do sorgo (Figura 4). As arenas foram mantidas em câmara climática do tipo B.O.D. ($27\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR $70\% \pm 5$ e 12h de fotofase).

Os bioensaios foram avaliados após 48h, observando-se o número de pulgões vivos no lado dos tratamentos com extrato e no lado da testemunha. O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos: T1= CL₅₀ do marmeleiro x testemunha; T2 = CL₉₀ do marmeleiro x testemunha; T3= CL₅₀ do velaminho x testemunha e T4= CL₉₀ do velaminho x testemunha, em 10 repetições.

Para o cálculo do índice de repelência (IR) utilizou-se a fórmula: $IR = 2G/(G+P)$, onde G = % de pulgões atraídos no tratamento e P = % de pulgões atraídos na testemunha. Os valores de IR variam entre zero e dois, sendo que IR = 1 indica repelência semelhante entre o tratamento e a testemunha (tratamento neutro), IR > 1 indica menor repelência do tratamento em relação à testemunha (tratamento atraente) e IR < 1 corresponde à maior repelência do tratamento em relação à testemunha (tratamento repelente). Este índice é adaptado a fórmula citada por Lin et al. (1990) para índice de consumo. O intervalo de segurança foi determinado para considerar se o extrato aquoso é ou não repelente com a metodologia adaptada de Kogan & Goeden, (1970) foi obtido a partir da média do IR (índice de repelência) e do respectivo desvio padrão (DP), ou seja, se a média do IR for menor que 1 - DP, o extrato aquoso é repelente; se a média for maior que 1 + DP o extrato aquoso é atraente e se a média estiver entre 1 - DP e 1 + DP o extrato aquoso é considerado neutro.

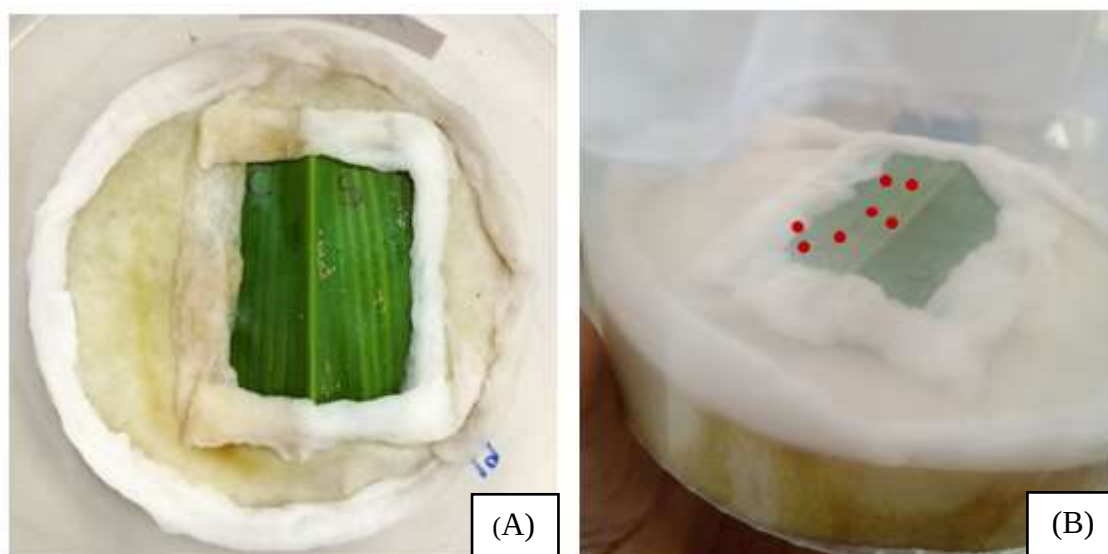


Figura 4. (A) Aspecto de uma das arenas de criação do e (B) Demonstração do experimento para determinar o efeito repelente dos extratos aquosos de folhas de *C. blanchetianus* e *C. pulegiodorus* sobre adultos de *M. sorghi* (Hemiptera: Aphididae) em folhas de sorgo (($27\pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\pm 5\%$ UR e 12h de fotofase).

2.4. Análise estatística

Os resultados obtidos de mortalidade de *M. sorghi* para obtenção da CL_{50} e CL_{90} do extrato aquoso de *C. blanchetianus* e *C. pulegiodorus* foram submetidos a Análise de Probit (FINNEY, 1971) no programa R (Project for Statistical Computing), utilizando-se o script descrito por De Carvalho et al. (2017). Os dados obtidos de mortalidade corrigida dentro das concentrações utilizadas no teste de toxicidade e no efeito repelente foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O agrupamento do efeito toxicológico do extrato aquoso de folhas de *C. blanchetianus* e *C. pulegiodorus* ao pulgão *M. sorghi* foi adaptada do modelo de Hassan et al. (1994), o qual considera os valores percentuais da mortalidade corrigida, sendo: Inócuo < 25%; levemente tóxico de 25- 50%; moderadamente tóxico de 51- 75%; altamente tóxico > 75%.

3. RESULTADOS

3.1. Toxicidade dos extratos aquosos sobre adultos de *M. sorghi*

Houve diferença significativa na mortalidade dos adultos de *M. sorghi* submetidos a diferentes concentrações dos extratos aquosos de *C. blanchetianus* ($F = 184,13$; $p < 0,0001$) e de *C. pulegiodorus* ($F = 319,8$; $p < 0,0001$). Mortalidades de quase 95% de *M.*

sorgi foram encontradas quando aplicado o extrato aquoso de *C. blanchetianus* nas concentrações de 50% e 65%, enquanto mortalidades intermediárias (60% a 80%) foram obtidas nas concentrações acima de 25%.

Já o extrato aquoso de *C. pulegioidorus* ocasionou maiores mortalidades mesmo em concentrações menores, tendo em vista que a partir da concentração de 10% houve mortalidade de quase 50% de *M. sorgi*. Por outro lado, a partir da concentração de 25%, este extrato resultou em mortalidades significativas, próximas ou superiores a 80%. Foi observado que as curvas de concentração-mortalidade (coeficiente angular) foram diferentes para as duas espécies, sendo menor no extrato aquoso de *C. pulegioidorus* ($1,6982 \pm 0,0999$) e maior no extrato aquoso de *C. blanchetianus* ($1,9152 \pm 0,0717$) (Tabela 1). Entre as espécies avaliadas, o marmeleiro apresentou maiores CL_{50} (16,30 mg L⁻¹) e CL_{90} (76,11 mg L⁻¹) que o velaminho CL_{50} (10,47 mg L⁻¹) e CL_{90} (59,53 mg L⁻¹), demonstrando que o pulgão do sorgo se mostrou mais suscetível ao extrato aquoso dessa última planta.

Tabela 1. Toxicidade de extratos aquosos de *C. blanchetianus* e *C. pulegioidorus* sobre o pulgão *M. sorgi*, em laboratório (Temperatura $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $70 \pm 5\%$ UR e 12h de fotofase).

Plantas	N	Inclinação ($\pm EP$)	CL_{50} (IC95) mg L ⁻¹ (*)	CL_{90} (IC95) mg L ⁻¹ (*)	X^2	GL	p-valor
<i>Croton blanchetianus</i>	1200	$1,9152 \pm 0,0717$	16,30 b* (14,33; 18,32)	76,11 b * (61,76; 100,28)	2,02	6	0,001
<i>Croton pulegioidorus</i>	1200	$1,6982 \pm 0,0999$	10,47 a (8,66; 12,99)	59,53 a (48,10; 79,33)	4,03	6	0,001

N: Número de insetos utilizados; IC: Intervalo de confiança; X^2 : Chi-quadrado; GL: Graus de liberdade; (*): Diferença significativa com base nos intervalos de confiança a 95% de probabilidade.

Em relação ao potencial inseticida, o pulgão *M. sorgi* apresentou comportamento diferente em resposta aos extratos aquosos utilizados. O extrato aquoso de *C. blanchetianus* resultou em mortalidades entre 57% e 88%, a partir da concentração de 1,54 mg L⁻¹ (Figura 5A). Já o *C. pulegioidorus* ocasionou mortalidades entre 60% a 95%, e mostrou-se mais eficaz em concentrações menores (a partir de 1,00 mg L⁻¹) que o extrato aquoso de marmeleiro (Figura 5B)

Observou-se, ainda, que os extratos aquosos apresentaram curva quadrática, com mortalidade superior a 50% na extremidade inferior da faixa de concentração testada, mas com aumento significativo da mortalidade nas concentrações mais elevadas. Por outro lado, a mortalidade apresentou comportamento linear, ou seja, à medida que a concentração aumenta ocorre um aumento na mortalidade causada pelo extrato aquoso

do *C. pulegioidorus* (Figura 5B). No entanto, a CL₉₀ mais alta foi observada no uso do extrato aquoso do marmeleiro, estimada em 76,11 mg L⁻¹ (Figura 5B).

Pela análise de Probit chegou-se à equação $P = (2,678 + 1,915 \log_{10}(x))$, para o *C. pulegioidorus*, e $P = (2,678 + 1,915 \log_{10}(x))$, para o *C. blanchetianus*, em que P = Probit da porcentagem de mortalidade, em função soma do intercepto da curva e o coeficiente angular, e $x = \log$ da dose a qual permite calcular uma CL₅₀. Os dados se adequam ao modelo de Probit ($X^2 = 2,02$; $p > 0,001$) (Figura 5A) para o *C. blanchetianus*, e ($X^2 = 4,03$; $p > 0,001$) para o *C. pulegioidorus* (Figura 5B).

A inclinação da curva de concentração-mortalidade para o *C. blanchetianus* foi de 1,915, proporcionando uma CL₅₀ estimada em 16,30% como descrito anteriormente, com variação entre 14,33% a 18,32% (m/v) (Intervalo de confiança) (Tabela 1). Para o *C. pulegioidorus* a inclinação da curva foi de 1,698, proporcionando uma CL₅₀ de 10,47% com variação entre 8,66% a 12,99% (m/v) (Tabela 1).

Através da distribuição normal padrão referente a cada espécie (Figura 5), é possível comprovar estatisticamente os resultados discutidos previamente quando analisados os parâmetros. Em relação ao intercepto da curva, quando for maior indica que o extrato possui efeito mesmo em concentrações muito baixas, sendo observado um intercepto da curva de 3,267 para *C. pulegioidorus* (Figura 5B), confirmando sua eficiência quando comparado a *C. blanchetianus* (2,678) (Figura 5A).

Em uma análise Probit, ao analisar o coeficiente angular é descrita a relação entre as concentrações do extrato aquoso e a resposta da espécie estudada (DE CARVALHO *et al.*, 2017), ou seja, a mortalidade do inseto-praga. No presente estudo, para *M. sorghi*, o coeficiente angular maior foi observado quando utilizado o extrato aquoso de *C. blanchetianus* (1,915) (Figura 5A), e isso indica que pequenas mudanças nas concentrações do extrato, resultam em um impacto mais significativo na resposta. Para *C. pulegioidorus* (1,698) (Figura 5B), o coeficiente angular menor sugere a necessidade de concentrações maiores para obtenção de uma resposta significativa. Diante desse parâmetro, e de acordo com os resultados obtidos levando em consideração principalmente o *C. pulegioidorus*, confirma-se que concentrações mais baixas apresentaram efeito mais pronunciado na mortalidade do pulgão *M. sorghi* quando comparado com o *C. blanchetianus*.

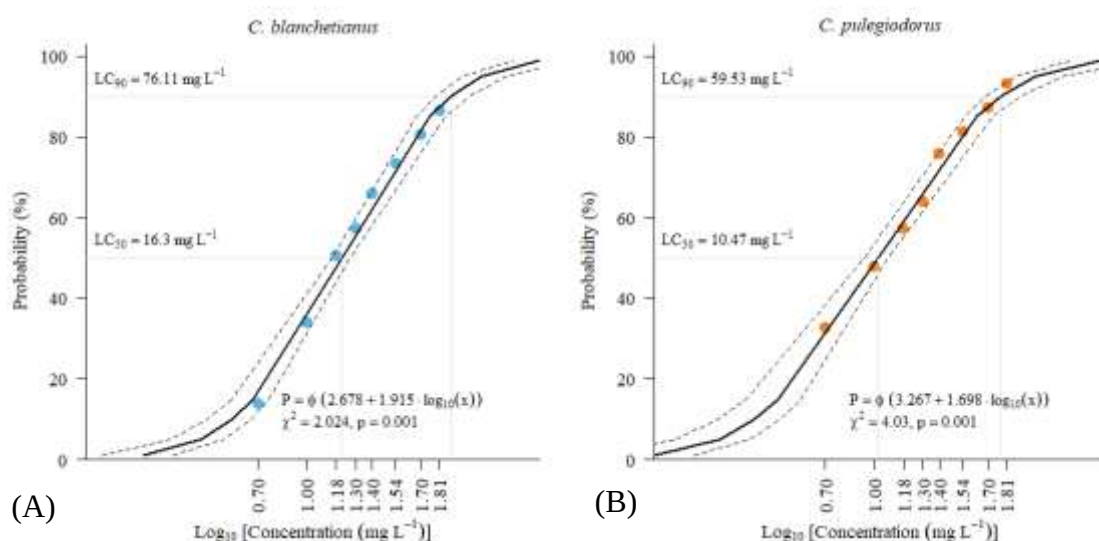


Figura 5. Curva de concentração-mortalidade de *M. sorghi* sob diferentes concentrações dos extratos aquosos de *C. blanchetianus* (A) e de *C. pulegioidorus* (B).

3.2.Efeito repelente dos extratos aquosos sobre adultos de *M. sorghi*

Os extratos aquosos de *C. pulegioidorus* e de *C. blanchetianus* promoveram mortalidade em todas as concentrações testadas, cujo percentual de pulgões mortos diferiu significativamente para ambos os extratos (Tabela 2). Em relação a CL₅₀ o maior percentual de mortalidade foi ocasionado pelo extrato de velaminho (54,42%), o qual foi enquadrado no agrupamento moderadamente tóxico (Tabela 2).

Já em relação a CL₉₀, estas diferiram significativamente em relação a CL₅₀ de ambos os extratos, mas não diferiram entre si, ambos demonstrando percentuais de mortalidade média de 70,74% e 67,34% para velaminho e marmeleiro, respectivamente, e enquadrando-se no agrupamento toxicológico moderadamente tóxico. Por outro lado, a CL₅₀ do marmeleiro se enquadrou como levemente tóxica. Esses resultados iniciais são promissores, levando em consideração que a CL₉₀ do velaminho por estar próxima de 80%, pode-se dizer que é eficiente, tendo em vista o que preconiza Potenza et al. (2005). Dessa forma, confirma-se que quanto maior for a concentração, maior será a mortalidade.

Tabela 2. Toxicidade, agrupamento toxicológico e efeito repelente da CL₅₀ e CL₉₀ dos extratos aquosos de folhas de marmeleiro (*C. blanchetianus*) e velaminho (*C. pulegioidorus*) sobre adultos de *M. sorghi* em sorgo forrageiro (*S. bicolor*), em laboratório (Temperatura $27 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 5\%$ UR e 12h de fotofase).

Extratos	Concentração (m/v) ¹	Mortalidade (%) ³ $\pm$ EP ⁴	Agrupamento Toxicológico ⁵	IR ⁶	IS ⁷
CL ₉₀ <i>C. pulegioidorus</i>	59,53	70,74 $\pm$ 3,21 a ²	Moderadamente Tóxico	0,1853 $\pm$ 0,1153	R
CL ₉₀ <i>C. blanchetianus</i>	76,11	67,34 $\pm$ 2,64 a	Moderadamente Tóxico	0,3934 $\pm$ 0,0977	R
CL ₅₀ <i>C. pulegioidorus</i>	10,47	54,42 $\pm$ 2,04 b	Moderadamente Tóxico	0,3181 $\pm$ 0,0989	R
CL ₅₀ <i>C. blanchetianus</i>	16,30	44,9 $\pm$ 1,88 b	Levemente Tóxico	0,4693 $\pm$ 0,1503	R

(m/v)¹ = massa/volume. ² As médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Mortalidade (%)³ = média da porcentagem da Mortalidade corrigida. EP⁴ = Erro padrão. Agrupamento Toxicológico⁵ = Agrupamento do efeito toxicológico do extrato aquoso de marmeleiro (*C. blanchetianus*) e velaminho (*C. pulegioidorus*) sobre o pulgão *M. sorghi* seguiu o modelo de Hassan et al. (1994) com classificação: Inócuo < 25%; levemente tóxico de 25-50%; moderadamente tóxico 51-75%; altamente tóxico > 75% de mortalidade. IR⁶ = Índice de Repelência. IS⁷ = Intervalo de segurança, seguiu a metodologia adaptada de Kogan e Goeden, (1970), com classificação: A = Atraente; R = Repelente e N = neutro.

Com relação à repelência dos extratos testados verificou-se que, tanto pela CL₉₀ quanto pela CL₅₀, ambos os extratos exerceram efeito repelente sobre o pulgão do sorgo (Tabela 2). Dessa forma, todos os extratos aquosos podem ser recomendados para serem utilizados, juntamente com outros métodos de controle, pelo fato de causarem repelência em populações deste pulgão.

4. DISCUSSÃO

4.1. Extratos aquosos de *C. pulegioidorus* e de *C. blanchetianus* promovem mortalidade em *M. sorghi*

De modo geral, observou-se que os extratos avaliados ocasionaram mortalidades superiores a 60% quando se utilizou concentrações acima de 20%. Algumas pesquisas também demonstraram a eficácia de substâncias vegetais obtidas de espécies de *Croton*, inclusive para *C. blanchetianus*, sobre insetos vetores de doenças (LIMA et al., 2004; DÓRIA et al., 2010) e pragas agrícolas, como ácaros (SIQUEIRA et al., 2014; XAVIER et al., 2015) e insetos de produtos armazenados (SILVA et al., 2009). Entretanto, estudos com *C. pulegioidorus* estão restritos a óleos essenciais (MAGALHÃES et al., 2015; SOUZA et al., 2016; SANTO et al., 2019; SILVA et al., 2019). Neste sentido, para *C. blanchetianus*, SIQUEIRA et al. (2014) demonstraram que nas concentrações de 20 e 25% sobre o ácaro verde da mandioca (*Mononychellus tanajoa* Bondar), o extrato desta

planta ocasionou mortalidades de 60 e 70%, respectivamente. Por outro lado, Xavier *et al.* (2015) avaliaram o extrato aquoso de *C. blanchetianus* sobre o ácaro *Tetranychus bastosi* Tutler em pinhão-mansão, e observaram que a partir de 10% houve mortalidades próximas a 50%.

O presente estudo revelou que os extratos aquosos obtidos de *C. blanchetianus* e *C. pulegioidorus* sobre adultos do pulgão do sorgo (*M. sorghi*) atuaram de maneiras diferentes. A menor mortalidade ocasionada pelo extrato aquoso de marmeleiro (*C. blanchetianus*) pode estar associada a variações na concentração de seus princípios ativos presentes nas duas plantas. De fato, o gênero *Croton* tem grande importância econômica por apresentar óleos essenciais e várias substâncias biologicamente ativas, como terpenóides, flavonóides e alcalóides (SUAREZ *et al.*, 2003; ANAZETTI *et al.*, 2004) que incluem muitas moléculas bioativas com efeitos contra artrópodes (Filho *et al.*, 2013). Segundo OLIVEIRA *et al.* (2022), o extrato das folhas de *C. blanchetianus* apresenta quantidades significativas de alcalóides, flavonóides, saponinas, taninos, terpenos e esteróides, que são classes de metabólitos secundários com atividade inseticida reconhecida. Neste sentido, Cunha *et al.* (2022), afirmam que as saponinas interferem no crescimento e desenvolvimento dos insetos enquanto os flavonóides são considerados deterrentes alimentares ou tóxicos aos insetos. Assim, os resultados do extrato aquoso de *C. pulegioidorus* sobre *M. sorghi* podem estar relacionados aos seus compostos bioativos, que atuaram de maneira mais eficaz sobre o pulgão do sorgo.

Ambos os extratos aquosos no presente estudo foram tóxicos para *M. sorghi*, sendo que o extrato da folha de *C. pulegioidorus* apresentou maior toxicidade, demonstrada pela menor concentração necessária para ocasionar 50% de mortalidade da população do pulgão. Assim, a maior inclinação da curva de mortalidade para *M. sorghi* ocorreu com o extrato de *C. blanchetianus*, (Figura 5A), o que significa que pequenas variações na concentração deste extrato podem ocasionar grandes variações em seu potencial de mortalidade. De qualquer forma, as CL₅₀ observadas para ambos os extratos foram consideradas baixas quando comparadas ao observado na literatura.

Alguns extratos aquosos e etanólicos vem sendo testados sobre importantes pragas agrícolas, como mariposas e pulgões. Para a traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*), Silva *et al.* (2018) avaliaram o efeito de extratos etanólicos de folhas e caules de quatro espécies de *Croton* (*C. rhamnifolius*, *C. jacobinensis*, *C. sellowii* e *C. micans*). Todos os extratos apresentaram-se tóxicos (valores de CL₅₀= 14,95 a 1252,00 µg/mL), sendo que

o extrato de folhas de *C. rhamnifolius* demonstrou a maior toxicidade. Já a eficácia dos extratos aquosos de *Croton dichogamus*, *Tephrosia vogelii* e *Syzygium aromaticum* foi avaliada sobre larvas de *P. xylostella* e *Trichoplusia ni*, por MPUMI et al. (2020), sendo observado que a concentração de 10% reduziu a população de insetos e seus danos.

Em relação a pulgões, Mpumi et al. (2021) avaliaram a eficiência de extratos aquosos de *C. dichogamus*, *T. vogelii* e *S. aromaticum* sobre o pulgão *Myzus persicae* em repolho (*Brassica oleracea*) em condições de campo. Os autores observaram os extratos, misturado ou não, reduziram significativamente a população do pulgão durante todas as 6 semanas de estudo, mesmo em concentrações de até 5%, podendo ser recomendados aos pequenos agricultores para o manejo de *M. persicae*. Para o pulgão do sorgo (*M. sorghi*), LIU et al. (2022) avaliaram a toxicidade de contato e os efeitos dos mecanismos fisiológicos do extrato de gengibre (*Zingiber officinale*), e classificaram os compostos ativos e comprovaram seu efeito inibidor no crescimento deste pulgão.

Apesar do coeficiente angular da curva Probit do *C. pulegiodorus* ser menor (Figura 5A), a espécie demonstrou-se eficaz no controle do *M. sorghi* em concentrações mais baixas. Uma explicação para esse acontecimento pode estar relacionada com uma combinação de fatores biológicos e químicos, sendo provável que o *C. pulegiodorus* contenham compostos químicos que sejam particularmente eficazes no controle do inseto-praga. As concentrações menores do extrato aquoso de folhas de *C. pulegiodorus* pode estar atrelado a presença de fitoquímicos com atividade inseticida, como os terpenóides, flavonóides e esteróides, presente nas famílias vegetais estudadas, assim como Fabaceae (CHAN et al., 2013), Asteraceae (RIBEIRO et al., 2010) e Verbaceae (PARRA-GARCÉS et al., 2010). Autores como Cordeiro et al. (2013) e Guedes; Cutler, (2014) explicam sobre a presença do efeito hormese em que elevados percentuais de mortalidade ocorreram em baixos níveis de concentração, destacando que agentes inseticidas, que normalmente são tóxicos em altos níveis de concentração, apresentam baixos percentuais de mortalidade. Outro fator relevante é sobre a praga em questão, que pode ter uma resposta específica à ação dos extratos que difere entre o *C. blanchetianus* e o *C. pulegiodorus*. Pode ser que o inseto-praga seja mais suscetível aos compostos encontrados no *C. pulegiodorus*, independentemente da concentração, quando comparado a *C. blanchetianus*. Portanto, se tornam necessários, novos estudos e a identificação dos compostos químicos presentes nos extratos estudados (CALABRESE; BALDWIN, 2001).

4.2.Extratos aquosos de *C. pulegiodorus* e de *C. blanchetianus* promovem repelência em *M. sorghi*

Levando-se em consideração o agrupamento toxicológico, as concentrações letais dos dois extratos aquosos foram classificadas como moderadamente tóxicas. A exceção foi a CL₅₀ de *C. blanchetianus* (levemente tóxica), mas estes resultados são promissores e sugerem que podem ser utilizados como ferramenta na redução da infestação de *M. sorghi*.

Vale salientar que tanto as concentrações estimadas (CL₅₀ e CL₉₀) do extrato de *C. blanchetianus* quanto de *C. pulegiodorus* apresentaram efeito repelente. Sabe-se que a repelência é um fator importante a ser considerado, tendo em vista que quanto maior a repelência, menor será a infestação dos insetos (BEZERRA et al., 2019).

O uso de extratos vegetais com propriedades repelentes tem sido amplamente explorado como uma estratégia alternativa no controle de pragas, especialmente em práticas agrícolas orgânicas e no contexto do manejo integrado de pragas (DÓRIA et al., 2010). De fato, várias pesquisas demonstraram efeitos repelentes de óleos essenciais e extratos, aquosos ou etanólicos, sobre pragas ou vetores de doenças (LIMA et al., 2006; SIQUEIRA et al., 2014; NASCIMENTO et al., 2017), mas informações sobre tais produtos sobre o pulgão do sorgo são inexistentes.

Sabe-se que as propriedades repelentes são cruciais para evitar a aproximação e a infestação de pragas, contribuindo para a proteção das plantas e a redução da necessidade de produtos químicos sintéticos. Esses compostos podem atuar de diversas maneiras, interferindo nos sistemas de comunicação dos insetos, afetando sua capacidade de localizar ou reconhecer o hospedeiro, ou simplesmente sendo percebidos como indesejáveis pelos insetos (ROSADO-AGUILAR et al., 2017; CÂMARA et al., 2021).

Neste sentido, o efeito repelente observado nos extratos vegetais aqui avaliados pode, então, pode ser atribuído à presença de compostos químicos específicos que possuem propriedades repelentes para os insetos (GUIMARÃES et al., 2014).

5. CONCLUSÕES

Conclui-se que ambas as espécies estudadas, marmeleiro (*C. blanchetianus*) e velaminho (*C. pulegiodorus*), apresentam atividade inseticida sobre o pulgão *M. sorghi*.

Os extratos aquosos de *C. blanchetianus* e de *C. pulegiodorus* apresentaram toxicidade sobre *M. sorghi*, ocasionando significativamente maiores mortalidades quando utilizadas as CL₉₀ dos extratos.

Ambos os extratos apresentaram ação repelente sobre *M. sorghi*, sendo considerados levemente ou moderadamente tóxicos ao pulgão.

O pulgão *M. sorghi* mostrou-se mais suscetível ao extrato de velaminho (*C. pulegiodorus*).

Novos estudos devem ser realizados para validar a eficiência das espécies estudadas, a identificação dos compostos relacionados com esta atividade, bem como seu modo de ação sobre o pulgão *M. sorghi*.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, W. S. Um método de calcular a eficácia de um inseticida. **Jornal de Entomologia Econômica**, v. 18, p. 265-267, 1925.
- ACHIMÓN, F., PESCHIUTTA, ML., BRITO, VD., BEATO, M., PIZZOLITTO, RP., ZYGADLO, JÁ., ZUNINO MP. Exploring contact toxicity of essential oils against *Sitophilus zeamais* through a Meta-Analysis Approach. **Plants**, v. 11, n. 22, p. 3070, 2022.
- ANAZETTI, M. C., Melo, P. S., Durán, N., & Haun, M. Dehydrocrotonin and its derivative, dimethylamide-crotonin induce apoptosis with lipid peroxidation and activation of caspases-2,-6 and-9 in human leukemic cells HL60. **Toxicology**, v. 203, n. 1-3, p. 123-137, 2004.
- AQUINO, V.V.F.; COSTA, J.G.M.; ANGÉLICO, E.C.; MEDEIROS, R.S.; LUCENA, M.F.A.; RODRIGUES, O.G. Metabólitos secundários e ação antioxidante de *Croton heliotripifolius* e *Croton blanchetianus*. **Acta Brasiliensis**, v. 1, p. 28-31, 2017.
- Bandeira, H. F. S., LIMA, A. C. S., TRASSATO, L. B., STRUCKER, A., JESUS VIEIRA, A. Bioactivity of *Annona montana* Macfad extracts on the black cowpea aphid (*Aphis craccivora* Koch). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.12, n. 1, p. 41-46, feb. 2017.
- BEZERRA, Y. B. S., OLIVEIRA, J. V., ANJOS RAMALHO, T. K., RAFAEL, D., BARBOSA, S., OLIVEIRA, C. R. F., NETO, I. F. A. L. Atividade acaricida de óleos essenciais sobre *Tetranychus ludeni* (Zacher) (Acari: Tetranychidae) em duas cultivares de algodoeiro. **Nativa**, v. 7, n. 5, p. 469-477, 2019.
- 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**, Oxford, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2016.
- CALABRESE, E. J.; BALDWIN, L. A. Hormesis: a generalizable and unifying hypothesis. *Critical Reviews in Toxicology*, London, v. 31, n. 4-5, p. 353-424, 2001.
- CAMARA, C. A. G. D., PONTES, W. J. T., MONTEIRO, V. B., DUTRA, K. D. A. Atividade dos óleos essenciais *Piper aduncum* e *Piper marginatum* sobre a Cochonilha *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae). 2022.
- CARRILO, M. A.; STAGGENBORG, S. A.; PINEDA, J. A. Washing sorghum biomass with water to improve its quality for combustion. **Fuel**, v. 116, p. 427-431, 2014.
- CARUZO, M. B. R., SECCO, R.S., MEDEIROS, D., RIINA, R., TORRES, D.S.C., SANTOS, R.F.D., PEREIRA, A.P.N., ROSSINE, Y., LIMA, L.R., MUNIZ FILHO, E., VALDUGA, E. *Croton* in Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/FB17534>>. Acesso em: 15 jun. 2023.

CARVALHO, K. D. S., SILVA, S. L. D. C., SOUZA, I. A., GUALBERTO, S. A., da CRUZ, R. C. D., SANTOS, F. R., CARVALHO, M. G. Toxicological evaluation of essential oil the leaves of *Croton tetradenius* (Euphorbiaceae) on *Aedes aegypti* and *Mus musculus*. **Parasitology Research.**, Bahia, v. 115, n. 9, p. 3441-3448, mai. 2016.

CASTRO, K. N. D. C.; CHAGAS, A. C. D. S.; COSTA-JÚNIOR, L. M.; CANUTO, K. M.; BRITO, E. S. D.; RODRIGUES, T. H. S.; ANDRADE, I. M. de. Acaricidal potential of volatile oils from *Croton* species on *Rhipicephalus microplus*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 29, p. 811-815, 2020.

CHAN, Y. S.; ZHANG, Y.; NG, T. B. Brown kidney bean Bowman Birk trypsin inhibitor is heat and pH stable and exhibits antiproliferative activity. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, Washington, v. 169, n. 4, p. 1306-1314, 2013.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento, Histórico de produção, área e produtividade do sorgo. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/912-sorgo>. Acessado em: 7/11/2022.

CORDEIRO, E. M. G.; DE MOURA, I. L. T.; FADINI, M. A. M.; GUEDES, R. N. C. Beyond selectivity: Are behavioral avoidance and hormesis likely causes of pyrethroid-induced outbreaks of the southern red mite *Oligonychus ilicis*?. *Chemosphere*, Elmsford, v. 93, n. 6, p. 1111-1116, 2013.

CORDEIRO, I., SECCO, R., CARNEIRO-TORRES, D.S., LIMA, L.R. de, CARUZO, M.B.R., BERRY, P., RIINA, R., SILVA, O.L.M., SILVA, M.J.da, SODRÉ, R.C. 2015. *Croton* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<http://floradobrasil2015.jbrj.gov.br/FB17534>).

CUNHA, A. P. S., BRAGA, A. J. L., KAEFER, U. Q. S., SUGUI, M. M., & SINHORIN, V. D. G. Análise do extrato aquoso da jabuticaba frente ao status redox e mutagênese em camundongos. **Nativa**, v. 10, n. 1, p. 83-89, 2022.

DE CARVALHO, J. R., PRATISSOLI, D. I. R. C. E. U., VIANNA, U. R., HOLTZ, A. M. Análise de probit aplicada a bioensaios com insetos. **IFES, Colatina**, p. 102, 2017.

DÓRIA, G. A., SILVA, W. J., CARVALHO, G. A., ALVES, P. B., CAVALCANTI, S. C. A study of the larvicidal activity of two *Croton* species from northeastern Brazil against *Aedes aegypti*. **Pharmaceutical biology**, v. 48, n. 6, p. 615-620, 2010.

DOUGOUD, Julien et al. Efficacy of homemade botanical insecticides based on traditional knowledge. A review. **Agronomy for sustainable development**, v. 39, p. 1-22, 2019.

EMBRAPA, Produção de sorgo no Brasil sobe mais de 36% em apenas uma safra. Transferência tecnológica, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/73811127/producao-de-sorgo-no-brasil-sobe-mais-de-36-em- apenas-uma-safra>. Acessado em: 7/11/2022.

FERRAZ, J. C. B. Efeito do extrato aquoso de folhas de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) no controle do ácaro vermelho (*Tetranychus ludeni* Zacher, 1913) em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). 2016. 67 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, 2016.

FERRAZ, J. C. B., MATOS, C. H. C., OLIVEIRA, C. R. F., SÁ, M. G. R., CONCEIÇÃO, A. G. C. Acaricidal activity of juazeiro leaf extract against red spider mite in cotton plants. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 493-499, 2017.

FERRAZ, Célia Siqueira. Bioatividade de óleos essenciais de espécies de *Croton* sobre *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) em feijão-caupi armazenado. 2016.

FILHO, A. B. E., OLIVEIRA, J. V., TORRES, J. B., MATOS, C. H. C. Toxicidade de espiromesifeno e acaricidas naturais para *Tetranychus urticae* Koch e compatibilidade com *Phytoseiulus macropilis* (Banks). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 2675-2686, 2013.

FINNEY, David John; STEVENS, W. L. A table for the calculation of working probits and weights in probit analysis. **Biometrika**, v. 35, n. 1/2, p. 191-201, 1948.

FREITAS, A.F.S.; COSTA, W.K.; MACHADO, J.C.B.; FERREIRA, M.R.A.; PAIVA, P.M.G.; MEDEIROS, P.L.; SOARES, A.M.; OLIVEIRA, T.H.; NAPOLEÃO, L.A.L. Avaliação da toxicidade e atividade antinociceptiva de um extrato etanólico das folhas de *Croton blanchetianus* (Euphorbiaceae). **South African Journal of Botany**, v. 133, p. 30-39, 2020.

GUEDES, R. N. C.; CUTLER, G. C. Insecticide-induced hormesis and arthropod pest management. *Pest Management Science*, Malden, v. 70, p. 690-697, 2014.

GUIMARÃES, S. S., POTRICH, M., SILVA, E. R. L. D., Wolf, J., PEGORINI, C. S., OLIVEIRA, T. M. D. Ação repelente, inseticida e fagoinibidora de extratos de pimenta dedo-de-moça sobre o gorgulho do milho. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, p. 322-328, 2014.

HARRIS-SHULTZ, K.; ARMSTRONG, J. S.; CARVALHO JR., G.; PEREIRA SEGUNDO, J.; NI, X. *Melanaphis sorghi* (Hemiptera: Aphididae) clonal diversity in the United States and Brazil. **Insects**, Basel, Switzerland, v. 13, n. 5, p. 1-8, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects13050416>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-4450/13/5/416>. Acesso em: 20 jan. 2023.

HASSAN, S. A., BIGLER, F., BOGENSCHÜTZ, H., BOLLER, E., BRUN, J., Calis, J. N. M., VOGT, H. Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS-working group «pesticides and beneficial organisms». **Entomophaga**, v. 39, p. 107-119, 1994.

JORGE, D. M.; SILVA, F. A.; SOUZA, I. M. M. Regulamentação da pesquisa e do registro de produtos de controle biológico. In: FONTES, E. M. G.; VALADARES-

INGLIS, M. C. (Org.). Controle biológico de pragas da agricultura. Brasília: Embrapa, 2020. p. 453-479

KIM, S. A.; RHEE, M. S. Highly enhanced bactericidal effects of medium chain fatty acids (caprylic, capric, and lauric acid) combined with edible plant essential oils (carvacrol, eugenol, β -resorcylic acid, trans-cinnamaldehyde, thymol, and vanillin) against *Escherichia coli* O157: H7. **Food control**, v. 60, p. 447-454, 2016.

LACERDA, J. D. A., SARAIVA, E. S. S. (2022). Bioatividade de óleos essenciais de plantas medicinais sobre *Callosobruchus maculatus* (FABR. 1775)(Coleoptera: Bruchidea) em grãos de feijão caupi. 2022.

LAHIRI, S.; NI, X.; BUNTIN, G. D.; PUNNURI, S.; JACOBSON, A.; REAY-JONES, F. P.; TOEWS, M. D. Combining host plant resistance and foliar insecticide application to manage *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) in grain sorghum. **International Journal of Pest Management**, v. 67, n. 1, p. 10-19, 2021.

LEVINE, Marvin J. et al. **Pesticides: a toxic time bomb in our midst**. Westport: Praeger Publishers, 2007.

LIMA, I. D. O., OLIVEIRA, R. D. A. G., LIMA, E. D. O., FARIAS, N. M. P., SOUZA, E. L. D. Atividade antifúngica de óleos essenciais sobre espécies de *Candida*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, p. 197-201, 2006.

LIMA, J. D. A. **Produtos biológicos e naturais à base de plantas sobre carrapatos *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini 1887)**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

LYTLE, A. J.; HUSETH, A. S. Impacto de pulverizações de inseticidas foliares sobre *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) e populações de inimigos naturais em sorgo granífero. **Crop Protection**, v. 149, p. 105764, 2021.

MATOS, C. H. C. Mecanismos de defesa constitutiva em espécies de pimenta *Capsicum* e sua importância no manejo do ácaro branco *Polyphagotarsonemus latus* (Banks, 1904) (Acari: Tarsonemidae). 2006.

MENDES, S. M.; SOUZA, C. S. F.; VIANA, P. A.; SIMEONE, M. L. F.; OLIVEIRA, I. R.; PARRELA, R. A. C. Manejo de pragas na cultura do sorgo sacarino: etapa crítica para o sucesso da lavoura. **Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, MG, 28 p., 2020.

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, set. 2019.

MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M.; RODRIGUES, J. A. S.; SAMPAIO, M. V.; VIANA, P. A. Manejo de pragas na cultura do sorgo. **Informe Agropecuário**, v. 35, n. 278, p. 73-81, 2014.

MORAIS, L. A. S., MARINHO-PRADO, J. S. Plantas com atividade inseticida. **HALFELD-VIEIRA, B. de A. et al. Defensivos Agrícolas Naturais: Uso e Perspectivas. Brasília, DF: Embrapa. Cap**, v. 19, p. 542-593, 2016.

MPUMI, N.; MACHUNDA, R.S.; MTEI, K.M.; NDAKIDEMI, P.A. Selected insect pests of economic importance to *Brassica oleracea*, their control strategies and the potential threat to environmental pollution in Africa. **Sustainability**, v. 12, n. 9, p. 3824, 2020.

MPUMI, N.; MTEI K. M; MACHUNDA R. L.; NDAKIDEMI P. A., "Efficacy of Aqueous Extracts from *Syzygium aromaticum*, *Tephrosia vogelii*, and *Croton dichogamus* against *Myzus persicae* on *Brassica oleracea* in Northern Tanzania", **Psyche: A Journal of Entomology**, v. 2021, p. 1-11, 2021.

NASCIMENTO, M. D. P. M. Potencial acaricida do extrato aquoso de algarobeira *Prosopis juliflora* no controle do ácaro *Tetranychus bastosi* na cultura do pinhão-manso. 2017.

NIBOUCHE, S.; COSTEST, 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**, San Francisco, California, v. 16, n. 3, p. 1-17, 2021.

NOLASCO, D. M. Estudo da genotoxicidade e do perfil metabólico de trabalhadores expostos aos agrotóxicos para identificação de potenciais biomarcadores no biomonitoramento da exposição ocupacional. 2022.

OLIVEIRA, E. B., SILVA, I. A., SILVA, W. F., SILVA, J. A., SILVA, C. B., Silva, R. R. Investigação fitoquímica e atividade alelopática do extrato foliar da *Croton heliotropiifolius* Kunth sobre o desenvolvimento inicial de *Lactuca sativa* L. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e151111435613-e151111435613, 2022.

OLIVEIRA, N. T. Análise fitoquímica, citotóxica e antimicrobiana do extrato bruto etanólico das folhas da espécie *Ambelania acida* Aublet (Apocynaceae). **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 6, n. 1, p. 20-25, 2016.

PARRA-GARCÉS, M. I.; CAROPRESE-ARAQUE, J. F.; ARRIETA-PRIETO, D.; STASHENKO, E. Morfología, anatomía, ontogenia y composición química de metabolitos secundarios en inflorescencias de *Lippia alba* (Verbenaceae). **Revista de Biología Tropical**, San José, v. 58, n. 4, p. 1533-1548, 2010.

PEKARCIK, A. J.; JACOBSON, A. L. Evaluating sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae), population dynamics, feeding injury, and grain yield among commercial sorghum varieties in Alabama. **Journal of Economic Entomology**, v. 114, n. 2, p. 757-768, 2021.

POTENZA, M. R.; GOMES, R. C. O.; JOCYS, T.; TAKEMATSU, A. P.; RAMOS, A. C. O. Avaliação de produtos naturais para o controle do ácaro rajado *Tetranychus urticae*

(Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) em casa-de-vegetação. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.73, n.4, p.455-459, 2005.

PURCINO, A. A. C. Sorgo sacarino na Embrapa: histórico, importância e usos. **Agroenergia em Revista**, v. 2, n. 3, p. 6, ago. 2011.

RIBEIRO, A. O.; SILVA, A. F.; CASTRO, A. H. F. Identificação de espécies da família Asteraceae, revisão sobre usos e triagem fitoquímica do gênero *Eremanthus* da Reserva Boqueirão, Ingá-MG. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 4, n. 12, p. 456-65, 2010.

RIBEIRO, L. P.; ANSANTE, T. F.; VENDRAMIM, J. D. Efeito do extrato etanólico de sementes de *Annona mucosa* no desenvolvimento e comportamento alimentar de *Spodoptera frugiperda*. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 3, p. 322-330, jul./set. 2016.

ROCHA, R. R., MATOS, M. N. C., GUERRERO, J. A. P., CAVALCANTE, R. M. B., MELO, R. S., AZEVEDO, Á. M. A., CARNEIRO, V. A. Comparative study of the chemical composition, antibacterial activity and synergic effects of the essential oils of *Croton tetradenius* Baill. And *C. pulegioides* Baill. Against *Staphylococcus aureus* isolates. **Microbial Pathogenesis**, v. 156, p. 104934, 2021.

ROSADO-AGUILAR, J. A., ARJONA-CAMBRANES, K., TORRES-ACOSTA, J. F. J., RODRÍGUEZ-VIVAS, R. I., BOLIO-GONZÁLEZ, M. E., ORTEGA-PACHECO, A., AGUILAR-CABALLERO, A. J. Plant products and secondary metabolites with acaricide activity against ticks. **Veterinary Parasitology**, v. 238, p. 66-76, 2017.

SAMPAIO, M. V.; DOMINGUES, R. F.; MENDES, S. M.; AVELLAR, G. S. *Melanaphis sorghi* (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**, Londrina, PR, v. 4, p. 1-4, 2022.

SANTOS, P. É. M. D., SILVA, A. B. D., LIRA, C. R. I. D., MATOS, C. H. C., & OLIVEIRA, C. R. F. D. Contact toxicity of essential oil of *Croton pulegioides* Baill on *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 329-335, 2019.

SANTOS, P.E.M. Bioatividade do óleo essencial de *Croton pulegioides* baill. Sobre populações de *Sitophilus Zeamais* Motschulsky, 1885 (Coleoptera: Curculionidae) em milho armazenado. 69 f. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado Ciências Biológicas) -Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada, 2018.

SILVA, D. D. da; PARREIRA, D. F.; OKUMURA, F.; SCHAFFERT, R. E.; MENDES, S. M. Influence of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) infestation on sweet sorghum productivity and juice quality. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 39, p. 2877-2885, 2017.

SILVA, K. D. F. N. L., QUEIROZ, A. J. D. M., DE FIGUEIREDO, R. M. F., Silva, C. T. S., SANTOS, K. D. S. M. Características físico-químicas de mel produzido em

Limoeiro do Norte durante o armazenamento. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 4, p. 246-254, 2009.

SILVA, R. M. A. da. **Entre o combate à seca e a convivência com o Semiárido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento**. Tese (Doutorado). Brasília, 2006. UNB, 2006.

SILVA, R. M. D. Bioatividade de extrato etanólico de espécies de Rubiaceae sobre *Plutella xylostella* L., 1958 (Lepidoptera: Plutellidae). 2018.

SILVA, T. I.; SANTANA, L. D.; CÂMARA, F. T. da; PINTO, A. A.; BRITO, L. L. M. de; MOTA, A. M. D. Produtividade de variedades de sorgo em diferentes arranjos populacionais em primeiro corte e rebrota. **Revista Espacios**, v. 38, n. 27, p. 16-27, 2017.
SILVA, T. L., OLIVEIRA, C. R. F., MATOS, C. H. C., BADJI, C. A., MORATO, R. P. Leaf essential oil from *Croton pulegioides* Baill shows insecticidal activity against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 354-363, 2019.

SILVA, T. L., OLIVEIRA, C. R. F., MATOS, C. H. C., BADJI, C. A., & MORATO, R. P. *Croton pulegioides* Baill apresenta atividade inseticida sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 2, p. 354-363, 2019.

SIMPLÍCIO, J. B.; TABOSA, J. N.; LIMA, G. S. Avaliação potencial de sorgo forrageiro, na alimentação animal, no Estado de Pernambuco, **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.11, n. especial, p.89-99, 1999.

SIQUEIRA, F. F. D. S., de Oliveira, J. V., Ferraz, C. S., de Oliveira, C. R. F., MATOS, C. H. C. Atividade acaricida de extratos aquosos de plantas de Caatinga sobre o ácaro verde da mandioca. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 4, p. 109-116, 2014.

SISINNO, C. L. S.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. **Princípios de toxicologia ambiental**. Interciência, 2021.

SOLANO, C. S.; PONCIANO, N. J.; DAHER, R. F.; PARRELLA, R. A. da C.; SOUZA, P. M. de; ROCHA, J. P. S. M. Qualidade do caldo para produção de etanol em cultivares de sorgo sacarino sob adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 3, p. 388-400, 2017.

SUÁREZ, A. I., COMPAGNONE, R. S., SALAZAR-BOOKAMAN, M. M., TILLET, S., DELLE MONACHE, F., DI GIULIO, C., BRUGES, G. Antinociceptive and anti-inflammatory effects of *Croton malambo* bark aqueous extract. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 88, n. 1, p. 11-14, 2003.

TABOSA, J.N.; REIS, O. V. dos; BRITO, A. R. de M. B.; MONTEIRO, M. C. D.; SIMPLÍCIO, J. B.; OLIVEIRA, J. A. C. de; SILVA, F. G. da; AZEVEDO NETO, A. D. de; DIAS, F. M.; LIRA, M. de A.; TAVARES FILHO, J. J.; NASCIMENTO, M. M. A. do; LIMA, L. E. de; CARVALHO, H. W. L. de; OLIVEIRA, L. R. de. Comportamento de cultivares de sorgo forrageiro em diferentes ambientes agroecológicos dos Estados de Pernambuco e Alagoas. **Rev. Bras. milho e sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 2, p. 47-58, 2002.

TONACO, J. G. R. Repelente para o *Aedes Aegypti* a base de óleo de alecrim: estratégia para prevenção da febre por Zika vírus. 2017. Tese de Doutorado.

USDA, U.S. Grains, feeds and fodders exports in 2021, 2022. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/commodities/grain-and-feed>. Acessado em: 7/11/2022.

VIEIRA, J. S. A biodeterioração por insetos em contexto museológico. Conhecendo os agentes, para melhor gestão do risco. 2022.

ZARZYCKI, Piotr. Introduction to the practice of statistics, by David S. Moore, George P. McCabe, Bruce A. Craig. pp. 710£ 49.99. 2009. ISBN 978-1-4292-1623-4 (WH Freeman and Company). **The Mathematical Gazette**, v. 95, n. 533, p. 380-381, 2011.