



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS



CENTRO DE CIÊNCIAS AGRARIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS

MIGUEL ANGEL MARTINEZ GUTIÉRREZ

**(cis)-JASMONA COMO INDUTOR DE RESISTENCIA EM *Vigna unguiculata* (L.)
Walp. (Fabaceae) PARA O *Aphis craccivora* Koch 1854 (HEMIPTERA: APHIDIDAE).**

RIO LARGO –AL

2020

MIGUEL ANGEL MARTINEZ GUTIÉRREZ

**(cis)-JASMONA COMO INDUTOR DE RESISTENCIA EM *Vigna unguiculata* (L.)
Walp. (Fabaceae) PARA O *Aphis craccivora* Koch 1854 (HEMIPTERA: APHIDIDAE).**

Dissertação apresentado ao Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas da Universidade Federal de Alagoas. Como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em ciências.

Orientador: Prof.º Dr. Henrique Fonseca Goulart.

RIO LARGO –AL

2020

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

G984c Gutiérrez, Miguel Angel Martinez
(cis)-Jasmona como indutor de resistência em *Vigna unguiculata*
(L.) Walp. (Fabaceae) para o *Aphis Craccivora* Kock 1854 (Hemiptera:
Aphididae). / Miguel Angel Martinez Gutiérrez – 2020.
108 f.; il.

Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) - Universidade
Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias.
Rio Largo, 2020.

Orientação: Prof. Dr. Henrique Fonseca Goulart

Inclui bibliografia

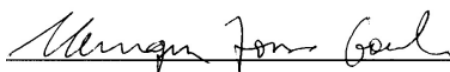
1. Feijão-caupi. 2. Compostos orgânicos. 3. Semioquímicos.
I. Título.

CDU: 631.86

MIGUEL ANGEL MARTINEZ GUTIERREZ

(cis)-JASMONA COMO INDUTOR DE RESISTENCIA EM *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (Fabaceae) PARA O *Aphis craccivora* Koch 1854 (HEMIPTERA: APHIDIDAE).

Dissertação de Mestrado submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Proteção de Plantas e aprovada em 07 de outubro de 2020

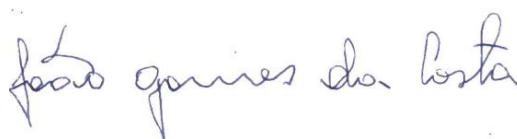


Prof. Dr. Henrique Fonseca Goulart
Universidade Federal de Alagoas - Orientador

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Gaus Silvestre de Andrade Lima
Universidade Federal de Alagoas - Examinador interno



Dr. João Gomes da Costa
EMBRAPA- Examinador externo

RIO LARGO – AL.
2020

“Dedico este trabalho à minhas filhas Meztli Quetalli e
Ximena Xadani”

Agradecimentos

Já xëëw já et wene´en tëj meeje ja awatsajteen.

Agradeço em especial aos meus pais **Benigno Martinez** e **Dimotea Gutierrez**, por serem modelos de coragem, pelo seu apoio incondicional, incentivo, amizade e paciência demonstrada e total ajuda na superação dos obstáculos que ao longo desta caminhada foram surgindo.

A mãe de minhas filhas **Beatriz Martinez Gutierrez**, pela paciência de ser mãe e pai na minha ausência.

Ao meu orientador Dr. **Henrique Fonseca Goulart** pela orientação prestada, pelo seu incentivo, disponibilidade, paciência e apoio que sempre demonstrou. Aqui a minha gratidão.

Ao professor Dr. **Antônio Euzébio Goulart Santana** pela orientação e cobranças deste trabalho, pelos conhecimentos passados, por todas as oportunidades oferecidas dentro seu laboratório.

Ao meu colega e amigo Dr. **Thyago Ribeiro** pelo apoio e incentivo para seguir o caminho acadêmico, sem sua ajuda não teria seguido nessa trajetória

A minhas amigas **Regina da Silva Acácio** e **Raissa Rodriguez**, pelo apoio para seguir no caminho acadêmico, sua colaboração foi e continua sendo fundamental.

Ao amigo incondicional **Aldy dos Santos**, pelo apoio e paciência nos momentos que precisei.

Ao meu colega e amiga Dr. **Maria Jakeline dos Santos** e o Dr. **Joao Gomes da Costa**, pelo apoio e paciência de estar sempre contribuindo, no momento quando precisei a ajuda da vocês

Aos meus colegas do laboratório de pesquisa de recursos naturais por todo o auxílio e ajuda prestada, **Isis torres Demétrius, Analice, Analu, Bruno Anacleto, Jessica, Banderson Barbosa, Eliane, Joice, Antônio Bento** por toda ajuda a mim concedida em toda essa caminhada.

Ao amigo **Jossue Espinosa** pelo apoio em todo momento que precisei desde minha chegada do México.

Ao **M.C. Fernando Toledo Toledo** e o Tecnológico Nacional de México por consideraram-me candidato para estudar no exterior.

Agradeço a **Concelho Nacional de Ciência e Tecnologia (CONACyT)** pela concessão da bolsa durante todo o período de realização deste mestrado.

Os levarei sempre na minha memória

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ilustração de um pulgão se alimentando.	7
Figura 2 Ciclo de vida dos pulgões.....	8
Figura 3 Sistemas agrícolas de push-pull.....	10
Figura 4 Principais compostos e classes de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) de plantas.	11
Figura 5 Estrutura química de salicilato de metila.	16
Figura 6 Estrutura química de jasmonatos	16
Figura 7 Nomenclatura adotada para semioquímicos e critérios biológicos.....	19
Figura 8 Casa de vegetação onde as plantas foram mantidas com clima controlado	22
Figura 9 Aeração para coleta de voláteis de uma planta.....	24
Figura 10 Coleta dos compostos orgânicos voláteis (COV's)	24
Figura 11 Montagem dos experimentos do antibioses.....	28
Figura 12 Coleta e peso de ninfas depois de emergir as 24 e 96 horas.....	28
Figura 13 Análises dos componentes principais (PCA)da emissão dos COV's emitidos a partir de diferentes plantas tratadas do feijão caupi , controle (CL), tratadas com <i>cis</i> -Jasmona (CJ) e tratados com <i>cis</i> -Jasmona e infestados com pulgão (CJP).....	34
Figura 14 Loading plot da análise de componentes principais PCA com dados obtidos nos tratamentos (CL, CJ, CJP) do feijão caupi.	35
Figura 15 Dendrograma pelo método de Cluster de similaridade entre as variedades do feijão caupi sobre os diferentes tratamentos (controle= CL; <i>cis</i> -Jasmona=CJ; <i>cis</i> -Jasmona+ pulgão CJP).....	36
Figura 16 Respostas de fêmeas aladas de <i>A. craccivora</i> aos compostos orgânicos voláteis (COV's) dos três genótipos do feijão caupi no olfatômetro de quatro braços (um braço COV's vs. três braços de hexano). Para cada ensaio por combinação de ponto de tempo, o asterisco (*) indica diferenças estatisticamente significativas [P <0,05; Método Scott-Knott].	37
Figura 17 Respostas de repelência das fêmeas aladas de <i>A. craccivora</i> aos compostos orgânicos voláteis (COV's) dos três genótipos do feijão caupi no olfatômetro de quatro braços (três braços COV's vs. um braço de hexano). Para cada ensaio por combinação de	

ponto de tempo, o asterisco (*) indica diferenças estatisticamente significativas [P <0,05; Método Scott-Knott]. 40

Figura 18 Respostas de repelência das fêmeas aladas de *A. craccivora* aos compostos orgânicos voláteis (COV's) dos três genótipos do feijão caupi no olfatômetro de quatro braços (três braços COV's vs. um braço de hexano). Para cada ensaio por combinação de ponto de tempo, o asterisco (*) indica diferenças estatisticamente significativas [P <0,05; Método Scott-Knott]. 41

Figura 19 Sobrevivência do pulgão *A. craccivora* frente as diferentes doses de *cis*-Jasmona em plantas de feijão caupi Vita 7 em teste sem chance de escolha. 43

Figura 20 Sobrevivência do pulgão *A. craccivora* frente as diferentes doses de *cis*-Jasmona em plantas de feijão caupi Guariba em teste sem chance de escolha. 44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Variedades de feijão caupi consumidas no Brasil 5

Tabela 2 Resultado dos compostos encontrados nos diferentes tratamentos coletados por aeração em 24 horas. 30

Tabela 3 Ganho de peso de ninfas de *Aphis craccivora* alimentadas em plantas feijão caupi pulverizadas com diferentes doses de *cis*-Jasmona por 4 dias. 45

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO	2
2. REFÊRENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1. O feijão-caupi	4
2.2. Pulgão Preto <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854	6
2.2.1. Inimigos naturais do pulgão preto	8
2.1. Controle alternativo de pragas.....	9
2.2. Compostos orgânicos Voláteis de plantas COV's	11
2.3. Interações inseto – planta	12
2.4. Estratégias de defesa	13
2.4.1. Defesa direta.....	13
2.4.2. Defesa indireta.....	13
2.5. Resistência de plantas	14
2.6. Indução de resistência	15
2.6.1. Compostos indutores de defesa das plantas	15
2.7. Jasmonatos.....	16
2.8. Semioquímicos	18
2.8.1. Classificação de semioquímicos.....	18
2.8.1.1. Aleloquímicos	19
2.8.1.2. Alomônios.....	19
2.8.1.3. Cairomônios.....	20
2.8.1.4. Sinomônios	20
2.8.1.5. Feromônios	21
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
3.1. Cultivares de feijão caupi selecionadas para o estudo	21
3.2. Obtenção e criação do inseto em laboratório	22
3.3. Tratamento de plantas	23
3.4. Coleta de Compostos Orgânicos Voláteis (COV's)	23
3.5. Análise por Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG/EM)	25
3.6. Bioensaios	26
3.6.1. Estudo de repelência e atração em olfatômetro.....	26

3.6.2. Teste de antibiose sem escolha.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
4.1. Análises dos compostos orgânicos voláteis dos cultivares de feijão caupi.....	29
4.2. Bioensaios com os voláteis emitidos das plantas de feijão caupi sem tratamentos, em olfatômetro.	37
4.3. Bioensaios com os voláteis emitidos das plantas de feijão caupi tratados com <i>cis</i> -Jasmona , em olfatômetro.	39
4.4. Bioensaios com os voláteis emitidos das plantas de feijão caupi infestado com pulgão em olfatômetro.....	41
4.5. Efeitos do <i>cis</i> -Jasmona sobre a biologia do pulgão preto em teste de antibiose	42
5. CONCLUSÃO	48
6. PERSPECTIVAS FUTURAS	49
7. REFERÊNCIAS.....	50
8. APÊNDICES	62

Resumo

O feijão caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (Fabaceae), é uma cultura importante e fornece alimentos nutritivos relativamente baratos para as populações com poucos recursos nos países em desenvolvimento. Um dos fatores limitantes para sua produção é o pulgão preto, *Aphis Craccivora* Koch 1854 (Hemíptera: Aphididae), responsável pela transmissão do vírus do mosaico (*Cowpea aphid borne mosaic vírus*), CABMV. Uma das ferramentas no manejo integrado dessa praga é o uso dos semioquímicos, variedades resistentes e os indutores de resistência os quais são métodos ambientalmente adequados para os agricultores. O trabalho teve como objetivo estudar os mecanismos de ação do indutor de resistência *cis*-Jasmona na ativação das vias de defesa do feijão caupi em plantas induzidas com CJ e submetidas a infestação com pulgão preto. Assim procurou-se identificar os COV's de três genótipos de feijão-caupi usando o genótipo Vita 7 (susceptível), BRS-Guariba (resistente) e BR19 Gurgueia (tolerante) nos tratamentos plantas sadias (testemunha), plantas tratadas com *cis*-Jasmona (CJ), plantas infestadas com pulgões (P) e plantas tratadas com *cis*-Jasmona mais pulgão (CJP), avaliar a atividade ou repelência dos COV's frente ao pulgão e realizar o teste antibioses usando diferentes doses de *cis*-Jasmona. Os resultados obtidos neste projeto são: nas análises de CG/EM foi possível observar uma variação nas emissões dos COVs nas plantas tratadas com CJ e CJP. As plantas do tratamento CJ apresentaram a emissão dos compostos farnesol, β -cariofileno, 6-metil-5-hepten-2-ona, citronelal, sabineno, canfora e isomentol, esses compostos têm mostrado atividade repelente em outras culturas. Os COV's de todas as plantas foram submetidos às análises multivariadas onde foram observadas formações de 3 grupos, de acordo com a similaridade dos COV's emitidos. No teste de livre escolha, os extratos das plantas testemunhas do genótipo BR19 Gurgueia foram atrativos aos insetos, enquanto os COVs liberados por esse genótipo após a infestação mostraram repelência para os insetos testados nos bioensaios. Os extratos das plantas Guariba e Gurgueia após a aplicação da *cis*-Jasmona foram significativamente repelentes ao pulgão preto. Nos testes de preferência sem chance de escolha as três doses de *cis*-Jasmona (50 g/ha, 75 g/ha, 100 g/ha) induziram resistência do tipo antibioses nas plantas do genótipo Vita 7 (susceptível) no teste de semicampo, sendo que a dose 75 g/ha apresentou menor número de insetos (adultos e ninfas) vivos, quando comparado com as outras doses e com as plantas do tratamento testemunha. Nossos resultados revelam que as plantas de feijão caupi induzidas com *cis*-Jasmona podem ativar os seus mecanismos de defesa contra o pulgão *A. craccivora* exercendo efeitos de resistências tipo antixenose e antibioses.

Palavras-chave: Elicitor; feijão-caupi; semioquímicos; compostos orgânicos voláteis, antixenose, antibioses

Abstract

Cowpea beans, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (Fabaceae), is an important crop and provides relatively inexpensive nutritious food for low-income populations in developing countries. One of the limiting factors for its production is the black aphid, *Aphis Craccivora* Koch 1854 (Hemiptera: Aphididae), responsible for the transmission of the mosaic virus (*Cowpea aphid borne mosaic virus*), CABMV. One of the tools in the integrated management of this pest is the use of semi-chemicals, resistant varieties and resistance inducers, which are environmentally friendly methods for farmers. The objective of this work was to study the mechanisms of action of the *cis*-Jasmone resistance inducer in the activation of the cowpea defense pathways in plants induced with CJ and submitted to infestation with black aphid. Thus, we sought to identify the VOCs of three cowpea genotypes using the genotype Vita 7 (susceptible), BRS-Guariba (resistant) and BR19 Gurgueia (tolerant) in the treatments of healthy plants (control), plants treated with *cis*-Jasmone (CJ), plants infested with aphids (P) and plants treated with *cis*-Jasmone plus aphid (CJP), evaluate the activity or repellency of VOCs against aphids and perform the antibiosis test using different doses of *cis*-Jasmone. The results obtained in this project are: in the GC-MS analyzes it was possible to observe a variation in the VOCs emissions in the plants treated with CJ and CJP. The plants of the CJ treatment showed the emission of the compounds farnesol, β -caryophyllene, 6-methyl-5-hepten-2-one, citronelal, sabinene, camphor and isomentol, these compounds have shown repellent activity in other cultures. The VOCs of all plants were subjected to multivariate analyzes where formations of 3 groups were observed, according to the similarity of the VOCs emitted. In the free choice test, extracts from the control plants of the BR19 Gurgueia genotype were attractive to insects, while VOCs released by these genotypes after infestation showed repellency for the insects tested in the bioassays. The extracts of the plants Guariba and Gurgueia after the application of *cis*-Jasmone were significantly repellent to the black aphid. In the tests of preference without a choice, the three doses of *cis*-Jasmona (50 g / ha, 75 g / ha, 100 g / ha) induced antibiosis-like resistance in the plants of the Vita 7 genotype (susceptible) in the semi-field test, and the dose of 75 g / ha showed a lower number of live insects (adults and nymphs), when compared with the other doses and with the control treatment plants. Our results reveal that the cowpea plants induced with *cis*-Jasmone can activate their defense mechanisms against the aphid *A. craccivora* exerting effects of anti-poisoning and antibiosis resistance.

Keywords: Elicitor; Cowpea; Semiochemicals; Volatile organic compounds, Antixenosis, Antibiosis.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo do feijão-caupi conhecido popularmente como feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é amplamente distribuído nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, e essa leguminosa é um alimento básico para a população dessas regiões (SILVA, BLEICHER, 2010). É principalmente cultivado na África tropical sendo que Nigéria e Níger usam cada um, uma área para produção de mais de 4 milhões de hectares e respondem respectivamente por mais de 45% e 15% da produção mundial total (KEBEDE, BEKEKO, 2020). O feijão caupi é um dos mais importantes componentes da dieta alimentar dos brasileiros e é reconhecidamente uma excelente fonte proteica, além de possuir bom conteúdo de carboidratos, vitaminas, minerais, fibras e compostos fenólicos com ação antioxidante que podem prevenir a incidência de doenças (FREIRE FILHO, RIBEIRO, *et al.*, 2011)

Conforme IBGE (2017) o Brasil ocupou a terceira posição na produção mundial de feijão com uma área cultivada de em torno 441 mil hectares depois da Nigéria e Níger, com uma produtividade média de 1.483 kg há⁻¹. Para o 2019 Brasil teve uma área plantada aproximada de 123,9 mil hectares considerado a região nordeste o maior produtor e consumidor deste grão.

O feijão é atacado por uma gama de insetos provocando danos a cultura e prejuízo aos produtores. Dentre as pragas que atacam esta cultura destacam-se o percevejo *Crinocerus sanctus* (Fabricius, 1775) (Hemiptera: Coreidae), a cigarrinha-verde, *Empoasca sp.* (Hemiptera: Cicadellidae), o manhoso, *Chalcodermus bimaculatus* (Fiedler, 1936) (Coleoptera: Curculionidae) e o gorgulho, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Bruchidae) (KAMPHUIS, GAO, *et al.*, 2012, SANTOS, J. H. R.; QUINDERÉ, 1988). Entre esses insetos, o pulgão-preto *Aphis craccivora* Koch, 1859 (Hemiptera) destaca-se como a principal praga (SILVA, BLEICHER, 2010). A ação de sucção dos pulgões provoca o encarquilhamento das folhas e deformação dos brotos (SILVA, BLEICHER, 2010), além disso *A. craccivora* é um eficiente transmissor de vírus, dentre eles o *Cowpea aphid borne mosaic virus* (CABMV) (DE LA PAVAS; SEPÚLVEDA-CANO, 2015), podendo também deixar honeydew que propicia o desenvolvimento de fungos que deixam uma camada escura chamada fumagina que interfere nos processos fotossintéticos (WATANABE; KITAGAWA, 2009; ASPROMOR, 2015) .

Uma das ferramentas que vem sendo utilizadas para o manejo dessa praga é a utilização de variedades resistentes, um método ambientalmente adequado e econômico que oferece aos agricultores o controle de insetos através do melhor aproveitamento das características genéticas da planta (DE LA PAVAS.; SEPÚLVEDA-CANO, 2015).

O Instituto Internacional de Investigação de Agricultura Tropical da Nigéria identificou algumas variedades de *V. unguiculata* resistentes a *A. craccivora* tais como TVu-36, TVu-408, TVu-410, TVu-2740, TVu-3417, TVu 300, TVu-3509 (OFUYA, 1993; ALABI; AZIZA; OMOLOYE, 2012; CHAMARTHI et al., 2017). A resistência dessas variedades foi descrita como sendo por antixenose antibiose (CHAMARTHI, TAMO, et al., 2017).

A ativação de mecanismos de defesa em plantas por meio dos seus próprios sinais químicos oferece uma forma de controle de pragas, atualmente existem pesquisas que têm mostrado que os constituintes voláteis comuns a várias plantas (RODRÍGUEZ-SAONA, 2012; BORGES; SANDALIO, 2015a; MUTYAMBAI, 2019) como a *cis*-Jasmona podem ativar as defesas vegetais tornando-as menos atrativas aos insetos herbívoros, e mais atrativos a inimigos naturais destas pragas, como por exemplo, vespas parasitoides (BIRKETT, M. A., CAMPBELL, et al., 2000, DEWHIRST, BIRKETT, et al., 2012, HEGDE, OLIVEIRA, et al., 2012, PINTO-ZEVALLOS, MARTINS, et al., 2013).

Trabalhos atuais têm revelado o papel da *cis*-Jasmona no controle de insetos praga.(DA GRAÇA, UEDA, et al., 2016, DISI, ZEBELO, et al., 2017, SOBHY, CAULFIELD, et al., 2020) em diferentes experimentos mostram que o uso da *cis*-Jasmona reduziu a população de pulgões do gênero *Sitobion avenae* (BRUCE, Toby J.A., MARTIN, et al., 2003) *Macrosiphum euphorbiae* (SOBHY, WOODCOCK, et al., 2017) e também demonstraram a atração dos parasitoides *Scelionidae* em plantas de soja (VIEIRA, MORAES, et al., 2013), ativando desta forma o terceiro nível trófico, responsável pelo controle biológico dos fitófagos.

O objetivo deste trabalho foi estudar o papel do semioquímico *cis*-Jasmona na ativação dos mecanismos de defesa de diferentes genótipos de feijão-caupi quanto à resistência induzida ao afídeo *Aphis craccivora*.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. O feijão-caupi

O feijão caupi (*Vigna Unguiculata* (L.) Walp) é uma planta Dicotyledonea, da ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolineae, gênero *Vigna*, subgênero *Vigna*, seção Catyang, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e subespécie *unguiculata*, subdividida em quatro cultigrupos *Unguiculata*, *Sesquipedalis*, *Biflora* e *Textilis* (ASPROMOR, 2015, SINGH, CHAMBLISS, *et al.*, 1997).

A cultura originou-se da África onde foi domesticada a partir de seu progenitor selvagem *V. unguiculata subsp. unguiculata var spontanea* (BADIANE, DIOUF, *et al.*, 2014) e introduzida no Brasil na segunda metade do século XVI pelos colonizadores portugueses, no Estado da Bahia. A partir da Bahia, o feijão caupi foi disseminado por todo o País. No Piauí, um estado que foi colonizado do sertão para o litoral, certamente a comunicação e o comércio com o sertão eram mais difíceis, e encontra-se a citação do cultivo de feijão em 1697, fato que sugere que houve uma intensa disseminação da cultura, principalmente na região Nordeste e da região Nordeste para todo o País.(EMBRAPA, 2011).

O feijão-caupi é cultivado nas regiões tropicais e sub tropicais do mundo, além é uma leguminosa de importância econômica mundial com destaque para o continente africano como maior produtor, onde é uma parte importante da dieta da população (BADIANE, DIOUF, *et al.*, 2014, KEBEDE, BEKEKO, 2020, RAVELOMBOLA, QIN, *et al.*, 2017). Há cultivos também na América do Sul, América Central, Ásia, Oceania, sudoeste de Europa e nos Estados Unidos da America do Norte. O Brasil ocupa a terceira posição entre os maiores produtores mundiais (ZILLI, *et al.*, 2009, IBGE, 2017, KEBEDE, BEKEKO, 2020). O feijão, *V. unguiculata*, tem vários nomes vulgares no Brasil, sendo conhecido como feijão-macaçar e feijão-caupi na região Nordeste, feijão-da-colônia, feijão-de-praia e feijão-de-estrada na região Norte e, feijão-miúdo na região Sul. (FREIRE FILHO, 2005).

Os nomes comuns do caupi variam no mundo de que alguns deles para mencionar são os seguintes: nos países falantes da língua espanhola eles conhecem isto como feijão da costa, feijão camba, Perome, Rabiza, Anconi e no México como Xpelon (Língua maia) e nos países de língua inglesa: Cowpea, Southernpea, Blackeyed beans e Niébe na África Ocidental (FILHO *et al.*, 2011).

A região Nordeste do Brasil destaca-se como a maior produtora e consumidora de feijão-caupi, principalmente as populações de baixa renda (ALVES BASTOS, DAMASCENO-SILVA, *et al.*, 2016, NOGUEIRA DE M JUNIOR, DAMASCENO E SILVA, *et al.*, 2017). É essencial na dieta destas populações, é uma das espécies de feijão com maior teor de proteína (23% a 25% em média) além de possuir todos os aminoácidos essenciais, carboidratos (62 % em média), vitaminas e minerais essenciais ao organismo humano (NOGUEIRA DE M JUNIOR, DAMASCENO E SILVA, *et al.*, 2017, RIBEIRO, 2002, RODRÍGUEZ-SAONA, 2012).

O feijão-caupi é cultivado em mais de 12,61 milhões de ha em todo o mundo, com uma produção anual de grãos de cerca de 5,59 milhões de toneladas, colocando a África Ocidental com a maior área mundial respondendo por 84% da produção de grãos.

O principal país produtor é a Nigéria com uma participação de 54% do volume médio mundial, em seguida Níger 21%, e Brasil em 8% as três nações respondem por 83% do total mundial do feijão caupi seco (NOGUEIRA DE M JUNIOR, DAMASCENO E SILVA, *et al.*, 2017, SEAB, 2017).

O feijão caupi tem grande destaque na região Nordeste brasileira, com mais de 92% dos 377,3 mil hectares previstos para a semeadura da cultura no Brasil, no período de 2018 a 2020. O Brasil produziu 1.244,4 mil toneladas em todo o país e o estado de Alagoas participou com uma produção de 6,7 mil toneladas (CONAB, 2019). Entre as variedades ou genótipos mais consumidos no Brasil estão mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 variedades de feijão caupi consumidas no Brasil

Cultivar	Classe/Subclasse: Comercial	Fonte
BRS Imponente	Branco rugoso	
BRS Novaera	Branco rugoso	
BRS Guariba	Branco liso	
BRS Xiquexique	Branco liso	
BRS Itaim	Branco Fradinho (olho preto)	
BRS Juruá	Verde	(EMBRAPA, 2016)
BRS Aracê	Verde	
BRS Marataoã	Mulato	
BRS Rouxinol	Sempre-verde	
BR17 Gurgueia	Sempre-verde	
Vita 7	Sempre-vede	(ARAUJO, CARDOSO, 1983)

O feijão-caupi é uma planta hospedeira e atraente para muitas pragas de insetos que reduzem o rendimento agrônomicos e a qualidade dos grãos. (TOGOLA, BOUKAR, *et al.*, 2019) tais como *A. fabae*, *A. gossypii*, *M. persicae* e *P. brasiliensis* das quais se destaca o pulgão preto *A. craccivora* (VALENTE, TRINDADE, *et al.*, 2014).

2.2.Pulgão Preto *Aphis craccivora* Koch, 1854

O pulgão preto *Aphis craccivora* é um inseto (1 a 4 mm) de coloração que variam do amarelo claro ao preto brilhante, corpo ovalado e apresenta dois apêndices tubulares laterais chamados sifúnculos e um central chamado codícola (GALLO, NAKANO, *et al.*, 2002, PETTERSSON, TJALLINGII, *et al.*, 2007). Normalmente, os pulgões não têm asas, mas podem desenvolvê-las para migrar para novas áreas por causa da superlotação ou da falta de comida. Muito bem adaptados à sua atividade fitófaga, destacando-se entre as principais pragas de uma grande variedade de culturas (ANDORNO, BOTTO, *et al.*, 2014). Os pulgões podem ser encontrados em todas as fases desde a fase vegetativa até a reprodução do feijão, causando os seguintes danos: em danos diretos as ninfas e adultos sugam a seiva vegetal, causa o enfraquecimento e impede o crescimento da planta (PETRY, CALVETE, *et al.*, 2008). Devido sua alimentação ser exclusivamente de seiva, esses insetos eliminam grandes quantidades de um líquido do qual se alimentam as formigas que, em contrapartida, os protegem de seus inimigos naturais (ALVES BASTOS, DAMASCENO-SILVA, *et al.*, 2016). Além da diminuição do crescimento e enfraquecimento causa o escurecimento dos órgãos das plantas devido ao desenvolvimento de fungos saprófitas, conhecidos como fumaginas, no melão excretado pelos pulgões (ASPROMOR, 2015, FAO, 2008). O *A. craccivora* é também um eficiente transmissor de vírus, entre eles o *Cowpea Aphid Borne Mosaic Virus* (CABMV) *Cucumber Mosaic Virus* (CMV), *Cowpea Severe Mosaic Virus* (CPSMV) (DE FREITAS, CEZAR, *et al.*, 2012, DE LA PAVA S., SEPÚLVEDA-CANO, 2015).

No processo de alimentação no hospedeiro, o pulgão coloca a ponta do rosto na superfície da planta e, então, força os estiletos contra a superfície resistente, com movimentos repetidos, até penetrar através da cutícula e células da epiderme (figura 1). Os estiletos são flexíveis, dobrando-se com facilidade. Na ponta do aparelho bucal, flui saliva que facilita a penetração e

transforma-se, rapidamente, em geléia, formando uma bainha sólida que encerra e serve de suporte aos estiletos. A penetração continua intra ou intercélulas até os estiletos chegarem ao floema. Alguns desses compostos derivados da saliva são reconhecidos pela planta para provocar defesas (NALAM, LOUIS, *et al.*, 2019).

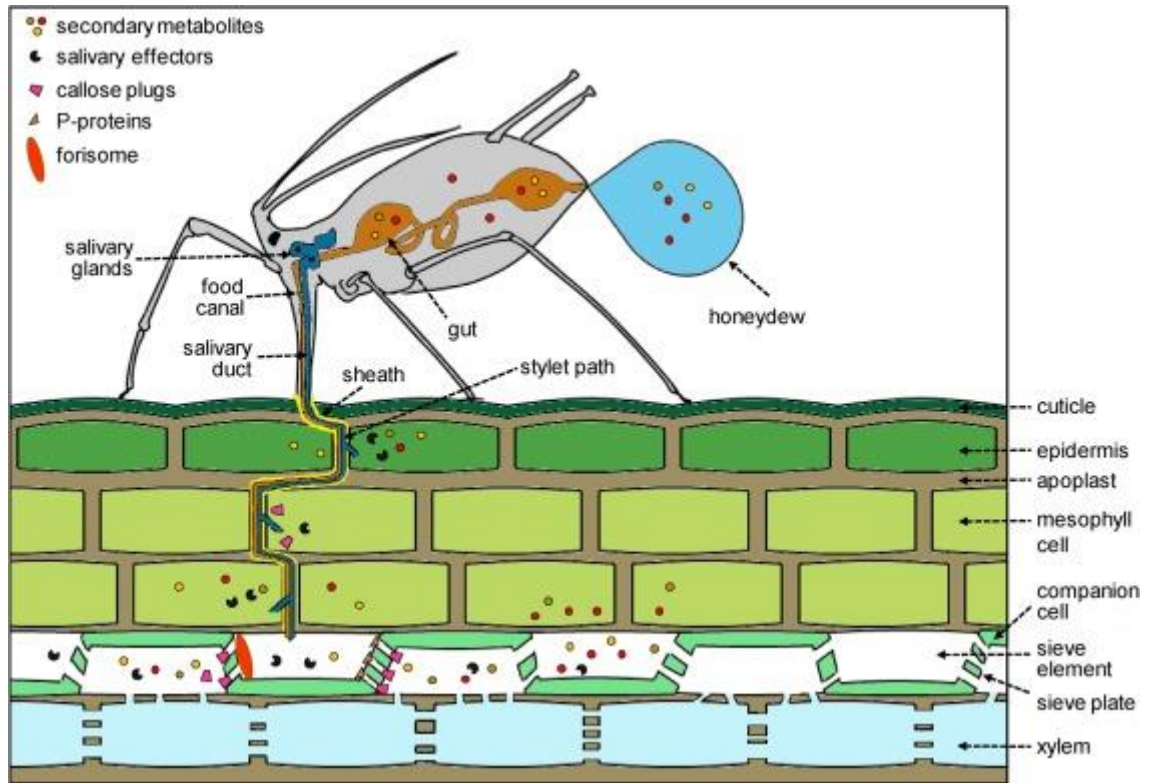


Figura 1 Ilustração de um pulgão se alimentando.

Fonte:(NALAM, LOUIS, *et al.*, 2019)

O pulgão pode ser reproduzido por partogêneses telítoca, isto é, sem o concurso de machos, originando ninfas que se transformarão em fêmeas. A reprodução é ainda por viviparidade, ou seja, a fêmea coloca ninfas e não ovos (GALLO, NAKANO, *et al.*, 2002). Esse tipo de reprodução ocorre em locais de clima tropical, em climas frios ocorre partenogênese cíclica, porque somente próximo ao inverno é que aparecem os machos, e a reprodução é sexuada. (OMKAR, 2018). No resto do ano se reproduzem por partenogênese, existem dois tipos de fêmeas; as ápteras que são responsáveis da reprodução dentro da mesma colônia e as aladas que disseminam a espécie para outros locais. (NALAM, LOUIS, *et al.*, 2019, PETTERSSON, TJALLINGII, *et al.*, 2007) O ciclo de reprodução do pulgão consta de três etapas: ovos, ninfas e adultos, sendo que em média a fêmea produz entre 50 e 100 descendentes por ciclo, e os novos indivíduos possuem aproximadamente de 10 a 14 dias para amadurecer e iniciar a

reproduzir-se novamente (figura 1). Esta alta capacidade reprodutiva dos pulgões tem como consequência um aumento rápido na suas populações, o que os torna potencialmente destrutivo (MIÑARRO, 2011).

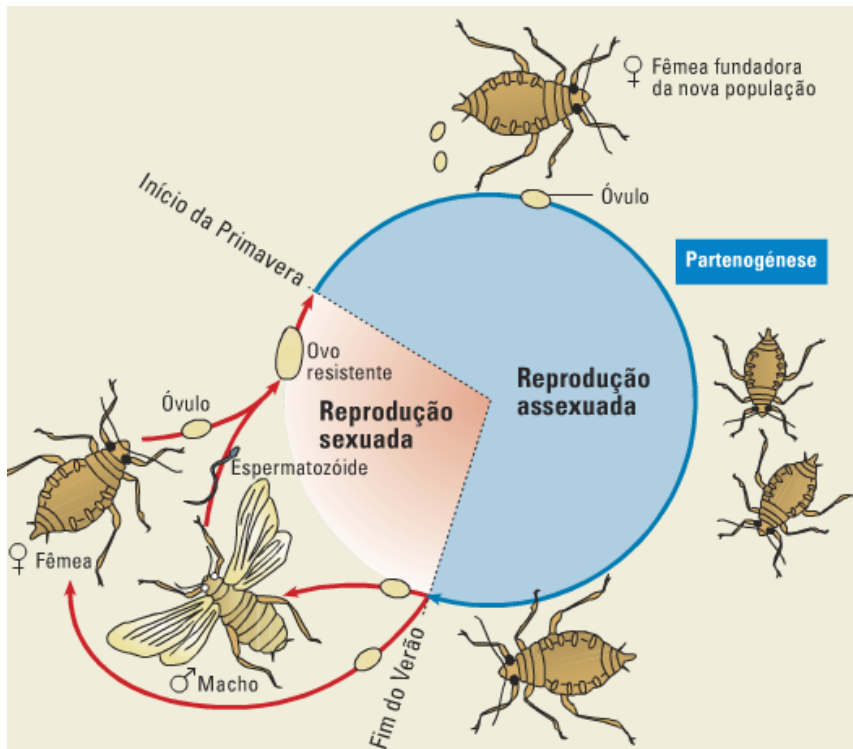


Figura 2 Ciclo de vida dos pulgões

Fonte: (NETXPLICA.COM)

2.2.1. Inimigos naturais do pulgão preto

Vários inimigos para *A. craccivora* já foram identificados como parasitoides, predadores e patógenos (RAKSHANI, TALEBI, *et al.*, 2005). O pulgão preto é atacado por diversos inimigos naturais como, por exemplo, *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidiinae) Viereck, *Lysiphlebus fabarum* (Hymenoptera: Aphidiidae) (Marshall), *Lysiphlebus confusus* (Hymenoptera: Braconidae) Tremblay e Eady, *Lysiphlebus testaceipes* (Hymenoptera: Aphidiidae) (Cresson), *Binodoxys acalephae* (Hymenoptera: Braconidae) (Marshall), *Binodoxys angelicae* (Hymenoptera: Braconidae) (Haliday), *Praon volucre* (Hymenoptera: Braconidae) (Haliday) e *Ephedrus persicae* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) Froggatt

(ALVES BASTOS, DAMASCENO-SILVA, *et al.*, 2016, RAKHSHANI, TALEBI, *et al.*, 2005).

2.1. Controle alternativo de pragas

A agricultura brasileira vem passando por grandes mudanças tecnológicas. A globalização do agronegócio tem provocado reflexos na cadeia produtiva de várias culturas, principalmente daquelas que dependem do uso de grande volume de insumos, notadamente fertilizantes e defensivos agrícolas. Essas culturas vêm tendo um custo de produção mais elevado a cada ano e, em consequência disso, os produtores têm buscado novas opções para seus arranjos produtivos (FILHO, 2011). O uso excessivo de agrotóxicos pode ocasionar danos ao ambiente, levando ao desequilíbrio ambiental e a seleção de populações de pragas e doenças resistentes. (GOIS, *et al.*, 2013). Em função destes fatores, a procura por medidas de controle menos agressivas vem crescendo, respondendo assim, aos anseios da sociedade pela preservação ambiental e por alimentos sem contaminação. Neste contexto, pesquisadores dedicados ao estudo do controle de pragas agrícolas têm um grande interesse no desenvolvimento de estratégias ecológicas e sustentáveis para programas de manejo integrado de pragas (MIP). (PINTO-ZEVALLOS, MARTINS, *et al.*, 2013).

Nas últimas décadas muitos estudos foram realizados envolvendo o uso de voláteis de plantas no controle de pragas na agricultura, (KARBAN, 2020, THULER, DE BORTOLI, *et al.*, 2008, TURLINGS, ERB, 2018). A atração de insetos predadores pelos compostos voláteis das plantas tem sido amplamente demonstrada em numerosos estudos de laboratório. No entanto, poucos estudos foram realizados no nível de campo (RODRÍGUEZ-SAONA, 2012, XU, TURLINGS, 2018).

Shimoda, (1997) descobriram que os trips predadores *Scolothrips takahashii* são atraídos no campo para gaiolas contendo plantas de feijão e ácaros fitófagos. Plantas de feijão-lima *Phaseolus lunatus* emitem uma mistura de terpenos e salicilato de metila quando atacados por ácaros fitófagos (DEGEN, 2004, DICKE, AGRAWAL, *et al.*, 2003, DICKE, SABELIS, 1987) O potencial para o uso de compostos voláteis sintéticos para atrair inimigos naturais em campos agrícolas foi recentemente investigado. Nos campos de lúpulo, os estudos de James, (2003) relataram a atração de predadores incluindo *Geocoris pallens*, a joaninha *Stethorus punctum*

picipes, o crisopídeo *Chrysopa nigricornis* e syrphids a armadilhas amarelas com cola e salicilato de metila.

A partir do conhecimento das funções dos voláteis de plantas e da atividade de outros produtos naturais para o controle de pragas, desenvolve-se um sistema chamado push-pull (afasta-atrai) (PICKETT, KHAN, 2016, RIFFEL, COSTA, 2015) onde a cultura de interesse é intercalada com espécies de plantas que emitem COV's capazes de repelir (“empurrar”) herbívoros e rodeados de plantas que emitem COV's atrativos para simultaneamente (“puxar”) os herbívoros para longe do campo da cultura de interesse (BRILLI, LORETO, *et al.*, 2019, STENBERG, HEIL, *et al.*, 2015). A maioria das atividades deste tipo foram realizadas na África com o cultivo de milho, onde foram detectados que as herbáceas como o *Pennisetum purpureum* e o *Sorghum vulgare* atuam como armadilhas culturais enquanto que o *Melinis minutifolia* e o *Desmodium uncinatum* são bons para repelir as pragas do milho (PAREDES, D.; CAMPOS, M.; CAYUELA, 2013, PICKETT, KHAN, 2016).

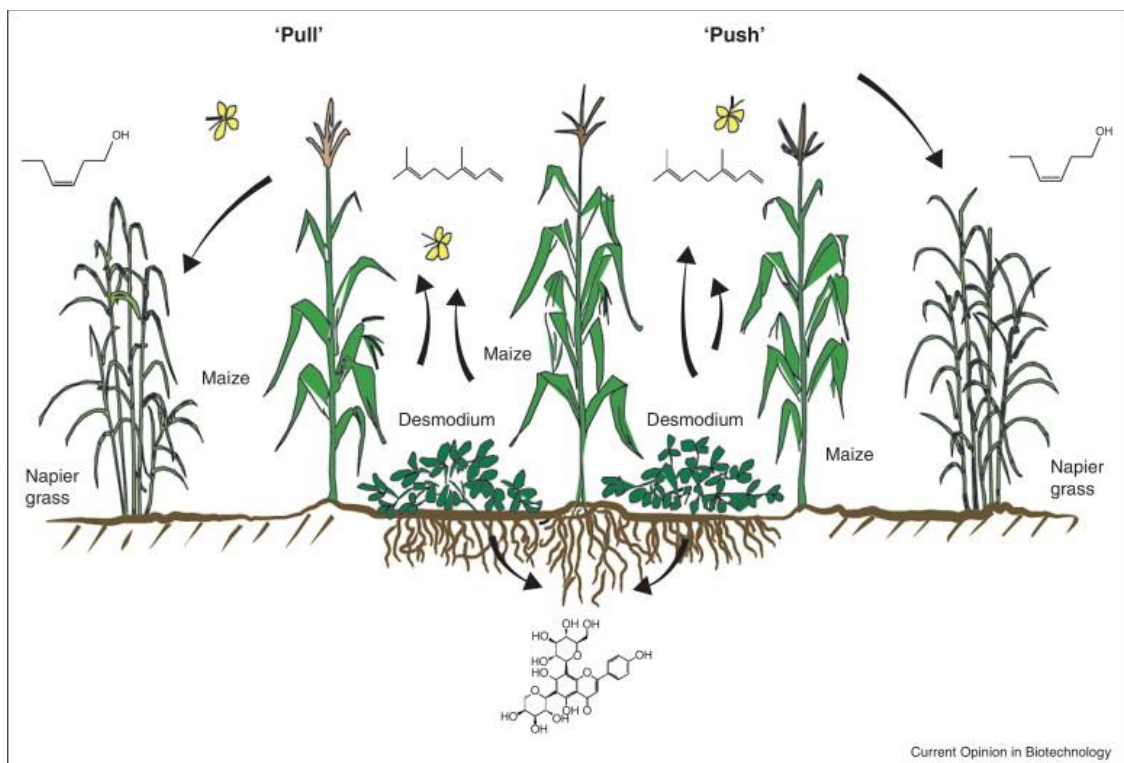


Figura 3 Sistemas agrícolas de push-pull

Fonte:(PICKETT, WOODCOCK, *et al.*, 2014)

2.2. Compostos orgânicos Voláteis de plantas COV's

Os compostos orgânicos voláteis (COV's) das plantas são compostos de baixo peso molecular, liberados por praticamente todos os tecidos vegetais e são classificados nas seguintes classes: terpenóides (também conhecidos como isoprenóides), carotenóides, fenilpropanóides/benzonóides, derivados de ácidos graxos e derivado de aminoácidos, são frequentemente encontrados como componentes em aromas liberados por flores e frutos (RIFFEL, COSTA, 2015)

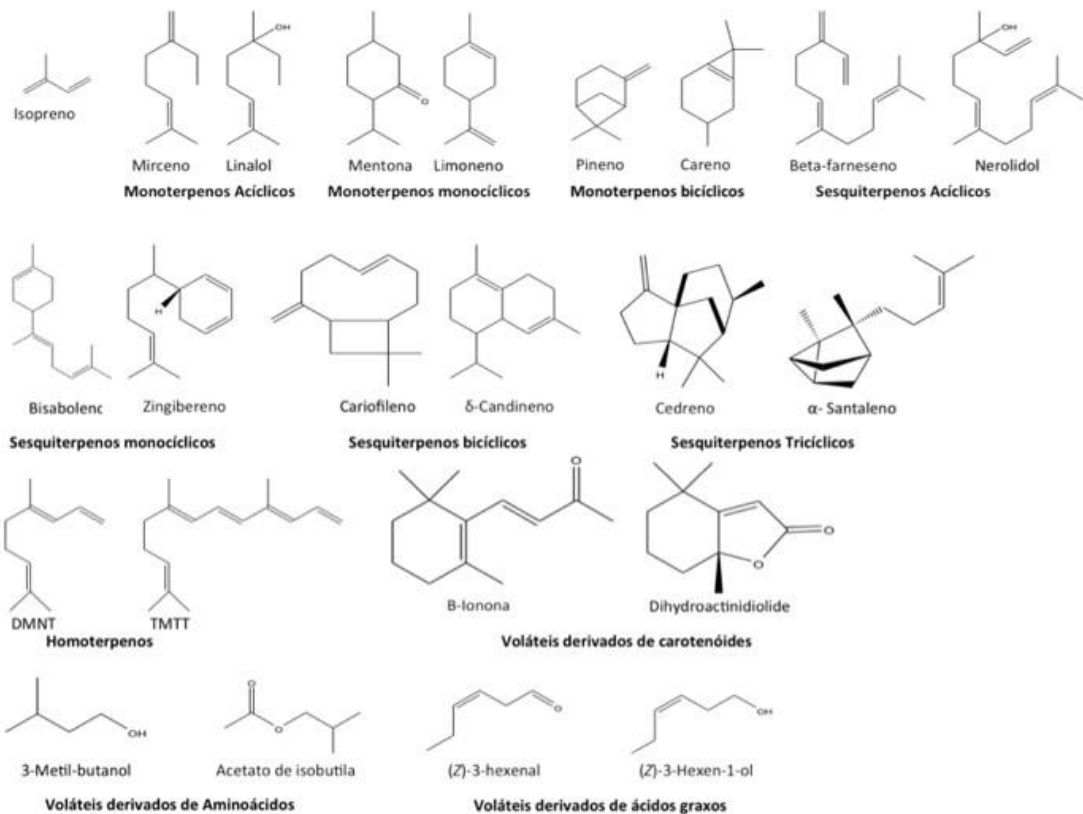


Figura 4 Principais compostos e classes de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) de plantas.

Fonte:(RIFFEL, COSTA, 2015)

A liberação de compostos orgânicos voláteis (COVs) podem atrair parasitoides ou predadores do inseto hospedeiro.(HALITSCHKE, STENBERG, *et al.*, 2008, MITHÖFER, BOLAND, 2012) Estes compostos podem ser produzidos constitutivamente, independentemente do ataque de um inseto herbívoro ou induzido por herbívoros. No entanto, a indução por herbivoria pode desempenhar interações ecológicas, principalmente na localização

de presas ou de hospedeiros pelos mesmos inimigos naturais, que podem contribuir para atrair ou repelir outros herbívoros e mediar a comunicação entre plantas vizinhas (DICKE, AGRAWAL, *et al.*, 2003). As atrações dos inimigos naturais dos herbívoros por compostos orgânicos voláteis como defesa indireta induzida têm sido estudadas em vários sistemas vegetais. (HALITSCHKE, STENBERG, *et al.*, 2008, TURLINGS, ERB, 2018).

Os chamados voláteis induzidos pela herbivoria (HIPV, por sua sigla em inglês) consistem em odores liberados por plantas atacadas que servem como sinais importantes para parasitoides e predadores para localizar o hospedeiro / presa. Plantas atacadas por herbívoros sintetizam compostos orgânicos defensivos que direta ou indiretamente afetam o desempenho de herbívoros e mediam outras interações com a comunidade. A emissão destes compostos voláteis aumentam drasticamente quando herbívoros, particularmente aqueles com um hábito de mastigação, se alimentam de plantas (RODRÍGUEZ-SAONA, 2012). As plantas respondem efetivamente aos ataques do herbívoro, induzindo vários mecanismos de defesa em tecidos danificados (localmente) e não danificados (sistematicamente). Por exemplo, *Tetranychus urticae*, quando se alimentam do tecido foliar, estimulam respostas nas plantas e essas emitem monoterpenos e homoterpenos que irão repelir a herbivoria e atrair os seus predadores, como o predador *Phytoseiulus persimilis* (ARIMURA, OZAWA, *et al.*, 2004). *Pieris rapae* é uma espécie de lagarta, que ao consumir certas plantas, induz a formação de monoterpenos, sesquiterpenos e homoterpenos. As emissões destes voláteis são atraentes para vespas parasitoides como a *Cotesia rubecula*, que irão ovipositar nessas lagartas (TRUONG, HEUSKIN, *et al.*, 2014).

2.3. Interações inseto – planta

A interação entre insetos e plantas terrestres coexistem para mais de 400 milhões de anos e durante estes anos desenvolveram interações que afetam todos os níveis bioquímicos básicos. Estas relações são mutuamente benéficas mas a maioria das interações envolvem os predadores de insetos e de defesa das plantas contra insetos herbívoros (FÜRSTENBERG-HÄGG, ZAGROBELNY, *et al.*, 2013, LABANDEIRA, 2013). Nas interações entre inseto-planta podemos distinguir vários níveis tróficos, plantas são aquelas que constituem o primeiro nível trófico, enquanto os insetos herbívoros que consomem essas plantas pertencem ao segundo nível trófico e o terceiro nível é constituído por insetos predadores que se alimentam dos insetos herbívoros considerados inimigos naturais das pragas (RODRÍGUEZ-SAONA, 2012).

Podemos resumir afirmando que o benefício da interação planta-inseto é: as plantas beneficiam-se pela polinização e defesa, enquanto os insetos recebem das plantas locais para ovopositar, alimento e abrigo.

As plantas respondem ao ataque dos herbívoros através de um sistema de defesa complexo e variável, que envolve diferentes barreiras físicas, barreiras constituídas por produtos químicos tóxicos e recrutamento natural (EASWAR RAO, DIVYA, *et al.*, 2016, RASMANN, AGRAWAL, 2009). Podem ser classificados como diretas quando possuem de imediato uma ação negativa sobre o herbívoro e indireta quando envolvem ação do terceiro nível trófico (ABDALA-ROBERTS, PUENTES, *et al.*, 2019).

2.4. Estratégias de defesa

2.4.1. Defesa direta

As defesas diretas são mediadas por características da planta que afetam a biologia dos herbívoros, como proteção mecânica na superfície das plantas (por exemplo, pelos, tricomas, espinhos e folhas mais grossas) ou produção de substâncias de metabolismos não voláteis, como terpenóides, alcaloides, antocianinas, fenóis e quinonas) que matam ou retardam o desenvolvimento dos herbívoros.

2.4.2. Defesa indireta

As defesas indiretas contra insetos são mediadas pela liberação de uma mistura de voláteis que atraem especificamente inimigos naturais dos herbívoros e / ou fornecendo alimento (por exemplo, néctar extrafloral) e alojamento para aumentar a eficácia dos inimigos naturais. As defesas indiretas funcionam através da atração de organismos de um nível trófico adicional, por exemplo, dos inimigos atacantes (HEIL, 2008, MITHÖFER, BOLAND, 2012). Essa é mediada por compostos voláteis que a planta libera quando sofre alguma injúria ou quando entra em contato com substâncias elicitoras produzida através de uma variedade de vias biosintéticas pela praga (AARTSMA, BIANCHI, *et al.*, 2017).

A resposta volátil ocorre local e sistemicamente, ou seja, nas partes distais, sem dano sofrido pelo herbívoro dentro da mesma planta danificada. O ácido jasmônico e o ácido

salicílico são dois hormônios de defesa que induzem a produção de voláteis nas plantas (RODRÍGUEZ-SAONA, 2012).

2.5. Resistência de plantas

Uma planta resistente é aquela que, devido à sua constituição genotípica, é menos danificada que outra por insetos pragas, em igualdade de condições. Na prática, é a capacidade de uma variedade da planta de produzir um maior rendimento e melhor qualidade do que outras variedades a um dado nível populacional de um inseto praga (RUBEN, JORGE LUIS, *et al.*, 2017).

Para que haja resistência de plantas a insetos é necessária a presença ou mediação de aleloquímicos que atuam sobre dois níveis tróficos: a planta e o inseto-praga. Os mais importantes são: a) Alomônio: composto produzido pela planta (emissor) em benefício do mesmo, mas prejudica o inseto (receptor); b) Sinomônio: composto que beneficia a planta e o inseto; c) Cairomônio: composto que beneficia o inseto mas não a planta (SALAZAR, 2002).

Painter (1951), diferenciou três tipos de resistência de plantas a insetos ou mecanismo de resistência: antixenose, antibioses e tolerância. Uma planta resistente pode ter todos os três tipos de resistência ao mesmo tempo, pode ser não preferida para oviposição ou alimentação, pode ter antibiose e ser tolerante. Os fatores genéticos não condicionam a preferência, a antibiose ou tolerância podem ser independentes. (SALAZAR, 2002).

A antibiose ocorre quando a planta causa um efeito adverso sobre o inseto praga por causa de substâncias químicas ou estruturas que a planta possui. As plantas possuem uma variedade de substâncias algumas das quais podem ser tóxicas para uma praga ou causar um lento desenvolvimento dela. Este mecanismo de resistência afeta vários parâmetros da biologia do inseto-praga tais como: mortalidade na fase imatura (frequentemente no primeiro instar), prolongamento do período de desenvolvimento, redução de tamanho e peso, redução da fecundidade, da fertilidade e no período de oviposição, e alteração no tempo de vida (LARA, 1991; GALLO *et al.*, 2002).

A resistência do tipo não preferência ou antixenose ocorre quando a planta apresenta algum fator que cause uma resposta negativa na praga, deixando a planta com menor atratividade para algumas funções básicas da praga como alimentação, oviposição e abrigo.

2.6. Indução de resistência

A resistência induzida é utilizado para descrever as defesas induzidas por danos provocados pelos insetos quando as plantas são atacadas e essas defesas tornam as plantas menos susceptíveis a ataques futuros (BAR-NUN, MAYER, 2008, DELANEY, WAWRZYNIAK, *et al.*, 2013, PORTELA, 2018). Um dos benefícios da defesa induzida para as plantas seria uma possível redução do custo energético relacionado à defesa, já que enquanto a planta não sofre herbivoria, sua energia é alocada para seu crescimento e reprodução.

Estas defesas podem variar qualitativa e quantitativamente de acordo com: a espécie do herbívoro que realiza a injúria na planta; a presença de diferentes espécies de herbívoros em uma mesma planta; o tipo de hábito alimentar (mastigador ou sugador) do inseto; o estágio fisiológico e a espécie da planta hospedeira (KOORNNEEF, PIETERSE, 2008, MACUVELE, 2013, THOMAZINI, 2009).

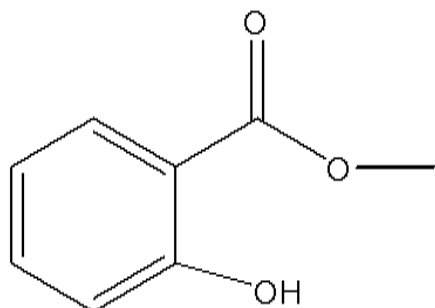
2.6.1. Compostos indutores de defesa das plantas

As plantas respondem ao ataque de herbívoros através de um sistema de defesa dinâmico que inclui barreiras estruturais, produtos químicos tóxicos e a atração de inimigos naturais de pragas, ambos os mecanismos de defesa podem estar presentes constitutivamente ou induzidos após a herbivoria. A maioria dos produtos químicos é produzida por um herbívoro. (SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, 2017). Os insetos herbívoros produzem secreções orais que contêm compostos que provocam respostas das plantas. Estas substâncias existentes na saliva são chamadas eliciadores e são responsáveis por desencadear o início das respostas de defesa das plantas.

As plantas ao serem atacadas por agentes patogênicos e insetos emitem um sinal iniciando a defesa induzida, esse sinal de resposta é principalmente reguladas pelo ácido jasmônico (AJ) e etileno (ET), enquanto os herbívoros que sugam a seiva induzem o ácido salicílico (AS) em maior extensão. A variação de constituintes químicos derivados de herbívoros da saliva de herbívoros ou o padrão de alimentação são provavelmente os principais fatores que afetam a especificidade da resposta da planta. (ERB, MELDAU, *et al.*, 2012, POELMAN, KESSLER, 2016).

Entre os compostos que apresentaram efeito indutor de resistência em plantas contra pragas está o salicilato de metilo (MeSa) (figura 4). Shulaev, Silverman, *et al.*, (1997) mostram o MeSa como um semioquímico ligado ao estresse de plantas. A maioria dos insetos estudados, inclusive hematófagos, mostrou fortes respostas eletrofisiológicas a esse composto e quando

MeSa foi aplicado no trigo reduziu significativamente (entre 30 - 40%) o número total de afídeos colonizando a cultura. Apesar desse indutor ter essa capacidade de reduzir a população de pulgões existe um fator limitante para a sua aplicação prática que é a sua elevada volatilidade.



Salicilato de metila

Figura 5 Estrutura química de salicilato de metila.

2.7. Jasmonatos

Atualmente existem evidências abundantes sobre a importância dos jasmonatos na regulação das respostas das plantas contra o ataque de insetos. A participação dos jasmonatos na indução de metabolismos secundários inclui a síntese de moléculas pertencentes a diferentes classes de compostos tais como terpenóides, alcalóides e fenilpropanóides. (ZHAO, DAVIS, *et al.*, 2005).

O ácido jasmônico (JA) juntamente com seus derivados, metil jasmonato (MeJa) e *cis*-Jasmona, consiste de um grupo de fitormônios identificadas em plantas em respostas de estresse bióticos e abióticos que atuam localmente ou como agentes sinalizadores (TURNER, ELLIS, *et al.*, 2002).

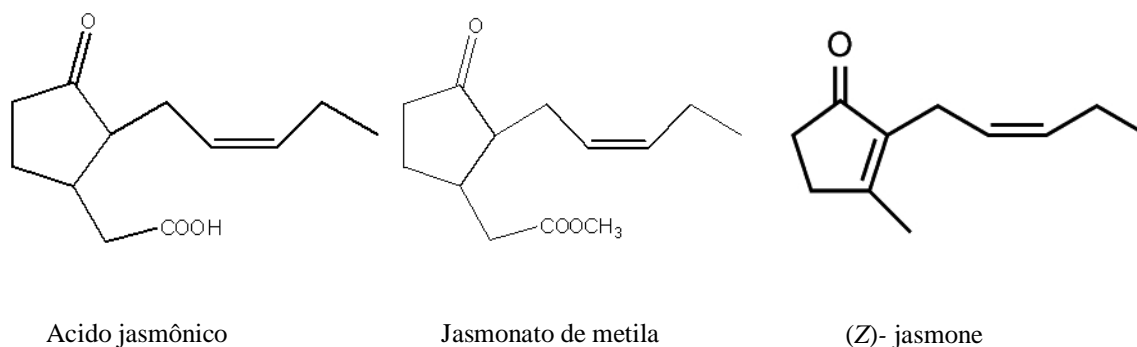


Figura 6 Estrutura química de jasmonatos

(PICKETT, BIRKETT, *et al.*, 2007) em seu estudo constataram que a aplicação de ácido jasmônico aumentou os níveis da “polifenol oxidase”, uma enzima oxidativa implicada na resistência para vários insetos herbívoros em plantas de tomate, *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae). Plantas que sofreram indução apresentaram 60% menos injúrias na folhagem do que as plantas não tratadas. A função dos JAs na defesa foi proposta por E. E. Farmer, (1992) que forneceram evidências de uma ligação causal entre o ferimento (causado por insetos herbívoros), a formação de JAs e a indução de genes para inibidores de proteinase que impedem a alimentação de insetos. Em particular, eles propuseram que o ferimento causou a liberação de ácido linolênico (LA), o suposto precursor de JAs, de lipídios de membrana.

O *cis*-Jasmona ou (*Z*) - jasmone, é um composto volátil de plantas provavelmente formado pela β -oxidação do ácido jasmônico e induzido pelo inseto durante a herbívoros (BIRKETT, M. A., CAMPBELL, *et al.*, 2000, BRUCE, Toby J.A., MARTIN, *et al.*, 2003, TURNER, ELLIS, *et al.*, 2002), sua atividade indutora foi primeiramente descoberta pelo instituto de pesquisa Rothamsted, na Inglaterra, O monitoramento eletrofisiológico do sistema olfatório do pulgão da alface revelou respostas à *cis*-Jasmona, que funciona como repelente do pulgão e como atrativo para os insetos que alimentam ou parasitam os pulgões (BIRKETT, M. A., CAMPBELL, *et al.*, 2000, BRUCE, Toby, PICKETT, *et al.*, 2003).

A *cis*-Jasmona também foi ativa em plantas, induzindo a produção de compostos voláteis que afetam a defesa de plantas, estimulando a atividade de insetos parasitas. (BIRKETT, M. A., CAMPBELL, *et al.*, 2000, TURNER, ELLIS, *et al.*, 2002).

Sun *et al.*, (2018) realizou bioensaios nos quais demonstrou-se que a taxa de parasitismo de larvas de *Helicoverpa armigera* por *Campoplex chloridae* em plantas de tabaco tratadas com *cis*-Jasmona foi maior do que nas plantas controle. Portanto, *cis*-Jasmona parece ser um agente químico importante nas interações de plantas, *H. armigera* e *C. chloridae*, e CchlOR62 media a atratividade de *cis*-Jasmona para *C. chloridae*.

Plântulas de trigo tratadas com uma solução de *cis*-Jasmona em uma concentração de 50 g/ha e um controle sem aplicação foram submetidas a infestação com 250 pulgões *S. avenae* 24 horas após aplicação. Vinte e quatro horas após a infestação verificou-se que plantas tratadas tiveram um número menor de pulgões (BRUCE, Toby J.A., MARTIN, *et al.*, 2003).

2.8.Semioquímicos

A comunicação química desempenha um papel importante e essencial na sobrevivência de insetos, o que lhes permite avaliar o ambiente imediato através da modificação de seu comportamento. Os semioquímicos são compostos orgânicos usados por organismos vivos e nos insetos serve para transmitir mensagens químicas específicas que modificam o comportamento ou a fisiologia (EL-SHAFIE, FALEIRO, 2017). É através da detecção e emissão destes compostos que os insetos encontram parceiros para o acasalamento, alimento ou presa, escolhem local de oviposição, se defendem contra predadores e organizam suas comunidades, no caso dos insetos sociais (ZARBIN, RODRIGUES, *et al.*, 2009).

A origem semântica da palavra semioquímico está relacionada com a palavra grega *semeion*, que significa sinal, portanto, são designados de semioquímicos (sinais químicos) os compostos utilizados na intermediação de relações entre os seres vivos. Os semioquímicos possuem duas classificações; a primeira está relacionada com a espécie do emissor e do receptor do sinal químico, e a segunda, de acordo com os resultados decorrentes desta comunicação (ZARBIN, RODRIGUES, *et al.*, 2009).

2.8.1. Classificação de semioquímicos

Os semioquímicos são classificados com base em seu efeito ou função e isso deve ser levado em conta, pois a mesma molécula poderia atuar como um feromônio para uma espécie de inseto e como um cairomônio ou alomônio para outra espécie. Os semioquímicos são divididos em dois grandes grupos: feromônios que medeiam interações entre indivíduos da mesma espécie (reações intraespecíficas) e aleloquímicos que mediam as interações entre indivíduos de diferentes espécies (interações interespecíficas) (EL-SHAFIE, FALEIRO, 2017).



Figura 7 Nomenclatura adotada para semioquímicos e critérios biológicos

Fonte: ZARBIN; RODRIGUES; LIMA, (2009)

2.8.1.1. Aleloquímicos

São compostos químicos que mediam a interação entre organismos de espécies distintas (DICKE, SABELIS, 1987, NORDLUND, LEWIS, 1976). Estas substâncias exercem um papel preponderante em todas as comunidades, estendendo-se, em vários casos, além de duas espécies, mediando entre três ou mais níveis tróficos (PRICE, BOUTON, *et al.*, 1980). Os aleloquímicos por sua vez, são classificados de acordo com tipo de organismo que está sendo beneficiado na comunicação.

2.8.1.2. Alomônios

São sinais químicos que somente favorecem o emissor, isto é, quando os sinais químicos liberados pelo emissor entram contato com o receptor, provocam nesse último uma resposta comportamental ou fisiológica, desfavorável, mas favorável ao emissor (HAUPT, N., *et al.*, 2012).

2.8.1.3.Cairomônios

São sinais químicos que quando são liberados beneficiam somente o agente receptor, não favorecendo o emissor, quando os sinais químicos liberados pelo emissor entram em contato com o receptor e, provocam nesse último uma resposta comportamental ou fisiológica favorável, mas desfavorável ao emissor (NORDLUND; LEWIS, 1976; DICKE; SABELIS, 1988). Como exemplo existem os voláteis induzidos de plantas, devido ao dano causado por herbivoria, que agem na atração de parasitoides de ovos. (MORAES, LAUMANN, *et al.*, 2005).

A maioria dos trabalhos descreve interações que fazem o uso desta classe de substâncias, principalmente no que diz respeito a insetos parasitoides. Isso seria, por exemplo, o caso de voláteis emitidos pelo milho (fenilacetaldéido, e 3-metilbutan-1-ol,) e frutas maduras (etileno), os quais atraem e estimulam a produção do feromônio sexual ((Z)-11-hexadecenal) de mariposas fêmeas de *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae). A atração dos machos só é eficiente quando, junto ao feromônio da fêmea, encontra-se o acetato de (Z)-3-hexenila (que age sinergisticamente), componente volátil comumente emitido por plantas de folhas verdes, às quais poderão servir de fonte alimentar para a futura prole (larvas) (OLDHAM, BOLAND, 1996).

2.8.1.4.Sinomônios

São sinais químicos que beneficiam tanto o emissor como receptor do sinal. Essas substâncias provocam uma resposta comportamental ou fisiológica adaptativa favorável a ambos os indivíduos (receptor e emissor) (EL-SHAFIE, FALEIRO, 2017); DICKE; SABELIS, 1988) e são identificadas na interação planta-herbívoro, herbívoro-predador e terceiro nível tráfico (planta-herbívoro-predador) (THOMAZINI, 2009). O exemplo típico seria dos voláteis emitidos pelo milho *Zea mays* que, quando atacado por herbívoros (lagartas da mariposa *Spodoptera exigua*), atraem fêmeas da vespa *Cortesia marginiventris*, a qual é um parasitoide natural destas lagartas (SCHRÖDER, 1998).

2.8.1.5.Feromônios

(KARLSON, LÜSCHER, 1959) propuseram pela primeira vez o termo feromônio para descrever sinais químicos que mediam as interações intraespecíficas. O feromônio sexual da traça do bicho-da-seda, *Bombyx mori*, foi o primeiro feromônio a ser identificado quimicamente em 1959 e é considerado o semioquímico mais importante usado no manejo de pragas. Outros feromônios incluem feromônios de agregação, que são produzidos por machos e atraem ambos os sexos de indivíduos coespecíficos.

Em 1966, foram publicados os resultados da identificação dos primeiros feromônios sexuais de insetos-praga também presentes na agricultura do Brasil, os atrativos sexuais das mariposas *Trichoplusia ni* (Lepidoptera, Noctuidae) e *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera, Gelechiidae) (BAKER, WILLIS, *et al.*, 1985, ZARBIN, RODRIGUES, *et al.*, 2009).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Entomologia do Centro de Engenharias e Ciências Agrárias CECA, localizado no município de Rio Largo – AL e no Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais do CECA no campus: A.C. Simões, localizado no município de Maceió – AL, ambos da Universidade Federal de Alagoas.

3.1. Cultivares de feijão caupi selecionadas para o estudo

Os cultivares do feijão caupi utilizados para desenvolver os diferentes experimentos foram selecionados os seguintes genótipos: Vita 7 (suscetível), BRS Guariba (resistente), BR Gurgueia (variedade comercial). Estes foram obtidos do banco ativo de germoplasmas de feijão-caupi do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará e Embrapa Meio-Norte. As sementes foram semeadas em copos descartáveis com 500 ml de capacidade, preenchidos com substrato comercial (Carolina Soil). Cada copo foi semeado com duas sementes e após cinco dias da germinação foram retiradas as plantas menos desenvolvidas, permanecendo somente uma por recipiente, as plantas foram protegidas em gaiolas revestidas com tela anti-afídeo 1,50m x 0,60m x 0,60m. O crescimento vegetativo

ocorreu em uma estufa com clima controlada a $30\pm 5^{\circ}\text{C}$, $70\pm 10\%$ U.R. e fotoperíodo de 12 horas no Centro de Engenharias e Ciências Agrárias, localizado no município de Rio Largo – AL ($9^{\circ}28'0.20''\text{S}$, $35^{\circ}49'43.26''\text{W}$).



Figura 8 Casa de vegetação onde as plantas foram mantidas com clima controlado

3.2.Obtenção e criação do inseto em laboratório

Os pulgões *A. craccivora*, foram coletados em parcelas de feijão infestadas, localizada no município de Rio Largo - AL ($9^{\circ}31'45.65''\text{S}$, $35^{\circ}47'55.44''\text{W}$). Os insetos coletados foram criados na casa de vegetação a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$, $70\pm 10\%$ U.R. e fotoperíodo de 12 horas no Laboratório de Pesquisa e Recursos Naturais. (LPQRN) CECA-UFAL.

Os pulgões foram mantidos em plantas do feijão-caupi do genótipo Gurgueia, que apresentaram mais de 3 folhas trifoliada, cultivar que proporcionam um melhor desenvolvimento para o pulgão, (VALENTE, TRINDADE, *et al.*, 2014), mantidas em gaiolas revestidas com tela anti-afídeo (0,5m x 0,5m x 0,5m). Os pulgões utilizados na infestação apresentaram as seguintes características: corpo com coloração preta brilhante e abdome volumoso. Colocando 8 pulgões por planta (ARCAYA, MENGUAL, 2018) que garantiu a reprodução assexuada contínua. Os pulgões ápteros foram usados em experimentos de coleta volátil e antibioses enquanto a migração de pulgões alados, obtida por superlotação, foram utilizados em bioensaios de olfatômetros.

3.3. Tratamento de plantas

As plantas utilizadas para as coletas dos voláteis apresentaram entre 13 a 17 dias (na fase vegetativa) de cultivo sendo submetidas aos seguintes tratamentos: (a) controle em branco (T); (b) plantas com formulação de *cis*-Jasmona (CJ); (c) plantas infestadas com 20 pulgões ápteros (P); (d) plantas tratadas com formulação de *cis*-Jasmona e 24 hora depois infestadas com 20 pulgões ápteros (CJP) (SOBHY, WOODCOCK, *et al.*, 2017). Nos tratamentos com formulação de *cis*-Jasmona (CJ) foram pulverizadas com um borrifador de uma dose de 50 g/ha de *cis*-Jasmona em emulsão com Tween 20 (125 µL de *cis*-Jasmona em 0,5 L de água destilada (MACUVELE, 2013). Para avaliação dos perfis dos COV's, nas coletas dos voláteis dos quatro tratamentos forem 8 repetições por cultivar em cada tratamento. Antes de serem usadas nos experimentos, as plantas pulverizadas com CJ eram mantidas em gaiolas revestidas com tela anti-afídeo (0,5m x 0,5m x 0,5m) separados em compartimentos com clima controlado (25 ± 1 ° C, 25–40% RH, fotoperíodo de 12 horas), a fim de minimizar a indução indesejada de defesa por voláteis planta e interações entre tratamentos.

3.4. Coleta de Compostos Orgânicos Voláteis (COV's)

A coleta de voláteis foi realizado pelo procedimento descrito por (SOBHY, WOODCOCK, *et al.*, 2017, WEBSTER, BRUCE, *et al.*, 2008). Para as coletas de cada tratamento, as plantas com três folhas, trifoliadas, de 13 a 17 dias (fase vegetativa) foram colocados em câmeras de vidro de 0,60 m x 0,19,5 com um orifício (0,1 m) na parte superior e outra na parte inferior (uma para entrada de ar e o outro para sair). As plantas foram introduzidas no fundo da câmara de vidro com muita cautela para não quebrar as folhas, os copos foram cobertos com papel alumínio para isolar os compostos provenientes do substrato. A base das câmaras foi fechada com papel alumínio, aquecidas em um forno a uma temperatura de 150°C por 2 horas. Os traps constituídos do adsorvente Porapak[®] N 50/80 mesh foram ativados antes de cada uso por lavagem com metanol (1 ml), hexano (1 ml) (ambos os solventes grau HPLC bidestilado) e aquecidos a 132 °C sob uma corrente de nitrogênio purificado por um período de 2 horas. O sistema de aeração para coleta dos voláteis, constituiu de ar filtrado em uma coluna de carvão ativo e injetado no sistema por meio de um compressor de ar com um fluxo de entrada de 500 mL/min enquanto que outra bomba suga o ar passando através do “trap”(tubos com o adsorvente Porapak[®] N 50/80 mesh) a uma razão de 400 mL/min (figura

1) . Cada coleta dos COV's foi realizada por um período de 24 horas (Figura 2). Ao término das aerações, a dessorção do material retido foi realizada com a passagem de 500 µL de hexano (HPLC) e esse material coletado foi mantido em vials (2mL) de cor âmbar (figura) e armazenados em freezer de -20 °C até a análise e bioensaios.

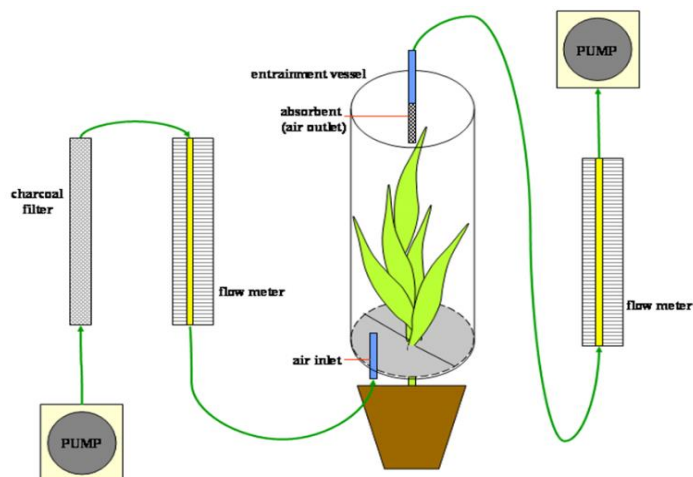


Figura 9 Aeração para coleta de voláteis de uma planta.

Fonte: Chemical Ecology Training Manual Rothamsted Institute



Figura 10 Coleta dos compostos orgânicos voláteis (COV's)

3.5. Análise por Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG/EM)

Foram injetadas alíquota de 1 µL dos extratos obtidos no cromatógrafo gasoso acoplada ao espectrômetro de massas (CG-MS), modelo Shimadzu QP-2010, equipado com uma coluna capilar DB-5 (30 m x 0,25 mm D. I. x 0,25 µm de filme) (J & W Scientific, Folsom, Califórnia, EUA) com ionização por impacto de elétrons (70 eV). O CG-MS foi operado em modo splitless (250°C), com programação de temperatura de 50°C por sete minutos, aumentando 7°C/min até 280°C, permanecendo nesta temperatura por cinco minutos. A linha de transferência foi operar a 270°C e o hélio foi usado como gás de arraste com fluxo de 1 mL/min.

A identificação dos compostos voláteis isolados foi realizada por análise do espectro, comparação visual por meio de espectro de massa com espectro da biblioteca observando-se principalmente as características de íon molecular e pico de base, relacionando-se com outros espectros da base computacional como Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST), 2008 (NIST08 e NIST08s), Wiley MS (Wiley) e seus índices de retenção Kovats (KI). Os KIs foram determinados utilizando séries homólogas de n-alcenos C7-C40 (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO) num ciclo de GC programado como descrito acima. A identificação positiva foi assumida quando bons resultados de espectros de massa e KI foram alcançados. Os dados obtidos também foram comparados com várias fontes da literatura como os sites do Pherobase e NIST Chemistry Web Book

Para calcular o índice de retenção foi realizada uma injeção com uma série homóloga de n-alcenos (Sigma-Aldrich C7-C40), sendo os dados aplicados na fórmula abaixo, que é inserida numa planilha do Excel.

$$KI = 100 \left[Y + (Z - Y) \times \frac{TR_A - TR_{CA}}{TR_{CP} - TR_{CAD}} \right]$$

$$TR_{CP} - TR_{CAD}$$

Y = carbono anterior.

Z = carbono posterior.

TR_A = Tempo de Retenção da Amostra em Análise.

TR_{CA} = Tempo de Retenção do Carbono Anterior do Alcano.

TR_{CP} = Tempo de Retenção do Carbono Posterior do Alcano.

3.6. Bioensaios.

3.6.1. Estudo de repelência e atração em olfatômetro.

Para avaliar o comportamento do pulgão frente aos compostos voláteis liberados por plantas de feijão Caupi nas três variedades BRS Guariba (resistente), Vita 7 (susceptível) e Gurguéia, submetidas aos seguintes tratamentos (a) controle em branco (T); (b) plantas com formulação de *cis*-Jasmona (CJ); (c) plantas infestadas com 20 pulgões ápteros (P); foi utilizado o olfatômetro de quatro braços.

Os bioensaios foram realizados utilizando-se os COV's das plantas de feijão de todos os tratamentos obtidos por aeração segundo a metodologia descrita por PETTERSSON, (1970) em uma sala de bioensaios com ambiente controlado ($27\pm 1^{\circ}\text{C}$, $70\pm 10\%$ U.R.). Para eliminar qualquer sinal visual, o olfatômetro foi colocado em uma gaiola preta ($60 \times 60 \times 76$ cm), composta por uma armação de aço coberta com papel cartão preto com uma abertura de observação na frente. A iluminação uniforme foi fornecida por uma de luz fluorescente (70 W) posicionado aproximadamente 45 cm acima do olfatômetro.

Os olfatômetros foram revestidos com papel de filtro para fornecer aderência aos insetos (Whatman, 110 cm de diâmetro, Tipo 1) Para o teste de atração nas extremidade de um dos braços do olfatômetro foi colocado um pedaço de papel filtro aplicando em 10 μL da amostra dos COV's (T) coletados e nos outros três braços forem aplicados 10 μL de hexano, aguardando-se um período de 30 segundos para evaporação do solvente.

Para os teste de repelência foram colocados nos três braços os COV's coletados tratados com (CJ) e (P) e um de hexano como testemunha(figura). O ar do interior do olfatômetro foi sugado por uma bomba de vácuo com uma sucção a uma taxa de 400mL / min dividida nos quatro braços em direção ao centro do aparelho.

O olfatômetro foi dividido em cinco áreas comportamentais, a parte central onde o pulgões adultos alados com repouso alimentar por 2 horas foi introduzida um por vez e essa área foi considerada a área central 5 (WEBSTER, BRUCE, *et al.*, 2010) respeitado um período de aclimatação de 2 minutos para cada inseto. Os dados foram registrados a um período de 16 minutos e para compensar qualquer viés não detectado, o dispositivo foi girado em um ângulo de 90° a cada 4 minutos. Cada experimento foi repetido 20 vezes. O tempo de permanência o

número de entradas em cada área foram registrados usando software especializado OLFA. Os dados obtidos foram verificados com o teste de agrupamento de médias de Scott-Knott.

3.6.2. Teste de antibiose sem escolha.

Aos quinze dias após o plantio, as plantas de feijão *vita7* e *Gurgueia* foram devidamente distribuídas sobre as bancadas de maneira a não se tocarem, para ser realizada a infestação.

Dois dias antes da infestação (48hrs) foram borrifados plantas com *cis*-Jasmona em concentrações 50g/ha, 75g/ha e 100g/ha e uma testemunha em cinco repetições em cada tratamento, sendo uma unidade experimental constituída de uma planta por copo.

Após as 48 horas, foram postas em gaiolas protegidas com tela anti-afídeos com as seguintes dimensões: 1,5 m x 0,5m x 0,5m. Foram coletados cuidadosamente pulgões ápteros, nas plantas de feijão *caupi* com o auxílio de um pincel N°0; deixados com repouso alimentar por 2 horas antes da infestação dos tratamentos. Decorrendo as 42 horas da aplicação do *cis*-Jasmona foram colocadas cinco pulgões ápteros sobre cada planta aprisionada em mini gaiolas (tubo de PVC de 25 mm de diâmetro interno e 1 cm de altura, fechada com tela anti-afídeo) (figura 10) as mini gaiolas foram fixadas nas plantas com a utilização de grampos na região abaxial de uma folha trifoliada. Decorridos 24 horas após a infestação, foram retirados os adultos e contabilizados o número de ninfas emergidos em cada planta. As ninfas presentes foram contabilizadas a cada 24 horas até completar 144 horas. Passando as 144 horas foi quantificado o número de ninfas presentes em cada planta sem separá-las por instar.

Neste experimento foi determinado por quanto a quantidade e tempo a *cis*-Jasmona tem a capacidade de se tornar ativa.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 5 repetições em cada tratamento. As análises estatísticas foram efetuadas por meio da análise de variância e análise de regressão.

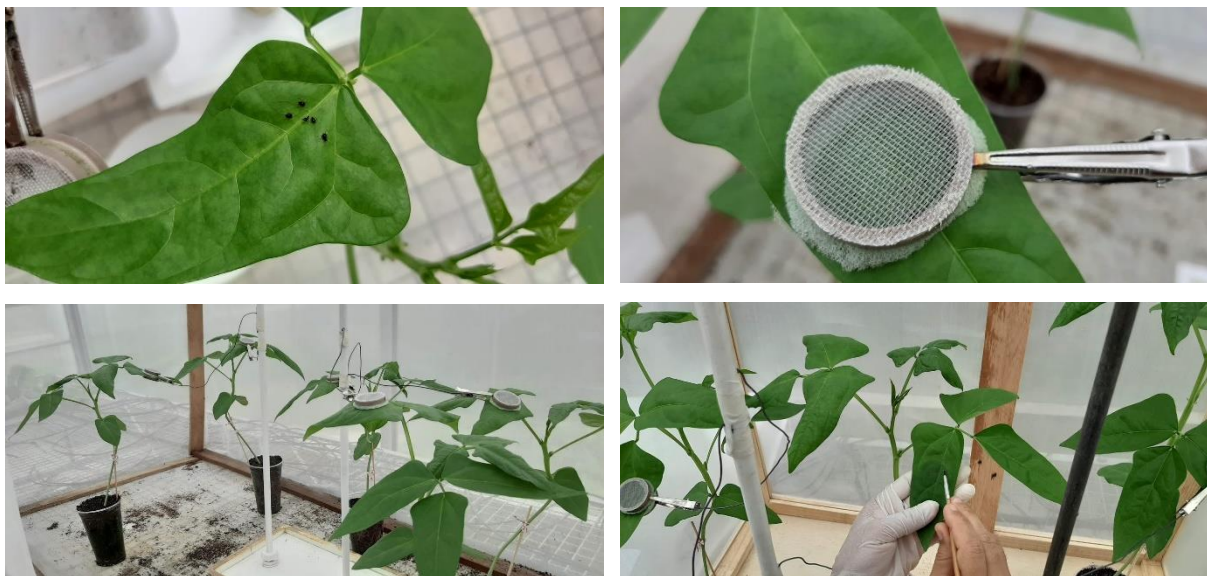


Figura 11 Montagem dos experimentos do antibióses.

Para avaliar o ganho de peso do *A. craccivora* nos genótipos controle e tratada com CJ, foram coletadas e pesadas as ninfas. As ninfas emergidas nas plantas tratadas foram juntas e colocadas em lotes de cinco tubos tipo Eppendorf (1,5 mL). Em uma balança analítica (marte científica , AUW220D) foi calculado o peso médio das ninfas imediatamente a emergir , em seguida foram transferidas de volta nas folhas de feijão com o mesmo tratamento no qual começaram e, em seguida, confinadas novamente em gaiolas para monitorar sua sobrevivência e reprodução. Após 96 h, os insetos foram pesados novamente. O ganho de peso de cada inseto foi obtido pela subtração do peso inicial. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso.



Figura 12 Coleta e peso de ninfas depois de emergir as 24 e 96 horas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.

4.1. Análises dos compostos orgânicos voláteis dos cultivares de feijão caupi.

A análise dos resultados da identificação dos COVs das cultivares de feijão caupi Vita 7, Gurgueia e Guariba mostraram uma grande variedade de compostos de diversas classes, como álcoois, aldeídos, benzenóides, cetonas, ésteres, homoterpenos, monoterpenos, sesquiterpenos e triterpenos. As cultivares de feijão apresentaram perfis cromatográficos distintos, variando na quantidade de compostos emitidos e em suas concentrações. As cultivares Guariba e Vita 7 emitiram um total de 24 compostos, enquanto a cultivar Gurgueia emitiu 20 compostos (Tabela 2).

Os compostos p,xileno , α -pineno, β -pineno, β -Mirceno, nonanal, decanal, limoneno encontrados em nossos resultados, já tinham sido descritos por Diabate, Deletre, *et al.*, (2019), Sobhy, Bruce, *et al.*, (2018) e Lwande, Mcdowell, *et al.*, (1989) na fase vegetativa dos cultivares de feijão-caupi. Esse blend de compostos emitidos em quantidade e concentração diferentes é de fundamental importância no momento do reconhecimento das plantas hospedeiras por insetos (DIABATE, DELETRE, *et al.*, 2019).

As plantas de todas as cultivares estudadas em nosso trabalho quando receberam o tratamento com *cis*-Jasmona e pulgão mais *cis*-Jasmona, apresentaram um aumento na emissão de compostos voláteis quando comparado as plantas controle. As plantas da cultivar Vita 7 liberou 26 compostos no tratamento com *cis*-Jasmona, enquanto a cultivar Gurgueia emitiu 28 compostos e a cultivar Guariba emitiu a maior quantidade de compostos para esse tratamento 29. No tratamento pulgão mais *cis*-Jasmona foram identificados 31 compostos nos cultivares Vita 7 e Guariba e apenas 22 compostos na cultivar Gurgueia.

Tabela 2 Resultado dos compostos encontrados nos diferentes tratamentos coletados por aeração em 24 horas.

	Compostos	IR*	Controle			CJ			CJ-P		
			V7	GIA	GBA	V7	GIA	GBA	V7	GIA	GBA
1	2,3,5-Trimetilhexano	866	-	+	-	+	-	-	-	-	-
2	2,4-Dimetilheptano	868	+	-	+	-	-	+	-	-	-
3	p-Xileno	886	-	-	-	-	+	-	-	-	-
4	o-Xileno	894	-	-	-	+	-	-	-	-	-
5	α -Pirreno	934	-	-	-	-	-	+	+	-	-
6	Sabineno	976	-	-	-	-	-	+	-	+	-
7	β -Pirreno	978	+	-	-	-	-	-	-	+	-
8	6-metil-5-hepten-2-ona	985	-	-	-	-	-	+	+	+	+
9	β -Mirreno	991	+	+	-	+	-	+	+	+	+
10	Octanal	1001	+	+	-	+	+	+	+	+	+
11	p-Cimeno	1024	-	-	-	-	+	+	+	-	+
12	Limoneno	1028	+	+	-	+	+	+	+	+	+
13	Nonanal	1101	+	+	+	+	+	+	+	+	+
14	Camphor	1143	-	-	-	+	+	+	+	+	+
15	Citronellal	1150	-	-	-	-	-	-	+	-	+
16	(+) -Isomentol	1174	-	-	-	+	+	+	-	+	+
17	Dodec-1-eno	1192	+	-	+	+	+	+	+	-	+
18	Dodecano	1199	+	-	-	+	+	+	-	+	-
19	Decanal	1202	+	+	-	+	+	+	+	+	+
20	Tridecano	1299	-	+	+	+	+	+	+	-	+
21	Undecanal	1304	-	+	+	+	+	+	-	+	+
22	Tetradec-1-eno	1390	+	+	-	+	+	+	+	-	+
23	Tetradecano	1398	+	+	+	+	+	+	+	-	+
24	Dodecanal	1405	-	-	-	-	+	-	+	+	+
25	Longifoleno	1413	+	-	-	+	-	-	-	-	-
26	β -Cariofileno	1422	-	-	-	-	-	-	+	+	-
27	Geranyl acetona	1446	+	+	+	-	+	+	+	+	+
28	2,6,10-Trimetiltridecano	1462	+	-	-	-	-	-	-	-	-
29	1-Dodecanol	1471	-	-	-	-	-	-	-	-	+
30	Pentadecano	1497	-	+	+	+	+	+	+	+	+
31	Hidroxitolueno butilado	1508	+	-	-	-	-	-	+	-	-
32	α -Cubebeno	1524	+	-	-	-	-	-	-	-	-
33	4-Metilpentadecano	1557	+	+	+	+	-	-	-	-	-
34	Hexadec-1-eno	1589	-	+	+	+	+	+	+	-	+
35	Hexadecano	1600	+	+	+	+	+	+	+	+	+
36	Longiborneol	1607	+	-	-	-	-	-	-	-	-
37	Dihidrojasmonato de metila	1647	-	-	+	-	-	-	-	-	+
38	Heptadecano	1700	+	+	+	+	+	+	+	+	+
39	Octadecano	1797	+	+	+	+	+	+	+	+	+
40	(E)-Octadec-9-ene Tetradecanoato de	1804	+	-	-	-	-	-	-	-	-
41	isopropila	1820	-	-	-	-	-	-	+	-	+
42	Salicilato de octila	1802	-	-	-	-	-	-	+	+	+
43	Farnesol	1832	-	-	+	+	+	+	+	-	+
44	Ftalato de isobutila	1858	-	-	+	-	+	-	+	+	-
45	Nonadecano	1900	+	+	+	+	+	+	+	-	+
46	1-Eicosano	1991	+	+	+	-	+	-	+	-	-
47	Eicosano	2000	-	+	+	-	+	-	+	-	-
48	Heneicoseno	2008	-	-	+	-	+	-	-	-	-

49	Isopropyl Palmitate	2020	-	-	+	+	-	+	-	-	+
50	2-Metilleicosano	2059	-	-	+	-	-	-	-	-	-
51	2-Metilnonadecano	2068	-	-	+	-	-	-	-	-	-
52	Heneicos-1-ene	2080	-	-	-	-	+	-	-	-	-
53	Octadecano-1-ol	2082	-	-	-	-	-	+	-	-	-
54	(E)-Eicos-3-eno	2133	-	-	-	-	-	-	-	+	+
55	Escaleno	2817	-	-	+	+	-	+	+	-	+
	Total		24	20	24	26	28	29	31	22	31

*RI = índice de retenção como determinar numa coluna DB-5, foi realizada uma injeção com uma série homóloga de *n*-alcanos (Sigma-Aldrich C₇-C₄₀ cada índice de retenção foi comparado nas bibliotecas NIST e Pherobase.

NI=Composto não identificado.

V7 =Vita 7; GIA =Gurgueia; GBA= Guariba.

CJ= Tratadas com *cis*-Jasmona; CJP =Tratadas com *cis*-Jasmona e pulgão

(+) =Composto presente; (-) =composto ausente,

As plantas tratadas com *cis*-Jasmona apresentaram uma quantidade de compostos emitidos em comparação com as plantas controle (SOBHY, CAULFIELD, et al., 2020), entretanto emitiram menos compostos comparado com as plantas tratados *cis*-Jasmona mais pulgão. As plantas tratadas com *cis*-Jasmona emitiram os compostos farnesol, isomentol, p-xileno, o-xileno, α -pineno, p-cimeno, cânfora, octadecano-1-ol, sabineno e 6-metil-5-hepten-2-ona, esses compostos já tem atividades biológicas descrita contra pulgões (SOBHY, WOODCOCK, et al., 2017, IKBAL, PAVELA, 2019), os voláteis p-xileno e o-xileno liberados após da aplicação do *cis*-Jasmona, Diabate, Deletre, et al., (2019) identificou a resposta comportamental negativa de *A. craccivora* ao cultivar Katumani 80 de feijão caupi. Trabalhos anteriores mostraram um aumento de α -pineno em resposta a herbívora de pulgões, desencadeia uma atividade repelente (BRUCE, Toby J.A., BIRKETT, et al., 2005), além disso, essa mudança nos COV's tem mostrado potencial para atrair inimigos naturais dos pulgões.

O genótipo Vita 7 após aplicação de *cis*-Jasmona emitiu um perfil de compostos semelhante aos encontrados em genótipos Gurgueia e Guariba (Tabela 2) compostos como 2,3,5-trimetilhexano, tridecano, undecanal, pentadecano, hexadec-1-eno, farnesol, Palmitato de isopropila, escaleno, o que implica que o *cis*-Jasmona induziu a liberação de novos composto que tem atividade de repelência ao inseto .

Após a aplicação do *cis*-Jasmona nas variedades do feijão tivemos o aumento do número de compostos voláteis emitidos comparados com os tratamentos controle, também observamos a presença de novos compostos emitidos na planta susceptível Vita 7 como 2,3,5-Trimetilhexano, o-Xileno, Camphor, (+) -Isomenthol, Tridecane, Undecanal, Pentadecano, 1-Hexadecene, Farnesol, Isopropyl Palmitate e Squalenec. A variação nos compostos voláteis emitidos pode influenciar na repelência e atratividade de insetos hospedeiro por exemplo em

plantas de Pêssego o aumento na emissão dos COVs foi acompanhado do aumento da resistência a pulgões *Myzus persicae* (STAUDT, JACKSON, *et al.*, 2010). Deletre, Schatz, *et al.*, (2016) relataram alguns compostos que são repelentes em alta concentração. Por exemplo, β -pinenos, limoneno, (*E*)- β -ocimeno, (*E*)-óxido de linalol e (*E*)- β -farneseno identificados em plantas hospedeiras, *Parthenium hysterophorus* L., *Bidens pilosa* L. e *Ricinus communis* L.

A presença do farnesol composto relatado em várias pesquisas com atividade nos pulgões foi vista em todas as plantas tratadas com CJ, CJP e na plantas controle da guariba, este composto foi descrito em glândulas de formigas *Formica fusca* inseto que é relacionado por ter uma relação mútua com pulgões foram vista que quando acontece esta relação os existe o maior número de pulgões ápteros.

Kleinjan, Mittler,(1975) sugerem que o efeito de que os pulgão virarem ápteros associado à presença de formigas pode em parte ser mediado por uma transferência de farnesol relacionada ao hormônio das formigas para os pulgões, estimulando a migração dos pulgões em busca de novos hospedeiros.

Já o farnesol extraídas de *Stellera chamaejasme* tem uma atividade inseticida contra o *Aphis craccivora*, *Myzus persicae*, *Leucania separata*, *Spodoptera littoralis* (DANCEWICZ, GLISZCZYNSKA, *et al.*, 2010, TANG, CHEN, *et al.*, 2011, GHONEIM, HAMADAH, *et al.*, 2020).

As emissões elevadas dos COVs após o tratamento com *cis*-Jasmona, também foram relatados em outras culturas. Como em plantas de algodão tratadas com *cis*-Jasmona,, apresentaram um aumento significativo na emissão dos compostos de defesa,(HEGDE, OLIVEIRA, *et al.*, 2012), em plantas de batata (SOBHY, CAULFIELD, *et al.*, 2020, SOBHY, WOODCOCK, *et al.*, 2017), plantas de soja (MORAES, Maria C.B., LAUMANN, *et al.*, 2009), plantas de pimentão (DEWHIRST, BIRKETT, *et al.*, 2012) e em plantas de tomate (DISI, ZEBELO, *et al.*, 2017). De forma semelhante, as plantas que são tratadas com o fitohormônios metil jasmonato (MeJA), esse composto que simula a herbivoria, levando as plantas emitirem uma quantidade significativamente maior de COVs (MATTHES, BRUCE, *et al.*, 2010, VON MÉREY, VEYRAT, *et al.*, 2012), particularmente DMNT, MeSA, (*E*)- β -farneseno e TMTT são COVs chave nas interações planta- inseto. Cabe mencionar que plantas induzidas com *cis*-jasmona emitiram os compostos DMNT, MeSA, (*E*)- β -farneseno e TMTT (HEGDE, OLIVEIRA, *et al.*, 2012, SOBHY, WOODCOCK, *et al.*, 2017, SOBHY, CAULFIELD, *et al.*, 2020), entretanto não encontramos esses compostos em nossos resultados, isso ocorreu

provavelmente pelo tempo de coleta dos COVs que em nosso trabalho foi de 24 horas. Alguns trabalhos relatam que esses compostos bioativos são principalmente liberados após um período de 48 e 72 horas quando as plantas são induzidas (BIRKETT, Michael A., CAMPBELL, *et al.*, 2000, BRUCE, Toby J.A., MARTIN, *et al.*, 2003, SOBHY, CAULFIELD, *et al.*, 2020).

Em plantas induzidas com *cis*-Jasmona e com pulgão observamos o aparecimento de novos compostos como Dihidrojasmonato de metilo composto que também apareceu particularmente no tratamento controle de guariba, Citronellal, 6-methyl-5-hepten-2-one b (MHO), β -Cariofileno, Isopropyl Myristate, 2-Ethylhexyl salicylate. O Dihidrojasmonato de metilo é um composto análogo ao jasmonato de metila, ambos são jasmonatos e estes são referenciados como sinalizadores (TURNER, ELLIS, *et al.*, 2002). Emissões altas de MHO foi relatada em plantas tratadas com compostos relacionados ao jasmonato (BRUCE, T. J. A., MATTHES, *et al.*, 2008, SOBHY, WOODCOCK, *et al.*, 2017). Vários estudos relataram um papel especial para MHO, que foi notavelmente aumentado após o tratamento com indutor, na atração de vespas parasitoides (PAREJA, MORAES, *et al.*, 2007). O MHO é um alvo semioquímico específico para exploração no controle de pragas de leguminosas.

Na planta induzida com *cis*-Jasmona com pulgão apareceu na planta Guariba e Vita 7 o β -cariofileno, derivados do cariofileno como (E) - β -cariofileno, este composto foi liberado por tomateiros induzidos por pulgões. O (E)- β -cariofileno possui uma ampla gama de atratividades do parasitoide *Aphidius ervi* (SASSO, IODICE, *et al.*, 2007), o que torna um bom candidato para o recrutamento de inimigos naturais

Para entender melhor a semelhança ou a diferença dos perfis dos COVs das cultivares de feijão nos diferentes tratamentos, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA). O PCA é um dos métodos de análise de dados multivariados mais comumente usados para observar a classificação das amostras projetando os dados multidimensionais originais em diferentes componentes principais (PCs), para que a variabilidade das amostras possa ser avaliada da maneira mais simples (ERIKSSON *et al.*, 2013).

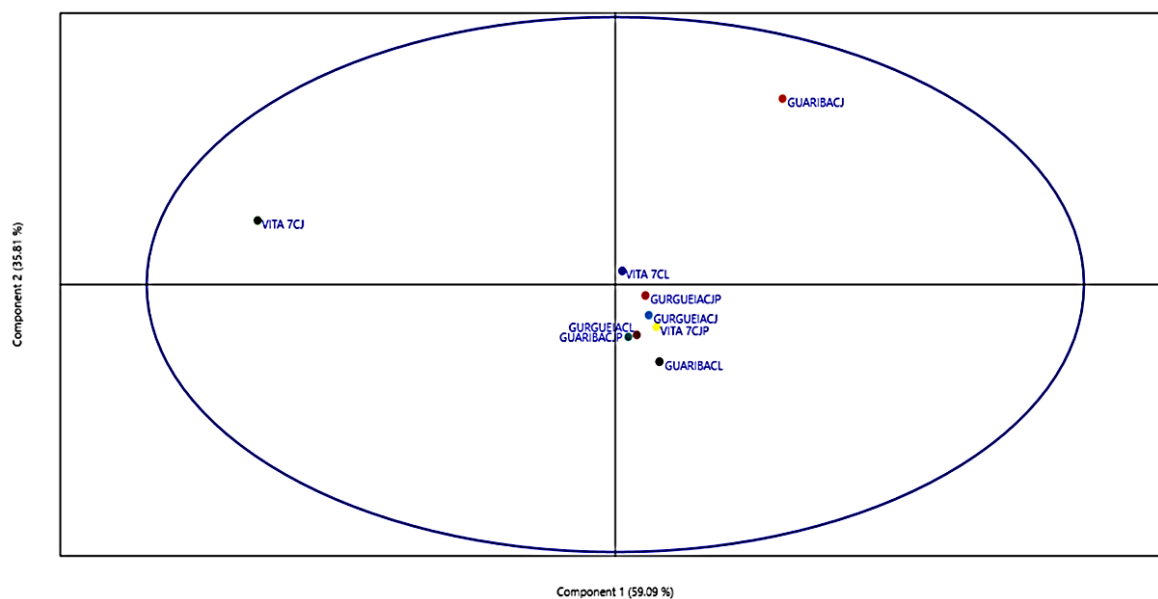


Figura 13 Análises dos componentes principais (PCA) da emissão dos COV's emitidos a partir de diferentes plantas tratadas do feijão caupi, controle (CL), tratadas com *cis*-Jasmona (CJ) e tratadas com *cis*-Jasmona e infestadas com pulgão (CJP).

A Figura 13 mostra que os dois primeiros componentes principais explicam quase 94,9 % da variação e separam claramente as cultivares em três grupos distintos, esses grupos são formados pelos COVs emitidos por cada um dos cultivares estudados. O primeiro componente, explica 59,09 % da variância, separando principalmente o primeiro grupo formado pelo cultivar Vita 7; o segundo grupo formado pelos cultivares: Vita7CJ, Guariba CL, Guariba CJP, Gurgueia CJP, Vita 7 CL e terceiro grupo formado exclusivamente pela cultivar Guariba tratada com *cis*-Jasmona. O segundo componente explica que cerca de 35,8 % da variação e separa claramente a cultivar Vita 7 *cis*-Jasmona.

A análise do gráfico de loading plot (cargas) revela quais são os compostos responsáveis pela separação entre as amostras (Figura 14). Os compostos mais relevantes para o primeiro componente (PC1) é um grupo formado nonanal, Octadecano-1-ol, Geranil acetone, l limoneno, Octanal, 1-Hexadecene, Undecanal, β -Myrcene, p-Cymene e Undecanal. Esses foram os mais representativos para o PC1.

O segundo componente (PC2) é definido por um grupo de compostos Nonanal, Octadecano-1-ol, Decanal, Geranil acetona, Squalene, Octanal, 1-Limoneno, β -Myrcene Undecanal, 1-Tetradecene, Hexadecano, Tetradecane Dodecanal, Pentadecano, 1-Hexadecene, Camphor, Pentadecane, 1-Dodecene Adacene 12, Tridecane Farnesol, Longifolene, Isobutyl phthalate. Sobhy, Caulfield, *et al.*, (2020) sugere que esses voláteis se

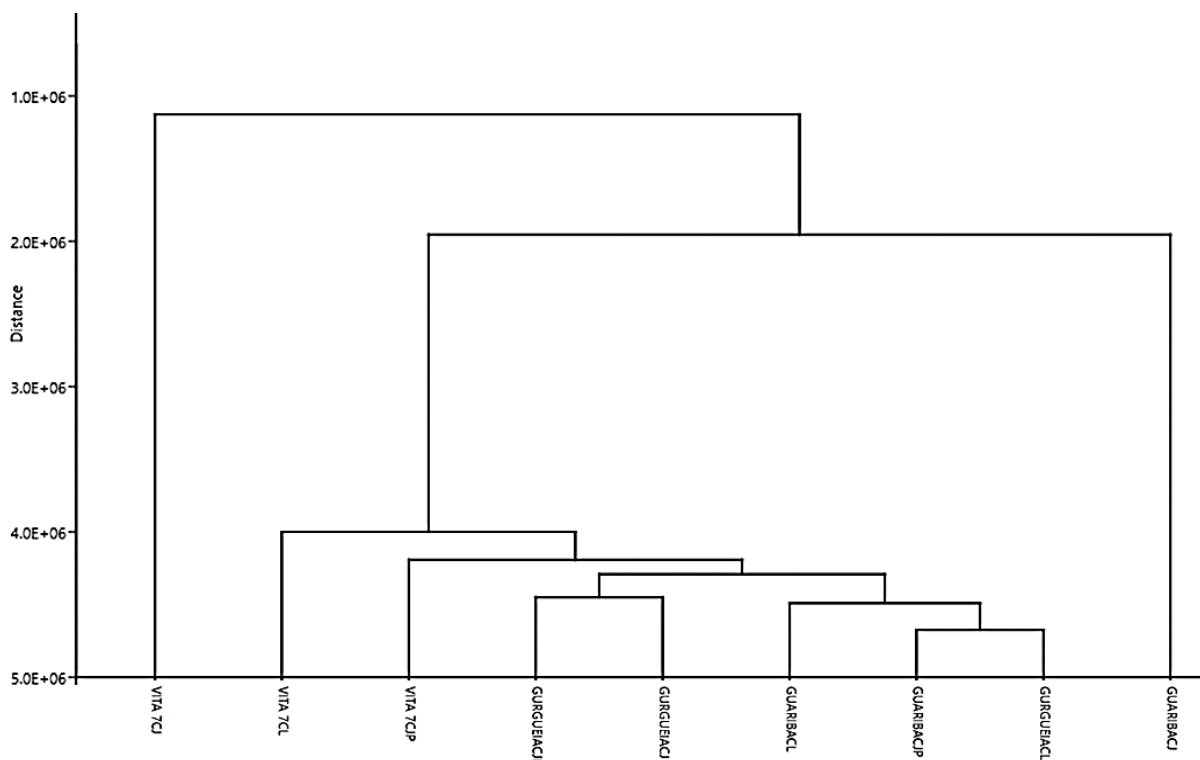


Figura 15 Dendrograma pelo método de Cluster de similaridade entre as variedades do feijão caupi sobre os diferentes tratamentos (controle= CL; *cis*-Jasmona=CJ; *cis*-Jasmona+ pulgão CJP).

Os resultados analisados dos COV's coletados nos tratamentos CL,CJ,CJP, mostraram variação de número de compostos orgânicos voláteis emitidos depois de ser tratados como aparição de monoterpenos, sesquiterpenos, triterpenos bezenosides, ácidos graxos e álcoois, sugerindo que a *cis*-Jasmona pode manipular a fisiologia das plantas do feijão caupi e induzir mudanças na produção da emissão dos COV's.

4.2. Bioensaios com os voláteis emitidos das plantas de feijão caupi sem tratamentos, em olfatômetro.

Nos bioensaios comportamentais de atratividade do *A. craccivora* frente aos estratos de voláteis coletados dos três genótipos x controle (hexano) apenas Gurgueia apresentou atração ao pulgão ($P < 0,05$) pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott (Figura 16). Isso, tanto em relação ao número de entradas no braço da amostra quanto ao tempo de permanência no local da amostra. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Macuvele, (2013).

Resultados de pesquisas com diferentes genótipos de feijão, em teste de livre escolha, mostraram que o *A. craccivora* não mostrou preferência pelo genótipo Guariba comparada a outras variedades e atribuíram que a mesma possuía ação de antixenose e/ou antibiose (DE MELO, BLEICHER, *et al.*, 2013, MELVILLE, LIMA, *et al.*, 2016, NERE, BLEICHER, *et al.*, 2018, RODRIGUES NERE, 2014).

No análises dos COV's (Tabela 1) da Guariba foi observado uma baixa emissão de COV's que pode ter influenciado na atividade da escolha dos estratos, foi identificado a emissão de compostos bioativos frente ao pulgão como o farnesol composto identificado como repelente aos pulgões (PASCUAL-VILLALOBOS, CANTÓ-TEJERO, *et al.*, 2017, TANG, CHEN, *et al.*, 2011) e dihidrojasmonato de metilo, ou provavelmente seus compostos voláteis não tiveram uma ação comportamentos significativa na escolha nos estratos da Guariba. Entretanto os resultados mostraram indiferença dos pulgões em relação aos voláteis do Guariba. Nem atraiu nem repeliu.

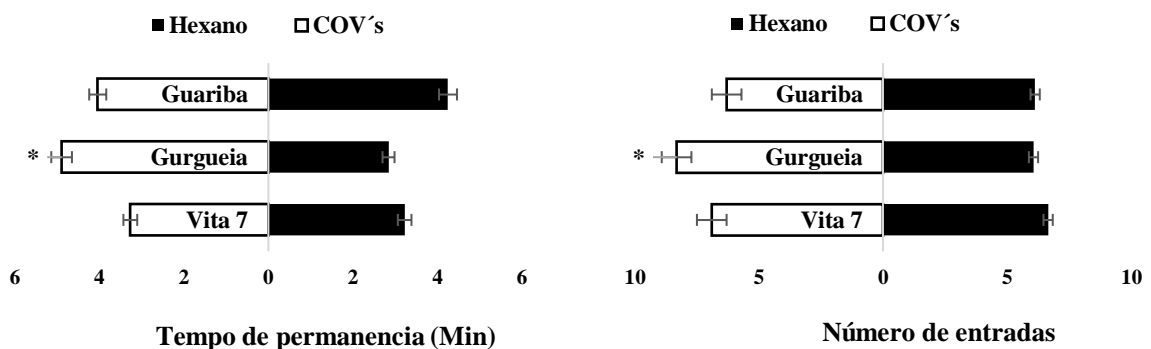


Figura 16 Respostas de fêmeas aladas de *A. craccivora* aos compostos orgânicos voláteis (COV's) dos três genótipos do feijão caupi no olfatômetro de quatro braços (um braço COV's vs. três braços de hexano). Para cada ensaio por combinação de ponto de tempo, o asterisco (*) indica diferenças estatisticamente significativas [$P < 0,05$; Método Scott-Knott].

O Vita 7 considerada como uma variedade altamente suscetível uma variedade padrão de comparação de susceptibilidade frente a outras variedades, foi indiferente o comportamento do pulgão.

No genótipo Gurgueia considerado como planta tolerável ao pulgão, teve preferência significativa na entrada e permanência no braço controle com COV's coletados. A variação dos compostos emitidos por cada cultivar foram diferentes, provavelmente essa variação teve a ação comportamental de atrair o pulgão preto.

A percepção de misturas de voláteis de plantas desempenha um papel fundamental no reconhecimento do hospedeiro, Bruce, Toby J.A., Pickett, (2011) relataram que alguns compostos voláteis de planta hospedeira são mais importantes do que outros no reconhecimento do hospedeiro pelos insetos, e a ausência desses compostos afeta a atração dos insetos o que pode explicar as diferenças na resposta de *A. craccivora*. Experimentos nos quais os insetos foram expostos apenas aos voláteis das plantas e em combinação revelaram que respostas comportamentais mais fortes são obtidas com misturas ou combinações de voláteis apropriadas do que com compostos únicos.

O que pode ter influenciado variabilidade de resistência do feijão caupi ao pulgão é por fatores bióticos ou do genótipo, pois alguns genótipos podem ser resistentes em diferentes regiões mas em outras podem ser suscetível. Experimentos realizado por Singh (1977) citado por Silva, Bleicher, (2010) descreve que o genótipo TVu 310 foi resistente na Nigéria, mas Silva, Bleicher,(2010) identificaram o mesmo genótipo como susceptível de acordo com as análises estatísticas feitas. Outro motivo para a mudança de comportamento do pulgão é provavelmente a existência de biótipos *A. craccivora* e as condições ambientais que poderia ser a causa da diferença de nosso resultado.

4.3. Bioensaios com os voláteis emitidos das plantas de feijão caupi tratados com *cis*-Jasmona, em olfatômetro.

Os resultados obtidos nos bioensaios de repelências nos olfatômetro com os COV's coletados dos três genótipos de feijão caupi induzidos pela *cis*-Jasmona e pela herbívoros dos pulgões.

As plantas tratadas com *cis*-Jasmona, o genótipo Guariba teve efeito de repelência, *A. craccivora* preferiu o controle (hexano) em relação aos compostos orgânicos voláteis, permanecendo pouco tempo nos braços tratados com COV's coletados com CJ. (figura 17). As entradas e o tempo de permanência do *A. craccivora* frente a os voláteis coletados com *cis*-Jasmona do genótipo Vita 7 e Gurgueia não fez distinção entre o hexano e os COV's coletados.

Bruce, T. J. A., Matthes, *et al.*, (2008) observaram que plantas *Arabidopsis thaliana* pulverizados com *cis*-Jasmona o pulgão *M. persicae* foi significativamente repellido pelo voláteis induzidos pelo *cis*-Jasmona.

Bruce, Toby J.A., Martin, *et al.*, (2003) avaliaram em ensaios de laboratório e de campo para controle de pulgões de cereais. Em um bioensaios com olfatômetro, em plantas de trigo induzidos pelo *cis*-Jasmona foi repelente ao pulgão *Sitobion avenae* (Fabricius) (Homoptera: Aphididae). As mudanças no perfil dos COV's do feijão induzidas pelo *cis*-Jasmona modificaram o comportamento dos pulgões, como demonstrou (HEGDE, OLIVEIRA, *et al.*, 2012) na modificação comportamental de *A. A. gossypii* foram significativamente atraentes em plantas de algodão *Gossypium hirsutum* não tratadas enquanto os COV's de plantas tratadas com CJ foram significativamente repelentes.

Na variedade Guariba o inseto não teve alguma preferência na atração dos COV's controle mas teve uma repelência significativa quando induzido pelo CJ, além a Gurgueia no teste anterior os COV's mostrou ser atrativo pelo pulgão, enquanto os COV's induzidos pelo *cis*-Jasmona foram significativamente repelentes. Bayram, Tonga, (2018) em estudos de campo encontraram efeitos repelentes significativos do trigo *Triticum aestivum* L. tratamento com CJ teve efeitos dissuasivos sobre as espécies de tripses fitófagos e moscas-serra do caule do trigo (Hymenoptera: Cephidae), enquanto o CJ foi um atrativo para parasitoides de pulgões, espécies de coccinélidos e parasitoides da mosca-serra do caule do trigo (Hymenoptera: Ichneumonidae).

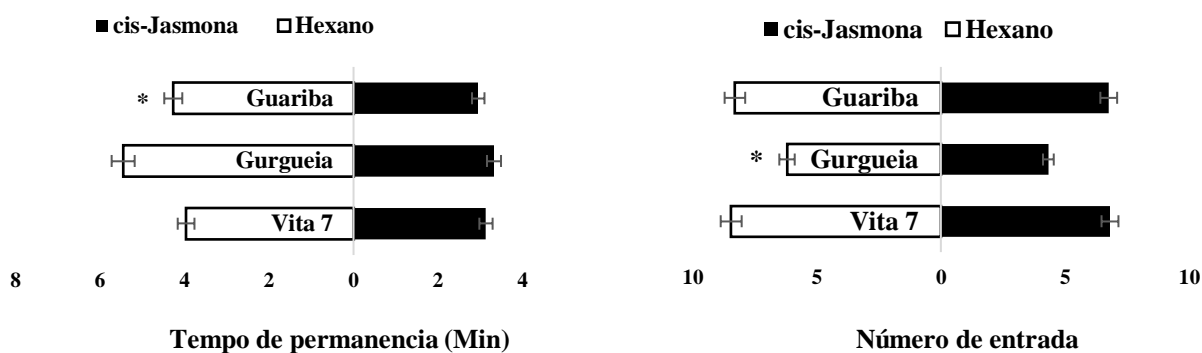


Figura 17 Respostas de repelência das fêmeas aladas de *A. craccivora* aos compostos orgânicos voláteis (COV's) dos três genótipos do feijão caupi no olfatômetro de quatro braços (três braços COV's vs. um braço de hexano). Para cada ensaio por combinação de ponto de tempo, o asterisco (*) indica diferenças estatisticamente significativas [P <0,05; Método Scott-Knott].

O comportamento do *Aphis craccivora* em plantas intactas e as tratadas com *cis*-Jasmona revelam que o *cis*-Jasmona tem efeito de resistência antixenose. Plantas tratadas com *cis*-Jasmona aumentam a emissão de compostos voláteis como: salicilato de metila (MeSA), indol, DMNT, TMTT, CJ, MHO e (*E*)- β -farneseno (*Z*)-3-hexen-1-ol, isômero de longifoleno, (*E*)-(1*R*, 9*S*)-cariofileno e isômero D germacreno (BRUCE, T. J. A., MATTHES, *et al.*, 2008, WEBSTER, BRUCE, *et al.*, 2010, HEGDE, OLIVEIRA, *et al.*, 2012, DELANEY, WAWRZYNIAK, *et al.*, 2013, SOBHAY, WOODCOCK, *et al.*, 2017, SOBHAY, CAULFIELD, *et al.*, 2020) substâncias que podem ser produzidas após do ataque de plantas de por insetos e tem se mostrado como repelente.

A cultivar *vita7* o pulgão não teve preferência numa das entradas dos olfatômetro, em plantas que forem induzidas pelo *cis*-Jasmona emitem uma baixa de emissões de compostos voláteis aos 24 horas, Macuvele, (2013) realizou bioensaios com de 72 horas de coleta do genótipo *Vita 7* onde o pulgão preto preferiu o controle hexano em relação ao compostos voláteis produzidos pelo *cis*-Jasmona, os resultados são parecido em batatas *Solanum tuberosum* frente *Macrosiphum euphorbiae*. O *M. euphorbiae* não fez distinção entre os COV's de plantas com CJ coletadas durante 24-48 horas e o controle de solvente. mostrando um aumento dos COV's obtendo resultados de repelência com coletas a 48h,72h mas as coletas de 96 e 120h os voláteis diminuíram notavelmente em comparação com o período 72,96h (SOBHAY, WOODCOCK, *et al.*, 2017).

4.4. Bioensaios com os voláteis emitidos das plantas de feijão caupi infestado com pulgão em olfatômetro.

Os bioensaios de plantas induzidas pela herbívora, o *A. craccivora* passou menos tempo na presença de COV's do genótipo Gurgueia do que no braço controle, os outros genótipos Guariba e Vita 7 não mostraram alguma preferência nos braços tratados, tanto no tempo de entrada e permanência os pulgões não conseguiram distinguir alguma preferência entre o braço controle e nos braços tratados os COV's coletados.

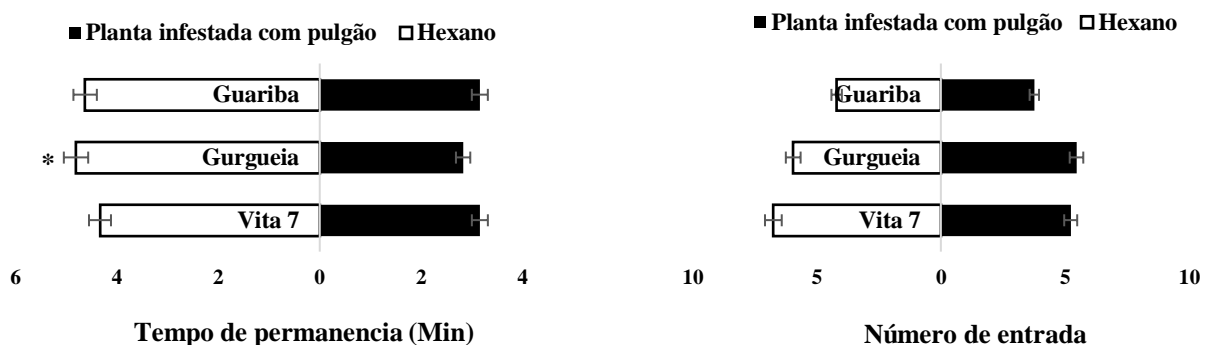


Figura 18 Respostas de repelência das fêmeas aladas de *A. craccivora* aos compostos orgânicos voláteis (COV's) dos três genótipos do feijão caupi no olfatômetro de quatro braços (três braços COV's vs. um braço de hexano). Para cada ensaio por combinação de ponto de tempo, o asterisco (*) indica diferenças estatisticamente significativas [P < 0,05; Método Scott-Knott].

Em resposta à herbivoria de insetos, as plantas mobilizam várias defesas. As respostas de defesa incluem a liberação de voláteis de plantas induzidas por herbívoros (HIPVs) que podem servir como sinais para alertar tecidos não danificados e servem como armas químicas para proteger as plantas contra esses ataques, e que podem ter um impacto negativo direto na sobrevivência dos herbívoros (DICKE, 2016, ROWEN, KAPLAN, 2016) ou atraindo seus naturais inimigos.

Os resultados obtidos nas herbívoras do pulgão preto, o *Aphis craccivora* não preferiu os compostos voláteis induzidos da variedade Gurgueia, portanto a Gurgueia liberou compostos voláteis que foram repelentes ao pulgão. Esta planta manteve uma diferença significativa tanto nos testes de atração como repelência, parecida quando induzidas pelo *cis*-Jasmona, portanto esta variedade tem uma resposta rápida quando é atacada por o *A. craccivora*, em diferentes testes de resistência a variedade é considerada como uma variedade tolerável e/ou resistente.

Hegde, Oliveira, *et al.*, (2011) trabalharam na identificação de semioquímicos liberados pelo algodão, *Gossypium hirsutum*, após infestação pelo afídeo do algodão, *Aphis gossypii*. *A. gossypii* passou significativamente mais tempo na presença de odor de mudas de algodão não

infestadas em comparação com o ar limpo, mas significativamente menos tempo na presença de odor de plantas infestadas de *A. gossypii*. levando à identificação de (Z) -3-hexenil acetato, (E) -4, 8-dimetil-1,3,7-nonatriene (DMNT), salicilato de metila e (E, E) -4,8,12-trimetil-1,3,7,11-tridecatetraeno (TMTT), que foram produzidos em maiores quantidades de *A. gossypii* plantas infestadas em comparação com plantas não infestadas.

Além de orientar para os voláteis do hospedeiro, a prevenção ativa de odores não-hospedeiros e até de hospedeiros nutricionalmente inadequados parece ser uma parte importante do processo de localização do inseto hospedeiro. As misturas voláteis permitem que os insetos não apenas distingam as espécies de plantas hospedeiras das não hospedeiras, mas também permitem a determinação de hospedeiros nutricionalmente inadequados, por exemplo, aqueles já infestados por insetos. Plantas de aveia infestadas com alta densidade de *Rhopalosiphum padi* emitem níveis mais elevados de 6-metil-5-hepten-2-ona, (R) - e (S) -6-metil-5-hepten-2-ol e 2-tridecanona do que as plantas não infestadas e esses compostos repeliram o pulgão, evitando assim a superlotação (QUIROZ, PETTERSSON, *et al.*, 1997, BRUCE, TOBY J.A., PICKETT, 2011).

O *vita7* e *Guariba* não mostraram alguma diferença significativa, sabe-se que os herbívoros que se alimentam do floema, como os pulgões, induzem níveis mais baixos de emissão de HIPV em comparação com os herbívoros mastigadores (TURLINGS *et al.* 1998 ; RODRIGUEZ-SAONA *et al.* 2003 ; ALI e AGRAWAL 2012 ; TRUONG *et al.* 2014) o que pode ter influenciado os fatores climatológicos ou a baixa emissão dos voláteis das duas variedades, espécie e genótipos pode diferir e, conseqüentemente, influenciar o quanto são atraentes para os insetos fitófagos (HARE, 2010, CONCHOU, LUCAS, *et al.*, 2019, DIABATE, DELETRE, *et al.*, 2019).

4.5. Efeitos do *cis*-Jasmona sobre a biologia do pulgão preto em teste de antibiose.

No bioensaio sem chance de escolha foi analisado a sobrevivência de adultos e ninfas, determinado o tempo que a *cis*-Jasmona necessita para ativar o mecanismo de defesa nas doses de 50 g/ha, 75 g/ha e 100 g/ha nos cultivares de feijão caupi *Vita 7* e *Guariba* (figuras 19 e 20).

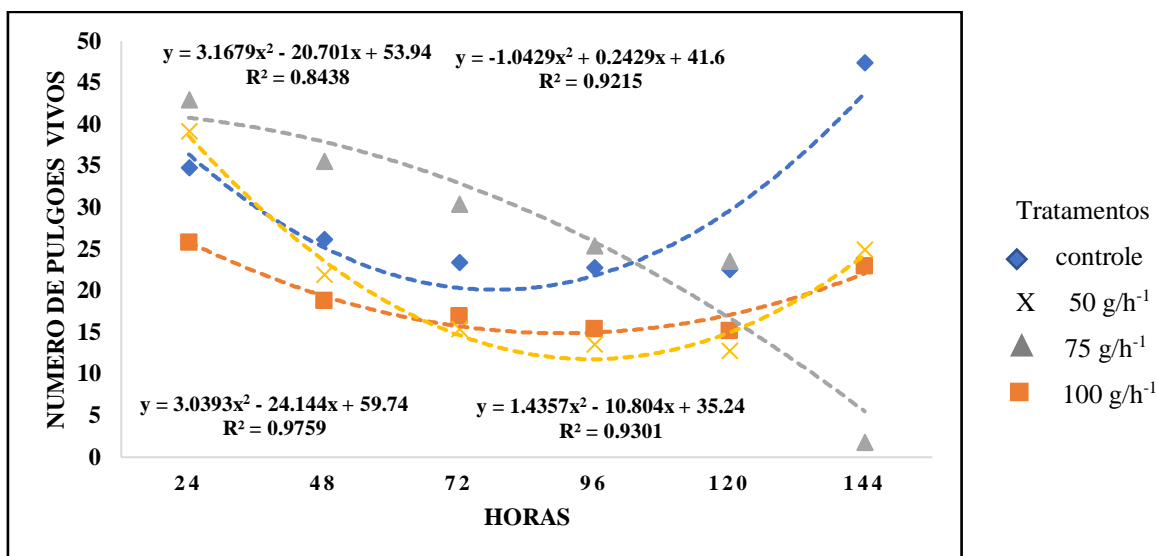


Figura 19 Sobrevivência do pulgão *A. craccivora* frente as diferentes doses de *cis*-Jasmona em plantas de feijão caupi Vita 7 em teste sem chance de escolha.

A sobrevivência dos pulgões na superfície das folhas do cultivar Vita 7 (figura 19) nas diferentes doses de *cis*-Jasmona diferiu significativa nos parâmetros biológicos nas doses de 50 g/ha, 75 g/ha e 100 g/ha, com um número menor de insetos vivos comparada com a testemunha. Plantas tratadas com *cis*-Jasmona nas doses de 75 g/ha teve uma correlação negativa nos parâmetros de sobrevivência comparada com a testemunha, nesta concentração o número de insetos mortos estatisticamente difere ao tratamentos 50 g/há e 100 g/ha. Nas plantas tratadas com *cis*-Jasmona nas doses de 50 g/ha e 100 g/ha, o número de ninfas emergidos foi menor do que na testemunha. Por outro lado observou-se com ajuste quadrático o tempo e doses para do cultivar Vita 7 (figura 19) as plantas estimuladas com *cis*-Jasmona passaram a ser ativas sobre os pulgões após 99,5 horas, sendo que o a dose de 75 g/ha proporcionou a máxima redução dos pulgões com uma correlação negativa ao número de sobrevivência. Observamos também um pequeno aumento de ninfas comparado com os demais tratamentos. Na avaliação do ganho de peso das ninfas, observa-se que nas plantas tratadas com *cis*-Jasmona, os pulgões aumentaram de pesos comparação do peso inicial (Tabela 3).

Experimentos feito por Macuvele, (2013) mostrou que nas doses de 75 g/ha e 100 g/ha alterações nas reprodução dos pulgões nas plantas das variedades Vita 7 e Gurgueia de forma semelhante ao nosso experimento.

Conforme o decorrer do tempo do ensaio (figura 19) a aplicação de doses da *cis*-Jasmona interferiu na biologia do pulgão e promoveu a resistência induzida na planta de feijão em quase todas as avaliações os pulgões adultos e ninfas com o passar dos dias forem morrendo

comparado com as plantas controle. Fu e Dong (2013) observaram que a resistência induzida nas plantas permanece ativada por um longo período podendo perdurar por semanas a meses.

Na avaliação dos parâmetros biológicos do pulgão preto em cultivar do feijão caupi, Guariba, não observamos diferença significativa na sobrevivência quando relacionada as diferentes doses aplicadas da *cis*-Jasmona, quando comparada a testemunha (figura 20) mas no passar dos 5 dias foi observada a similaridade do decréscimo populacional uniforme do pulgão. A guariba considerada como variedade resistente em experimentos antibioses e antixenose (DA SILVA, BERTINI, *et al.*, 2012, MELVILLE, LIMA, *et al.*, 2016, LOURENÇO, DE SOUSA, *et al.*, 2018) não sofre a influência da *cis*-Jasmona, em nosso experimento não observamos diferenças no desempenho dos parâmetros biológicos dos pulgões comparada com a planta controle.

Esses resultados reforçam a necessidade de compreender os fatores que impulsionam a viabilidade de resposta dos indutores de defesa de plantas. Bruce, Toby J.A., (2014) destacam que o genótipo da planta, as condições ambientais e a exposição anterior da planta a fatores de estresse, desempenham papéis importantes na indução da defesa da planta (e sua magnitude) por um eliciador de defesa da planta.

Na avaliação do ganho de peso das ninfas não observamos diferença significativa entre as doses, mas entre o peso inicial e peso final de cada um dos tratamentos as ninfas apresentaram perda de peso significativamente entre controle e tratamento (Tabela 3).

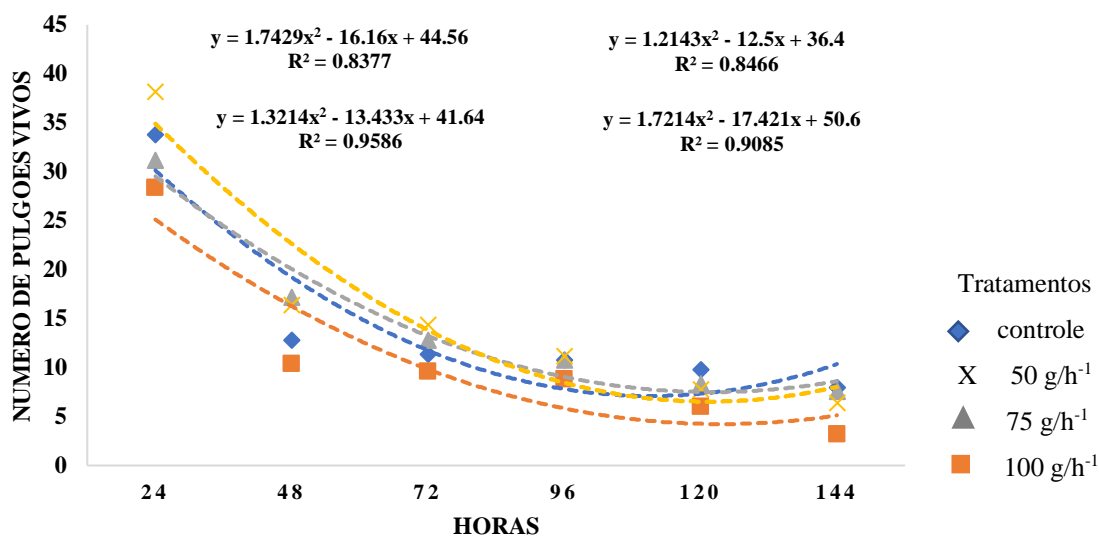


Figura 20 Sobrevivência do pulgão *A. craccivora* frente as diferentes doses de *cis*-Jasmona em plantas de feijão caupi Guariba em teste sem chance de escolha.

Tabela 3 Ganho de peso de ninfas de *Aphis craccivora* alimentadas em plantas feijão caupi pulverizadas com diferentes doses de *cis*-Jasmona por 4 dias.

Variável Tratamento	Peso mg	Testemunha	50 g/ha-1	75 g/ha-1	100 g/ha-1
Guariba	Inicial	0,001±0,0003	0,007±0,004	0,0009±0,0001	0,001±0,0001
	Final	0,00004±0,0001	0,0002±0,0001	0,0003±0,000002	0,00003±0,000003
Vita 7	Inicial	0,0013±0,0001	0,0007±0,0002	0,0016±0,0003	0,0019±0,0004
	Final	0,037±0,002	0,028±0,003	0,037±0,002	0,047±0,007

Medias de peso inicial e peso do pulgão pelo teste Tukey em nível de 5% probabilidades de erro

Pouco se sabe sobre a ativação das atividades e influencia indutora de resistência quanto a variação das concentrações da *cis*-Jasmona na ativação de defesa de plantas. Os estudos realizados por Delaney, Wawrzyniak, et al, (2013) com três doses de *cis*-Jasmona sintética (50 µl de 1, 100 e 1×10^4 ng µl⁻¹) para induzir a resistência no trigo e cevada frente ao besouro da folha do cereal *Oulema melanopus* L. relatam que o *cis*-Jasmona tem a capacidade de induzir a resistência em plantas mesmo em pequenas doses, a uma escala de ng h⁻¹ pelo que sugerem que as doses de exposição de 1ng ul⁻¹ e 100 ng ul⁻¹ são provavelmente mais adequadas para aplicação na agricultura. Os autores relatam que o grau de emissão dos COV's da cevada e trigo foi geralmente positiva e linearmente associado ao aumento da dose de exposição. No entanto, a taxa de emissão de COV foi apenas 2 vezes maior de plantas expostas às doses de *cis*-Jasmona mais altas (10 µg µl⁻¹) vs. mais baixas (1 ng µl⁻¹). O comportamento do escaravelho da folha do cereal, *Oulema melanopus* foi diferente frente quando submetido aos voláteis obtidos a concentrações da *cis*-Jasmona. Nas plantas expostas a altas doses os machos e fêmeas do inseto *Ouelema melanopus* foram repelidos pelos COV's, as fêmeas foram repelidas mesmo em doses baixas. Por tanto as concentrações do *cis*-Jasmona influenciam na emissão de compostos voláteis que podem influenciar na ativação das defesas diretas e/ou indiretas.

Bayram, Tonga, (2018) testaram em campo os efeitos de três diferentes doses de *cis*-Jasmona (25 g/ha; 50 g/ha e 100 g/ha) em pragas de trigo sobre o pulgão de trigo ápteros e alados, observando que a densidade populacional do pulgão foi menor em todas as parcelas tratamentos com a *cis*-Jasmona independentemente das doses aplicadas quando comparado com a controle. Além disso, foi demonstrado que plantas tratadas não só aumentaram a liberação dos COV's relacionada a defesa, mas também o acúmulo de metabolitos secundários da planta

como benzoxazinoides encontradas nas partes aéreas e raízes (por exemplo, DIMBOA) Esses compostos derivados do indol estando associados a um amplo espectro de atividades antialimentantes diretas, inseticidas, antimicrobianas e alelopáticas (NIEMEYER, 2009) e também ácidos fenólicos nas raízes que desempenham funções defensivas contra os inseto-praga. (BRUCE, Toby J.A., PICKETT, 2011).

Trabalhos anteriores mostraram que plantas tratadas com doses de 50 g/há de *cis*-Jasmona tem a capacidade de induzir a emissão de voláteis relacionados à defesa de pulgões, afetando sua resposta comportamental como o baixo desempenho de reprodução mostrado para o pulgão de grãos *Sitobion avenae* em parcelas de trigo *Triticum aestivum* (BIRKETT, Michael A., CAMPBELL, *et al.*, 2000, BRUCE, Toby J.A., MARTIN, *et al.*, 2003). Sobhy, Caulfield, *et al.*, (2020) pulverizaram uma dose de 50 g/ha em plantas de batata *Solanum tuberosum* para avaliar o crescimento de pulgões da batata, *Macrosiphum euphorbiae*, observando sua reprodução, desenvolvimento e sobrevivência em plantas de batata preparadas com CJ. Seus dados revelaram que os adultos de *M. euphoribae* produziram menos ninfas em plantas tratadas com CJ em comparação com plantas não tratadas. Além disso o peso e a sobrevivência das ninfas recém-nascidas foram significativamente menores nas plantas tratadas com CJ.

Diferentes experimentos demonstram que a *cis*-Jasmona tem a capacidade de induzir resistência antixenose promovendo a biossíntese de substâncias voláteis capazes de repelir os insetos-praga ou a resistência por antibiose. Nossos resultados mostram que o *cis*-Jasmona nas variedades Vita 7, planta considerada susceptível, frente ao pulgão preto, nas doses aplicadas de *cis*-Jasmona induziu o uma resposta de defesa, tornando as plantas menos favoráveis para os pulgões, interferindo em seu estabelecimento, crescimento e desenvolvimento.

Sobhy, Caulfield, *et al* (2020) mencionam que o desempenho reduzido dos pulgões em plantas induzidas por *cis*-Jasmona é devido a maior emissão de voláteis do que em plantas induzidos por herbívora (VPIHs). Por tanto os afídeos podem perceber diferentes perfis dos COV's elucidados ou alterados por plantas induzidas com *cis*-Jasmona como sinalizadores de risco de competição de membros da mesma espécie ou de predação de inimigos (BRUCE, Toby J.A., PICKETT, 2011).

Na emissão de COV's de plantas tratadas com *cis*-Jasmona mais pulgão foi observado também mudanças dos perfis dos COV's emitidos e o que pode ser influenciado no desempenho do pulgão. Disi, Zebelo et al (2017) mostraram que tomateiros tratados com *cis*-Jasmona seguido de infestação por lagartas CJI causou alterações quantitativas na emissão de COV's, que influenciaram na preferência de ovoposição de *Spodoptera exigua*. Os mesmos autores sugerem que as plantas tratadas com *cis*-Jasmona, após do ataque do insetos-praga, apresentam os genes terpeno sintase regulados positivamente nas plantas com CJI, como LOX2 e AOS genes principais envolvidos na biossínteses de ácido jasmonico e voláteis de folhas verdes compostos que estão amplamente relatados e que podem influir negativamente na biologia, desenvolvimento e a reprodução dos insetos-praga.

Com nosso experimento verificamos que ao induzir ou preparar (priming) as plantas com *cis*-Jasmona antes de serem atacadas por algum inseto herbívoro elas ficaram mais preparadas aumentando a potência e velocidade de defesa após o ataque por algum inseto herbívoro. Oluwafemi, Dewhirst, *et al.*(2013) observaram o efeito priming em plantas de milho *Zean mays* contra a cigarrinha, *Cicadulina storeyi*., responsável pela transmissão do vírus da estria do milho (MSV), os autores mostraram que a emissão dos COV's no controle e na testemunha com *cis*-Jasmona não alterou a resposta significativa do herbívoro, mas os COV'S coletados de plantas pre- tratadas com *cis*-Jasmona e infestadas com *C. storeyi*, revelaram menor preferência.

5. CONCLUSÃO

- Houve variação de emissão de compostos voláteis nos cultivares Vita 7, Gurgueia, Guariba sem tratamentos.
- Os compostos orgânicos voláteis pelos cultivares Vita 7, Gurgueia e Guariba tiveram uma variação nas emissões dos COV's nas plantas tratadas com CJ e CJP
- As plantas do tratamento CJ apresentaram a emissão dos compostos farnesol, β -cariofileno, 6-metil-5-hepten-2-ona, citronelal, sabineno, canfora e isomentol, compostos têm sido referenciados na literatura mostrando atividade repelente em outras culturas
- Os compostos orgânicos voláteis produzidos pelas variedades Gurgueia e Guariba após da aplicação da *cis*-Jasmona nas doses 50 g/ha exerceram efeito significativamente repelente ao pulgão preto *Aphis craccivora*.
- As doses 50 g/ha 75 g/ha e 100 g/ha de *cis*-Jasmona induziu resistência do tipo antibioses mostrando alterações na reprodução dos pulgões nas plantas das variedades Vita 7 .
- A doses de 75 g/ha *cis*-Jasmona induziu maior resistência com menor número no pulgões preto vivos.
- Não houve diferenças significativa na avaliação no teste de antibioses com as doses de *cis*-Jasmona no cultivar guariba.

6. PERSPECTIVAS FUTURAS

- Estudo de electroatenoograma do pulgão com os estratos dos compostos voláteis
- Coleta dos COV's emitidos com as três dosagens de *cis*-Jasmona,
- Teste antixenose do pulgão frente as plantas tratadas com as doses de 75 g/ha 50 g/ha e 100 g/ha.
- Quantificação dos compostos emitidos dos diferentes tratamentos e cultivares.
- Levantamento dos inimigos naturais presentes no campo, após aplicação da *cis*-Jasmona.
- Avaliação de parâmetros de produtividade com diferentes dosagens e intervalos de aplicação da *cis*-Jasmona

7. REFERÊNCIAS

- AARTSMA, Y., BIANCHI, F. J. J. A., VAN DER WERF, W., *et al.* "Herbivore-induced plant volatiles and tritrophic interactions across spatial scales", **New Phytologist**, v. 216, n. 4, p. 1054–1063, 2017.
- ABDALA-ROBERTS, L., PUENTES, A., FINKE, D. L., *et al.* "Tri-trophic interactions: bridging species, communities and ecosystems", **Ecology Letters**, v. 22, n. 12, p. 2151–2167, 2019.
- ALABI, O. Y., AZIZA, E., OMOLOYE, A. A. "Preliminary evaluation of selected Cowpea varieties for resistance to cowpea aphid , *Aphis craccivora*", **Nigerian Journal of Ecology**, v. 12, n. January, p. 45–55, 2012. .
- ALVES BASTOS, É., DAMASCENO-SILVA, K., ROCHA, M., *et al.* **A cultura do feijão-caupi no Brasil**. [S.l: s.n.], 2016.
- ANDORNO, A. V., BOTTO, E. N., LA ROSSA, F. R., *et al.* **Control biológico de áfidos por métodos conservativos en cultivos hortícolas y aromáticas**, 2014. Disponível em: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-control_biologicode_afidos_reglon_62-2.pdf.
- ARAUJO, A. G. De, CARDOSO, M. J. "Vita-3 e Vita-7, cultivares de feijao macassar para o Piauí.", **Embrapa**, n. iS 9, 1983. .
- ARCAYA, E., MENGUAL, X. "Aspectos biológicos de *Pseudodoros clavatus* (Fabricius) (Diptera : Syrphidae) alimentado con el áfido de las leguminosas *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera : Aphididae)", 2018. .
- ARIMURA, G., OZAWA, R., KUGIMIYA, S., *et al.* "Herbivore-induced defense response in a model legume. Two-spotted spider mites induce emission of (E)-beta-ocimene and transcript accumulation of (E)-beta-ocimene synthase in *Lotus japonicus*.", **Plant physiology**, 2004. DOI: 10.1104/pp.104.042929. .
- ASPROMOR. "Manual de cultivo de frijol caupi", 2015. Disponível em: http://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/CAUPI.pdf.
- BADIANE, F. A., DIOUF, M., DIOUF, D., "Cowpea". **Broadening the Genetic Base of Grain Legumes**, 2014. .

- BAKER, T. C., WILLIS, M. A., HAYNES, K. F., *et al.* "A pulsed cloud of sex pheromone elicits upwind flight in male moths", **Physiological Entomology**, 1985.
- BAR-NUN, N., MAYER, A. M. "Methyl jasmonate and methyl salicylate, but not cis-jasmone, evoke defenses against infection of *Arabidopsis thaliana* by *Orobanche aegyptiaca*", **Weed Biology and Management**, v. 8, n. 2, p. 91–96, jun. 2008.
- BAYRAM, A., TONĀ, A. "cis-Jasmone treatments affect pests and beneficial insects of wheat (*Triticum aestivum* L.): the influence of doses and plant growth stages", **Crop Protection**, v. 105, p. 70–79, 2018.
- BIRKETT, M. A., CAMPBELL, C. A. M., CHAMBERLAIN, K., *et al.* "New roles for cis-jasmone as an insect semiochemical and in plant defense", **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 2000.
- BIRKETT, Michael A., CAMPBELL, C. A. M., CHAMBERLAIN, K., *et al.* "New roles for cis-jasmone as an insect semiochemical and in plant defense", **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 2000.
- BORGES, A. A., SANDALIO, L. M. "Induced resistance for plant defense", **Frontiers in Plant Science**, 2015.
- BRILLI, F., LORETO, F., BACCELLI, I. "Exploiting Plant Volatile Organic Compounds (VOCs) in Agriculture to Improve Sustainable Defense Strategies and Productivity of Crops", **Frontiers in Plant Science**, v. 10, n. March, 2019.
- BRUCE, T. J. A., MATTHES, M. C., CHAMBERLAIN, K., *et al.* "cis-Jasmone induces *Arabidopsis* genes that affect the chemical ecology of multitrophic interactions with aphids and their parasitoids", **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 2008.
- BRUCE, T., PICKETT, J., SMART, L. **cis-Jasmone switches on plant defence against insects. Pesticide Outlook**, 2003.
- BRUCE, Toby J.A. "Variation in plant responsiveness to defense elicitors caused by genotype and environment", **Frontiers in Plant Science**, 2014.
- BRUCE, Toby J.A., MARTIN, J. L., PICKETT, J. A., *et al.* "cis-Jasmone treatment induces resistance in wheat plants against the grain aphid, *Sitobion avenae* (Fabricius) (Homoptera: Aphididae)", **Pest Management Science**, v. 59, n. 9, p. 1031–1036, 2003.
- BRUCE, Toby J.A., PICKETT, J. A. **Perception of plant volatile blends by herbivorous**

insects - Finding the right mix. Phytochemistry, 2011

CHAMARTHI, S. K., TAMO, M., FATOKUN, C., *et al.* "Host plant resistance to insect pests of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.): achievements and future prospects", **Euphytica**, v. 213, n. 11, 2017.

CONAB. "Acompanhamento da Safra Brasileira", **Companhia Nacional de Abastecimento**, v. 5, n. 4, p. 1–113, 2019. .

CONCHOU, L., LUCAS, P., MESLIN, C., *et al.* **Insect odorscapes: From plant volatiles to natural olfactory scenes. Frontiers in Physiology**, 2019

DA GRAÇA, J. P., UEDA, T. E., JANEGITZ, T., *et al.* "The natural plant stress elicitor cis-jasmone causes cultivar-dependent reduction in growth of the stink bug, *Euschistus heros* and associated changes in flavonoid concentrations in soybean, *Glycine max*", **Phytochemistry**, v. 131, p. 84–91, 2016.

DA SILVA, J. F., BERTINI, C. H. C. de M., BLEICHER., E., *et al.* "Divergência genética de genótipos de feijão-de-corda quanto à resistência ao pulgão-preto", **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 47, n. 7, p. 948–954, 2012.

DANCEWICZ, K., GLISZCZYNSKA, A., HALAREWICZ, A., *et al.* "Effect of farnesol and its synthetic derivatives on the settling behaviour of the peach potato aphid *Myzus persicae* (Sulz.)", **Pestycydy**, n. 1–4, p. 51–57, 2010.

DE FREITAS, A. S., CEZAR, M. A., AMBRÓSIO, M. M. de Q., *et al.* "Ocorrência de vírus em cultivos de feijoeiro-caupi no Sertão da Paraíba", **Tropical Plant Pathology**, 2012.

DE LA PAVA S., N., SEPÚLVEDA-CANO, P. A. "Morfología larval de *Pseudodoros clavatus* (Díptera: Syrphidae) y su eficiencia depredadora del pulgón *Aphis craccivora* (Hemiptera: Aphididae) TT - Larval morphology of *Pseudodoros clavatus* (Diptera: Syrphidae) and efficiency as predator of *Aphis cracciv*", **Revista Colombiana de Entomología**, v. 41, n. 1, p. 58–62, 2015.

DE MELO, B. do S. C., BLEICHER, E., DE MAGALHÃES BERTINI, C. H. C., *et al.* "Divergência genética entre cultivares comerciais de repolho quanto á preferência do pulgão-da-couve", **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 48, n. 5, p. 459–465, 2013.

DEGEN, T. "High Genetic Variability of Herbivore-Induced Volatile Emission within a Broad Range of Maize Inbred Lines", **PLANT PHYSIOLOGY**, 2004.

- DELANEY, K. J., WAWRZYNIAK, M., LEMAŃCZYK, G., *et al.* "Synthetic Cis-Jasmone Exposure Induces Wheat and Barley Volatiles that Repel the Pest Cereal Leaf Beetle, *Oulema melanopus* L.", **Journal of Chemical Ecology**, v. 39, n. 5, p. 620–629, 2013.
- DELETRE, E., SCHATZ, B., BOURGUET, D., *et al.* "Prospects for repellent in pest control: current developments and future challenges", **Chemoecology**, v. 26, n. 4, p. 127–142, 2016.
- DEWHIRST, S. Y., BIRKETT, M. A., LOZA-REYES, E., *et al.* "Activation of defence in sweet pepper, *Capsicum annum*, by cis-jasmone, and its impact on aphid and aphid parasitoid behaviour", **Pest Management Science**, 2012.
- DIABATE, S., DELETRE, E., MURUNGI, L. K., *et al.* "Behavioural responses of bean flower thrips (*Megalurothrips sjostedti*) to vegetative and floral volatiles from different cowpea cultivars", **Chemoecology**, v. 29, n. 2, p. 73–88, 2019.
- DICKE, M. **Plant phenotypic plasticity in the phytobiome: A volatile issue. Current Opinion in Plant Biology**, 2016.
- DICKE, M., AGRAWAL, A. A., BRUIN, J. **Plants talk, but are they deaf? Trends in Plant Science**, 2003.
- DICKE, M., SABELIS, M. W. "HOW PLANTS OBTAIN PREDATORY MITES AS BODYGUARDS", **Netherlands Journal of Zoology**, 1987.
- DISI, J. O., ZEBELO, S., NGUMBI, E., *et al.* "cis-Jasmone primes defense pathways in tomato via emission of volatile organic compounds and regulation of genes with consequences for *Spodoptera exigua* oviposition", **Arthropod-Plant Interactions**, v. 11, n. 4, p. 591–602, 2017.
- E. E. FARMER, C. A. R. "Octadecanoid Precursors of Jasmonic Acid Activate the Synthesis of Wound-Inducible Proteinase Inhibitors", **THE PLANT CELL ONLINE**, 1992.
- EASWAR RAO, D., DIVYA, K., PRATHYUSHA, I. V. S. N., *et al.*, "Insect-Resistant Plants". **Current Developments in Biotechnology and Bioengineering: Crop Modification, Nutrition, and Food Production**, [S.l.], Elsevier Inc., 2016. p. 47–74.
- EL-SHAFIE, H. A. F., FALEIRO, J. R., "Semiochemicals and Their Potential Use in Pest Management". In: SHIELDS, J. R. F. E.-V. D. C. (Org.), Rijeka, IntechOpen, 2017.
- EMBRAPA, M. **Catálogo de cultivares de feijão-caupi. Cultivares - Portal Embrapa**. 2016. Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/meio-norte/cultivares>. Acesso em: 12 set. 2020.

- EMBRAPA, M. "Coleção ativa de germoplasma de feijão-caupi ", 2011.
- ERB, M., MELDAU, S., HOWE, G. A. "Role of phytohormones in insect-specific plant reactions", **Trends in Plant Science**, v. 17, n. 5, p. 250–259, 2012.
- FAO. **Manual de Plagas y Enfermedades del Bosque Nativo en Chile. Taladradores De Madera**, 2008.
- FILHO, F. R. F. **Feijão-Caupi no Brasil**, 2011.
- FREIRE FILHO, F. R., RIBEIRO, V. Q., ROCHA, M. D. R., *et al.* **Feijão-Caupi no Brasil: Produção, melhoramento genético, avanços e desafios**, 2011.
- FÜRSTENBERG-HÄGG, J., ZAGROBELNY, M., BAK, S. **Plant Defense against Insect Herbivores**, 2013.
- GALLO, D., NAKANO, O., NETO, S. S., *et al.* **Entomologia Agricola**, 2002
- GHONEIM, K., HAMADAH, K., WAHEEBH. "Bioefficacy of Farnesol, A Common Sesquiterpene, On the Survival, Growth, Development, and Morphogenesis of *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae).", **Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, F. Toxicology & Pest Control**, v. 12, n. 1, p. 71–99, 2020.
- HALITSCHKE, R., STENBERG, J. A., KESSLER, D., *et al.* "Shared signals - "Alarm calls" from plants increase apparency to herbivores and their enemies in nature", **Ecology Letters**, v. 11, n. 1, p. 24–34, 2008.
- HARE, J. D. "Ontogeny and Season Constrain the Production of Herbivore-Inducible Plant Volatiles in the Field", **Journal of Chemical Ecology**, 2010.
- HAUPT, K., N., H. K., HUNTER, C. A., *et al.* **Topics in Current Chemistry Topics in Current Chemistry**, 2012.
- HEGDE, M., OLIVEIRA, J. N., DA COSTA, J. G., *et al.* "Aphid antixenosis in cotton is activated by the natural plant defence elicitor cis-jasmone", **Phytochemistry**, 2012.
- HEGDE, M., OLIVEIRA, J. N., DA COSTA, J. G., *et al.* "Identification of Semiochemicals Released by Cotton, *Gossypium hirsutum*, Upon Infestation by the Cotton Aphid, *Aphis gossypii*", **Journal of Chemical Ecology**, v. 37, n. 7, p. 741–750, 2011.
- HEIL, M. "Indirect defence via tritrophic interactions", **New Phytologist**, v. 178, n. 1, p. 41–61, 2008.
- IBGE. "INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE",

Levantamento Sistemático Da Produção Agrícola, v. 30, p. 115, 2017. Disponível em: <http://www.profigen.com.br/ler/1/355/306/fusarium>.

JAMES, D. G. "Synthetic Herbivore-Induced Plant Volatiles as Field Attractants for Beneficial Insects", **Environ. Entomol.**, 2003.

KAMPHUIS, L. G., GAO, L., SINGH, K. B. "Identification and characterization of resistance to cowpea aphid (*Aphis craccivora* Koch) in *Medicago truncatula*", **BMC Plant Biology**, 2012.

KARBAN, R. "The ecology and evolution of induced responses to herbivory and how plants perceive risk", **Ecological Entomology**, v. 45, n. 1, p. 1–9, 2020.

KARLSON, P., LÜSCHER, M. "“Pheromones”: A new term for a class of biologically active substances", **Nature**, 1959.

KEBEDE, E., BEKEKO, Z. "Expounding the production and importance of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in Ethiopia", **Cogent Food & Agriculture**, 2020.

KLEINJAN, J. E., MITTLER, T. E. "A CHEMICAL INFLUENCE OF ANTS ON WING DEVELOPMENT IN APHIDS", **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, n. 9, p. 385–388, 1975.

KOORNNEEF, A., PIETERSE, C. M. J. "Cross Talk in Defense Signaling", **PLANT PHYSIOLOGY**, 2008.

LABANDEIRA, C. C. "A paleobiologic perspective on plant-insect interactions", **Current Opinion in Plant Biology**, v. 16, n. 4, p. 414–421, 2013.

LOURENÇO, V. R., DE SOUSA, A. M., CAMILA DE LIMA FERREIRA, A. D., *et al.* "Sources of black aphid resistance in the cowpea", **Revista Agro@Mambiente on-Line**, v. 12, n. 4, p. 328, 2018.

LWANDE, W., MCDOWELL, P. G., AMIANI, H., *et al.* "Analysis of airborne volatiles of cowpea", **Phytochemistry**, 1989.

MACUVELE, D. L. P. Ativação de mecanismo de defesa vegetal do feijão caupi *vignaunguiculata* (L.) Walp. (FABACEAE) pela cis jasmona para resistência ao pulgão preto, *aphiscraccivora* (hemíptera aphididae), koch 1854. 2013. 94 f. **Universidade Federal de Alagoas**. Maceió, 2013.

MELVILLE, C. C., LIMA, A. C. S., MORAIS, E. G. F. de, *et al.* "Preferência do pulgão-preto, *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphididae), a genótipos de feijão-caupi", **Revista**

Agro@Mambiente on-Line, v. 10, n. 2, p. 153, 2016.

MIÑARRO, M. **Los enemigos naturales de los pulgones**. [S.l: s.n.], 2011. v. 9.

MITHÖFER, A., BOLAND, W. "Plant Defense Against Herbivores: Chemical Aspects", **Annual Review of Plant Biology**, v. 63, n. 1, p. 431–450, 2012.

MORAES, M. C. B., LAUMANN, R., SUJII, E. R., *et al.* "Induced volatiles in soybean and pigeon pea plants artificially infested with the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros*, and their effect on the egg parasitoid, *Telenomus podisi*". 2005. **Anais**

MUTYAMBAI, D. M. "Un rasgo de defensa indirecta mediado a través de volátiles de maíz inducidos por huevo de plantas vecinas Resumen Introducción", p. 1–11, 2019. .

NALAM, V., LOUIS, J., SHAH, J. **Plant defense against aphids, the pest extraordinaire**. **Plant Science**, 2019

NERE, D. R., BLEICHER, E., TAVARES, E. J. M., *et al.* "Demographic parameters of cowpea aphids on advanced semi-erect cowpea lines", **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2018.

NETXPLICA.COM. **Ciclo de vida dos pulgões**. [S.d.]. Disponível em: <http://www.netxplica.com/exercicios/bio11/ciclo.vida.pulgoes.htm>. Acesso em: 23 jun. 2019.

NIEMEYER, H. M. **Hydroxamic acids derived from 2-hydroxy-2h-1,4-benzoxazin-3(4h)-one: Key defense chemicals of cereals**. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2009

NOGUEIRA DE M JUNIOR, J. A., DAMASCENO E SILVA, K. J., DE MOURA ROCHA, M. "Cultivo de Feijão-Caupi Importância econômica", **Sistemas de Produção Embrapa**, p. 1–6, 2017. .

NORDLUND, D. A., LEWIS, W. J. "Terminology of chemical releasing stimuli in intraspecific and interspecific interactions", **Journal of Chemical Ecology**, 1976.

OFUYA, T. I. "Evaluation of selected cowpea varieties for resistance to *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae) at the seedling and podding phase", **Annals of Applied Biology**, v. 123, n. 1, p. 19–23, 1993.

OLDHAM, N. J., BOLAND, W. **Chemical ecology: Multifunctional compounds and multitrophic interactions**. **Naturwissenschaften**, 1996

OLUWAFEMI, S., DEWHIRST, S. Y., VEYRAT, N., *et al.* "Priming of Production in Maize of Volatile Organic Defence Compounds by the Natural Plant Activator cis-Jasmone", **PLoS ONE**, v. 8, n. 6, 2013.

OMKAR. **Pests and Their Management**, 2018.

PAREDES, D.; CAMPOS, M.; CAYUELA, L. El. "Control biológico de plagas de artrópodos por conservación: técnicas y estado del arte", **Ecosistemas**, v. 22, n. April 2013, p. 56–61, 2013.

PAREJA, M., MORAES, M. C. B., CLARK, S. J., *et al.* "Response of the aphid parasitoid *Aphidius funebris* to volatiles from undamaged and aphid-infested *Centaurea nigra*", **Journal of Chemical Ecology**, 2007.

PASCUAL-VILLALOBOS, M. J., CANTÓ-TEJERO, M., VALLEJO, R., *et al.* "Use of nanoemulsions of plant essential oils as aphid repellents", **Industrial Crops and Products**, 2017.

PETRY, C., CALVETE, E., TESSARO, F., *et al.* **Plantas Ornamentais: Aspectos para a produção 2ed**, 2008.

PETTERSSON, J. "An Aphid Sex Attractant 1", **Insect Systematics & Evolution**, v. 2, n. 2, p. 63–73, 1970.

PETTERSSON, J., TJALLINGII, W. F., HARDIE, J. "Host-plant selection and feeding", **Aphids as Crop Pests**, p. 87–113, 2007.

PICKETT, J. A., BIRKETT, M. A., BRUCE, T. J. A., *et al.* Developments in aspects of ecological phytochemistry: The role of cis-jasmone in inducible defence systems in plants. **Phytochemistry**, 2007

PICKETT, J. A., KHAN, Z. R. Plant volatile-mediated signalling and its application in agriculture: successes and challenges. **New Phytologist**, 2016

PICKETT, J. A., WOODCOCK, C. M., MIDEGA, C. A. O., *et al.* "Push-pull farming systems", **Current Opinion in Biotechnology**, v. 26, p. 125–132, 2014.

PINTO-ZEVALLOS, D. M., MARTINS, C. B. C., PELLEGRINO, A. C., *et al.* "Compostos orgânicos voláteis na defesa induzida das plantas contra insetos herbívoros", **Química Nova**, v. 36, n. 9, p. 1395–1405, 2013.

POELMAN, E. H., KESSLER, A. "Keystone Herbivores and the Evolution of Plant Defenses", **Trends in Plant Science**, v. 21, n. 6, p. 477–485, 2016.

PORTELA, G. L. F. "Indutores de resistência ao pulgão *Aphis craccivora* Koch, 1854 em feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. e fava *Phaseolus lunatus*", p. 66, 2018.

PRICE, P. W., BOUTON, C. E., GROSS, P., *et al.* "Interactions Among Three Trophic Levels:

Influence of Plants on Interactions Between Insect Herbivores and Natural Enemies", **Annual Review of Ecology and Systematics**, 1980.

QUIROZ, A., PETTERSSON, J., PICKETT, J. A., *et al.* "Semiochemicals mediating spacing behavior of bird cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum padi* feeding on cereals", **Journal of Chemical Ecology**, 1997.

RAKSHANI, E., TALEBI, A. A., KAVALLIERATOS, N. G., *et al.* "Parasitoid complex (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) of *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphidoidea) in Iran", **Journal of Pest Science**, 2005.

RASMANN, S., AGRAWAL, A. A. **Plant defense against herbivory: progress in identifying synergism, redundancy, and antagonism between resistance traits. Current Opinion in Plant Biology**, 2009

RAVELOMBOLA, W., QIN, J., SHI, A., *et al.* "A SNP-based association analysis for plant growth habit in worldwide cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) Germplasm", **Euphytica**, 2017.

RIBEIRO, V. Q. "Cultivo do Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)", **Sistemas de Produção - EMBRAPA Meio-Norte**, v. 2, n. 1, p. 108, 2002. Disponível em: www.cpamn.embrapa.br.

RIFFEL, A., COSTA, J. G. da. "Os Voláteis de Plantas e o seu Potencial para a Agricultura", **Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros**, p. 48, 2015. .

RODRIGUES NERE, D. "PREFERÊNCIA DO PULGÃO-PRETO POR FEIJÃO-DE-CORDA COLETADO EM ESTADOS DO NORDESTE BRASILEIRO", p. 1–135, 2014. .

RODRÍGUEZ-SAONA, C. "La Ecología Química de Interacciones Tri-Tróficas", **Temas Selectos en Ecología Química de Insectos. El Colegio de la Frontera Sur. México.**, p. 315-342., 2012. .

ROWEN, E., KAPLAN, I. "Eco-evolutionary factors drive induced plant volatiles: A meta-analysis", **New Phytologist**, 2016.

RUBEN, B., JORGE LUIS, D., CRISTIAN, A., *et al.* "Genética de la resistencia de las plantas a factores bióticos : un informe .", n. December, p. 4–17, 2017.

SALAZAR, F. A. V. C. E. I. E. **Mejoramiento genético en plantas**. Palmira, [s.n.], 2002.

SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, H., "Chemical Plant Defense Against Herbivores". In: SHIELDS, A.

M.-C. E.-V. D. C. (Org.), Rijeka, IntechOpen, 2017. p. Ch. 1.

SANTOS, J. H. R.; QUINDERÉ, M. A. W. **Distribuição, importância e manejo das pragas do caupi no Brasil. In:** Brasília, O Caupi no Brasil, 1988. v. cap. 21.

SASSO, R., IODICE, L., DIGILIO, M. C., *et al.* "Host-locating response by the aphid parasitoid *Aphidius ervi* to tomato plant volatiles", **Journal of Plant Interactions**, 2007.

SEAB. "Análise da Conjuntura Agropecuária DERAL - Departamento de Economia Rural", **DERAL - Departamento de Economia Rural Trigo**, n. 41, p. 11, 2017. .

SHIMODA, T. "Response of predatory insect *Scolothrips takahashii* toward herbivore-induced plant volatiles under laboratory and field conditions", **Journal of Chemical Ecology**, 1997.

SHULAEV, V., SILVERMAN, P., RASKIN, I. "Airborne signalling by methyl salicylate in plant pathogen resistance", **Nature**, 1997.

SILVA, J. F., BLEICHER, E. "Resistência de genótipos de feijão-de-corda ao pulgão-preto", **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 45, n. 10, p. 1089–1094, 2010. .

SINGH, B. B., CHAMBLISS, O. L., SHARMA, B. "Advances in Cowpea Research", **Advances in Cowpea Research**, IITA, 1997.

SOBHY, I. S., BRUCE, T. J. A., TURLINGS, T. C. J. "Priming of cowpea volatile emissions with defense inducers enhances the plant's attractiveness to parasitoids when attacked by caterpillars", **Pest Management Science**, v. 74, n. 4, p. 966–977, 2018.

SOBHY, I. S., CAULFIELD, J. C., PICKETT, J. A., *et al.* "Sensing the Danger Signals: cis-Jasmone Reduces Aphid Performance on Potato and Modulates the Magnitude of Released Volatiles", **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 7, n. January, p. 1–14, 2020.

SOBHY, I. S., CAULFIELD, J. C., PICKETT, J. A., *et al.* "Sensing the Danger Signals: cis-Jasmone Reduces Aphid Performance on Potato and Modulates the Magnitude of Released Volatiles", **Frontiers in Ecology and Evolution**, 2019.

SOBHY, I. S., WOODCOCK, C. M., POWERS, S. J., *et al.* "cis-Jasmone Elicits Aphid-Induced Stress Signalling in Potatoes", **Journal of Chemical Ecology**, v. 43, n. 1, p. 39–52, 2017.

STENBERG, J. A., HEIL, M., ÅHMAN, I., *et al.* "Optimizing Crops for Biocontrol of Pests and Disease", **Trends in Plant Science**, v. 20, n. 11, p. 698–712, 2015.

SUN, Y. L., DONG, J. F., NING, C., *et al.* "An odorant receptor mediates the attractiveness of

cis-jasmone to *Campoletis chlorideae*, the endoparasitoid of *Helicoverpa armigera*", **Insect Molecular Biology**, v. 28, p. 23–34, 2018.

TANG, X., CHEN, S., WANG, L. "Isolation and insecticidal activity of farnesol from *Stellera chamaejasme*", **Asian Journal of Chemistry**, 2011. .

THOMAZINI, M. J. "A Comunicação Química entre os Insetos: Obtenção e Utilização de Feromônios no", **Embrapa Acre: ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do Sudoeste da Amazônia**, p. 338–354, 2009.

THULER, R. T., DE BORTOLI, S. A., GOULART, R. M., *et al.* "Interação tritrófica e influência de produtos químicos e vegetais no complexo: Brássicas x traça-das-crucíferas x parasitóides de ovos", **Ciencia e Agrotecnologia**, 2008. .

TOGOLA, A., BOUKAR, O., CHAMARTHI, S., *et al.* "Evaluation of cowpea mini core accessions for resistance to flower bud thrips *Megalurothrips sjostedti* Trybom (Thysanoptera: Thripidae)", **Journal of Applied Entomology**, 2019. DOI: 10.1111/jen.12637. .

TRUONG, D., HEUSKIN, S., DELAPLACE, P., *et al.* "VOC emissions and protein expression mediated by the interactions between herbivorous insects and Arabidopsis plant. A review", **Biotechnol. Agron. Soc. Environ.**, 2014. .

TURLINGS, T. C. J., ERB, M. "Tritrophic Interactions Mediated by Herbivore-Induced Plant Volatiles: Mechanisms, Ecological Relevance, and Application Potential", **Annual Review of Entomology**, v. 63, n. 1, p. 433–452, 2018.

TURNER, J. G., ELLIS, C., DEVOTO, A. "The Jasmonate Signal Pathway", **The Plant Cell**, 2002.

VALENTE, E. C. N., TRINDADE, R. C. P., BROGLIO, S. M. F., *et al.* "Aspecto biológico sw *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphididae) em cultivares de feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) WALP", **Ciência Agrícola**, v. 12, n. 1, p. 17–20, 2014. .

VIEIRA, C. R., MORAES, M. C. B., BORGES, M., *et al.* "Cis-Jasmone indirect action on egg parasitoids (Hymenoptera: Scelionidae) and its application in biological control of soybean stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae)", **Biological Control**, 2013.

WATANABE, T., KITAGAWA, H. "Photosynthesis and Translocation of Assimilates in Rice Plants Following Phloem Feeding by the Planthopper *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae)", **Journal of Economic Entomology**, 2009.

WEBSTER, B., BRUCE, T., DUFOUR, S., *et al.* "Identification of volatile compounds used in host location by the black bean aphid, *Aphis fabae*", **Journal of Chemical Ecology**, v. 34, n. 9, p. 1153–1161, 2008.

WEBSTER, B., BRUCE, T., PICKETT, J., *et al.* "Volatiles functioning as host cues in a blend become nonhost cues when presented alone to the black bean aphid", **Animal Behaviour**, 2010.

XU, H., TURLINGS, T. C. J. "Plant Volatiles as Mate-Finding Cues for Insects", **Trends in Plant Science**, v. 23, n. 2, p. 100–111, 2018.

ZARBIN, P. H. G., RODRIGUES, M. A. C. M., LIMA, E. R. "Feromonios de insetos: Tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no brasil", **Quimica Nova**, 2009.

ZHAO, J., DAVIS, L. C., VERPOORTE, R. **Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites. Biotechnology Advances**, 2005

8. APÊNDICES

Apêndice 1 Sobrevivência do pulgão *A. craccivora* frente as diferentes doses de *cis*-Jasmona em plantas de feijão caupi Vita 7 em teste sem chance de escolha.

Tratamento	24hrs	48hrs	72hrs	96hrs	120hrs
Testemunha	17,35±8,19b	12,77±4,90a	0,13±0,05b	8,36±4,08b	0,23±0,23b
50 g/ha-1	38,31±7,74b	10,34±4,11a	0,26±0,22a	3,84±1,57b	15,91±3,44b
75 g/ha-1	24,55±6,39b	13,83±4,35a	0,35±0,17a	26,21±18,58a	596,67±226,23a
100 g/ha-1	60,52±8,78a	13,72±5,57a	0,22±0,07a	5,56±3,51b	4,78±3,09b
Média					

Medias pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro

Apêndice 2 Sobrevivência do pulgão *A. craccivora* frente as diferentes doses de *cis*-Jasmona em plantas de feijão caupi Guariba em teste sem chance de escolha.

Tratamento	24hrs (%)	48hrs (%)	72hrs (%)	96hrs (%)	120hrs (%)
Testemunha	44,67±2,80	8,63±2,71	4,52±2,93	12,89±3,52	20,14±2,34
50 g/ha-1	56,11±9,42	10,67±4,49	13,53±9,74	58,00±19,08	24,00±19,39
75 g/ha-1	36,07±5,85	26,00±11,40	20,94±7,79	43,00±18,05	22,71±8,55
100 g/ha-1	45,27±9,02	17,13±4,22	20,98±10,18	106,19±65,79	19,86±11,08
Média					

Medias pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro

Apêndice 3 Medias de tempo de permanência do *A. craccivora* frente aos compostos orgânicos voláteis (COVSs) do feijão caupi Vita 7 controle no olfátometro de quatro braços [P <0,05; Método Scott-Knott]

Grupos*	Média	Scott-Knott	Média + Erro Padrão	Média - Erro Padrão
4	3,572	a	3,361043	3,782957
3	3,3325	a	3,11831	3,54669
1	3,2685	a	3,073629	3,463371
2	3,221	a	2,985513	3,456487
5	2,7785	a	2,557631	2,999369

Apêndice 4 Médias de número de entradas do *A. craccivora* frente aos compostos orgânicos voláteis (COV's) do feijão caupi Vita 7 controle no olfatômetro de quatro braços [P <0,05; Método Scott-Knott]

Grupos	Média	Scott-Knott	Média + Erro Padrão	Média - Erro Padrão
1	6,9	a	6,430398	7,369602
2	6,75	a	6,073807	7,426193
3	6,642857	a	5,912005	7,373709
4	6,576923	a	6,153846	7

Apêndice 5 Médias de tempo de permanência do *A. craccivora* frente aos compostos orgânicos voláteis (CO's) do feijão caupi Gurgueia controle no olfatômetro de quatro braços [P <0,05; Método Scott-Knott]

Grupos	Média	Scott-Knott	Média + Erro Padrão	Média - Erro Padrão
1	4,895	a	4,473089	5,316911
2	3,8315	b	3,58416	4,07884
3	3,389	b	3,084591	3,693409
4	3,095	b	2,872434	3,317566
5	1,061	c	0,92718	1,19482

Apêndice 6 Médias de número de entradas do *A. craccivora* frente aos compostos orgânicos voláteis (COV's) do feijão caupi Gurgueia controle no olfatômetro de quatro braços [P <0,05; Método Scott-Knott]

Grupos	Média	Scott-Knott	Média + Erro Padrão	Média - Erro Padrão
1	8,3175	a	7,572859	9,062141
2	7,2	a	6,472351	7,927649
4	5,55	b	5,014546	6,085454
3	5,45	b	4,881183	6,018817

Apêndice 7 Médias de tempo de permanência do *A. craccivora* frente aos compostos orgânicos voláteis (COV's) do feijão caupi Guariba controle no olfatômetro de quatro braços [P <0,05; Método Scott-Knott]

Grupos	Média	Scott-Knott	Média + Erro Padrão	Média - Erro Padrão
5	6,211	a	1,429949	10,99205
4	4,169	a	3,807283	4,530717
1	4,04	a	3,707767	4,372233
2	3,3135	a	3,035321	3,591679
3	3,3125	a	3,065364	3,559636

Apêndice 8 Médias de número de entradas do *A. craccivora* frente aos compostos orgânicos voláteis (COV's) do feijão caupi Guariba controle no olfatômetro de quatro braços [P <0,05; Método Scott-Knott]

<i>Grupos</i>	<i>Média</i>	<i>Scott-Knott</i>	<i>Média + Erro Padrão</i>	<i>Média - Erro Padrão</i>
4	6,6	a	5,991291	7,208709
1	6,3	a	5,771347	6,828653
2	5,9	a	5,324628	6,475372
3	5,9	a	5,25152	6,54848

Apêndice 9 Médias de tempo de permanência do *A. craccivora* frente aos compostos orgânicos voláteis (COV's) do feijão caupi Guariba com *cis*-Jasmona no olfatômetro de quatro braços [P <0,05; Método Scott-Knott]

<i>Grupos</i>	<i>Média</i>	<i>Scott-Knott</i>	<i>Média + Erro Padrão</i>	<i>Média - Erro Padrão</i>
1	4,267	a	4,107479	4,426521
2	3,837	a	3,643608	4,030392
4	3,2655	b	3,010013	3,520987
3	3,0715	b	2,840882	3,302118
5	1,635	c	1,369123	1,900877

Apêndice 10 Médias de número de entradas do *A. craccivora* frente aos compostos orgânicos voláteis (COV's) do feijão caupi Guariba com *cis*-Jasmona no olfatômetro de quatro braços [P <0,05; Método Scott-Knott]

<i>Grupos</i>	<i>Média</i>	<i>Scott-Knott</i>	<i>Média + Erro Padrão</i>	<i>Média - Erro Padrão</i>
1	8,3	a	7,525064	9,074936
2	7,15	a	6,524763	7,775237
3	6,65	a	5,980063	7,319937
4	6,5	a	5,935712	7,064288

Apêndice 11 Médias de tempo de permanência do *A. craccivora* frente aos compostos orgânicos voláteis (COV's) do feijão caupi Gurgueia com *cis*-Jasmona no olfatômetro de quatro braços [P <0,05; Método Scott-Knott]

<i>Grupos</i>	<i>Média</i>	<i>Scott-Knott</i>	<i>Média + Erro Padrão</i>	<i>Média - Erro Padrão</i>
1	5,4535	a	4,832563	6,074437
5	3,7075	a	1,372075	6,042925
4	3,329	a	2,99503	3,66297
2	3,235	a	2,842809	3,627191
3	3,0285	a	2,643187	3,413813

Apêndice 12 Médias de número de entradas do *A. craccivora* frente aos compostos orgânicos voláteis (COV's) do feijão caupi Gurgueia com *cis*-Jasmona no olfatômetro de quatro braços [P <0,05; Método Scott-Knott]

Grupos	Média	Scott-Knott	Média + Erro Padrão	Média - Erro Padrão
1	6,2	a	5,654203	6,745797
3	4,85	b	4,23752	5,46248
2	4,25	b	3,7533	4,7467
4	3,9	b	3,503303	4,296697

Apêndice 13 Médias de tempo de permanência do *A. craccivora* frente aos compostos orgânicos voláteis (COV's) do feijão caupi Vita 7 com *cis*-Jasmona no olfatômetro de quatro braços [P <0,05; Método Scott-Knott]

Grupos	Média	Scott-Knott	Média + Erro Padrão	Média - Erro Padrão
1	3,964	a	3,723809	4,204191
2	3,684	a	3,401908	3,966092
4	3,379	a	3,122725	3,635275
3	3,135	a	2,874183	3,395817
5	2,3445	b	2,121408	2,567592

Apêndice 14 Médias de número de entradas do *A. craccivora* frente aos compostos orgânicos voláteis (COV's) do feijão caupi Vita 7 com *cis*-Jasmona no olfatômetro de quatro braços [P <0,05; Método Scott-Knott]

Grupos	Média	Scott-Knott	Média + Erro Padrão	Média - Erro Padrão
1	8,45	a	7,719193	9,180807
2	7,65	a	7,068373	8,231627
3	7,3	a	6,408225	8,191775
4	5,5	b	5,067748	5,932252

Apêndice 15 Médias de tempo de permanência do *A. craccivora* frente aos compostos orgânicos voláteis (COV's) do feijão caupi Vita 7 atacados pelo pulgão no olfatômetro de quatro braços [P <0,05; Método Scott-Knott]

Grupos	Média	Scott-Knott	Média + Erro Padrão	Média - Erro Padrão
1	4,335	a	3,820949	4,849051
2	4,192	a	3,576764	4,807236
4	3,603	a	3,261088	3,944912
3	2,8485	b	2,469796	3,227204
5	1,9915	b	1,559349	2,423651

Apêndice 16 Médias de número de entradas do *A. craccivora* frente aos compostos orgânicos voláteis (COV's) do feijão caupi Vita 7 atacados pelo pulgão no olfatômetro de quatro braços [P <0,05; Método Scott-Knott]

<i>Grupos</i>	<i>Média</i>	<i>Scott-Knott</i>	<i>Média + Erro Padrão</i>	<i>Média - Erro Padrão</i>
1	6,75	a	6,093554	7,406446
2	5,65	a	4,934477	6,365523
4	5,2	a	4,649402	5,750598
3	4,85	a	4,305772	5,394228

Apêndice 17 Médias de tempo de permanência do *A. craccivora* frente aos compostos orgânicos voláteis (COV's) do feijão caupi Gurgueia atacados pelo pulgão no olfatômetro de quatro braços [P <0,05; Método Scott-Knott]

<i>Grupos</i>	<i>Média</i>	<i>Scott-Knott</i>	<i>Média + Erro Padrão</i>	<i>Média - Erro Padrão</i>
1	4,808	a	4,11803	5,49797
3	3,7615	b	3,28363	4,23937
2	3,3855	b	2,997732	3,773268
4	2,811	b	2,564474	3,057526
5	1,356	c	1,079352	1,632648

Apêndice 18 Médias de número de entradas do *A. craccivora* frente aos compostos orgânicos voláteis (COV's) do feijão caupi Gurgueia atacados pelo pulgão no olfatômetro de quatro braços [P <0,05; Método Scott-Knott]

<i>Grupos</i>	<i>Média</i>	<i>Scott-Knott</i>	<i>Média + Erro Padrão</i>	<i>Média - Erro Padrão</i>
1	5,95	a	5,340967	6,559033
2	5,85	a	5,300958	6,399042
3	5,45	a	4,966183	5,933817
4	5,1	a	4,647521	5,552479

Apêndice 19 Médias de tempo de permanência do *A. craccivora* frente aos compostos orgânicos voláteis (COV's) do feijão caupi Guariba atacados pelo pulgão no olfatômetro de quatro braços [P <0,05; Método Scott-Knott]

<i>Grupos</i>	<i>Média</i>	<i>Scott-Knott</i>	<i>Média + Erro Padrão</i>	<i>Média - Erro Padrão</i>
1	4,628	a	3,709224	5,546776
3	3,965	a	3,450925	4,479075
2	3,427	a	2,990975	3,863025
4	3,1865	a	2,774652	3,598348
5	2,0535	a	1,328404	2,778596

Apêndice 20 Médias de número de entradas do *A. craccivora* frente aos compostos orgânicos voláteis (COV's) do feijão caupi Guariba atacados pelo pulgão no olfatômetro de quatro braços [P <0,05; Método Scott-Knott]

<i>Grupos</i>	<i>Média</i>	<i>Scott-Knott</i>	<i>Média + Erro Padrão</i>	<i>Média - Erro Padrão</i>
3	4,2	a	3,654203	4,745797
2	4,15	a	3,550548	4,749452
1	3,65	a	3,244284	4,055716
4	3,5	a	3,105966	3,894034

PROJETO PARALELO NO MESTRADO

II SIMPÓSIO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS

Campus de Engenharias e de Ciências Agrárias

Rio Largo, Alagoas

10 e 11 de março de 2020



EXTRATO DE FOLHAS DE URUCUM *Bixina Orellana* L. para obtenção GERANIL-GERANIOL possível composto feromonal de uma importante praga em Aceráceas
*Miguel Angel Martinez Gutierrez*¹; *Thyago Fernando Lisboa Ribeiro*²; *Jakeline Maria dos Santos*¹; *Henrique Fonseca Goulart*¹; *Antônio Euzébio Goulart Santana*¹

¹Centro de Ciências Agrárias (CECA-UFAL); ²Instituto de Química e Biotecnologia (IQB- UFAL)
miguelangelmartinezgutierrez@gmail.com

RESUMO

O urucum é uma planta arbórea denominada cientificamente de *Bixina orellana* L. Pertencente a família botânica Bixaceae. É originária de América Latina tropical. Devido a sua grande procura como fonte de pigmentos para alimentos, medicamentos e cosmético. Além dos pigmentos o urucum tem ganhando notoriedade por conter outras substâncias de grande interesse, entre essas substâncias se destaca o geranil geraniol. Em diversas pesquisas que o geranilgeraniol tem bioatividade em diversas pragas que pode ser usada no Manejo Integrado de Pragas. Neste trabalho avaliou-se a presença do geranil geraniol nas folhas *Bixina orellana* L. em duas variedades de urucum, urucum comum e urucum amarelo. Para a extração deste composto em plantas do urucum foi utilizado o método de destilação por arraste de vapor, onde as folhas do urucum foram submetidas em um freezer de -20 em um período de 48 horas, posteriormente as folhas foram pesadas em 400 gramas e colocadas 5 litros de água destilada em um balão de 10 litros, foi utilizado uma manta para aquecer o 200 graus por 3 horas. para identificação dos compostos presentes em cada planta, O óleo extraído foram retirados e armazenados em vials e guardado em um freezer de -20. O óleo extraído das duas variedades foram retirados 0.2 microlitros e misturados com 1 ml de hexano para análise por cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas (EM) massas.

PALAVRAS-CHAVE: Geranilgeraniol; Óleo; Urucum.

APOIO: Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia (CONACYT)

II SIMPÓSIO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS

Campus de Engenharias e de Ciências Agrárias

Rio Largo, Alagoas

10 e 11 de março de 2020



(CIS)-JASMONA INDUTOR DE REPELÊNCIA PARA *Aphis craccivora* KOCH 1854 EM *Vigna Unguiculata* (L) WALP

*Miguel Angel Martinez Gutierrez*¹; *Thyago Fernando Lisboa Ribeiro*²; *João Gomes da Costa*³; *Henrique Fonseca Goulart*¹; *Antônio Euzébio Goulart Santana*¹

¹Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas; miguelangelmartinezgutierrez@gmail.com; henrique.goulart@ceca.ufal.br; aegs@ceca.ufal.br. ²Instituto de Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas; flribeiro@gmail.com. ³Embrapa Tabuleiros Costeiros, Maceió/, Alagoas, joao-gomes.costa@embrapa.br.

RESUMO

O feijão caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (Fabaceae), é uma leguminosa importante na dieta humana. Sendo o Brasil um dos maiores produtores mundiais de feijão caupi. Porém um dos fatores limitantes para sua produção é o pulgão preto, *Aphis Craccivora* Koch 1854 (Hemiptera: Aphididae), responsável pela transmissão do vírus do mosaico *Cowpea aphid borne mosaic virus* (CABMV). Na busca de alternativas de controle, observa-se a recomendação de *cis-jasmona* (CJ), composto descrito como elicitador de defesa vegetal, que ativa os mecanismos de defesa da planta alterando a composição e emissão dos Compostos Orgânicos Voláteis (COVs.). Nesse sentido objetivou-se estudar a ação da CJ e seu papel na ativação do mecanismo de defesa em plantas de feijão caupi frente ao pulgão preto. Foram utilizados 3 genótipos de feijão caupi: Vita 7 (suscetível), BR Gurgueia (tolerável) e BRSGuariba (resistente). Os COV's foram coletados por 24 horas. Os genótipos foram submetidos aos seguintes tratamentos: plantas controle (sem aplicação de CJ) e plantas com aplicação de CJ. Com os extratos obtidos foram utilizados para avaliar a resposta comportamental dos pulgões frente aos COVs. Nos bioensaios comportamentais foram avaliados a repelência e atratividade dos COVs utilizando olfatômetro de 4 braços. Os genótipos Vita 7, BR Gurgueia e guariba tratados com CJ apresentaram diferença significativa para o teste de repelência quando comparados com o controle. Observou-se que as plantas tratadas com CJ apresentam mudanças na emissão dos COVs e induzem repelência das plantas para *A. Craccivora*.

PALAVRAS-CHAVE: Olfatometro; Repelência; Feijão Caupi; COVs

APOIO: Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia (CONACYT)

Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável (ISSN 2358-2367) v. 10, n.1, e21, 2020



XI

EBEQ

XI ENCONTRO BRASILEIRO DE ECOLOGIA QUÍMICA

XI BRAZILIAN MEETING ON CHEMICAL ECOLOGY

October 23-26, 2019 Maceió, Brazil

CIS-JASMONA INDUTOR DE RESISTÊNCIA PARA *Aphis craccivora* koch 1854 EM *Vigna unguiculata* L. Walp.

*Miguel Angel Martinez Gutierrez*¹; *Thyago Fernando Lisboa Ribeiro*¹; *Domingos Lusitano Pier Macuvele*²; *Henrique Fonseca Goulart*¹; *Antônio Euzébio Goulart Santana*¹.

¹Centro de Ciências Agrárias; Universidade Federal de Alagoas; miguelangelmartinezgutierrez@gmail.com; ²Universidade Federal de Santa Catarina.

PALAVRAS-CHAVE: FEIJÃO CAUPI; CIS-JASMONA; *Aphis craccivora*; COVs.

RESUMO: O feijão caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (Fabaceae), é uma leguminosa importante na dieta em Brasil, com uma produção anual de 841,3 mil toneladas. Um dos fatores limitantes para sua produção é o pulgão preto, *Aphis Craccivora* Koch 1854 (Hemiptera: Aphididae), por ser vetor mecânico de vírus. Como o intuito de estudar ação da *cis*-jasmona (CJ) como indutor de resistência em plantas de feijão caupi, composto descrito na literatura que este elicitor de defesa vegetal ativa os mecanismos de defesa da planta alterando a composição e emissão dos Compostos Orgânicos Voláteis (COVs.). O presente trabalho tem como objetivo estudar a ação da CJ e seu papel na ativação do mecanismo de defesa em plantas de feijão caupi, contribuindo para o desenvolvimento de uma metodologia para o controle do pulgão preto. Foram utilizados 2 genótipos de feijão caupi: Vita 7 (suscetível) e BRS-Guariba (resistente) para avaliação dos perfis dos COVs foram submetidas aos seguintes tratamentos: Controle, Infestada, Controle com aplicação de CJ e infestada com aplicação CJ. Os extratos obtidos foram analisados por cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas (EM) para identificação dos compostos presentes em cada tratamento. As plantas dos cultivares de feijão caupi, mostram perfis de COVs distintos nos quatro tratamentos. Na comparação entre os tratamentos o cultivar Guariba com aplicação de CJ apresentou um aumento na intensidade dos seus compostos quando comparados com suas plantas controle, o que também acontece nas plantas do cultivar Vita 7. Já nos tratamentos infestada e infestada com aplicação de CJ o cultivar Vita 7 apresentou o perfil dos COVs semelhante o cultivar BRS-Guariba, o que possivelmente está relacionado com ativação dos mecanismos de resistência mediado pela CJ. Este estudo fornece um exemplo de variação nos perfis e intensidade dos COVs causadas pelo o uso indutor de resistência CJ.

CIS-JASMONE RESISTANCE INDUCER FOR *Aphis craccivora* Koch 1854 IN *Vigna unguiculata* L. Walp.

KEYWORDS: CAUPI BEAN; CIS-JASMONE; *Aphis craccivora*; VOCS.

ABSTRACT: Cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (Fabaceae), is an important dietary legume in Brazil, with an annual production of about 850 thousand tons. One of the limiting factors for its production is the black aphid, *Aphis Craccivora* Koch 1854 (Hemiptera: Aphididae), as it is a mechanical vector of viruses. In order to study *cis*-jasmonone (CJ) action as resistance inducer in cowpea plants, a compound described in the literature that this plant defense elicitor activates plant defense mechanisms by altering the composition and emission of Volatile Organic Compounds. The present work aims to study the action of CJ and its role in the activation of the defense mechanism in cowpea plants, contributing to the development of a methodology for the control of black aphid. Two cowpea genotypes were used: Vita 7 (susceptible) and BRS-Guariba (resistant) to evaluate the VOC profiles were submitted to the following treatments: Control, Infested, Control with CJ application and infested with CJ application. The extracts obtained were analyzed by gas chromatography coupled with mass spectrometer (MS) to identify the

compounds present in each treatment. The plants of cultivated cowpea showed distinct VOC profiles in the four treatments. In the comparison between treatments the cultivated Guariba with application of CJ showed an increase in the intensity of its compounds when compared to its control plants. In the treatments, infested and infested with application of CJ the Vita 7 presented the VOC profile similar to that of BRS-Guariba, possibly related to activation of resistance mechanisms mediated by CJ. This study provides an example of variation in VOC profiles and intensity caused by the use of resistance inducing CJ.

Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável (ISSN 2358-2367)

v. 9, n. 5, b-80, 2019