



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

IZABELA NUNES DO NASCIMENTO

**INFLUÊNCIA DA DEFESA INDIRETA E DIRETA DE PLANTAS DE MILHO
INDUZIDAS POR VOLÁTEIS SINTÉTICOS SOBRE O *Dichelops melacanthus*
(HEMIPTERA: PENTATOMIDAE)**

AREIA
2020

IZABELA NUNES DO NASCIMENTO

**INFLUÊNCIA DA DEFESA INDIRETA E DIRETA DE PLANTAS DE MILHO
INDUZIDAS POR VOLÁTEIS SINTÉTICOS SOBRE O *Dichelops melacanthus*
(HEMIPTERA: PENTATOMIDAE)**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia, área de concentração Agricultura Tropical.

Orientador: Dr. Walter Esfrain Pereira

Coorientadora: Dr^a. Maria Carolina Blassioli Moraes

AREIA
2020

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

N244i Nascimento, Izabela Nunes do.

Influência da defesa indireta e direta de plantas de milho induzidas por voláteis sintéticos sobre o *Dichelops melacanthus* (Hemiptera: Pentatomidae) / Izabela Nunes do Nascimento. - Areia:UFPB/CCA, 2020.
206 f. : il.

Orientação: Walter Esfrain Pereira.

Coorientação: Maria Carolina Blassioli Moraes.

Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Benzoxazinoídes. 3. Percevejo barriga-verde. I. Pereira, Walter Esfrain. II. Moraes, Maria Carolina Blassioli. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(043.2)

IZABELA NUNES DO NASCIMENTO

**INFLUÊNCIA DA DEFESA INDIRETA E DIRETA DE PLANTAS DE MILHO
INDUZIDAS POR VOLÁTEIS SINTÉTICOS SOBRE O *Dichelops melacanthus*
(HEMIPTERA: PENTATOMIDAE)**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia, área de concentração Agricultura Tropical.

Aprovada em: 16/10/2020.

BANCA EXAMINADORA



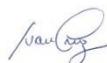
Dr. Walter Esfrain Pereira
Orientador – CCA/UFPB



Dr.^a Maria Carolina Blassioli Moraes
Coorientadora – EMBRAPA CENARGEN



Dr.^a Gleidyane Novais Lopes Mielezski
Examinadora – CCA/UFPB



Dr. Ivan Cruz
Examinador – EMBRAPA MILHO E SORGO



Dr. Diego Martins Magalhães
Examinador – ESALQ/USP



Dr. Leonardo Dantas da Silva
Examinador – CCHSA/UFPB

Aos meus amados pais,
Ao meu amado esposo,
Aos meus amados irmãos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal da Paraíba, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade da realização do doutorado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo;

À Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia pelo suporte técnico e financeiro para o desenvolvimento do trabalho;

Ao professor Dr. Walter Esfrain Pereira, pela confiança, pela solicitude e presteza na orientação;

À pesquisadora Dr^a. Maria Carolina Blassioli Moraes, a quem dedico profunda admiração, agradeço pelo exemplo de entusiasmo na pesquisa, pela generosidade e ajuda constante;

À pesquisadora Dr^a. Mirian Fernandes Furtado Michereff, pela amizade sincera, pelos conselhos, pela paciência, pelo exemplo de competência e solidariedade e principalmente pelo suporte imprescindível na execução dos experimentos;

Aos pesquisadores Dr. Miguel Borges e Dr. Raúl Alberto Laumann pela atenciosa colaboração e pelo apoio durante a realização dos experimentos;

À Dr^a. Gleidyane Novais Lopes Mielezrski (UFPB), ao Dr. Ivan Cruz (Embrapa Milho e Sorgo), ao Dr. Leonardo Dantas da Silva (UFPB) e ao Dr. Diego Martins Magalhães (ESALQ/USP) pelo aceite em participar da banca e pelas contribuições dadas ao trabalho;

Aos meus pais, Ivaldo Marques e Maria Nunes, pelo alicerce, amor e apoio incondicional;

Ao meu esposo Jefferson Santos, pelo amor, companheirismo, pela compreensão sem fim e pelo incentivo incansável dedicado a mim em todos os momentos;

Aos meus queridos irmãos Islânia, Izaquiel, Isnádia e Israele e ao nosso pequeno João, pela leveza e alegria que trazem à minha vida;

Às queridas e maravilhosas amigas Izabela Thaís e Camila Ferreira, pela amizade, pelas palavras de consolo e pelo incentivo, pelos momentos de leveza e descontração nos almoços de domingo e por trazerem um pedacinho de nossa terrinha pra Brasília, amenizando a saudade de casa;

Aos amigos de sempre, Adelaido Araújo, Gemerson Machado, Heloisa Martins, Antônio Carlos, Kennedy Gonzaga, João Paulo e Jardel Souza, pela amizade e presença marcante, repleta de boas lembranças, por toda a ajuda durante a caminhada acadêmica e por tornarem os meus dias mais alegres desde a época da graduação;

Aos amigos do laboratório de Semioquímicos, Michely Aquino, Aline Dias, Ana Carolina Lagôa, Bruna Sartório, Paula Almeida e Marla Juliane Hassemer por tornarem nosso ambiente de trabalho agradável e por terem me recebido na equipe de forma tão generosa;

E principalmente, a DEUS, por ter me sustentado com Seu cuidado amoroso durante toda minha vida e ter me permitido realizar mais um sonho.

RESUMO GERAL

O milho, *Zea mays* L., é o cereal mais produzido no mundo. Um dos principais fatores que compromete o rendimento e a qualidade da produção é a incidência de pragas, sendo *Dichelops melacanthus*, a espécie de percevejo mais importante que ataca essa cultura na América do Sul. A resposta das plantas ao ataque dos herbívoros pode levar a um aumento na produção dos metabólitos secundários voláteis e não voláteis, que agem nas defesas direta e indireta das plantas. Objetivou-se com este estudo caracterizar o perfil químico de plantas de milho, sadias e após a herbivoria do percevejo *D. melacanthus*, expostas ou não a voláteis sintéticos induzidos por herbivoria (VPIHs); avaliar a resposta comportamental do parasitoide *Telenomus podisi* e do herbívoro *D. melacanthus* aos voláteis liberados por plantas de milho submetidas aos diferentes tratamentos e investigar se plantas de milho atacadas pelo percevejo *D. melacanthus*, expostas a padrões sintéticos de VPIHs têm as concentrações de benzoxazinoides alterados, bem como verificar se *D. melacanthus* é afetado por diferentes níveis desses compostos no milho. A pesquisa foi desenvolvida em três experimentos. No primeiro, plantas sadias foram submetidas ou não à herbivoria do percevejo *D. melacanthus*. Os voláteis das plantas foram coletados pela técnica de aeração. Para avaliar se a herbivoria de *D. melacanthus* afeta ou não o comportamento de busca do inimigo natural *T. podisi* e de fêmeas coespecíficas, foram realizados bioensaios em olfatômetro em “Y”. No segundo experimento, foi avaliada a produção de compostos voláteis de plantas de milho expostas aos VPIHs. As plantas foram expostas aos compostos (*RS*)-linalol e (*E*)- β -farneseno e utilizadas em bioensaios de olfatomia, para avaliar se os voláteis emitidos pelas plantas expostas aos VPIHs e tratadas ou não com herbivoria de *D. melacanthus* afetam o comportamento de busca de *T. podisi* e de fêmeas coespecíficas. No terceiro experimento, foi avaliada a produção de benzoxazinoides de plantas de milho expostas aos VPIHs sintéticos. Em seguida, estas receberam ou não fêmeas de *D. melacanthus* e foram submetidas a uma extração líquido-líquido. Para avaliar se as plantas submetidas aos voláteis tiveram sua defesa direta ativada, plantas expostas ou não a VPIHs, foram oferecidas como alimento para adultos de *D. melacanthus* e avaliados os parâmetros de fertilidade, fecundidade e longevidade. A análise química de voláteis coletados na aeração mostrou que a injúria de *D. melacanthus* induziu a planta a produzir um perfil diferente de compostos orgânicos voláteis, comparado às plantas sadias. O parasitoide *T. podisi* respondeu preferencialmente aos odores liberados por plantas submetidas à herbivoria quando comparados com os odores das plantas sadias para 24-48 h após o início do tratamento. Os compostos voláteis sintéticos (*RS*)-linalol e (*E*)- β -cariofileno induziram um aumento na produção de voláteis após as plantas sofrerem injúria de *D. melacanthus*. Os resultados obtidos indicam que o tratamento exógeno das plantas de milho com os compostos selecionados alterou o perfil químico das mesmas, mas não melhora a defesa indireta das plantas contra o herbívoro *D. Melacanthus*. A herbivoria de *D. melacanthus* aumenta os níveis de benzoxazinoides em plantas de milho.

PALAVRAS-CHAVE: Benzoxazinoides. Percevejo barriga-verde. VPIHs. *Zea mays*.

GENERAL ABSTRACT

Maize, *Zea mays* L., is the most produced cereal in the world. One of the main factors that compromises the yield and the quality of production is the incidence of pests, being *Dichelops melacanthus*, the most important bug species that attacks this crop in South America. The response of plants to the attack of herbivores can lead to an increase in the production of volatile and non-volatile secondary metabolites, which act in the direct and indirect defenses of plants. The objective of this study was to characterize the chemical profile of corn plants, healthy and after the herbivory of the bug *D. melacanthus*, exposed or not to synthetic volatiles induced by herbivory (VIPHs); to evaluate the behavioral response of the parasitoid *Telenomus podisi* and the herbivore *D. melacanthus* to the volatiles released by corn plants submitted to different treatments and to investigate whether corn plants attacked by the bug *D. melacanthus*, exposed to synthetic patterns of VIPHs have altered concentrations of benzoxazinoids, as well as to verify if *D. melacanthus* is affected by different levels of these compounds in maize. The research was developed in three experiments. In the first, healthy plants were submitted or not to the herbivory of the bug *D. melacanthus*. The volatiles of the plants were collected by the aeration technique. To evaluate whether the *D. melacanthus* herbivory affects or not the search behavior of the natural enemy *T. podisi* and of co-specific females, bioassays were performed in a "Y" olfactometer. In the second experiment, the production of volatile compounds from corn plants exposed to VIPHs was evaluated. The plants were exposed to the compounds (RS) -linalol and (*E*)- β -farnesene and used in olfactometry bioassays, to assess whether the volatiles emitted by plants exposed to VIPHs and whether or not treated with *D. melacanthus* herbivory affect behavior search for *T. podisi* and co-specific females. In the third experiment, the production of benzoxazinoids from corn plants exposed to synthetic VIPHs was evaluated. Then, they received or not females of *D. melacanthus* and were subjected to a liquid-liquid extraction. To assess whether plants subjected to volatiles had their direct defense activated, plants exposed or not to VIPHs, they were offered as food for adults of *D. melacanthus* and the parameters of fertility, fertility and longevity were evaluated. The chemical analysis of volatiles collected during aeration showed that the injury of *D. melacanthus* induced the plant to produce a different profile of volatile organic compounds, compared to healthy plants. The parasitoid *T. podisi* responded preferentially to the odors released by plants submitted to herbivory when compared to the odors of healthy plants for 24-48 h after the start of treatment. The synthetic volatile compounds (RS) -linalol and (*E*)-karyophyllene induced an increase in the production of volatiles after the plants suffered damage from *D. melacanthus*. The results obtained indicate that the exogenous treatment of the corn plants with the selected compounds changed their chemical profile, but does not improve the indirect defense of the plants against the herbivore *D. Melacanthus*.

KEYWORDS: Benzoxazinoids, Green belly bug, VIPHs, *Zea mays*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Revisão Bibliográfica

- Figura 1. Estádios vegetativos e reprodutivos da planta de milho.....25
- Figura 2. Ciclo biológico do percevejo *Dichelops melacanthus*.....30
- Figura 3. Adultos de *Dichelops melacanthus*: a) macho e b) fêmea.....30
- Figura 4. Esquema demonstrando a migração do *D. melacanthus* da cultura da soja para o milho em seu período crítico.....31
- Figura 5. Danos provocados pelo percevejo barriga-verde em plantas de milho. Fonte: Pioneer sementes.....32
- Figura 6. Rota biossintética dos principais compostos benzoxazinoídeos em milho e trigo. *IGp*=indol-3-glicerol fosfato, *GLU*=glucosídeo. BX as enzimas envolvidas em cada processo.....39
- Figura 7. Visão geral dos esqueletos básicos dos compostos lactâmicos, ácidos hidroxâmicos e derivados de metila e seus glicosídeos de benzoxazin-3-ona e benzoxazolinonas.....40

Capítulo I

- Figura 1. Esquema do sistema *push-pull* de coleta de voláteis de plantas de milho com ou sem herbivoria de *D. melacanthus*.....51
- Figura 2. Sistema de bioensaios com o olfatômetro em “Y” utilizado no Laboratório de Semioquímicos - Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.....53
- Figura 3. Perfil cromatográfico obtido do CG-EM mostrando os principais compostos identificados nos extratos de aeração de plantas de milho. A. perfil cromatográfico de extratos de aeração de plantas de milho com injúria de herbivoria de *D. melacanthus* 24 - 48 h, B. perfil cromatográfico de extratos de aeração de plantas de milho sem herbivoria. Os cromatogramas a e b mostram os mesmos tratamentos, respectivamente, mas com o eixo Y ampliado na região de 7 a 20 min do tempo de retenção. 1) α -pineno, 2) β -mirceno, 3) acetato de (*Z*)-3-hexenila, 4) octanal, 5) (*E*)-ocimeno, 6) limoneno, 7) (*RS*)-linalol, 8) nonanal, 9) DMNT, 10) salicilato de metila, 11) dodecano, 12) decanal, 13) indol, 14) tridecano, 15) undecanal, 16) ciclosativeno, 17) (*E*)- β -cariofileno, 18) acetato de geranila, 19) (*E*)- β -farneseno, 20) α -humuleno, 21) δ -cadineno, 22) TMTT.....55
- Figura 4. Voláteis totais liberados (média \pm EP) de folhas de plantas de milho tratadas (Herb) ou não (Cont) com herbivoria de *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística

com modelos lineares generalizados, seguida por análise de deviança (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.....56

Figura 5. Quantidade de voláteis liberados (ng/24 h) (média ± EP) de folhas de plantas de milho submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: Herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com modelos lineares generalizados, seguida por análise de deviança (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.....57

Figura 6. Análise de componentes principais indicando as diferenças na composição dos voláteis das plantas de milho nos tratamentos controle e herbivoria, ao longo de quatro dias consecutivos. Os símbolos representam os *scores* individuais para cada amostra. As linhas verdes representam os diferentes compostos presentes nas amostras e seu comprimento, magnitude relativa da contribuição de cada composto para a diferenciação dos tratamentos. Controle: controle; Herb: Herbivoria de *D. melacanthus*. A letra “C” acompanhada de números representam os compostos β-mirceno (C1), acetato de (Z)-3-hexenila (C2), (E)-ocimeno (C3), (RS)-linalol (C4), DMNT (C5), salicilato de metila (C6), ciclosativeno (C7), indol (C8), acetato de geranila (C9), (E)-β-cariofileno (C10), geranil acetona (C11), (E)-β-farneseno (C12), α-humuleno(C13), δ-cadinene (C14), TMTT (C15)58

Figura 7. Resposta da primeira escolha de fêmeas de *Telenomus podisi* testadas em olfatômetro Y e submetidas a plantas de milho com ou sem herbivoria de *D. melacanthus* (24, 48, 72 e 96 h). Números entre parentes à esquerda representam os que não responderam aos estímulos odoríferos.....60

Figura 8. Tempo médio de residência, em segundos, de fêmeas de *Telenomus podisi* testadas em olfatômetro Y e submetidas a plantas de milho com herbivoria ou não de *D. melacanthus* (24, 48, 72 e 96 h)60

Figura 9. Resposta da primeira escolha de fêmeas de *Dichelops melacanthus* testadas em olfatômetro em Y aos odores das plantas de milho com herbivoria ou não de coespecíficos (24, 48, 72 e 96 h). Números entre parentes representam os insetos que não responderam aos estímulos odoríferos.....62

Figura 10. Tempo médio de residência, em segundos, de fêmeas de *Dichelops melacanthus* testadas em olfatômetro Y nos braços do olfatômetro com odor das plantas de milho com herbivoria ou não de coespecíficos (24, 48, 72 e 96 h).....62

Capítulo II

Figura 1. Sistema de doação dos compostos voláteis sintéticos e coleta de voláteis (aeração) do Laboratório de Semioquímicos–Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen), Brasília, DF.....73

Figura 2. Sistema de bioensaios com o olfatômetro em “Y” utilizado no Laboratório de Semioquímicos – Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.....75

Figura 3. Quantidade de voláteis totais liberados (média ± EP) de folhas de plantas de milho submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb:

herbivoria provocada por *D. melacanthus*; Indol: composto volátil sintético doado; Indol + Herb: composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com modelos lineares generalizados, seguida por análise de deviança (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança.....79

Figura 4. Quantidade de voláteis liberados (ng/24 h) (média ± EP) de folhas de plantas de milho expostas ao composto indol submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: herbivoria provocada por *D. melacanthus*; Indol: composto volátil sintético doado; Indol + Herb: composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com modelos lineares generalizados, seguida por análise de deviança (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.....80

Figura 5. Diagrama da curva de resposta principal (CRP) e valores de peso variáveis baseados em misturas voláteis liberadas por plantas de milho sob diferentes tratamentos: plantas sem tratamentos (Ctrl), plantas de milho com injúria de herbivoria de fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas de milho expostas ao composto indol (Indol) e plantas de milho expostas ao composto indol seguida da herbivoria de *D. melacanthus* (Indol + Herb). Compostos: C1= mirceno, C2 = acetato de (Z)-3-hexenila, C3= (E)-ocimeno, C4= (RS)-linalol, C5=DMNT, C6= salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (E)-β-cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (E)-β-farneseno, C13= α-humuleno, C14= δ-cadineno, C15=TMTT.....82

Figura 6. Ordenação por análise de componentes principais (ACP) dos componentes 1 e 2 dos compostos voláteis emitidos por plantas de milho controle (Ctrl), plantas com injúria de herbivoria por fêmeas de *D. melacanthus* (Herb), plantas expostas ao composto indol (indol) e plantas expostas ao composto indol e submetidas a herbivoria e *D. melacanthus* (Indol + Herb) em (A) 24-48 h, (B) 48-72 h e (C) 72-96 h desde o início do tratamento. Compostos voláteis: C1= mirceno, C2 = acetato de (Z)-3-hexenila, C3= (E)-ocimeno, C4= (RS)-linalol, C5=DMNT, C6= salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (E)-β-cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (E)-β-farneseno, C13= α-humuleno, C14= δ-cadineno, C15=TMTT.....83

Figura 7. Quantidade de voláteis totais liberados (ng /24 h) (média ± EP) de folhas de plantas de milho expostas ao composto (RS)-linalol submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: herbivoria provocada por *D. melacanthus*; (RS)-Linalol: composto volátil sintético doado; (RS)-Linalol + Herb: composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com modelos lineares generalizados, seguida por análise de deviança (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança.....84

Figura 8. Quantidade de voláteis liberados (ng/24h) (média ± EP) de folhas de plantas de milho expostas ao composto (RS)-linalol submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: herbivoria provocada por *D. melacanthus*; (RS)-linalol: composto volátil sintético doado; (RS)-linalol + Herb: composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com modelos

lineares generalizados, seguida por análise de deviança (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.....85

Figura 9. Diagrama da curva de resposta principal (CRP) e valores de peso variáveis baseados em misturas voláteis liberadas por plantas de milho sob diferentes tratamentos plantas sem tratamentos (Ctrl), plantas de milho com injúria de herbivoria de fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas de milho expostas ao composto ((RS)-linalol e plantas de milho expostas ao composto ((RS)-linalol seguida da herbivoria de *D. melacanthus* ((RS)-linalol + Herb). Os valores P indicam a significância do diagrama da CRP em todos os tempos de amostragem, com base no teste de permutação de Monte Carlo. Quanto maior o peso variável (valores absolutos), mais próximo o padrão de resposta do composto segue o padrão de desvio (do controle, Ctrl = 0 linha) indicado na CRP. Compostos: C1= mirceno, C2 = acetato de (Z)-3-hexenila, C3= (E)-ocimeno, C4= (RS)-linalol, C5=DMNT, C6= salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (E)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (E)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.....86

Figura 10. Ordenação por análise de componentes principais (ACP) dos componentes 1 e 2 dos compostos voláteis emitidos por plantas de milho controle (Ctrl), plantas com injúria de herbivoria por fêmeas de *D. melacanthus* (Herb), plantas expostas ao composto ((RS)-linalol) e plantas expostas ao composto (RS)-linalol e submetidas a herbivoria e *D. melacanthus* ((RS)-linalol + Herb) em (A) 24-48 h, (B) 48-72 h e (C) 72-96 h desde o início do tratamento. Compostos voláteis: C1= mirceno, C2 = acetato de (Z)-3-hexenila, C3= (E)-ocimeno, C4= (RS)-linalol, C5=DMNT, C6= salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (E)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (E)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.....87

Figura 11. Quantidade de voláteis totais liberados (ng/24 h) (média \pm EP) de folhas de plantas de milho expostas ao composto acetato de (Z)-3-hexenila submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: herbivoria provocada por *D. melacanthus*; acetato de (Z)-3-hexenila: composto volátil sintético doado; acetato de (Z)-3-hexenila + Herb: composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si Análise estatística com modelos lineares generalizados, seguida por análise de deviança (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.....88

Figura 12. Quantidade de voláteis liberados (ng/24 h) (média \pm EP) de folhas de plantas de milho expostas ao composto Acetato de (Z)-3-hexenila submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: herbivoria provocada por *D. melacanthus*; Comp. doado: composto volátil sintético doado; Comp. Doado + Herb: composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com modelos lineares generalizados, seguida por análise de deviança (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.....90

Figura 13. Diagrama da curva de resposta principal (CRP) e valores de peso variáveis baseados em misturas voláteis liberadas por plantas de milho sob diferentes tratamentos

plantas sem tratamentos (Ctrl), plantas de milho com injúria de herbivoria de fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas de milho expostas ao composto acetato de (Z)-3-hexenila e plantas de milho expostas ao composto acetato de (Z)-3-hexenila seguida da herbivoria de *D. melacanthus* (acetato de (Z)-3-hexenila + Herb). Os valores P indicam a significância do diagrama da CRP em todos os tempos de amostragem, com base no teste de permutação de Monte Carlo. Quanto maior o peso variável (valores absolutos), mais próximo o padrão de resposta do composto segue o padrão de desvio (do controle, Ctrl = 0 linha) indicado na CRP. Compostos: C1= mirceno, C2 = acetato de (Z)-3-hexenila, C3= (E)-ocimeno, C4= (RS)-linalol, C5=DMNT, C6= salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (E)-β-cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (E)-β-farneseno, C13= α-humuleno, C14= δ-cadineno, C15=TMTT.....91

Figura 14. Ordenação por análise de componentes principais (ACP) dos componentes 1 e 2 dos compostos voláteis emitidos por plantas de milho controle (Ctrl), plantas com injúria de herbivoria por fêmeas de *D. melacanthus* (Herb), plantas expostas ao composto acetato de (Z)-3-hexenila e plantas expostas ao composto acetato de (Z)-3-hexenila e submetidas a herbivoria e *D. melacanthus* (acetato de (Z)-3-hexenila + Herb) em (A) 24-48 h, (B) 48-72 h e (C) 72-96 h desde o início do tratamento. Compostos voláteis: C1= mirceno, C2 = acetato de (Z)-3-hexenila, C3= (E)-ocimeno, C4= (RS)-linalol, C5=DMNT, C6= salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (E)-β-cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (E)-β-farneseno, C13= α-humuleno, C14= δ-cadineno, C15=TMTT.....92

Figura 15. Quantidade de voláteis totais liberados (ng/24h) (média ± EP) de folhas de plantas de milho expostas ao composto (E)-2-acetato de hexenila submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: Herbivoria provocada por *D. melacanthus*; (E)-2-acetato de hexenila: composto volátil sintético doado; (E)-2-acetato de hexenila + Herb: Composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com modelos lineares generalizados, seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.....93

Figura 16. Quantidade de voláteis liberados (ng/24h) (média ± EP) de folhas de plantas de milho expostas ao composto Acetato de (E)-2-hexenila submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: Herbivoria provocada por *D. melacanthus*; Acetato de (E)-2-hexenila: composto volátil sintético doado; Acetato de (E)-2-hexenila + Herb: Composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com modelos lineares generalizados, seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.....95

Figura 17. Diagrama da curva de resposta principal (CRP) e valores de peso variáveis baseados em misturas voláteis liberadas por plantas de milho sob diferentes tratamentos plantas sem tratamentos (Ctrl), plantas de milho com injúria de herbivoria de fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas de milho expostas ao composto acetato de (E)-2-hexenila e plantas de milho expostas ao composto acetato de (E)-2-hexenila seguida da

herbivoria de *D. melacanthus* (acetato de (*E*)-2-hexenila + Herb). Os valores P indicam a significância do diagrama da CRP em todos os tempos de amostragem, com base no teste de permutação de Monte Carlo. Compostos: C1= mirceno, C2 = acetato de (*Z*)-3-hexenila, C3 = (*E*)-ocimeno, C4 = (*RS*)-linalol, C5= DMNT, C6= Salicilato de metila, C7 = indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (*E*)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (*E*)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15= TMTT.....96

Figura 18. Ordenação por análise de componentes principais (ACP) dos componentes 1 e 2 dos compostos voláteis emitidos por plantas de milho controle (Ctrl), plantas com injúria de herbivoria por fêmeas de *D. melacanthus* (Herb), plantas expostas ao composto acetato de (*E*)-2-hexenila e plantas expostas ao composto acetato de (*E*)-2-hexenila e submetidas a herbivoria e *D. melacanthus* (acetato de (*E*)-2-hexenila + Herb) em (A) 24-48 h, (B) 48-72 h e (C) 72-96 h desde o início do tratamento. Compostos voláteis: C1= mirceno, C2 = acetato de (*Z*)-3-hexenila, C3= (*E*)-ocimeno, C4= (*RS*)-linalol, C5=DMNT, C6= Salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (*E*)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (*E*)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.....97

Figura 19. Quantidade de voláteis totais liberados (ng/24h) (média \pm EP) de folhas de plantas de milho expostas ao composto (*E*)- β -cariofileno submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: herbivoria provocada por *D. melacanthus*; (*E*)- β -cariofileno: composto volátil sintético doado; (*E*)- β -cariofileno + Herb: composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com modelos lineares generalizados, seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.....98

Figura 20. Quantidade de voláteis liberados (ng/24h) (média \pm EP) de folhas de plantas de milho expostas ao composto (*E*)- β -Cariofileno submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: herbivoria provocada por *D. melacanthus*; (*E*)- β -Cariofileno: composto volátil sintético doado; (*E*)- β -Cariofileno + Herb: composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si Análise estatística com modelos lineares generalizados, seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança.....100

Figura 21. Diagrama da curva de resposta principal (CRP) e valores de peso variáveis baseados em misturas voláteis liberadas por plantas de milho sob diferentes tratamentos plantas sem tratamentos (Ctrl), plantas de milho com injúria de herbivoria de fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas de milho expostas ao composto (*E*)- β -Cariofileno e plantas de milho expostas ao composto (*E*)- β -Cariofileno seguida da herbivoria de *D. melacanthus* (*E*)- β -Cariofileno + Herb). Os valores P indicam a significância do diagrama da CRP em todos os tempos de amostragem, com base no teste de permutação de Monte Carlo. Quanto maior o peso variável (valores absolutos), mais próximo o padrão de resposta do composto segue o padrão de desvio (do controle, Ctrl = 0 linha) indicado na CRP. Compostos: C1= mirceno, C2 = acetato de (*Z*)-3-hexenila, C3= (*E*)-ocimeno, C4= (*RS*)-linalol, C5=DMNT, C6= Salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9=

acetato de geranila, C10= (*E*)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (*E*)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.....101

Figura 22. Ordenação por análise de componentes principais (ACP) dos componentes 1 e 2 dos compostos voláteis emitidos por plantas de milho controle (Ctrl), plantas com injúria de herbivoria por fêmeas de *D. melacanthus* (Herb), plantas expostas ao composto (*E*)-Cariofileno e plantas expostas ao composto (*E*)- β -Cariofileno e submetidas a herbivoria e *D. melacanthus* ((*E*)-Cariofileno + Herb) em (A) 24-48 h, (B) 48-72 h e (C) 72-96 h desde o início do tratamento. Compostos voláteis: C1= mirceno, C2 = acetato de (*Z*)-3-hexenila, C3 = (*E*)-ocimeno, C4 = (*RS*)-linalol, C5 = DMNT, C6 = Salicilato de metila, C7 = indol, C8 = ciclosativeno, C9 = acetato de geranila, C10 = (*E*)- β -cariofileno, C11 = geranilacetona, C12 = (*E*)- β -farneseno, C13 = α -humuleno, C14 = δ -cadineno, C15 = TMTT.102

Figura 23. Quantidade de voláteis totais liberados (ng/24h) (média \pm EP) de folhas de plantas de milho expostas ao composto (*E*)- β -farneseno submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: herbivoria provocada por *D. melacanthus*; (*E*)- β -farneseno: composto volátil sintético doado; (*E*)- β -farneseno + Herb: composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com modelos lineares generalizados, seguida por análise de variância (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.....103

Figura 24. Quantidade de voláteis liberados (ng/24h) (média \pm EP) de folhas de plantas de milho expostas ao composto (*E*)- β -Farneseno submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: Herbivoria provocada por *D. melacanthus*; (*E*)- β -Farneseno: composto volátil sintético doado; (*E*)- β -Farneseno + Herb: Composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com modelos lineares generalizados, seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.....104

Figura 25. Diagrama da curva de resposta principal (CRP) e valores de peso variáveis baseados em misturas voláteis liberadas por plantas de milho sob diferentes tratamentos plantas sem tratamentos (Ctrl), plantas de milho com injúria de herbivoria de fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas de milho expostas ao composto (*E*)- β -farneseno e plantas de milho expostas ao composto (*E*)- β -farneseno seguida da herbivoria de *D. melacanthus* (*E*)- β -farneseno + Herb). Os valores P indicam a significância do diagrama da CRP em todos os tempos de amostragem, com base no teste de permutação de Monte Carlo. Quanto maior o peso variável (valores absolutos), mais próximo o padrão de resposta do composto segue o padrão de desvio (do controle, Ctrl = 0 linha) indicado na CRP. Compostos: C1= mirceno, C2 = acetato de (*Z*)-3-hexenila, C3= (*E*)-ocimeno, C4= (*RS*)-linalol, C5=DMNT, C6= Salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (*E*)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (*E*)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.....105

Figura 26. Ordenação por análise de componentes principais (ACP) dos componentes 1 e 2 dos compostos voláteis emitidos por plantas de milho controle (Ctrl), plantas com

injúria de herbivoria por fêmeas de *D. melacanthus* (Herb), plantas expostas ao composto (*E*)- β -farneseno e plantas expostas ao composto (*E*)- β -farneseno e submetidas a herbivoria e *D. melacanthus* ((*E*)- β -farneseno + Herb) em (A) 24-48 h, (B) 48-72 h e (C) 72-96 h desde o início do tratamento. Compostos voláteis: C1= mirceno, C2 = acetato de (*Z*)-3-hexenila, C3= (*E*)-ocimeno, C4= (*RS*)-linalol, C5=DMNT, C6= Salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (*E*)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (*E*)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.....106

Figura 27. Quantidade de voláteis totais liberados (ng/24h) (média \pm EP) de folhas de plantas de milho expostas ao composto TMTT submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: herbivoria provocada por *D. melacanthus*; TMTT: composto volátil sintético doado; TMTT + Herb: Composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si Análise estatística com modelos lineares generalizados, seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.....107

Figura 28. Quantidade de voláteis liberados (ng/24h) (média \pm EP) de folhas de plantas de milho expostas ao composto TMTT submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: Herbivoria provocada por *D. Melacanthus*; TMTT: composto volátil sintético doado; TMTT + Herb: Composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. Melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com modelos lineares generalizados, seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.....108

Figura 29. Diagrama da curva de resposta principal (CRP) e valores de peso variáveis baseados em misturas voláteis liberadas por plantas de milho sob diferentes tratamentos plantas sem tratamentos (Ctrl), plantas de milho com injúria de herbivoria de fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas de milho expostas ao composto (TMTT) e plantas de milho expostas ao composto TMTT seguida da herbivoria de *D. melacanthus* (TMTT + Herb). Os valores P indicam a significância do diagrama da CRP em todos os tempos de amostragem, com base no teste de permutação de Monte Carlo. Quanto maior o peso variável (valores absolutos), mais próximo o padrão de resposta do composto segue o padrão de desvio (do controle, Ctrl = 0 linha) indicado na CRP. Compostos: C1= mirceno, C2 = acetato de (*Z*)-3-hexenila, C3= (*E*)-ocimeno, C4= (*RS*)-linalol, C5=DMNT, C6= Salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (*E*)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (*E*)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.....109

Figura 30. Ordenação por análise de componentes principais (ACP) dos componentes 1 e 2 dos compostos voláteis emitidos por plantas de milho controle (Ctrl), plantas com injúria de herbivoria por fêmeas de *D. melacanthus* (Herb), plantas expostas ao composto TMTT e plantas expostas ao composto TMTT e submetidas a herbivoria e *D. melacanthus* (TMTT + Herb) em (A) 24-48 h, (B) 48-72 h e (C) 72-96 h desde o início do tratamento. Compostos voláteis: C1= mirceno, C2 = acetato de (*Z*)-3-hexenila, C3= (*E*)-ocimeno, C4= (*RS*)-linalol, C5=DMNT, C6= Salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno,

C9= acetato de geranila, C10= (*E*)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (*E*)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.....110

Figura 31. Quantidade de voláteis totais liberados (ng/24h) (média \pm EP) de folhas de plantas de milho expostas ao composto DMNT submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: herbivoria provocada por *D. melacanthus*; DMNT: composto volátil sintético doado; DMNT + Herb: composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com modelos lineares generalizados, seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.....111

Figura 32. Quantidade de voláteis liberados (ng/24h) (média \pm EP) de folhas de plantas de milho expostas ao composto DMNT submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: Herbivoria provocada por *D. Melacanthus*; DMNT: composto volátil sintético doado; DMNT + Herb: Composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. Melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com modelos lineares generalizados, seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.....112

Figura 33. Diagrama da curva de resposta principal (CRP) e valores de peso variáveis baseados em misturas voláteis liberadas por plantas de milho sob diferentes tratamentos plantas sem tratamentos (Ctrl), plantas de milho com injúria de herbivoria de fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas de milho expostas ao composto (DMNT) e plantas de milho expostas ao composto DMNT seguida da herbivoria de *D. melacanthus* (DMNT + Herb). Os valores P indicam a significância do diagrama da CRP em todos os tempos de amostragem, com base no teste de permutação de Monte Carlo. Quanto maior o peso variável (valores absolutos), mais próximo o padrão de resposta do composto segue o padrão de desvio (do controle, Ctrl = 0 linha) indicado na CRP. Compostos: C1= mirceno, C2 = acetato de (*Z*)-3-hexenila, C3= (*E*)-ocimeno, C4= (*RS*)-linalol, C5=DMNT, C6= Salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (*E*)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (*E*)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.....113

Figura 34. Ordenação por análise de componentes principais (ACP) dos componentes 1 e 2 dos compostos voláteis emitidos por plantas de milho controle (Ctrl), plantas com injúria de herbivoria por fêmeas de *D. melacanthus* (Herb), plantas expostas ao composto DMNT e plantas expostas ao composto DMNT e submetidas a herbivoria e *D. melacanthus* (DMNT + Herb) em (A) 24-48 h, (B) 48-72 h e (C) 72-96 h desde o início do tratamento. Compostos voláteis: C1= mirceno, C2 = acetato de (*Z*)-3-hexenila, C3= (*E*)-ocimeno, C4= (*RS*)-linalol, C5=DMNT, C6= Salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (*E*)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (*E*)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.....114

Figura 35. Proporção de resposta de fêmeas de *Telenomus podisi* testadas em olfatômetro Y de dupla escolha e submetidas a plantas de milho expostas aos compostos voláteis (*RS*)-linalol e (*E*)- β -farneseno (F) com ou sem herbivoria após 48 h do início do tratamento. A

primeira escolha foi analisada por Regressão Logística; χ^2 e teste de Wald para avaliar a significância. Números entre parentes representam os bioensaios com insetos que não responderam aos estímulos odoríferos.....115

Figura 36. Tempo médio de residência em segundos de fêmeas de *Telenomus podisi* testadas em olfatômetro Y de dupla escolha e submetidas a plantas de milho expostas aos compostos voláteis (*RS*)-linalol (L) e (*E*)- β -Farneseno (F) com ou sem herbivoria após 48 h do início do tratamento.....115

Figura 37. Proporção de resposta de fêmeas de *Dichelops melacanthus* testadas em olfatômetro Y de dupla escolha e submetidas a plantas de milho expostas aos compostos voláteis (*RS*)-linalol (L) e (*E*)- β -Farneseno (F) com herbivoria ou não de coespecíficos após 48 h do início do tratamento. (A primeira escolha foi analisada por Regressão Logística; χ^2 e teste de Wald para avaliar a significância). Números entre parentes representam os bioensaios com insetos que não responderam aos estímulos odoríferos.....116

Figura 38. Tempo médio de residência em segundos de fêmeas de *Dichelops melacanthus* testadas em olfatômetro Y de dupla escolha e submetidas a plantas de milho expostas aos compostos voláteis (*RS*)-linalol (L) e (*E*)- β -Farneseno (F) com herbivoria ou não de coespecíficos após 48 h do início do tratamento.....117

Capítulo III

Figura 1. Sistema de doação dos compostos voláteis sintéticos e coleta de voláteis (aeração) do Laboratório de Semioquímicos–Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen), Brasília, DF.....154

Figura 2. Arenas utilizadas para a avaliação de parâmetros biológicos de *Dichelops melacanthus* no Laboratório de Semioquímicos–Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen), Brasília, DF.....156

Figura 3. Perfil químico dos extratos de plantas de milho do genótipo Sintético Spodoptera. 1. HMBOA-Glc, 2. DIMBOA-Glc, 3. HMBOA, 4. DIMBOA, 5. HDMBOA-GLC, 6.MBOA.....157

Figura 4. Quantidade total de benzoxazinoides produzidos ng/grama de folhas em plantas de milho submetidas a diferentes tratamentos: Controle (C): plantas sem injúria; Herb (H): plantas submetidas à herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*; VPIH: plantas expostas aos compostos sintéticos (I= Indol; L= (*RS*)-Linalol; Z= acetato de (*Z*)-3-hexenila; E= acetato de (*E*)-2-hexenila; D= DMNT e F= (*E*)- β -farneseno); VPIH+ Herb: plantas expostas ao composto sintético + herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra não diferiram significativamente entre si. n.s. = não significativo. (MLG, distribuição Gamma e análise de contraste)158

Figura 5. Quantidade média de benzoxazinoides produzidos ng/grama de folhas em plantas de milho expostas ao composto indol submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: plantas submetidas à herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*; Indol: plantas expostas ao composto sintético; Indol + Herb: plantas expostas ao composto sintético + herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*.)159

Figura 6. Quantidade média de benzoxazinoides produzidos ng/grama de folhas em plantas de milho expostas ao composto (*RS*)-linalol submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: plantas submetidas à herbivoria provocada por 2 fêmeas de *D. melacanthus*; (*RS*)-linalol: plantas expostas ao composto sintético; (*RS*)-linalol + Herb: plantas expostas ao composto sintético + herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. n.s. = não significativo. (MLG, distribuição Gamma e análise de contraste)160

Figura 7. Quantidade média de benzoxazinoides produzidos ng/grama de folhas em plantas de milho expostas ao composto acetato de (*Z*)-3-hexenila submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: plantas submetidas à herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*; Z3AcHx: plantas expostas ao composto sintético; Z3AcHx + Herb: plantas expostas ao composto sintético + herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. n.s. = não significativo. (MLG, distribuição Gamma e análise de contraste)161

Figura 8. Quantidade média de benzoxazinoides produzidos ng/grama de folhas em plantas de milho expostas ao composto acetato de (*E*)-2-hexenila submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: plantas submetidas à herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*; E2AcHx: plantas expostas ao composto sintético; E2AcHx + Herb: plantas expostas ao composto sintético + herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. n.s. = não significativo. (MLG, distribuição Gamma e análise de contraste)162

Figura 9. Quantidade média de benzoxazinoides produzidos ng/grama de folhas em plantas de milho expostas ao composto DMNT submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: plantas submetidas à herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*; DMNT: plantas expostas ao composto sintético; DMNT + Herb: plantas expostas ao composto sintético + herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. n.s. = não significativo. (MLG, distribuição Gamma e análise de contraste)162

Figura 10. Quantidade média de benzoxazinoides produzidos ng/grama de folhas em plantas de milho expostas ao composto (*E*)- β -Farneseno submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: plantas submetidas à herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*; E β Far: plantas expostas ao composto sintético; E β Far + Herb: plantas expostas ao composto sintético + herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra não diferiram significativamente entre si. n.s. = não significativo. (MLG, distribuição Gamma e análise de contraste) ... 163

Figura 11. Análise de componentes principais (ACP) indicando as diferenças na composição de benzoxazinoides em plantas de milho submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: plantas submetidas à herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*; Nome do composto: plantas expostas ao composto sintético; Nome do composto + herb: plantas expostas ao composto sintético + herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*. Compostos: (*Z*)-3-Hac: acetato de (*Z*)-3-

hexenila; (*E*)-2-HAc: acetato de (*Z*)-2-hexenila; DMNT: (*E*)-4,8-Dimetil-1,3,7-nonatrieno.164

Figura 12. Curva de sobrevivência de adultos de *Dichelops melacanthus* (fêmeas) ao longo de 50 dias de alimentação com plantas de milho sadias (Controle) e plantas expostas aos compostos voláteis sintéticos.....166

Figura 13. Curva de sobrevivência de adultos de *Dichelops melacanthus* (machos) ao longo de 50 dias de alimentação com plantas de milho expostas aos compostos voláteis sintéticos.....168

Figura 14. Aspectos biológicos de *D. melacanthus* alimentados em plantas de milho submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas não expostas aos VPIHs sintéticos; Plantas expostas aos compostos: Z3AcHx: acetato de (*Z*)-3-hexenila; E2AcHx: acetato de (*Z*)-2-hexenila; DMNT: (*E*)-4,8-Dimetil-1,3,7-nonatrieno; Eβfar: (*E*)-β-farneseno. Barras da variável seguidas pela mesma letra não diferiram significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....170

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

Tabela 1. Análise estatística dos dados de primeira escolha e tempo de residência para *Telenomus podisi* em bioensaios de olfatometria de tubo Y com voláteis de plantas de milho submetidas a diferentes tratamentos (plantas com herbivoria de *Dichelops melacanthus*, plantas de milho sadias e controle de ar)59

Tabela 2. Análise estatística dos dados de primeira escolha e tempo de residência para *Dichelops melacanthus* em bioensaios de olfatometria de tubo Y com voláteis de plantas de milho submetidas a diferentes tratamentos (plantas com herbivoria de coespecíficos, plantas de milho sadias e controle de ar)61

Capítulo II

Tabela 1. Análise estatística dos dados de primeira escolha e tempo de residência para *Telenomus podisi* em bioensaios de olfatometria de tubo Y com voláteis de plantas de milho submetidas a diferentes tratamentos (plantas de milho sadias ou com injúria de herbivoria de *Dichelops melacanthus* expostas ao composto (*RS*)-linalol (L) e ao composto (*E*)- β -farneseno (F) e controle de ar)116

Tabela 2. Análise estatística dos dados de primeira escolha e tempo de residência para *Dichelops melacanthus* em bioensaios de olfatometria de tubo Y com voláteis de plantas de milho submetidas a diferentes tratamentos (plantas de milho sadias ou com herbivoria de coespecíficos expostas ao composto (*RS*) linalol (L) e ao composto (*E*)- β -farneseno (F) e controle de ar)117

Capítulo III

Tabela 1. Sobrevivência (mediana), em dias, de fêmeas de *Dichelops melacanthus* ao longo de 50 dias de vida alimentadas em plantas expostas aos VPIHs. Valores de *p* foram associados à comparação das curvas de sobrevivência pelo teste Log-Rank.....165

Tabela 2. Sobrevivência (mediana), em dias, de machos de *Dichelops melacanthus* ao longo de 50 dias de vida alimentadas em plantas expostas aos VPIHs. Valores de *p* foram associados à comparação das curvas de sobrevivência pelo teste Log-Rank.....167

SUMÁRIO

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
1.1 O Milho	25
1.1.1 A produção de milho no Brasil.....	27
1.1.2 Pragas de milho no Brasil.....	28
1.1.3 Manejo integrado de pragas na cultura do milho	28
1.2 <i>Dichelops melacanthus</i> - uma nova praga no milho.....	29
1.3 Defesas direta e indireta das plantas.....	34
1.3.1 Compostos voláteis induzidos por herbivoria nas interações tritróficas	36
1.3.2 Estado de alerta “Priming”	38
1.3.3 Benzoxazinoides - metabólitos secundários envolvidos na defesa direta das plantas	39
Capítulo I	
1. INTRODUÇÃO	45
2 MATERIAIS E MÉTODOS	49
2.1 Insetos.....	49
2.2 Plantas.....	50
2.3 Coleta de voláteis	50
2.4 Análises químicas	51
2.5 Bioensaios comportamentais	52
2.5.1 Resposta comportamental das fêmeas de <i>Telenomus podisi</i> aos voláteis das plantas com injúria ou não de fêmeas de <i>Dichelops melacanthus</i>	52
2.5.2 Resposta comportamental das fêmeas de <i>D. melacanthus</i> aos voláteis das plantas com injúria ou não de coespecíficos.....	53
2.7 Análises estatísticas	54
3. RESULTADOS	54
3.1 Análise química dos COVs	54
3.2 Resposta comportamental das fêmeas de <i>Telenomus podisi</i> aos voláteis das plantas com injúria ou não de fêmeas de <i>Dichelops melacanthus</i>	58
3.3 Resposta comportamental das fêmeas de <i>D. melacanthus</i> aos voláteis das plantas com injúria ou não de coespecíficos.....	60
4 DISCUSSÃO	62
5 CONCLUSÕES	65
Anexo Capítulo I	66

Capítulo II

1 INTRODUÇÃO	68
2 MATERIAIS E MÉTODOS	71
2.1 Produtos químicos	71
2.2 Exposição das plantas aos semioquímicos	72
2.3 Resposta comportamental de fêmeas de <i>Telenomus podisi</i> aos voláteis das plantas com injúria ou não de <i>Dichelops melacanthus</i> expostas aos compostos (<i>RS</i>)-linalol e (<i>E</i>)- β -farneseno	73
2.4 Resposta comportamental de fêmeas de <i>D. melacanthus</i> aos voláteis das plantas com injúria ou não de coespecíficos expostas aos compostos (<i>RS</i>)-linalol e (<i>E</i>)- β -farneseno	75
2.5 Análises estatísticas	76
3 RESULTADOS	77
3.1 Análise química dos COVs	77
3.1.1 Análise do perfil dos voláteis de plantas de milho expostas ao Indol	77
3.1.2 Análise do perfil dos voláteis de plantas de milho expostas ao monoterpeno (<i>RS</i>)-linalol.....	82
3.1.3 Análise do perfil de voláteis de plantas de milho expostas ao acetato de (<i>Z</i>)-3-hexenila.....	86
3.1.4 Análise do perfil de voláteis de plantas de milho expostas ao acetato de (<i>E</i>)-2-hexenila.....	91
3.1.5 Análise do perfil de voláteis de plantas de milho expostas ao sesquiterpeno (<i>E</i>)- β -cariofileno.....	96
3.1.6 Análise do perfil de voláteis de plantas de milho expostas ao sesquiterpeno (<i>E</i>)- β -farneseno.....	101
3.1.7 Análise do perfil de voláteis de plantas de milho expostas ao homoterpeno TMTT	106
3.1.8 Análise do perfil de voláteis de plantas de milho expostas ao homoterpeno DMNT	110
3.2 Resposta comportamental de fêmeas de <i>Telenomus podisi</i> aos voláteis das plantas com injúria ou não de <i>Dichelops melacanthus</i> expostas aos compostos (<i>RS</i>) linalol e (<i>E</i>)- β -farneseno	114
3.3 Resposta comportamental de fêmeas de <i>D. melacanthus</i> aos voláteis das plantas com injúria ou não de coespecíficos expostas aos compostos (<i>RS</i>)-linalol e (<i>E</i>)- β -farneseno	116
4 DISCUSSÃO	118
5 CONCLUSÕES	123
Anexos capítulo II	124
Capítulo III	

1 INTRODUÇÃO	153
2 MATERIAIS E MÉTODOS	154
2.1 Produtos químicos	154
2.2 Extração de Benzoxazinoides	155
2.3 Análise química de benzoxazinoides	156
2.4 Aspectos biológicos de <i>D. melacanthus</i>	156
2.5 Análises estatísticas	158
3. RESULTADOS	158
3.1 Análise química de benzoxazinoides	158
3.2 Aspectos biológicos de <i>D. melacanthus</i>	165
4 DISCUSSÃO	171
5. CONCLUSÕES.....	174
Anexos capítulo III	176
CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS.....	180
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	181

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 O Milho

O milho, *Zea mays* L., é o cereal mais produzido no mundo, sendo cultivado em todos os continentes. A espécie tem origem tropical e foi domesticada na região onde hoje se encontra o México, tendo como ancestral selvagem o teosinto (GALINAT, 1971). Posteriormente, devido à sua grande adaptabilidade, esse cereal passou a ser cultivado pelos nativos em toda a América e, em seguida, foi levado para Europa, África e Ásia (WILKES, 1989). O milho pertence ao reino Plantae, à divisão Anthophyta, à classe Monocotyledonae, à ordem Poales e à família Poaceae (DOEBLEY 1990).

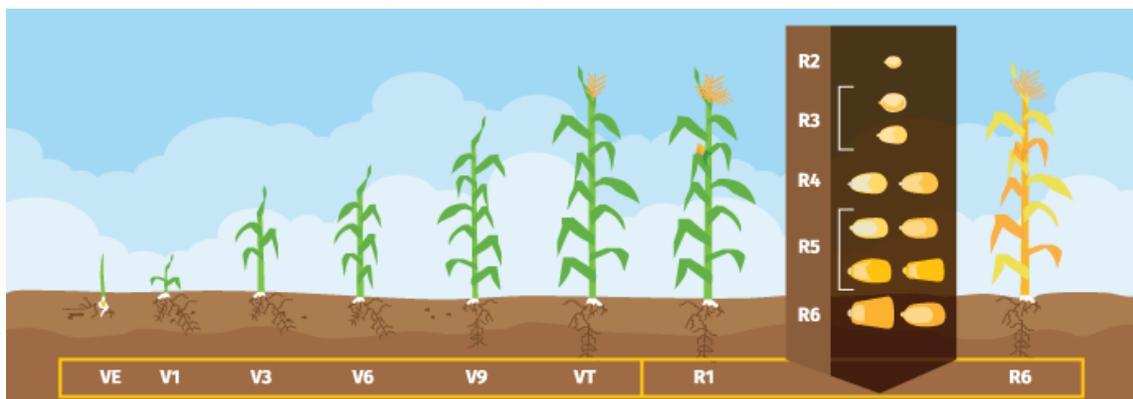
O agroecossistema do milho é relevante para a economia e para a segurança alimentar do mundo. De acordo com dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a produção mundial de milho na safra 2018/2019 ultrapassou 1 bilhão de toneladas (USDA, 2020) e seu cultivo ocupou aproximadamente 200 milhões de hectares (FAOSTAT, 2020). Atualmente, a produção é relativamente concentrada nos Estados Unidos, com 32,4% (364,3 milhões de toneladas), seguido da China, com 23% (257,3 milhões de toneladas) e do Brasil com 9% da produção mundial (101,0 milhões de toneladas) (USDA, 2020).

O milho se destaca pela ampla variedade de aplicações, que vai desde o consumo humano, à pecuária extensiva, até sua utilização como matéria prima para uma infinidade de produtos nos mais diversos segmentos do setor industrial, tais como extração de etanol, bebidas, polímeros, entre outros (MIRANDA, 2018). Da safra de 2000/01 para a de 2018/19, a produção mundial de milho passou de 591 milhões de toneladas para 1,076 bilhão de toneladas (representando um aumento de 82%); e isso se deve principalmente ao aumento no uso como ração animal para a produção de frangos e suínos (CONTINI et al., 2019), e o que favoreceu esse aumento foi o investimento em pesquisas visando a aplicação de tecnologias no setor produtivo da cultura, principalmente no melhoramento das sementes.

A fenologia da planta de milho é bem caracterizada pela escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993), onde é dividida em estádios vegetativos (VE = emergência; V1 = primeira folha; V2 = segunda folha; V3 = terceira folha; Vn = enésima folha; Vt = pendoamento) e estádios reprodutivos (R1 = espigamento (polinização); R2 = grão em bolha; R3 = grão leitoso; R4 = grão pastoso; R5 = grão dentado; R6 = maturação fisiológica) (Figura 1). O conhecimento da sequência da formação dos componentes dos grãos é importante para entender as

necessidades das plantas, a sensibilidade da cultura às condições do ambiente e seus períodos críticos à ocorrência de estresses, tornando possível planejar a implantação e o manejo das espécies para diluir prejuízos por estresses climáticos e racionalizar atividades de condução das lavouras (BERGAMASCHI, 2007).

Figura 1. Estádios vegetativos e reprodutivos da planta de milho.



Fonte: Iowa State University Extension e Pioneer.

O milho é considerado o produto de múltiplas domesticações a partir de seu progenitor selvagem (teosinto). Em 1904, uma pesquisa desenvolvida por George H. Shull obteve linhagens de milho a partir da autofecundação de plantas e foi verificado que após cruzamentos foram obtidos híbridos com produções superiores aos parentais e às variedades de origem (Shull, 1908). A partir desta descoberta, os agricultores viram que o elevado potencial do cruzamento entre duas linhagens endogâmicas de grupos heteróticos distintos era promissor para o aumento da produção. No Brasil, no ano de 1940, em Minas Gerais, as primeiras cultivares híbridas de milho foram lançadas (CORDEIRO et al., 2007); e desde então, todos os anos novas cultivares são disponibilizadas no mercado para atender aos produtores de milho de acordo com as condições climáticas da região e do nível de tecnologia adotado.

Os tipos de semente de milho são identificados como híbridos ou variedades, sendo que os híbridos ainda podem ser classificados como simples, triplos ou duplos. Os híbridos simples são o resultado do cruzamento de duas linhagens puras; o duplo é o resultado do cruzamento entre dois híbridos simples; e o triplo é o cruzamento entre uma linhagem pura e um híbrido simples. Uma variedade de milho é um conjunto de plantas com características comuns, sendo um material geneticamente estável e que pode ser reutilizada por várias safras sem nenhuma perda de seu potencial produtivo. Na safra 2019/20, foram disponibilizadas 196 cultivares de milho, sendo 65 convencionais e 131 transgênicas. Entre elas, 7 variedades, 6 híbridos duplos, 9 híbridos triplos e 132 híbridos simples (PEREIRA FILHO; BORGHI, 2020). Certamente, os

altos índices de produtividade do milho no Brasil estão estreitamente relacionados com as tecnologias de melhoramento genético que vem sendo empregadas na produção ao longo dos anos.

1.1.1 A produção de milho no Brasil

No Brasil, o milho é cultivado em todas as regiões e sua produção ocorre em diferentes épocas, em função das condições climáticas de cada região. O cultivo de verão, também denominado primeira safra, é o semeio concentrado na primavera/verão e predomina na maioria das regiões produtoras, com exceção das regiões Norte e Nordeste, uma vez que a época de maior concentração de chuvas é a partir do mês de janeiro. O cultivo do milho semeado na região Centro-Sul do Brasil é realizado após a colheita da soja, com semeio concentrado no verão/outono, convencionalmente denominado de safrinha (CONTINI et al., 2019). O principal produtor nacional é o Mato Grosso, e juntamente com Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais produziram 59,4% da safra nacional em 2018/19. A produção brasileira, que tem alcançado recordes nas últimas safras, pode atingir entre 121,4 e 182,7 milhões de toneladas na próxima década (GASQUES et al., 2018). Segundo os dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a área plantada no país na safra 2018/2019 foi de aproximadamente 17,5 milhões de hectares, com uma produção de aproximadamente 101 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2020). A cultura está entre as cinco principais da agricultura nacional e, segundo estimativa da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, a expectativa é de que a produção aumente 23,95% em 2020 (CNA, 2020).

De toda área de milho plantada no Brasil, estima-se que 36% da produção venha da agricultura familiar e destes, aproximadamente 90%, é destinado à alimentação humana. Os outros 66% são produzidos pelo agronegócio em que quase a totalidade da produção é destinada à alimentação animal (IBGE, 2017). O milho cultivado pelos produtores da agricultura familiar é na grande maioria realizado em consórcio, com baixa produtividade, reduzido uso de tecnologia e com produção voltada basicamente para a subsistência, ração animal e venda do milho verde. Na agricultura empresarial, o milho cultivado nas grandes propriedades, é realizado com uso de variedades melhoradas geneticamente, adaptadas às condições edafoclimáticas, fertilizantes, corretivos e defensivos, além da implantação de sistemas de manejo de plantio direto. A comercialização desse produto ocorre no mercado interno, com as fábricas de ração e para exportação (CONAB, 2020). Em 2019, o Brasil foi o maior exportador mundial de milho (USDA, 2020).

1.1.2 Pragas do milho no Brasil

Um dos principais fatores que comprometem o rendimento e a qualidade da produção do milho no Brasil é a incidência de pragas (doenças, plantas daninhas e insetos herbívoros); a cultura sofre o ataque desde a semeadura até a colheita dos grãos (WORDELL FILHO et al., 2016). As pragas danificam as folhas, os colmos, as espigas, o pendão e o sistema radicular das plantas; seccionam as plântulas rente ao solo, diminuindo a população de plantas nos cultivos. Dentre as principais espécies de insetos-praga que atacam a cultura do milho no Brasil estão *Spodoptera frugiperda*, *Helicoverpa zea*, *Helicoverpa armigera*, *Dalbulus maidis*, *Diabrotica speciosa*, *Dichelops furcatus*, *Dichelops melacanthus*, *Elasmopalpus lignosellus*, entre outras (WORDELL FILHO et al., 2016).

No Brasil, o controle de insetos-praga na cultura do milho é realizado, principalmente, através do uso intensivo de inseticidas químicos. Além das implicações socioambientais, o uso indiscriminado de defensivos químicos torna a produção onerosa para o agricultor, e muitas vezes não resolve o problema, principalmente devido ao desenvolvimento de resistência aos inseticidas (CARVALHO et al., 2013). Somente para a cultura do milho, na safra 2016/17 (primeira e segunda safras), o custo dos produtores foi de R\$ 1,42 bilhão em inseticidas, R\$ 1,28 bilhão em fungicidas e R\$ 1,53 bilhão em herbicidas, totalizando R\$ 4,23 bilhões. Este valor correspondeu a 9% do custo total para produção de milho no Brasil em 2016/17 (CEPEA, 2019). Com isso, a busca por novos métodos de controle tem se intensificado. Nas últimas décadas, tem ocorrido uma constante pressão da sociedade para aumentar a sustentabilidade de atividades produtivas, que requer a criação de tecnologias menos agressivas ao meio ambiente e à saúde humana.

1.1.3 Manejo Integrado de Pragas na cultura do milho

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) é um sistema de controle que procura preservar e incrementar os fatores de mortalidade das pragas pelo uso integrado de métodos selecionados com base em parâmetros técnicos, econômicos, ecológicos e sociológicos (KOGAN, 1998). Os métodos de manejo sustentável vêm sendo utilizados pelos agricultores para o controle e manejo das pragas, como o uso do controle biológico com entomopatógenos e a liberação de parasitoide de ovos e predadores. O parasitoide de ovos *Trichogramma* ssp. é utilizado no manejo de *S. frugiperda* nas diferentes culturas onde a praga ataca, incluindo no cultivo do milho (SÁ; PARRA, 1993), e um exemplo de sucesso foi a liberação de *T. pretiosum*, em 2008, em aproximadamente 3.000 hectares de milho, no município de Santa Maria, RS, (NAVA;

NACHTIGAL, 2010). Além destes, outros parasitoides de ovos, como os da família Platygastriidae, também podem ser utilizados para o controle de percevejos (LAUMANN et al., 2010). Dentro do MIP podem ser utilizadas armadilhas feromonais, as quais são indicadas para o monitoramento de insetos-praga adultos no campo, como indicativo da presença de herbívoros (ZARBIN et al., 2009). Para a cultura do milho, há produtos disponíveis no mercado para o monitoramento de lepidópteros, como *S. frugiperda* (Bio Spodoptera, feromônio platô) e *Helicoverpa* spp. (Bio Helicoverpa).

Um método de controle que vem sendo amplamente utilizado no Brasil para o controle de lepidópteros é o uso do milho Bt que, nos últimos 12 anos, desde sua introdução, contribuiu para uma redução significativa de populações de lagartas, embora esta tecnologia, devido ao seu alto custo, não seja acessível às pequenas propriedades familiares (FARIAS et al., 2014; BERNARDI et al., 2015). Adicionalmente, estudos recentes mostraram que já ocorrem populações de *S. frugiperda* resistentes ao milho Bt no campo (FARIAS et al., 2014; BERNARDI et al., 2015). O uso da tecnologia Bt apresentou o controle eficiente das populações de lepidópteros, o que levou à redução da aplicação de inseticidas, mas abriu espaço para pragas antes consideradas secundárias, como os percevejos, principalmente o barriga-verde, *D. melacanthus* (CROSARIOL NETTO et al., 2015).

1.2 *Dichelops melacanthus* - uma nova praga no milho

O percevejo barriga-verde, *D. melacanthus*, é uma importante praga de diversas culturas no Centro-Sul do Brasil. É considerada praga secundária na cultura da soja, mas praga-chave para as culturas do milho, trigo (*Triticum aestivum*) e outras gramíneas, como a aveia-preta (*Avena strigosa*) e o triticale (*Triticum secale*) (MANFREDI-COIMBRA et al., 2005; SILVA et al., 2013). O barriga-verde utiliza várias espécies de plantas daninhas como fontes alternativas de nutrientes e água (PANIZZI et al., 2012), fato que proporciona disponibilidade contínua de alimento ao longo do ano (CHOCOROSQUI; PANIZZI, 2004; PANIZZI et al., 2012; SMANIOTTO; PANIZZI, 2015).

A espécie possui uma vantagem adaptativa que possibilita uma mudança no hábito alimentar: de estruturas reprodutivas, como as da soja, por exemplo, para tecidos vegetativos de outras espécies vegetais (gramíneas e não cultivadas). Isso ocorre devido à baixa disponibilidade de hospedeiros preferenciais. Após a colheita da soja, o barriga-verde permanece no solo sob os restos culturais, alimentando-se de plantas de milho cultivadas em sistema de semeadura direta. Nessas áreas, os percevejos encontram a palhada como abrigo,

alimentando-se de sementes maduras caídas no solo e sugando os caules das plantas de milho, principalmente, como fonte de água e açúcar (PANIZZI; LUCINI, 2019). Diferentemente do que ocorre em áreas sob o cultivo convencional, onde os percevejos são deslocados dos abrigos e mortos pelas operações de aração e de gradagem (CHOCOROSQUI, 2001; PANIZZI, 2015; PANIZZI; LUCINI, 2016).

O ciclo biológico do barriga-verde (Figura 2) dura em média 26 dias e a longevidade dos adultos pode variar de 31 a 43 dias. Os ovos são verde-claros, ovoides, dispostos em grupos de tamanho variável, os quais são formados por três ou mais fileiras e à medida que se aproxima do período de eclosão das ninfas, eles se tornam castanho-escuros. O período médio de incubação é de cinco dias. O estágio ninfal possui 5 instares. As ninfas de primeiro ínstar apresentam comprimento médio de 1,4 mm, corpo ovalado com coloração castanha escura na cabeça, tórax, pernas e antenas. O abdome apresenta coloração amarelo esverdeada com pontuações avermelhadas. Os olhos compostos são de cor vermelha e a duração média do primeiro ínstar é de três dias. As ninfas de segundo ínstar apresentam tamanho médio um pouco superior àquelas do ínstar anterior com 2,1 mm. O corpo também tem formato oval, sendo mais arredondado na região posterior. A coloração geral do corpo é castanha, com pontuações e desenhos de cor negra na cabeça e no tórax. As pernas e as antenas são de cor castanha escura ou negra. A duração média do segundo ínstar é de cinco dias. As ninfas de terceiro ínstar apresentam corpo de formato semelhante às anteriores, com comprimento médio de 3,1 mm, a cabeça apresenta jugas agudas ultrapassando o clipeo, o que caracteriza a espécie. A duração média deste estágio é de três dias. As ninfas de quarto ínstar apresentam corpo semelhante às dos instares anteriores, com comprimento médio de 4,3 mm. A coloração geral do corpo varia de castanha clara à esverdeada, com pontuações de cor negra na cabeça e no tórax. A duração média é de quatro dias. No quinto e último ínstar, as ninfas atingem comprimento médio de 7,6 mm e a coloração geral do corpo é castanho-esverdeada, com pontuações de cor castanho avermelhada na cabeça e no tórax. Este estágio dura em média seis dias. Os adultos possuem corpo de forma similar a um losango, com comprimento médio de 10,5 mm (Figura 3). A coloração geral é castanha em vista dorsal e, em vista ventral, destaca-se o abdome esverdeado. A cabeça apresenta jugas agudas ultrapassando o clipeo e as margens anterolaterais do pronoto são serrilhadas. A diferenciação sexual pode ser realizada observando-se a região distal do abdômen, nos machos, em vista ventral, o pigóforo (genitália masculina) forma uma placa única, diferente da estrutura do ovipositor da genitália feminina (CHOCOROSQUI, 2001; PEREIRA et al., 2007; SILVA, 2009).

Figura 2. Ciclo biológico do percevejo *Dichelops melacanthus*.

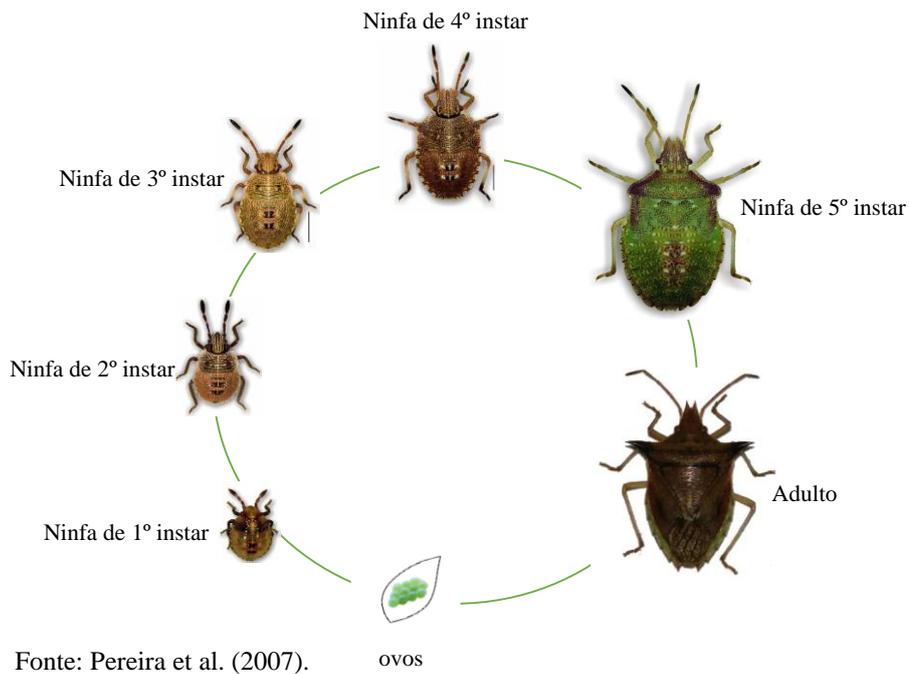


Figura 3. Adultos de *Dichelops melacanthus*: a) macho e b) fêmea.



Fonte: Própria.

O barriga-verde é a espécie de percevejo mais importante que ataca o cultivo de milho na América do Sul (TAGUTI et al., 2019). No Brasil, é a praga que mais vem preocupando os produtores que cultivam soja de primeira safra (verão), seguido de milho de segunda safra (outono/inverno), devido ao aumento da população no campo, falta de conhecimento em seu manejo e dificuldades de controle encontradas. A maioria das aplicações de inseticidas na cultura do milho direcionadas a percevejos é destinada ao barriga-verde (BUENO et al., 2015; DUARTE et al., 2015). O nível de dano econômico (NDE) estimado em lavouras de milho é de a partir de 3 adultos por metro linear de plantas. O conhecimento da capacidade do

milho de tolerar uma infestação de percevejos é crucial para monitorar e aplicar o MIP, a fim de evitar o uso indiscriminado de inseticidas (GOMES et al., 2020).

A espécie ataca a cultura do milho nos estádios fenológicos iniciais (VE-V6), período em que as plantas são muito sensíveis aos danos causados por *D. melacanthus*, pois abrange o período de definição do rendimento, desde a emergência até a sexta folha totalmente expandida (Figura 4). Normalmente, os percevejos permanecem de cabeça para baixo, alimentando-se na base do caule (Figura 5) (PANIZZI; LUCINI, 2019). O dano provocado por *D. melacanthus* se dá através da injeção de toxinas no colo das plântulas durante seu processo de alimentação, causando redução na altura da planta e no peso dos grãos, aumento do perfilhamento, diminuição do peso seco, definhamento das folhas com lesões simétricas (furos), alterações fisiológicas na planta, não permitindo a abertura (desenrolamento) do limbo foliar, formando o sintoma de “encharutamento” e, eventualmente, toda a planta pode murchar (BIANCO, 2005; ROZA-GOMES et al., 2011) (Figura 5). Com isso, há um comprometimento direto na produtividade da cultura, de modo que o rendimento de grãos em plantas infestadas por *D. melacanthus* pode ter uma redução média de 21,07% em relação a plantas não infestadas (CRUZ et al., 2016).

Figura 4. Esquema demonstrativo da migração de *Dichelops melacanthus* da cultura da soja para o milho em seu período crítico. Fonte: Pioneer sementes.



Fonte: Pioneer sementes.

Figura 5. Danos provocados pelo percevejo *Dichelops melacanthus* em plantas de milho.



Fonte: Pioneer sementes.

Com o avanço do uso do milho Bt, os agricultores inicialmente reduziram o uso de inseticidas. No entanto, tiveram que voltar a usar grandes quantidades para o manejo e controle de outros herbívoros que não são afetados pela tecnologia Bt, como o barriga-verde. Tradicionalmente, o controle de percevejos é realizado através de pulverizações com inseticidas químicos. Existem 29 produtos à base de nicotinoides, piretroides e organofosforados registrados no Ministério da Agricultura para o controle da espécie no milho (AGROFIT, 2020). Outra opção para controlar algumas espécies de pragas que atacam nos primeiros dias após a germinação é o tratamento das sementes com neonicotinoides. Testes de campo sugerem que o controle baseado no tratamento das sementes poderia ser variável, dependendo da umidade do solo e de outros fatores (HARRIS, 1972), variando de baixa (CHIESA et al., 2016) à alta eficiência com perdas reduzidas na produção dos grãos (CHOCOROSQUI; PANIZZI 2004). No geral, a proteção de sementes tem duração de 7 a 10 dias, sendo necessárias aplicações foliares complementares durante o período crítico do ataque de *D. melacanthus* (BIANCO; BETIOL Jr., 2017). Alguns agricultores trabalham o MIP, aplicando o inseticida, mas também tentam usar métodos mais sustentáveis, como o controle biológico, através da liberação de parasitoides de ovos. Os parasitoides de ovos do gênero *Telenomus* parasitam ovos de várias espécies de percevejos (RIFFEL et al., 2010) e estudos mostram alta taxa de parasitismo (92%) em ovos de *D. melacanthus*. Além destes, *Trissolcus urichi*, *T. basalis*, *T. teretis* e *T. brochymenae* podem parasitar e se desenvolver em ovos de *D. melacanthus* (LAUMANN et al., 2010).

É importante considerar que o MIP pode ser decisivo para o controle de *D. melacanthus*. Mesmo com baixas densidades populacionais, uma vez que permanecem sob as folhas caídas e se alimentam de mudas, medidas corretas de amostragem e de controle são cruciais no controle da espécie, já que o ataque se dá na fase inicial na cultura do milho. Assim, medidas de amostragem devem ser adotadas antes do período de semeadura. Particularmente, no caso do manejo da espécie em plantas de milho, o tratamento de plantas daninhas também é recomendado porque as populações de *D. melacanthus* usam várias espécies como hospedeiras alternativas como fontes de nutrientes e água, tais como: *Andropogon bicornis*, *Erianthus angustifolium*, *Commelina benghalensis*, *Indigofera hirsuta*, *Cenchrus echinatus*, *Sida cordifolia*, *Crotalaria pallida*, *Brachiaria decumbens* e *Sorghum* spp. (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999; PANIZZI et al., 2012; SILVA et al., 2013; SMANIOTTO; PANIZZI, 2015).

1.3 Defesas direta e indireta das plantas

As plantas estão sujeitas a uma diversidade de fatores que afetam negativamente seu crescimento e seu desenvolvimento, dentre eles, o ataque de insetos herbívoros. Em decorrência do estresse provocado pela herbivoria, as plantas podem apresentar uma plasticidade fenotípica, um mecanismo de resiliência que as possibilita reconhecer e responder a uma ampla gama de estresses bióticos e abióticos (OGRAN et al., 2019). Entre as respostas das plantas está a produção de compostos, voláteis e/ou não voláteis, relacionados ao metabolismo secundário, os quais agem tanto na defesa indireta quanto direta. Os compostos orgânicos voláteis (COVs) produzidos pelas plantas em resposta ao ataque de um herbívoro são conhecidos como voláteis de plantas induzidas por herbivoria (VPIHs) (TURLINGS et al., 1990; DE MORAES et al., 1998; DICKE; VAN LOON, 2000).

Há quatro décadas, surgiram os primeiros estudos que relataram os efeitos ecológicos dos VPIHs. Em 1983, um estudo mostrou que plantas saudáveis do salgueiro *Salix sitchensis* que se desenvolviam próximo a espécies infestadas por herbívoros apresentavam maior resistência à herbivoria, sugerindo que um sinal químico emitido pelas plantas infestadas poderia alertar as plantas vizinhas sobre o perigo iminente, induzindo a defesa nas plantas saudáveis (RHOADES, 1983). Essa hipótese foi confirmada logo depois em um estudo com o álamo *Populus euroamericana* (BALDWIN; SCHULTZ, 1983). No final da década de 80, pesquisadores descobriram que os VPIHs também poderiam ser percebidos pelos inimigos naturais dos herbívoros, como é o caso do parasitoide *Cotesia marginiventris* que usa os VPIHs para localizar seu hospedeiro *Spodoptera exigua* (TURLINGS et al., 1990). O número de casos

relatados cresceu rapidamente nos últimos anos (TURLINGS; ERB, 2018; BLASSIOLI-MORAES et al., 2019). Desde então, há um crescente interesse na comunidade científica em desvendar os mecanismos que envolvem as interações ecológicas relacionadas com as defesas das plantas.

Durante o processo de adaptação coevolutiva, as plantas desenvolveram uma ampla diversidade de mecanismos de defesa para combater seus agentes estressores. Esses mecanismos podem ser generalizados em duas categorias: defesas constitutivas e defesas induzidas. As defesas constitutivas incluem barreiras físicas (espinhos e tricomas) ou químicas (compostos do metabolismo secundário), que são expressas continuamente, independente do estresse. Já as defesas induzidas incluem mecanismos defensivos que são ativados após o ataque dos insetos, que pode resultar em um aumento na produção de COVs, por exemplo (CHEN et al., 2008; WAR et al., 2012; HEIL, 2014). De modo geral, as defesas induzidas consistem em três etapas: vigilância, transdução de sinal e produção de compostos químicos defensivos (WALLING, 2000; KESSLER; BALDWIN, 2002; FERRY et al., 2004). Na primeira etapa, o sistema de vigilância da planta detecta a injúria do herbívoro pelo reconhecimento específico de sinais, como indutores presentes na saliva dos herbívoros, fluidos de oviposição ou injúria mecânica. Poucos segundos após o contato com indutores presentes na saliva dos herbívoros, ocorre uma mudança no potencial elétrico na membrana plasmática da planta, que induz alterações na concentração citosólica de Ca^{2+} e formação de peróxido de hidrogênio (H_2O_2). O acúmulo de H_2O_2 induz diversos eventos tardios (variando de minutos a horas), como a ativação de cascatas quinases e sinalização para a síntese de fitohormônios, a exemplo dos ácidos jasmônico (AJ) e salicílico (AS). As cascatas quinases regulam respostas e sinalizam as interações entre as plantas e os insetos (FURSTENBERG-HÄG; BAK, 2013).

Estudos de campo mostram que plantas que crescem próximas a plantas infestadas por herbívoros adquirem maior resistência às injúrias. Esse aumento da resistência é parcialmente devido à regulação da expressão do gene da planta por COVs (NAGASHIMA et al., 2019). Em comparação com insetos e microrganismos, as respostas de defesa das plantas são precisas e impedem os danos nos tecidos e reprogramam eventos fisiológicos e moleculares para resistir a patogênese ou ao ataque de insetos (SHIKANO et al., 2017). Esses sinais têm funções cruciais ao lidar com a herbivoria. Reguladores de crescimento de plantas como etileno (ET), AS e jasmonatos, juntamente com metabólitos secundários, são sinais endógenos que alertam sobre ataques e auxiliam nas respostas subsequentes a diversos herbívoros (CHEN et al., 2018; ZHOU et al., 2019).

A defesa das plantas pode ainda ser direta ou indireta. As defesas diretas agem sobre o herbívoro e podem envolver a redução da qualidade nutricional do tecido vegetal, suprimindo a disponibilidade de nutrientes e aumentando a produção de compostos que minimizem o desempenho e/ou sejam tóxicas para o herbívoro (CHEN, 2008; WAR et al., 2012). As defesas indiretas, por outro lado, incluem características da planta que, por si só, não afetam sua suscetibilidade, mas podem servir como atrativos para os inimigos naturais do herbívoro com a produção dos VPIHs (DE MORAES et al., 1998; MICHEREFF et al., 2011; ULHOA et al., 2020).

A resposta das plantas ao ataque dos herbívoros pode levar a um aumento na produção dos metabólitos secundários, promovendo a uma mudança quantitativa, isto é, diferentes proporções dos mesmos componentes, ou qualitativa, pela liberação de compostos novos, que não são liberados pela planta sadia (BRUCE; PICKETT, 2011). A mistura dos VPIHs pode variar de acordo com a espécie, a variedade e o estágio fenológico da planta, bem como a intensidade da lesão, a espécie do herbívoro, o tipo de aparelho bucal e seu estágio de desenvolvimento (ARIMURA et al., 2009; HARE, 2011; MICHEREFF et al., 2011; MAGALHÃES et al., 2016; MICHEREFF et al., 2019; KALSKE et al., 2019).

1.3.1 Compostos voláteis induzidos por herbivoria nas interações tritróficas

Há muitos relatos científicos que comprovam o uso dos VPIHs emitidos pelas plantas infestadas por herbívoros como uma das pistas de forrageamento utilizadas por parasitoides e predadores. Os parasitoides e predadores que utilizam os VPIHs podem ter vantagens em relação aos que não usam, pois, estes compostos são considerados sinais confiáveis, uma vez que estão relacionados com a presença do hospedeiro na planta (VET; DICKE, 1992), e são facilmente detectáveis, já que as plantas apresentam massa significativamente maior, comparativamente ao hospedeiro, e desta forma liberam maior quantidade de moléculas químicas (BLASSIOLI-MORAES et al., 2016).

O comportamento de forrageamento dos inimigos naturais inclui algumas etapas sequenciais: localização, reconhecimento, aceitação e adequação do hospedeiro (CHESNAIS et al., 2015). Durante essas etapas, os parasitoides podem usar pistas físicas e químicas (VINSON, 1985). Os VPIHs podem ser liberados em quantidades maiores que os voláteis constitutivos. Portanto, são facilmente mais detectáveis a longas distâncias pelos parasitoides, quando comparados, por exemplo, aos voláteis emitidos pelos próprios herbívoros,

transportando informações importantes para os inimigos naturais sobre a localização de seus hospedeiros (VET; DICKE, 1992).

A manipulação de COVs pode atuar como sinal ecológico para afetar o comportamento dos insetos. Através da engenharia genética, manipulou-se a produção de terpenos em plantas de algodão, visando controlar hemípteros e lepidópteros, através da atração dos parasitoides *Peristenus spretus* e *Aphidius gifuensis*. Nesse exemplo, os parasitoides foram atraídos às plantas que apresentaram a superexpressão do gene (*E*)- β -cariofileno-sintase (GhTPS1) inserido na variedade R15 que passou a liberar maior nível de sesquiterpenos (ZHANG et al., 2019). Já a mistura volátil emitida pelas plantas de feijão-caupi, *Vigna unguiculata*, após a injúria por alimentação da lagarta *Maruca vitrata*, teve efeito repelente para a mariposa da espécie, evitando que esta ovipositasse nas plantas. Além disso, os compostos (*E*)-DMNT, indol, acetato de n-hexila, 1-octen-3-ol e (*RS*)-linalol foram utilizados por *Apanteles taragamae* e *Phanerotoma syleptae*, inimigos naturais de *M. vitrata* (OSEI-OWUSU et al., 2020). A mosca-branca *Bemisia tabaci* também induz a emissão de diferentes misturas voláteis em plantas infestadas, as quais passam a atrair mais fortemente o parasitoide *Encarsia desantisi* (SILVEIRA et al., 2018) propuseram. Exemplos como estes também podem ser encontrados em sistemas envolvendo o milho. O genótipo “Sintético Spodoptera” quando danificado pela lagarta de *Spodoptera frugiperda* emite uma mistura volátil que atrai o parasitoide de ovo *Telenomus remus* (MICHEREFF et al., 2019). Da mesma forma, a injúria provocada pelo percevejo *Euschistus heros* induz plantas de milho a liberarem voláteis que atraem o parasitoide *Telenomus podisi* (DIAS et al., 2016). Estes exemplos demonstram como os semioquímicos têm potencial para o desenvolvimento de futuras estratégias de manejo de pragas.

Dentro das interações ecológicas, as respostas comportamentais dos herbívoros aos VPIHs também são importantes, pois, algumas espécies de brocas (VEGA et al., 2017), percevejos (ULHOA et al., 2020) e mariposas (OSEI-OWUSU et al., 2020; SUN et al., 2014; HATANO et al., 2015; VEYRAT et al., 2016) são repelidas por VPIHs, enquanto outras são atraídas, como *Helicoverpa assulta* (CUI et al., 2018) e *H. armigera* (DI et al., 2017; SUN et al., 2019). Assim, a infestação de uma planta por um herbívoro pode resultar em respostas diferenciais em diversos membros da comunidade. A herbivoria pode aumentar a produção de COVs, mas também pode promover a supressão de compostos. Como demonstrado por De Lange et al. (2020), larvas de *S. frugiperda* são capazes de suprimir as emissões de VPIHs na variedade de milho Delprim, porém as emissões reduzidas não mudaram a atratividade das plantas infestadas para um inimigo natural comum da espécie-praga, o parasitoide *Cotesia marginiventris*.

A capacidade que as plantas desenvolveram de produzir COVs de defesa após a detecção do sinal de estresse oferece uma oportunidade para se desenvolver sistemas de cultivo sustentáveis e dentro de práticas de manejo integrado de pragas. De acordo com Blassioli-Moraes et al. (2016), os voláteis das plantas podem ser usados em campo com diferentes abordagens: aplicação de semioquímicos sintéticos para induzir a defesa das plantas ou atrair inimigos naturais; no consórcio ou em vários sistemas de cultivo, usando plantas que liberam substâncias voláteis que atraem inimigos naturais e repelem herbívoros, afastando as pragas da colheita-alvo; e na utilização de plantas-armadilha que são cultivadas em torno da cultura-alvo para atrair as pragas.

1.3.2 Estado de alerta

Outro tipo de defesa induzida das plantas é o estado de alerta, ou do inglês “priming”, que é um fenômeno marcado pela ativação aprimorada de mecanismos de defesa que preparam as plantas para uma resposta mais efetiva a um estresse futuro (CONRATH et al., 2006; PASTOR et al., 2012; HILKER et al., 2015). Os estímulos iniciadores podem ser derivados de artrópodes, tais como secreções orais, sinais de oviposição (HOWE; JANDER, 2008; HILKER; MEINERS, 2010; HILKER; FATOUROS, 2015), VPIHs (FROST et al., 2008, ERB et al., 2015), infecção por patógenos, colonização de raízes por microrganismos benéficos, bem como sinais abióticos (CONRATH et al., 2006). Em um desafio subsequente, a planta efetivamente monta uma resposta de defesa aprimorada que resulta em maior resistência e/ou tolerância ao estresse (MAUCH-MANI et al., 2017).

A iniciação mediada por VPIHs é um fenômeno comum e bem aceito. O estado de alerta foi relatado para uma ampla variedade de plantas, incluindo espécies selvagens e variedades cultivadas, de espécies herbáceas a lenhosas. Os VPIHs demonstraram capacidade de “priming” em tomate (FARAG; PARÉ, 2002), álamo (FROST et al., 2008; FROST et al., 2007), mirtilo (RODRIGUEZ-SAONA et al., 2009), feijão-de-lima (ARIMURA et al., 2008; GIRON-CALVA et al., 2012) e milho (FARAG et al., 2005; ERB et al., 2015). Na cultivar de milho Delprim, sugere-se que o composto aromático indol poderia estar envolvido na indução do estado de alerta das plantas. Após a herbivoria de lagartas *Spodoptera littoralis*, plantas de milho emitem o indol que é capaz de ativar o estado de alerta em plantas vizinhas, que quando sofrem dano de herbivoria, têm aumentada a produção de voláteis defensivos quando comparado às plantas que não tiveram contato prévio com o composto. Adicionalmente, foi verificado que a exposição ao indol aumenta acentuadamente a produção dos hormônios

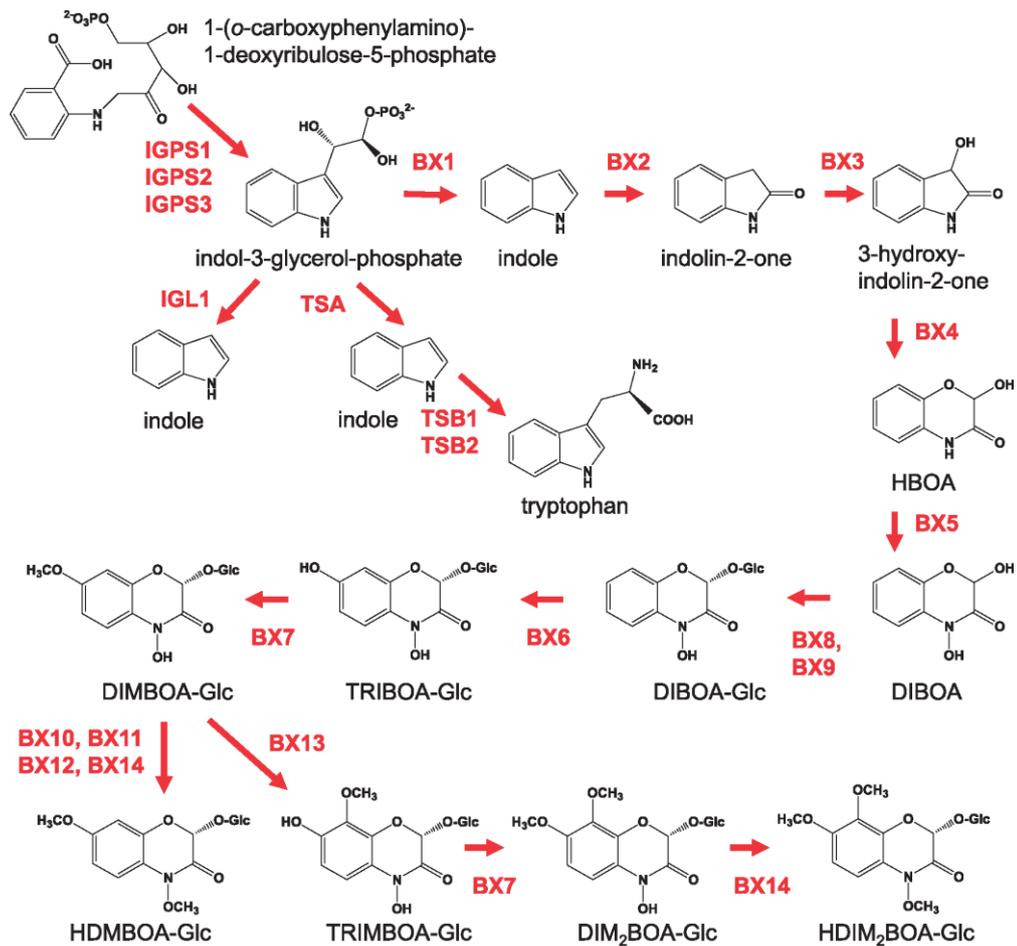
jasmonato de isoleucina e ácido abscísico, mostrando o importante papel do indol na comunicação planta-planta no sistema milho (ERB et al., 2015). É necessário avaliar se isto também ocorre com outras variedades e cultivares de milho.

Diante da necessidade urgente de novas estratégias que não dependam exclusivamente de inseticidas químicos ou genes únicos de resistência, explorar o sistema imunológico das plantas combinado com outras estratégias pode ter o potencial de alcançar uma melhor proteção das culturas. Visto que diferentemente da ativação direta das defesas, sugere-se que o mecanismo do estado de alerta forneça proteção de baixo custo em condições de pressão de estresse relativamente altas (BORGES et al., 2014). A indutibilidade das respostas ao estresse, ou seja, a capacidade de responder ao estresse apenas quando ele ocorre, é uma característica considerada como uma estratégia básica de economia de custos, pois os recursos de investimentos em defesa ocorrem apenas sob demanda (ZANGERL, 2003).

1.3.3 Benzoxazinoides - metabólitos secundários envolvidos na defesa direta das plantas

Nos tópicos anteriores, foi demonstrado que a defesa das plantas mediada por COVs tem grande importância na defesa indireta. Além destes, as plantas também produzem uma série de compostos não voláteis que agem, principalmente, na sua defesa direta. Nas plantas de milho, a principal e mais bem descrita classe de compostos envolvidos com a defesa direta são os benzoxazinoides (BXDs), que são um grupo de importantes metabólitos secundários comuns em plantas da família Poaceae, encontrados também no trigo *Triticum* spp., no centeio *Secale cereale* e outras gramíneas silvestres e cultivadas (KOKUBO et al., 2016). Esta família de aproximadamente 20 compostos derivados do indol compartilha um esqueleto de 2-hidroxi-2H-1,4-benzoxazin-3(4H)-ona (Figura 6) e são armazenados como glicosídeos no vacúolo (CAMBIER et al., 1999). Os BXDs apresentam um amplo espectro de atividades de defesa das plantas como antialimentares, inseticidas, antimicrobianas e alelopáticas diretas (NIEMEYER 2009; MAAG et al. 2014).

Figura 6. Rota biossintética dos principais compostos benzoxazinoides em milho e trigo. *IGp*=indol-3-glicerol fosfato, *GLU*=glucosídeo. BX as enzimas envolvidas em cada processo.



Fonte: ZHOU et al., 2018.

Os BXDs são divididos em duas classes: benzoxazin-3-ona (1,4-benzoxazin-3-ona) e benzoxazolinonas (1,3-benzoxazol-2-ona). A classe de benzoxazin-3-ona pode ser dividida em três subclasses, com base na substituição presente no átomo de N: lactâmicos (-H), ácidos hidroxâmicos (-OH) e derivados de metila (-OCH₃) (Figura 7) (CAMBIER et al., 1999; VON RAD et al., 2001). Dessa forma, HBOA é uma lactama, DIMBOA é um ácido hidroxâmico e HDMBOA é um derivado metilado (Figura 7). No milho e no trigo, o DIMBOA é o BXDs mais comumente presente e relacionado com a defesa contra lepidópteros (NIMEMEYR et al., 2009). Mais recentemente, vários trabalhos vêm destacando a importância de outros BXDs, como o HDMBOA, que parece ter uma função importante na resistência contra algumas lagartas, como *S. frugiperda*, no entanto sua concentração nas plantas é bem menor do que a do DIMBOA (WOUTERS et al., 2014, 2016).

Figura 7. Visão geral dos esqueletos básicos dos compostos lactâmicos, ácidos hidroxâmicos e derivados de metila e seus glicosídeos de benzoxazin-3-ona e benzoxazolinonas.

Benzoxazin-3-onas				
Lactâmicos				
	R1	R2	Abreviação	
	H	H		HBOA
	OH	H		DHBOA
	OCH ₃	H		HMBOA
	OCH ₃	OCH ₃		HM ₂ BOA
	H	H		DIBOA
	H	H		DIMBOA
	OCH ₃	OCH ₃		DIM ₂ BOA
Derivados de metila				
	H	H		4-O-Me-DIBOA
	OCH ₃	H		HDMBOA
	OCH ₃	OCH ₃		HDM ₂ BOA
Benzoxazolinonas				
	H	H		BOA
	OH	H		BOA-6-OH
	OCH ₃	H		MBOA

Fonte: DE BRUIJN et al., 2016.

Esses grupos funcionais e outros substituintes modulam a estabilidade e a reatividade desses compostos e, portanto, suas atividades biológicas (WOUTERS et al., 2016). O interesse pela elucidação dos mecanismos que envolvem os BXDs em plantas de milho começou na década de 1960 (REIMANN et al., 1964), havendo um aumento nas pesquisas nos anos 2000 devido aos avanços nas técnicas de engenharia genética que possibilitou o isolamento e a caracterização de algumas enzimas envolvidas na biossíntese desses compostos (BAILEY et al., 1989; LEIGHTON et al., 1994, (FREY et al., 2009; MEIHLS et al., 2013).

A abundância dos BXDs e suas proporções variam entre espécies e variedades de plantas, e também entre tecidos e estádios de desenvolvimento (WOUTERS et al., 2016). As concentrações totais dos BXDs em diferentes plantas podem variar com a idade e o estresse biótico, e podem representar de 0,1% a 0,3% do peso fresco das folhas de milho, particularmente em plantas jovens (DAFOE et al., 2011, MEIHLS et al., 2013). Após a

destruição do tecido e sua organização celular associada causada, por exemplo, por injúrias dos herbívoros ou o ataque de patógenos, esses compostos que na forma de glicosídeos são estáveis e apresentam baixa toxicidade para as plantas e insetos, são liberados do vacúolo e entram em contato com enzimas β -glucosidases, que provocam a hidrólise e a formação das agluconas, as quais apresentam toxicidade para os herbívoros (CAMBIER et al., 1999; FREY et al., 2009; TZIN et al., 2017).

No entanto, muitos herbívoros evoluíram mecanismos para minimizar ou mesmo anular os efeitos negativos dos metabólitos de defesa de plantas, incluindo prevenção comportamental, excreção, sensibilidade aos alvos e desintoxicação por meio de conjugação e quebra (KARBAN; AGRAWAL, 2002; WOUTERS et al., 2014, STAHL et al., 2018). Diferentes trabalhos mostraram que a espécie *S. frugiperda* detoxifica alguns BXDs, de modo que esses compostos são convertidos dentro do intestino do inseto a compostos menos tóxicos e são expelidos nas fezes (MAAG et al., 2014, WOUTERS et al., 2014). O principal BXD produzido pelas plantas é o composto (2*R*)-DIMBOA (Figura 8) e nas fezes das lagartas de *S. frugiperda* foi identificada o epímero deste composto, o (2*S*)-DIMBOA. O (2*S*)-DIMBOA é produzido pelo inseto através da reglucosilação esterosselativa do 2*R*-DIMBOA, e o epímero não sofre hidrólise pelas β -glucosidases das plantas, desta forma não gerando as agluconas que apresentam maior toxicidade aos insetos (WOUTERS et al., 2014).

O modo de ação dos BXDs nos herbívoros mastigadores e sugadores apresenta diferenças quanto à função no metabolismo dos insetos. Devido ao comportamento alimentar, herbívoros mastigadores, como as lagartas, interrompem a compartimentalização de BXDs nas células vegetais durante a ingestão e, portanto, são diretamente expostos a grandes quantidades de aglucones BXD, especialmente quando se alimentam de folhas de mudas jovens, nas quais as concentrações de BXDs são mais altas. Ao avaliar os efeitos dos BXDs nos herbívoros, é essencial levar em consideração que a maioria dos lepidópteros possui um ambiente intestinal alcalino (BERENBAUM, 1980), que facilita a degradação de ácidos hidroxâmicos e ácidos hidroxâmicos N-O-metilados em benzoxazolinonas, levando a atividades biológicas que podem ser específicas para esses insetos. Além da detoxificação, outras estratégias podem contribuir para a resistência aos BXDs observados em algumas espécies de insetos. Por exemplo, o ato de cortar a folha em pedaços maiores durante a alimentação minimiza a ruptura do tecido da planta e, juntamente com um intestino alcalino, pode inibir a ativação das defesas químicas da planta, como os BXDs. Esses mecanismos permitem que os lipídios de *Zygaena filipendulae* limitem a hidrólise de glicósidos cianogênicos em sua planta hospedeira e sequestrem esses compostos para uso contra predadores (PENTZOLD et al., 2014).

Já os herbívoros sugadores, por exemplo, insetos da ordem Hemiptera, como pulgões e percevejos, possuem peças bucais modificadas chamadas estiletos que são usadas para perfurar as células da cutícula da planta, da epiderme e do mesófilo, e se alimentar da seiva do floema altamente nutritiva ou do xilema (DOUGLAS, 2003, PANIZZI; LUCINI, 2019). Devido a esse comportamento alimentar específico, considera-se que os pulgões minimizam a ruptura do tecido e a consequente ativação das defesas glicosiladas (PENTZOLD et al., 2014). No entanto, os padrões de alocação dinâmica dos BXDs ainda os tornam compostos defensivos eficazes para os pulgões. Ademais, além de sua toxicidade direta em relação aos pulgões, os BXDs podem desencadear a deposição de calos, servindo como um sinal para induzir outra linha de defesa das plantas (MAAG et al., 2015). O percevejo barriga-verde se alimenta de plantas de milho de duas maneiras diferentes: através da ingestão de seiva dos vasos do xilema e da ruptura celular, onde o percevejo utiliza atividades de laceração e maceração para romper uma bolsa de células e depois ingerir o conteúdo. Este comportamento demonstra que esse percevejo muda sua estratégia de acordo com o local de alimentação (LUCINI; PANIZZI, 2016; PANIZZI; LUCINI, 2019). No entanto, os efeitos dos BXDs no desenvolvimento do barriga-verde ainda não foram elucidados.

Diante da importância ecológica dos BXDs, as plantas da família Poaceae podem tirar proveito da diversidade química, induzindo especificamente a biossíntese de BXDs *de novo* e acumulando em tecidos específicos, adaptando sua estratégia defensiva à natureza do herbívoro. Os insetos possuem suscetibilidade variável aos BXDs, podem ser capazes de metabolizar esses metabólitos secundários em sub-produtos menos nocivos. O percevejo *D. melacanthus*, quando migra da soja para o milho, se hidrata por meio da sucção do xilema (PANIZZI; LUCINI, 2019), o que poderia sugerir que estes, como as lagartas de *S. frugiperda*, não são ou são pouco afetados pelos BXDs, mas ainda não há estudos sobre o efeito destes compostos sobre os percevejos neotropicais.

CAPÍTULO I

Voláteis de plantas de milho induzidos por herbivoria de *Dichelops melacanthus* (Hemiptera: Pentatomidae) e sua influência no comportamento quimiotático de coespecíficos e de *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygastriidae)

RESUMO: As plantas desenvolveram uma ampla diversidade de mecanismos de defesa e respondem à herbivoria aumentando a produção de metabólitos secundários que podem ter efeito repelente aos herbívoros ou atuar como atrativos para parasitoides e predadores. Diante disso, objetivou-se caracterizar o perfil químico dos compostos orgânicos voláteis (COVs) liberados por plantas de milho, sadias e após a herbivoria do percevejo *Dichelops melacanthus*, bem como avaliar o efeito destes COVs no comportamento quimiotático de fêmeas de *Telenomus podisi* e *D. melacanthus*. Os COVs das plantas submetidas aos tratamentos foram coletados pela técnica de aeração nos períodos de 0-24, 24-48, 48-72 e 72-96 h após o início do tratamento. As amostras de COVs coletados na aeração foram analisados por CG-DIC e CG-EM para identificar e quantificar os compostos presentes nas amostras. Para avaliar se a herbivoria de *D. melacanthus* afeta o comportamento de busca do inimigo natural *T. podisi* e de fêmeas coespecíficas, foram realizados bioensaios em olfatômetro em “Y”. Uma única fêmea de *T. podisi* ou de *D. melacanthus* foi introduzida na base do olfatômetro e observada por 600 s, onde foram avaliadas a primeira escolha e o tempo de residência de cada inseto. A análise química das amostras de COVs mostrou que a injúria por herbivoria de *D. melacanthus* induziu a planta a produzir um perfil diferente de voláteis comparado às plantas sadias. No período de 24-48 h, observou-se que as plantas injuriadas produziram uma maior quantidade dos compostos acetato de (*Z*)-3-hexenila, (*RS*)-linalol, salicilato de metila, acetato de geranila, DMNT, ciclosativeno, α -humuleno, (*E*)- β -cariofileno, α -cadineno e TMTT. O parasitoide de ovos *T. podisi* respondeu preferencialmente aos odores liberados pelas plantas submetidas à herbivoria quando comparados com os odores das plantas sadias para 24-48 h após o início do tratamento. O percevejo *D. melacanthus* não utiliza os COVs das plantas de milho sem injúria ou infestadas por coespecíficos para a localização de seu hospedeiro.

PALAVRAS-CHAVE: Compostos orgânicos voláteis. Percevejo barriga-verde. *Zea mays*.

ABSTRACT: Plants have developed a wide variety of defense mechanisms against herbivores and can respond to them by increasing the production of secondary metabolites that can have a repellent effect on herbivores or act as attractant for parasitoids and predators. Therefore, the objective of this chapter was to characterize the chemical profile of volatile organic compounds (VOCs) released by maize plants, healthy and after the herbivory of the stink bug *Dichelops melacanthus*, and the effect of these volatiles on the chemotactic behavior of females *Telenomus podisi* and *D. melacanthus*. Thus, healthy plants were submitted or not to the herbivory of the stink bug *D. melacanthus*. The VOCs were collected by air-entrainment in the intervals of 0-24, 24-48, 48-72, and 72-96 h after the beginning of the treatment. The air-entrainment samples containing the VOCs emitted by the plants were analyzed by CG-FID and CG-MS to identify and quantify the compounds present in the samples. In order to evaluate whether *D. melacanthus* herbivory affects the foraging behavior of the natural enemy *T. podisi* and that of co-specific females, olfactometry bioassays were performed in a Y-tube olfactometer. A single female *T. podisi* was introduced at the base of the olfactometer and observed for 600 s, in which

the first choice and the residence time of each insect were evaluated. The chemical analysis of the air-entrainment samples showed that *D. melacanthus* herbivory induced the release of a different VOCs profile compared to healthy plants. In the interval of 24-48 h, it was observed that plants injured by herbivory produced a greater amount of the compounds (*Z*)-3-hexenyl acetate, (*RS*)-linalool, methyl salicylate, geranyl acetate, DMNT, cyclosativene, α -humulene, (*E*)- β -caryophyllene, α -cadinene, and TMTT. The egg parasitoid *T. podisi* responded preferentially to the odors released by plants submitted to herbivory when compared to the odors of healthy plants for 24-48 h after the start of treatment. The stink bug *D. melacanthus* did not use maize VOCs of plants without injury or infested by conspecifics for the location of its host.

KEYWORDS: Green belly stink bug. Volatile organic compounds. *Zea mays*.

1. INTRODUÇÃO

As plantas estão equipadas com vários mecanismos para se defenderem contra herbívoros, patógenos ou estresse abiótico. Um dos mecanismos de defesa é a produção dos compostos orgânicos voláteis (COVs), que podem servir como repelentes ou como atrativos para herbívoros, parasitoides e predadores (PRICE, 1997; HILKER e MEINERS, 2006; CHEN, 2008). A herbivoria é uma interação ecológica fundamental que afeta o desenvolvimento das plantas e muitas espécies respondem a essa injúria aumentando ou alterando a mistura dos COVs produzidos pelo metabolismo secundário, que são conhecidos como voláteis de plantas induzidos por herbivoria (VPIHs) (TURLINGS et al., 1995). Os VPIHs são pistas potencialmente confiáveis para parasitoides e predadores e a interação planta-herbívoro-inimigo natural, na maioria das vezes mediada por estes voláteis, pode resultar em adaptações evolutivas, tanto para a planta quanto para os herbívoros e os inimigos naturais (FREUNDLICH; FROST, 2018).

No geral, os COVs liberados pelas plantas são moléculas lipofílicas de baixo peso molecular e, devido a essas características físico-químicas, podem atravessar membranas e entrar em contato com a atmosfera, solo e diversos organismos (DUDAREVA, 2006). Vários COVs de plantas são abundantes e difundidos em diferentes espécies vegetais, como os monoterpenos linalol e (*E*)- β -ocimeno, os sesquiterpenos (*E*)- β -cariofileno e (*E,E*)- α -farneseno, os homoterpenos (*E,E*)-4,8,12-trimetiltrideca-1,3,7,11-tetraeno (TMTT) e (*E*)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno (DMNT), os voláteis de folhas verdes (VfVs) acetato de (*Z*)-3-hexenila e (*Z*)-3-hexenal, e os compostos aromáticos indol e salicilato de metila (PICHERSKY et al., 2006; MAFFEI, 2010; DUDAREVA et al., 2013; PINTO-ZEVALLOS et al., 2013; DONG et al., 2016).

Os COVs de plantas são produzidos constitutivamente, ou seja, independente do estresse estão presentes em seu perfil químico. No milho, os COVs constitutivos do genótipo “Sintético Spodoptera” (SS) foram identificados por Michereff et al. (2019). Neste estudo foram listados 20 compostos principais, sendo eles: (*E*)-2-hexenal, (*Z*)-3-hexen-1-ol, canfeno, mirceno, acetato de (*E*)-2-hexenila, acetato de (*Z*)-3-hexenila, (*E*)-ocimeno, benzoato de metila, (*RS*)-linalol, DMNT, TMTT, indol, ciclosativeno, acetato de geranila, (*E*)-cariofileno, α -bergamoteno, geranil acetona, (*E*)- β -farneseno, α -humuleno e δ -cadineno. O genótipo SS ao sofrer herbivoria da lagarta *Spodoptera frugiperda* libera os mesmos compostos citados acima, mas com um aumento significativo na quantidade dos voláteis totais produzidos a partir de 6 h após o ataque, indicando que a planta altera o perfil químico dos COVs em resposta à injúria da lagarta (MICHEREFF et al., 2019). Em outra pesquisa, utilizando o milho híbrido BM3061, também foi constatado que a herbivoria da lagarta *S. frugiperda* induz a emissão de alguns compostos voláteis, tais como: β -mirceno, acetato de (*Z*)-3-hexenila, (*E*)- β -ocimeno, linalol, DMNT, indol, acetato de geranila, α -zingibereno, β -cariofileno, (*E*)- α -bergamoteno, (*E*)- β -farneseno, β -sesquifelandreno, (*E*)-nerolidol e TMTT (PINTO-ZEVALLOS et al., 2016). A mistura dos VPIHs pode variar tanto quantitativa (incremento dos mesmos compostos) quanto qualitativamente (indução de compostos novos) (DICKE, 1999). As quantidades e as proporções em que as misturas voláteis são liberadas dependem de fatores como o genótipo vegetal, os herbívoros que estão se alimentando, bem como as condições abióticas em que as plantas estão submetidas (VAN POECKE; DICKE, 2002; GOUINGUEN; TURLINGS, 2007; KARBAN; SHIOJIRI, 2010) e isso também pode refletir na atratividade de parasitoides e predadores (DEGEN et al., 2004; SHIOJIRI et al., 2006).

A resposta de defesa das plantas está diretamente relacionada ao tipo de alimentação do herbívoro (SMITH; BOYKO, 2007; ARIMURA et al., 2011). Insetos mastigadores consomem o tecido foliar, enquanto os insetos sugadores se alimentam de fluidos do floema e/ou xilema. Essas diferenças na injúria provocada pela alimentação têm consequências na resposta das plantas e, portanto, no perfil químico dos VPIHs emitidos. Um levantamento com dados de 236 experimentos mostrou que insetos mastigadores e sugadores de seiva induzem diferentes quantidades de voláteis totais; os sugadores de seiva induzem quantidades menores de VFVs, monoterpenos e sesquiterpenos do que os insetos mastigadores (ROWEN et al., 2015). No algodoeiro, insetos mastigadores induzem altas concentrações de terpenos, enquanto sugadores, como a mosca-branca, induzem uma menor quantidade desta classe de compostos (RODRIGUEZ-SAONA et al., 2003). Plantas de tabaco, *Nicotiana tabacum*, respondem à alimentação de tripes, *Frankliniella occidentalis*, liberando cinco compostos ((*E*)- β -ocimeno,

linalol, nicotina, β -cariofileno e (*E,E*)- α -farneseno), já a alimentação da lagarta *Heliothis virescens* desencadeia a liberação de mais seis compostos (mirceno, indol, β -elemeno, α -humulene e óxido de cariofileno), além dos normalmente liberados em resposta à alimentação de tripes (DELPHIA et al., 2007). Essa especificidade da resposta da planta para a guilda alimentar do herbívoro é usada como pista pelos inimigos naturais, generalistas e especialistas, permitindo que eles tenham informação sobre a espécie que está danificando a planta, a quantidade de herbívoros, e inclusive o momento em que ocorreu a injúria (HUFFAKER et al., 2013; BLASSIOLI-MORAES et al., 2018).

Vários estudos mostram que insetos sugadores tendem a induzir a rota do ácido chiquímico. Os insetos sugadores, como a mosca-branca, são capazes, através de moléculas presentes na secreção oral, de inibirem a resposta de defesa das plantas relacionada com a rota do ácido jasmônico, responsável por ativar uma série de rotas metabólicas, como a dos terpenos, e isto aumenta o desempenho da mosca-branca na planta (REF). Os insetos herbívoros são capazes de manipular a resposta de defesa das plantas a seu favor. O mecanismo envolvido no reconhecimento das plantas pelos insetos ainda não está completamente elucidado, mas já se sabe que a planta é capaz de perceber a presença da injúria de herbivoria por dois fatores principais: através de moléculas químicas da própria planta, chamadas de padrão molecular associado à injúria de herbivoria (do inglês *damage-associated molecular patterns*, DAMP) ou de moléculas provenientes do inseto, neste caso chamadas de padrões moleculares associados ao herbívoro (do inglês *herbivore-associated molecular patterns*, HAMP) (HUFFAKER et al., 2013). Um exemplo de DAMP no milho é a sistemina que é formada pela quebra de peptídeos maiores durante a herbivoria e indica para a planta a presença do herbívoro. Outro exemplo são os VFVs, que no geral, são liberados logo nos primeiros minutos da alimentação do inseto e avisam, de forma sistêmica, para as outras partes da planta e para plantas vizinhas da presença do herbívoro (HUFFAKER et al., 2013). O composto indol também pode ser considerado como um DAMP, que age sobre plantas vizinhas (ERB et al., 2015). No caso de HAMP, existem vários exemplos, sendo o mais estudado e com o mecanismo bem elucidado, o composto volacitina produzido no intestino da lagarta *Spodopetera exigua*, que ao ser regurgitado, entra em contato com os tecidos injúriados da planta, sinalizando a presença do herbívoro, e desencadeia todo o processo bioquímico para a produção dos voláteis de defesa (ALBORN et al., 1997).

Na cultura do milho, existe uma diversidade de pragas que causam danos. Além de insetos mastigadores, existe uma preocupação com o percevejo barriga-verde, *Dichelops melacanthus*. Esta é uma espécie-praga que recentemente vem causando prejuízos aos produtores devido ao

aumento da população no campo, a falta de conhecimento do seu manejo e as dificuldades de controle. A principal forma de controle utilizada é o uso de defensivos químicos, mas há também a alternativa de se utilizar o controle biológico através do parasitoide de ovos *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae) (LAUMANN et al., 2010). Diversos trabalhos já demonstraram modificações no perfil químico de plantas ao sofrerem injúria de herbivoria de insetos mastigadores, mas existem poucos relatos sobre as alterações provocadas por espécies sugadoras. Turlings et al. (1998) ao analisarem o perfil químico de plantas de milho danificadas pelo pulgão *Rhopalosiphum maidis* demonstraram que a injúria provocada por este inseto sugador não induz emissões mensuráveis de voláteis, mostrando a diferença na resposta da planta quando ocorre a injúria por diferentes herbívoros.

Os VPIHs podem ser mais facilmente detectáveis a longas distâncias pelos inimigos naturais quando comparados, por exemplo, aos voláteis emitidos pelos próprios herbívoros, transportando informações importantes sobre a localização de seus hospedeiros (VET; DICKE, 1992). Isso se deve pela maior quantidade de voláteis liberada pela planta em resposta à herbivoria, comparada aos compostos produzidos pelos hospedeiros; e muitas vezes a maior volatilidade e maior estabilidade das moléculas das plantas frente aos fatores ambientais que agem na decomposição dos COVs. O parasitoide de ovos *Telenomus remus* e o predador de lagartas *Polybia fastidiosuscula* respondem preferencialmente aos VPIHs de milho danificado por *S. frugiperda* quando comparado aos COVs de plantas não danificadas (MICHEREFF et al., 2019; SARAIVA et al., 2017). Ainda no milho, o composto indol, emitido em resposta à herbivoria de lagartas *S. littoralis*, aumenta o recrutamento do endoparasitoide *Microplitis rufiventris* (YE et al., 2018).

Neste capítulo, será utilizado o sistema milho-*Dichelops melacanthus*-*Telenomus podisi*, visto que esse percevejo atualmente é uma das principais pragas desta cultura. O barriga-verde migra da cultura da soja para o milho, permanecendo no solo sob os restos culturais da soja até o desenvolvimento das plântulas de milho. Dessa forma, levantou-se a hipótese que ele não utiliza os voláteis constitutivos ou induzidos por herbivoria de coespecíficos do milho para chegar à planta, mas que a mudança no perfil dos voláteis da planta de milho devido à injúria de herbivoria poderia ter influência sobre o comportamento de busca dos inimigos naturais do percevejo. O parasitoide *T. podisi* é generalista e pode responder de forma mais geral aos VPIHs, sem a necessidade de compostos específicos, como no caso dos parasitoides especialistas. A informação da alteração da quantidade e a proporção dos componentes juntamente com o “background” do ambiente podem ser informações importantes para o parasitoide relacionar com a presença do hospedeiro. Estudos relacionados à comunicação

química nos sistemas tróficos representam um importante passo para o desenvolvimento de ferramentas que podem ser aplicadas no Manejo Integrado de Pragas, podendo gerar o estabelecimento de medidas alternativas e/ou conjuntas ao uso de inseticidas. Diante disso, os objetivos deste capítulo foram: (i) caracterizar o perfil químico dos voláteis liberados pelas plantas de milho, sadias e após a herbivoria do percevejo *D. melacanthus*; (ii) avaliar a resposta de fêmeas de *T. podisi* aos voláteis liberados por plantas de milho, sadias e após a herbivoria do percevejo *D. melacanthus*; (iii) investigar se as fêmeas de *D. melacanthus* são atraídas pelos voláteis liberados por plantas de milho, sadias e após a herbivoria de coespecíficos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Insetos

O percevejo *D. melacanthus* e o parasitoide *T. podisi* foram mantidos em salas separadas a 25 ± 2 °C, $65 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotoperíodo de 14L:10E (luz, 06:00 às 20:00 h) na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em Brasília, DF. As colônias de *D. melacanthus* foram estabelecidas a partir de insetos coletados em campos de soja, próximos à Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Os insetos foram criados em gaiolas de plástico (altura 26 cm, diâmetro 22 cm) e alimentados com sementes de amendoim (*Arachis hypogaea*), soja (*Glycine max*) e girassol (*Helianthus annuus*) e vagens de feijão (*Phaseolus vulgaris*). O fornecimento de alimento era renovado três vezes por semana. Uma tela de plástico (15 cm²) foi colocada na parede interna da gaiola como substrato para oviposição. Em cada gaiola, foram mantidos aproximadamente 100 casais de insetos. As massas de ovos foram coletadas diariamente e incubadas em placas de Petri (9,0 cm de diâmetro). Quando atingiam o segundo instar, as ninfas eram transferidas para gaiolas e criadas conforme descrito acima. Para os bioensaios, os machos foram separados das fêmeas após 24 h na fase adulta. As fêmeas usadas nos experimentos estavam virgens e sexualmente maduras, com 8 a 10 dias após a muda final.

O parasitoide de ovos *T. podisi* foi obtido de uma colônia de laboratório criada em ovos de *Euschistus heros*. No momento da emergência, os adultos foram mantidos em gaiolas de acrílico (frascos de cultura de tecido de pescoço angular de 25 cm²; ICN Biomedicals, Irvine, CA, EUA) e alimentados com gotas de mel. Diariamente, após a emergência, os machos e as fêmeas foram separados e colocados em novas caixas de acrílico. Parte dos adultos foi colocada com ovos por 24 h para o acasalamento e para que as fêmeas parasitassem os ovos, que foram posteriormente removidos e colocados em outras caixas para incubação e manutenção da

colônia. Outra parte foi mantida sem ovos para que as fêmeas de até 48 h, utilizadas nos bioensaios, não tivessem experiência de oviposição.

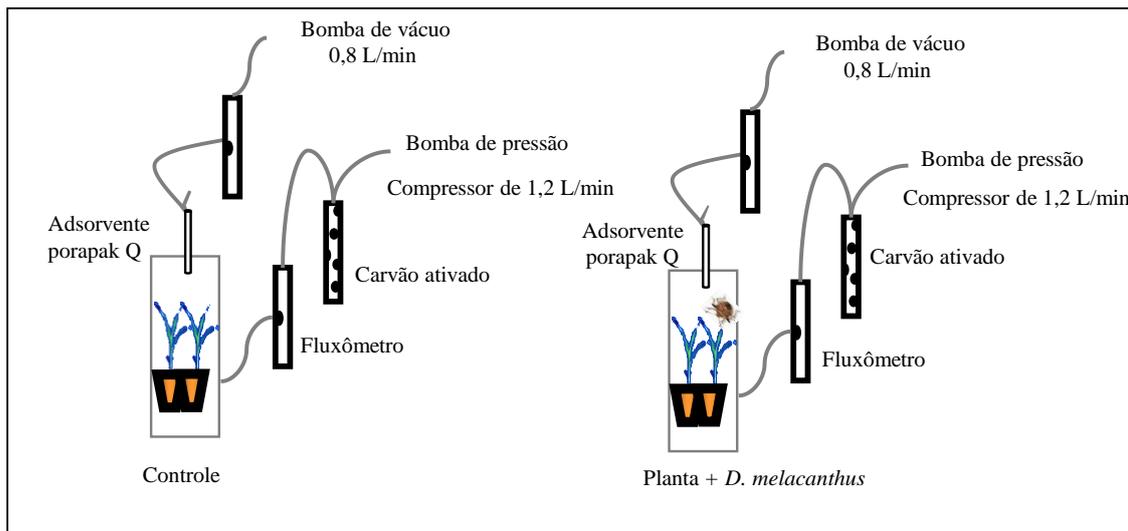
2.2 Plantas

As sementes de milho do genótipo “Sintético Spodoptera” foram fornecidas pela Embrapa Milho e Sorgo. Para obtenção das plantas, as sementes foram colocadas em vasos (8 cm de diâmetro x 9 cm de altura) contendo uma mistura de solo e substrato orgânico (na proporção de 1:1 m/m), sendo estes mantidos em casa de vegetação para germinação e crescimento a 27 °C, sob luz natural. Todas as plantas de milho usadas nos experimentos estavam com três folhas completamente desenvolvidas (estádio V3).

2.3 Coleta de voláteis

Para obter as plantas com o tratamento de injúria de herbivoria, duas fêmeas adultas de *D. melacanthus*, submetidas a 24 h de jejum, foram colocadas em cada planta de milho. As plantas saudáveis não receberam qualquer tipo de tratamento. Uma replicata consistia de três plantas de milho saudáveis (sem injúria de *D. melacanthus*) ou três plantas com injúria de *D. melacanthus*. As três plantas de cada tratamento foram colocadas em câmaras de vidro cilíndricas (volume interno de 10 L) (Figura 1). Para minimizar a contaminação por voláteis do solo, os vasos que continham as plantas foram embrulhados com papel alumínio. Os voláteis foram coletados nos intervalos de 0-24, 24-48, 48-72 e 72-96 h após o início do tratamento, em tubos de vidro contendo 100 mg do adsorvente Porapak Q (malha de 80-100, Sigma Aldrich). Os tubos contendo o adsorvente foram conectados com PTFE a uma bomba de vácuo a 0,8 L min⁻¹, enquanto o ar filtrado pelo carvão ativado (malha de 20 – 40, Supelco) entrava na câmara a 1,2 L min⁻¹, criando um sistema de pressão positiva dentro da câmara (MORAES et al., 2008) (Figura 1). Os tubos de adsorvente foram eluídos com 500 µL do solvente orgânico *n*-hexano. As amostras foram concentradas para 50 µL com fluxo de N₂ e armazenadas a -20 °C até a análise por cromatógrafo gasoso acoplado ao detector de ionização de chamas (CG-DIC) e CG acoplado ao espectrômetro de massas (CG-EM). Foram conduzidas oito repetições para cada tratamento.

Figura 1. Esquema do sistema *push-pull* de coleta de voláteis de plantas de milho com e sem herbivoria de *Dichelops melacanthus*.



Fonte: Própria.

2.4 Análises químicas

As análises quantitativas dos compostos presentes nas amostras de aeração foram realizadas utilizando o CG-DIC (Agilent 7890B) equipado com uma coluna apolar DB-5MS de 30 m × 0,25 mm ID e espessura de filme de 0,25 µm (J&W Scientific, Folsom, CA, EUA). A temperatura do forno foi programada da seguinte forma: 50 °C por 2 min, seguido de um aumento de 5°C min⁻¹ até atingir 180 °C, depois 10 °C min⁻¹ até 250 °C, quando foi mantida por 20 min. O gás hélio foi usado como gás de arraste. O efluente da coluna foi analisado com um detector DIC a 270 °C. Um microlitro do composto 16-hexadecanolactona foi adicionado como padrão interno (PI) a uma concentração final de 9,8 µg ml⁻¹. Dois microlitros de cada amostra foram injetados usando o modo *splitless*. As quantidades dos voláteis liberados pelas plantas de milho nos intervalos de 0-24, 24-48, 48-72 e 72-96 h foram calculadas em relação à área do PI. Os dados foram coletados com o software ChemStation (Agilent, Califórnia, EUA) e tratados com o Excel (Microsoft Corporation, 2013).

Para a identificação dos compostos voláteis, amostras de aeração selecionadas foram analisadas usando um CG-EM (Agilent 5975-MSD) equipado com um analisador quadrupolar e coluna DB-5MS não polar (30 m × 0,25 mm ID e espessura de filme de 0,25 µm; J&W Scientific, Folsom, CA, EUA). Injetor no modo *splitless*, e com hélio como gás de arraste. A ionização foi por impacto de elétrons (70 eV e temperatura da fonte a 230 °C), temperatura do injetor a 250 °C e temperatura do detector a 270 °C. Os dados foram coletados e analisados com o software GC-MS ChemStation 2.1 (Agilent, Califórnia, EUA). Os compostos foram identificados comparando o padrão de fragmentação dos espectros de massas com os bancos de

dados da biblioteca (NIST, 2008) e com os índices de retenção calculados dos dados obtidos da análise na coluna DB-5MS. A identificação dos compostos foi feita através da injeção de padrões autênticos obtidos de fornecedores comerciais ou por síntese química.

2.5 Bioensaios comportamentais

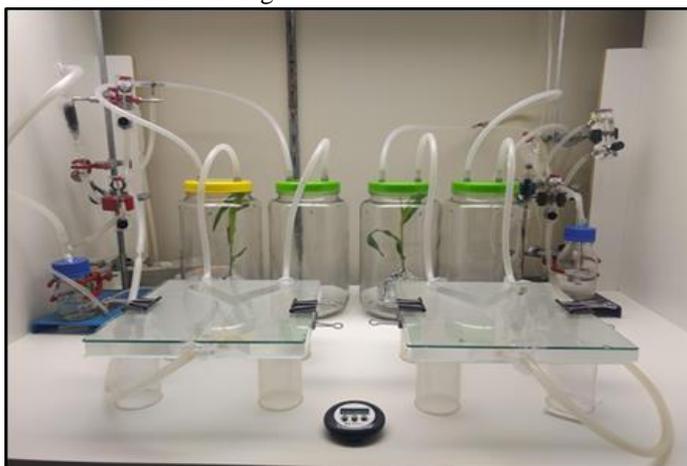
2.5.1 Resposta comportamental das fêmeas de *T. podisi* aos voláteis das plantas com e sem injúria de herbivoria de *D. melacanthus*

Para avaliar se a herbivoria de *D. melacanthus* afeta o comportamento de busca do inimigo natural *T. podisi*, foram realizados bioensaios de olfatométrica. Foram realizadas 40 repetições para as seguintes combinações de tratamentos: (1) voláteis de plantas de milho com injúria de *D. melacanthus* (em diferentes intervalos de herbivoria: 0-24, 24-48, 48-72 e 72-96 h) vs voláteis de plantas saudáveis; (2) voláteis de plantas de milho com injúria de *D. melacanthus* (em diferentes intervalos de herbivoria: 0-24, 24-48, 48-72 e 72-96 h) vs ar e (3) voláteis de plantas de milho saudáveis vs ar. As plantas foram infestadas com fêmeas adultas de *D. melacanthus* (dois insetos/planta) durante a manhã. Para evitar a fuga dos insetos, as plantas foram envolvidas por sacos plásticos de polietileno microperfurados até o momento de serem utilizadas nos experimentos. Para evitar possível sinalização química entre as plantas, os tratamentos com e sem injúria foram mantidos em salas diferentes sob as mesmas condições de temperatura, umidade e fotoperíodo (26 ± 1 ° C, $65 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotoperíodo 14 /10D).

Foram realizados bioensaios no olfatômetro em “Y” (Figura 2). A arena do olfatômetro consistia em uma placa de acrílico (19 cm × 19 cm) com perfuração em Y (corpo central de 8 cm, braços de 7 cm separados por um ângulo de 80° e 1,5 cm de largura). Esta placa foi fixada entre duas placas de vidro (19 cm × 19 cm). As placas de vidro e acrílico foram pressionadas juntas usando cliques de papel em ambos os lados (MORAES et al., 2008) (Figura 2). O ar umidificado e filtrado por carvão foi empurrado para o sistema a uma taxa de $0,6 \text{ L min}^{-1}$ e retirado a $0,2 \text{ L min}^{-1}$. O ar foi transportado para câmeras de vidro de 3,2 L por tubos de silicone. As plantas com e sem injúria, que foram as fontes de odor nos experimentos, foram inseridas dentro dessas câmeras de vidro (Figura 2). Antes dos bioensaios, os percevejos foram removidos das plantas. Depois de passar pelas câmeras de vidro, o ar foi transportado para os braços do olfatômetro através de tubos de silicone. Uma única fêmea de *T. podisi* foi introduzida na base do Y e observada por 600 s. A primeira escolha (definida como o braço do olfatômetro no qual o inseto entrou primeiro e permaneceu por pelo menos 30 s) e o tempo de residência (o

tempo total que o parasitoide permaneceu em cada braço) foram avaliados durante os bioensaios. A cada cinco repetições, as plantas foram substituídas e as posições dos braços do olfatômetro foram alteradas para evitar viés nas respostas dos parasitoides. Todos os bioensaios foram realizados entre as 10:00 e 15:00 h.

Figura 2. Sistema de bioensaios com o olfatômetro em “Y” utilizado no Laboratório de Semioquímicos - Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.



2.5.2 Resposta comportamental das fêmeas de *D. melacanthus* aos voláteis das plantas com e sem injúria de coespecíficos

Para avaliar se os voláteis emitidos pelas plantas com e sem injúria por *D. melacanthus* afetam o comportamento de busca de fêmeas coespecíficas, foram realizados bioensaios de olfatométrica. Foram realizadas 30 repetições para as seguintes combinações de tratamentos: (1) voláteis de plantas de milho com injúria por herbivoria de *D. melacanthus* (0-24, 24-48, 48-72 e 72-96 h) vs voláteis de plantas sadias; (2) voláteis de plantas de milho com injúria por herbivoria de *D. melacanthus* (0-24, 24-48, 48-72 e 72-96 h) vs ar e (3) voláteis de plantas de milho sadias vs ar.

Foram realizados bioensaios com olfatômetro em “Y” (semelhante à Figura 2), onde a arena do olfatômetro consistia em uma placa de acrílico (23 cm × 26 cm) com perfuração em Y (corpo central de 9 cm, braços de 10 cm separados por um ângulo de 80° e 2,8 cm de largura). Esta placa foi fixada entre duas placas de vidro (23 cm × 26 cm). As placas de vidro e acrílico foram pressionadas juntas usando cliques de papel em ambos os lados (Moraes et al., 2008). O ar umidificado e filtrado por carvão foi empurrado através do sistema a uma taxa de 0,8 L min⁻¹

¹ e retirado a 0,4 L min⁻¹. Com o mesmo sistema de entrada e saída já descrito nos bioensaios com o parasitoide. Antes dos bioensaios, os percevejos foram removidos das plantas. Uma única fêmea de *D. melacanthus* foi introduzida na base do Y e observada por 600 s. A primeira escolha e o tempo de residência foram avaliados durante os bioensaios. A cada cinco repetições, as plantas foram substituídas e as posições dos braços do olfatômetro foram alteradas para evitar viés nas respostas comportamentais. Todos os bioensaios foram realizados das 15:00 às 18:00 h.

2.7 Análises estatísticas

As quantidades totais e médias dos compostos voláteis liberados em cada tratamento ao longo do tempo foram comparadas usando Modelos Lineares Generalizados (MLG) e análise de deviança com distribuição Gama e função de ligação inversa. Quando as análises mostraram efeitos significativos entre os tratamentos, as médias foram comparadas usando análise de contraste com 95% de nível de confiança. Todas as análises foram realizadas usando o programa estatístico R 2.13.0 (R Development Core Team, 2009). Para avaliar a influência de todos os compostos nos tratamentos, a Análise de Componentes Principais (ACP) foi aplicada nos quatro intervalos avaliados (0-24, 24-48, 48-72 e 72-96 h) usando a matriz de variância e covariância no software PAST (v.3.10).

A primeira escolha de *D. melacanthus* e *T. podisi* para os voláteis de milho foi analisada usando MLG com distribuição Binomial e função de ligação Logit (regressão logística), com os testes de qui-quadrado e Wald. Já o tempo de residência foi calculado e submetido ao teste *t* pareado. Todas as análises foram realizadas usando o programa estatístico R 2.13.0 (R Development Core Team, 2009).

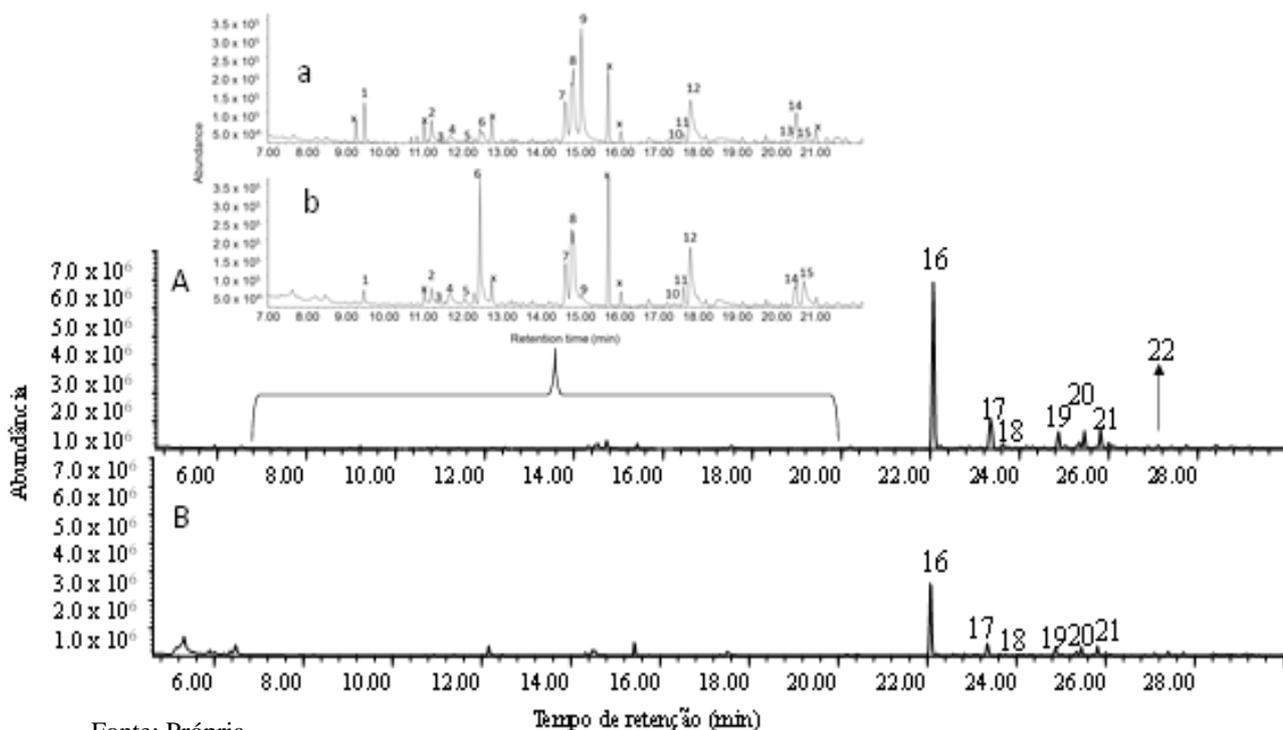
3. RESULTADOS

3.1 Análise química dos COVs

As análises químicas das amostras de aeração das plantas de milho submetidas aos diferentes tratamentos (com e sem herbivoria de *D. melacanthus*) mostraram que a injúria induziu a planta a produzir um perfil de COVs diferente quando comparado às plantas sem injúria de herbivoria (Tabela 1, Figura 3). Foram identificados 15 compostos orgânicos voláteis majoritários, sendo eles: β -mirceno, acetato de (*Z*)-3-hexenila, (*E*)-ocimeno, (*RS*)-linalol,

DMNT, salicilato de metila, ciclosativeno, indol, acetato de geranila, (*E*)- β -cariofileno, geranil acetona, (*E*)- β -farneseno, α -humuleno, δ -cadineno e TMTT (Figura 3).

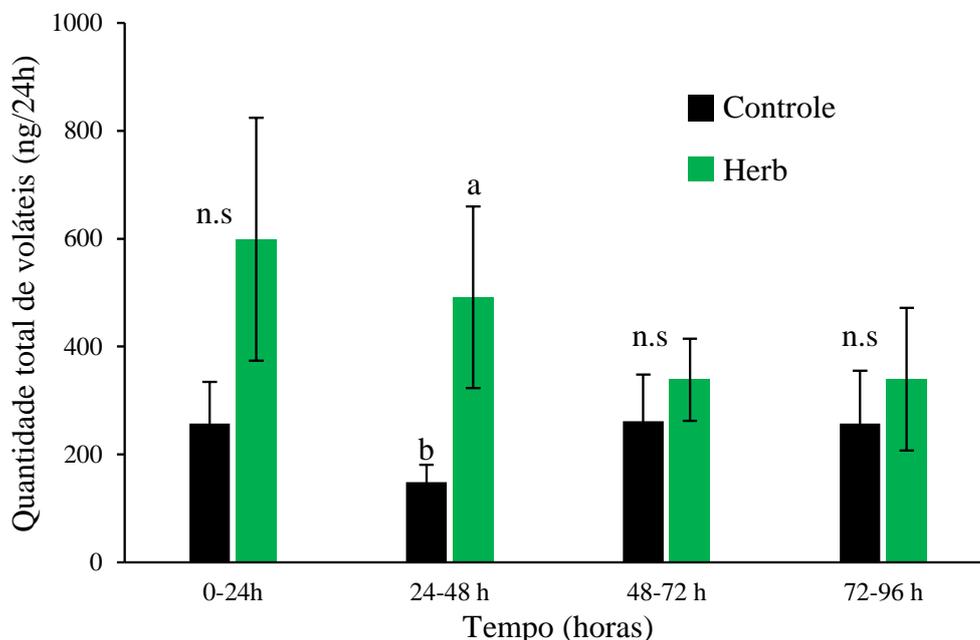
Figura 3. Perfil cromatográfico obtido do CG-EM com os principais compostos identificados nas amostras de aeração de plantas de milho. A. perfil cromatográfico das amostras com injúria de herbivoria de *Dichelops melacanthus* no intervalo de 24-48 h, B. perfil cromatográfico de amostras sem herbivoria. Os cromatogramas a e b mostram os mesmos tratamentos, respectivamente, mas com o eixo Y ampliado na região de 7 a 20 min do tempo de retenção. 1) α -pineno, 2) β -mirceno, 3) acetato de (*Z*)-3-hexenila, 4) octanal, 5) (*E*)-ocimeno, 6) limoneno, 7) (*RS*)-linalol, 8) nonanal, 9) DMNT, 10) salicilato de metila, 11) dodecano, 12) decanal, 13) indol, 14) tridecano, 15) undecanal, 16) ciclosativeno, 17) (*E*)- β -cariofileno, 18) acetato de geranila, 19) (*E*)- β -farneseno, 20) α -humuleno, 21) δ -cadineno, 22) TMTT.



Fonte: Própria.

Os voláteis totais liberados pelas plantas de milho diferiram entre os tratamentos no intervalo de 24-48 h após o início do tratamento ($X^2 = 33,731$; $gl = 1$; $p < 0,001$) (Figura 4). Quando se comparou a produção dos voláteis totais nos outros intervalos avaliados, não houve diferença significativa entre os tratamentos: 0-24 h ($X^2 = 1,849$; $gl = 1$; $p = 0,173$), 48-72 h ($X^2 = 0,590$; $gl = 1$; $p = 0,442$) e 72-96 h ($X^2 = 1,7306$; $gl = 1$; $p = 0,188$) (Figura 4).

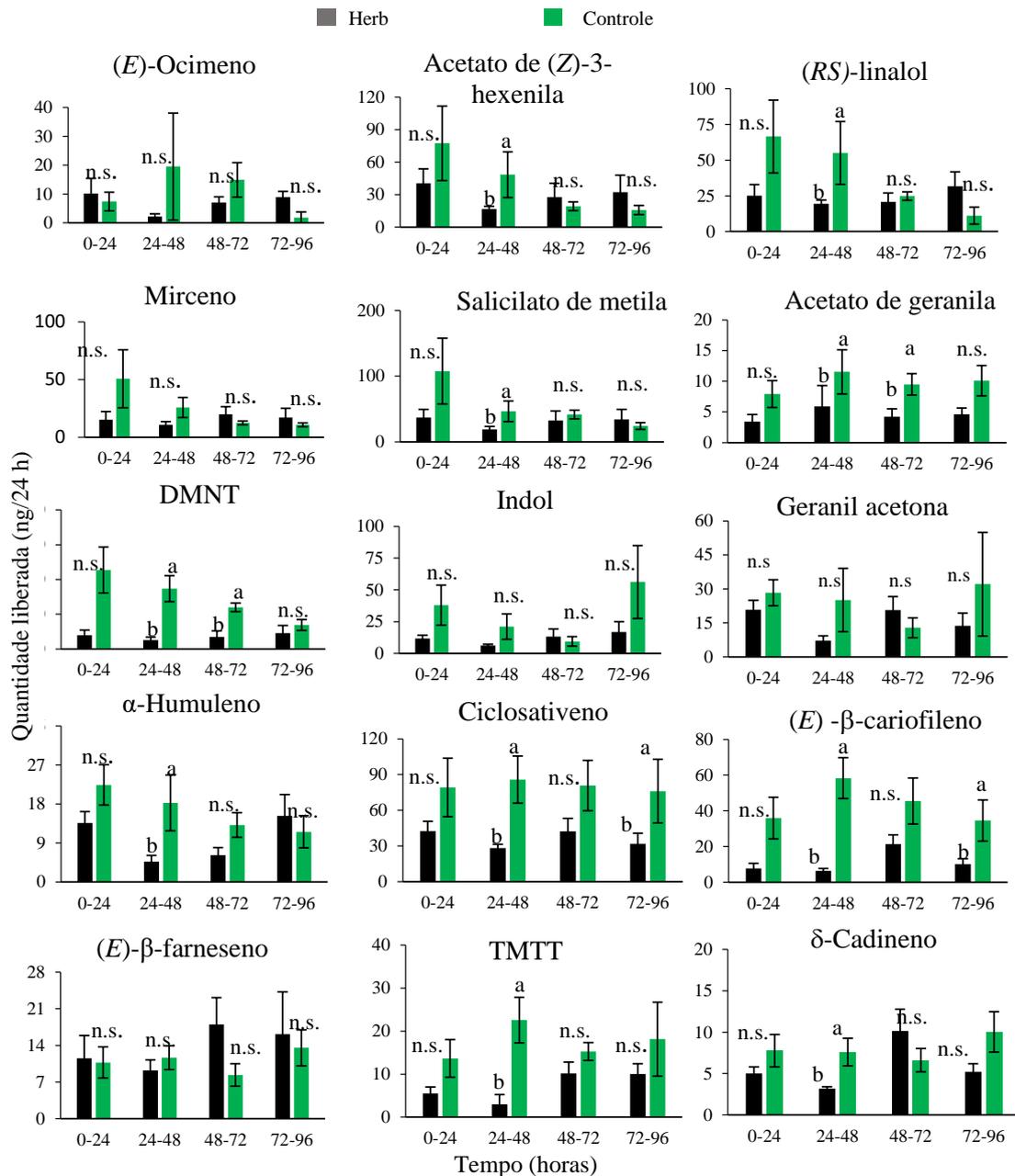
Figura 4. Voláteis totais liberados (média \pm EP) por plantas de milho com (Herb) e sem (Controle) herbivoria de *Dichelops melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada intervalo não diferiram significativamente entre si. Modelos Lineares Generalizados, seguidos das análises de deviança (ANODEV) e contraste com 95% de nível de confiança foram os testes estatísticos aplicados. ns= não significativo.



Fonte: Própria.

Quando se analisou os compostos individualmente em cada um dos períodos, não se observou diferença estatística na produção de nenhum dos compostos liberados pelas plantas no intervalo de 0-24 h, comparando os dois tratamentos, planta sem e com injúria de herbivoria (Tabela 1, Figura 5, estatística Anexo Tabela 1). No período de 24-48 h, observou-se que as plantas com injúria produziram maior quantidade dos seguintes COVs: acetato de (*Z*)-3-hexenila ($X^2= 4,325$, $gl= 1$, $p= 0,037$), (*RS*)-linalol ($X^2= 9,371$, $gl= 1$, $p= 0,002$), salicilato de metila ($X^2= 5,065$, $gl= 1$, $p= 0,024$), acetato de geranila ($X^2= 7,887$, $gl= 1$, $p= 0,049$), DMNT ($X^2= 8,073$, $gl= 1$, $p= 0,004$), ciclosativeno ($X^2= 19,775$, $gl= 1$, $p< 0,001$), α -humuleno ($X^2= 6,768$, $gl= 1$, $p= 0,009$), (*E*)- β -cariofileno ($X^2= 20,091$, $gl= 1$, $p< 0,001$), δ -cadineno ($X^2= 17,234$, $gl= 1$, $p< 0,001$), e TMTT ($X^2= 4,650$, $gl= 1$, $p= 0,031$) (Tabela 1, Figura 5, estatística Anexo Tabela 1). No período de 48-72 h os compostos DMNT ($X^2= 5,176$, $gl= 1$, $p= 0,022$) e acetato de geranila ($X^2= 4,218$, $gl= 1$, $p= 0,039$) foram produzidos em maior quantidade pelas plantas com injúria de herbivoria (Tabela 1, Figura 5, estatística Anexo Tabela 1) e no período de 72-96 h os compostos (*E*)- β -cariofileno ($X^2=32,907$; $gl= 1$, $p< 0,001$) e ciclosativeno ($X^2= 4,397$, $gl= 1$, $p= 0,035$) diferiram entre plantas com injúria de herbivoria e controle (Tabela 1, Figura 5, estatística anexo Tabela 1).

Figura 5. Quantidade de voláteis liberados (ng/24h) (média ± EP) por três plantas de milho submetidas a diferentes tratamentos. Ctrl: plantas sem injúria; Herb: Herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com Modelos Lineares Generalizados, seguida por análise de deviança (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.

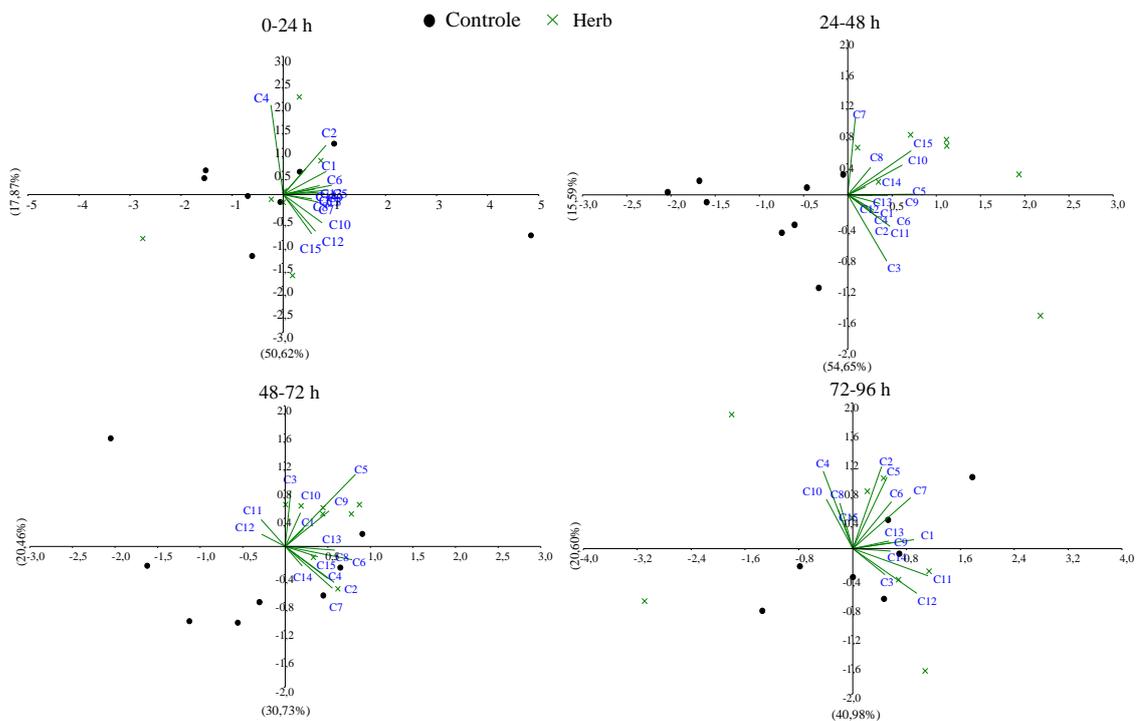


Fonte: Própria.

Os dados dos COVs de cada período analisado foram submetidos à ACP, que mostrou diferença no padrão de agrupamento das plantas de milho submetidas aos tratamentos com e sem herbivoria de *D. melacanthus* no período de 24-48 h após o início do tratamento. Nesse período, houve uma separação clara dos dois tratamentos; onde todos os compostos considerados na análise estão mais relacionados com o tratamento de herbivoria e as duas primeiras componentes da ACP explicaram 70% da variabilidade dos dados (Figura 6). No

período de 48-72 h, também há uma separação dos tratamentos, sendo DMNT (C5), acetato de geranila (C9) e (*E*)- β -cariofileno (C10) os principais compostos relacionados com essa separação. As duas componentes principais explicaram 51% da variabilidade dos dados (Figura 6). Nos outros períodos avaliados não ficou evidenciada a separação entre os tratamentos.

Figura 6. Análise de Componentes Principais indicando as diferenças na composição dos voláteis de plantas de milho nos tratamentos controle e herbivoria, ao longo de quatro dias consecutivos. Os símbolos representam os *scores* individuais para cada amostra. As linhas verdes representam os diferentes compostos presentes nas amostras e seu comprimento, a magnitude relativa da contribuição de cada composto para a diferenciação dos tratamentos. Ctrl: controle; Herb: Herbivoria de *Dichelops melacanthus*. A letra “C” acompanhada de números representa os compostos: β -mirceno (C1), acetato de (*Z*)-3-hexenila (C2), (*E*)-ocimeno (C3), (*RS*)-linalol (C4), DMNT (C5), salicilato de metila (C6), ciclosativeno (C7), indol (C8), acetato de geranila (C9), (*E*)- β -cariofileno (C10), geranyl acetona (C11), (*E*)- β -farneseno (C12), α -humuleno (C13), δ -cadinene (C14) e TMTT (C15).



Fonte: Própria.

3.2 Resposta comportamental das fêmeas de *Telenomus podisi* aos voláteis das plantas com e sem injúria de fêmeas de *Dichelops melacanthus*

O parasitoide de ovos *T. podisi* respondeu preferencialmente aos odores liberados pelas plantas submetidas à herbivoria ($X^2= 3,48$, $gl= 39$, $p= 0,04$) quando comparados com os odores

das plantas sadias (controle) para o intervalo de 24-48 h após o início do tratamento (Tabela 2, Figura 7). Da mesma forma, quando os odores liberados por plantas submetidas à herbivoria foram contrastados com o ar, para os tempos de 24-48 e 48-72 h, o parasitoide escolheu o braço contendo os voláteis da planta ($X^2= 4,68$, $gl= 39$, $p= 0,03$; $X^2= 6,03$, $gl= 39$, $p= 0,01$, respectivamente). Entretanto, não foi observada preferência para os odores nos outros tratamentos e nos demais horários de avaliação (Figura 7). Quando o tempo de residência foi analisado, o parasitoide *T. podisi* passou mais tempo no braço do olfatômetro com os voláteis de plantas com injúria de *D. melacanthus* do que no braço contendo ar para os tempos de 24-48 h ($t= 4,29$, $gl= 39$, $p= 0,0001$) e 48-72 h ($t= 2,64$, $gl= 39$, $p= 0,01$) após o início do tratamento; não havendo diferença entre os demais tratamentos e horários (Figura 8).

Tabela 1. Análise estatística dos dados de primeira escolha e tempo de residência para *Telenomus podisi* em bioensaios de olfatométrica em Y com voláteis de plantas de milho submetidas a diferentes tratamentos (plantas com herbivoria de *Dichelops melacanthus*, plantas de milho sadias e controle ar).

Contrastes	Resposta de <i>T. podisi</i>	
	Primeira escolha	Tempo de residência
Sadia vs Ar	$X^2= 0,09$, $p= 0,75$	$t= 0,03$, $p= 0,97$
Herbivoria vs Ar (0-24 h)	$X^2= 0,39$, $p= 0,52$	$t= -0,35$, $p= 0,72$
Herbivoria vs Ar (24-48 h)	$X^2= 4,68$, $p= 0,03$	$t= 4,29$, $p= 0,0001$
Herbivoria vs Ar (48-72 h)	$X^2= 6,03$, $p= 0,01$	$t= 2,64$, $p= 0,01$
Herbivoria vs Ar (72-96 h)	$X^2= 0,09$, $p= 0,75$	$t= 1,27$, $p= 0,21$
Sadia vs Herbivoria (0-24 h)	$X^2= 0,09$, $p= 0,75$	$t= -1,69$, $p= 0,09$
Sadia vs Herbivoria (24-48 h)	$X^2= 3,48$, $p= 0,04$	$t= 0,79$, $p= 0,43$
Sadia vs Herbivoria (48-72 h)	$X^2= 0,09$, $p= 0,75$	$t= -1,77$, $p= 0,08$
Sadia vs Herbivoria (72-96 h)	$X^2= 0,39$, $p= 0,52$	$t= 1,31$, $p= 0,19$

Figura 7. Resposta da primeira escolha de fêmeas de *Telenomus podisi* em olfatômetro em Y aos voláteis de plantas de milho com e sem herbivoria de *Dichelops melacanthus* (0-24, 24-48, 48-72 e 72-96 h). Números entre parenteses à esquerda representam os parasitoides que não responderam aos estímulos odoríferos.

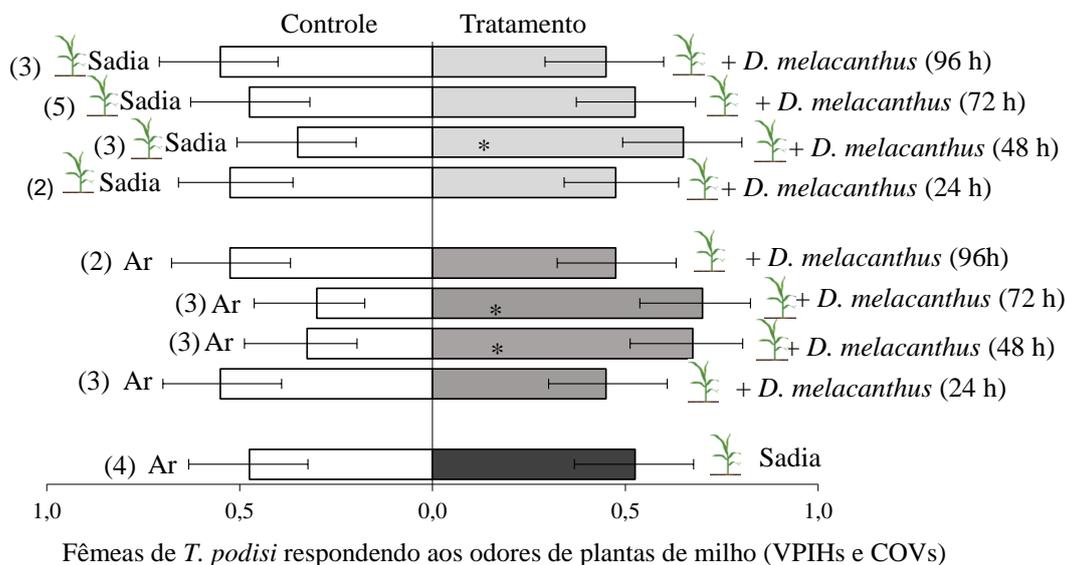
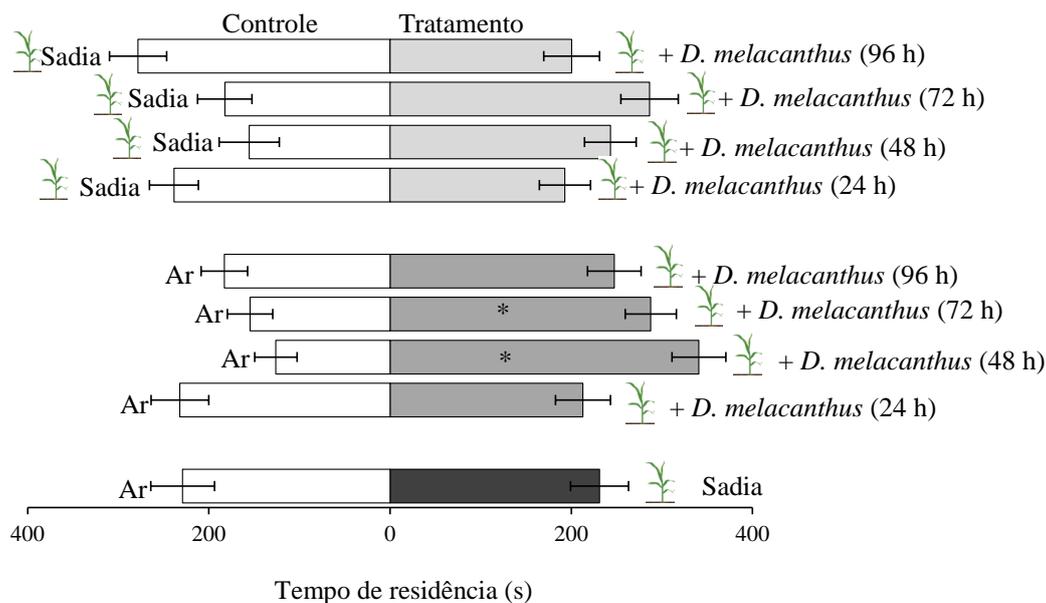


Figura 8. Tempo médio de residência, em segundos, de fêmeas de *Telenomus podisi* em olfatômetro em Y aos voláteis de plantas de milho com e sem herbivoria de *Dichelops melacanthus* (0-24, 24-48, 48-72 e 72-96 h).



Fonte: Própria.

3.3 Resposta comportamental das fêmeas de *D. melacanthus* aos voláteis das plantas com e sem injúria de herbivoria provocada por coespecíficos

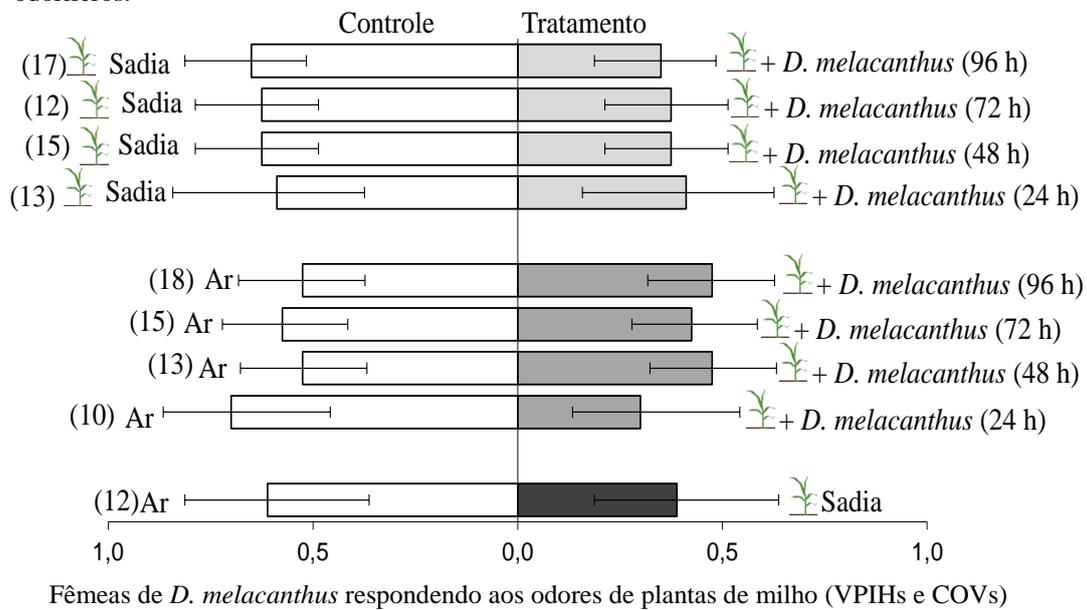
Não se constatou diferença significativa entre os tratamentos para a primeira escolha das fêmeas de *D. melacanthus* quando as plantas de milho foram submetidas à herbivoria de coespecíficos em relação às plantas sadias (controle), nem quando foram contrastadas plantas sadias ou com herbivoria vs ar (Tabela 3) (Figura 9) para todos os tempos avaliados. Mas, houve diferença significativa no tempo de residência das fêmeas de *D. melacanthus* nos braços do olfatômetro; estas preferiram os odores das plantas sadias (controle) quando comparadas com plantas submetidas à herbivoria por coespecíficos nos intervalos de 48-72 h ($t = 2,17, p = 0,03$) e 72-96 h ($t = 2,47, p = 0,01$) (Figura 10, Tabela 3). Da mesma forma, foi observada diferença significativa no tempo de residência quando foi contrastado o ar vs odores de plantas submetidas à herbivoria por coespecíficos em 0-24 h do início do tratamento ($t = -2,55, p = 0,01$) (Figura 10, Tabela 3).

Tabela 2. Análise estatística dos dados de primeira escolha e tempo de residência para *Dichelops melacanthus* em bioensaios de olfatométrica em Y aos voláteis de plantas de milho submetidas a diferentes tratamentos (plantas com herbivoria de coespecíficos, plantas de milho sadias e controle de ar).

Contrastes	Resposta de <i>D. melacanthus</i>	
	Primeira escolha	Tempo de residência
Sadia vs Ar	$\chi^2 = 0,87, p = 0,34$	$t = 0,03, p = 0,97$

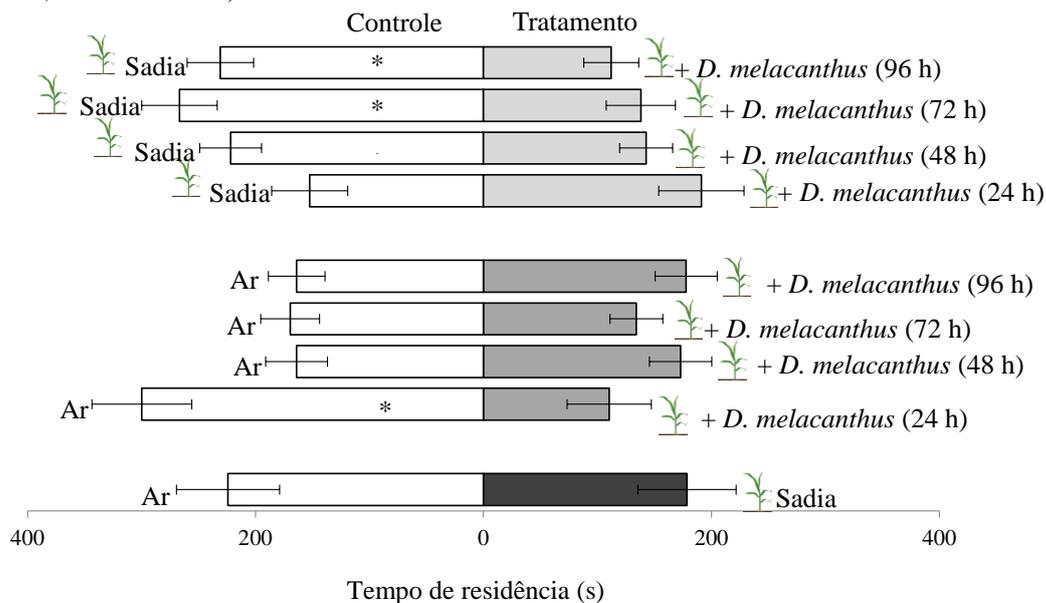
Herbivoria vs Ar (0-24 h)	$\chi^2 = 3,01, p = 0,08$	$t = -2,55, p = 0,01$
Herbivoria vs Ar (24-48 h)	$\chi^2 = 0,09, p = 0,75$	$t = 0,18, p = 0,85$
Herbivoria vs Ar (48-72 h)	$\chi^2 = 0,89, p = 0,34$	$t = -0,81, p = 0,41$
Herbivoria vs Ar (72-96 h)	$\chi^2 = 0,09, p = 0,75$	$t = 0,30, p = 0,76$
Sadia vs Herbivoria (0-24 h)	$\chi^2 = 0,52, p = 0,46$	$t = -0,59, p = 0,55$
Sadia vs Herbivoria (24-48 h)	$\chi^2 = 2,44, p = 0,11$	$t = 1,70, p = 0,09$
Sadia vs Herbivoria (48-72 h)	$\chi^2 = 2,44, p = 0,11$	$t = 2,17, p = 0,03$
Sadia vs Herbivoria (72-96 h)	$\chi^2 = 3,48, p = 0,06$	$t = 2,47, p = 0,01$

Figura 9. Resposta da primeira escolha de fêmeas de *Dichelops melacanthus* em olfatômetro em Y aos odores das plantas de milho com e sem herbivoria de coespecíficos (0-24, 24-48, 48-72 e 72-96 h). Números entre parentes representam os insetos que não responderam aos estímulos odoríferos.



Fonte: Própria.

Figura 10. Tempo médio de residência, em segundos, de fêmeas de *Dichelops melacanthus* em olfatômetro em Y aos odores das plantas de milho com e sem herbivoria de coespecíficos (0-24, 24-48, 48-72 e 72-96 h).



Fonte: Própria.

4 DISCUSSÃO

A herbivoria de *D. melacanthus* em plantas de milho do genótipo “Sintético Spodoptera” induziu maior produção de VPIHs no período de 24-48 h após o início do tratamento, promovendo maior atratividade ao parasitoide de ovos *T. podisi* nesse mesmo período, o que indica que estes voláteis estão envolvidos na defesa indireta. O tempo de resposta da planta ao sofrer a injúria de herbivoria pode variar de acordo com a espécie, tanto da planta quanto do herbívoro que a ataca. Insetos mastigadores, como a lagarta *Spodoptera frugiperda*, que provocam injúrias severas aos tecidos vegetais, podem induzir reações mais intensas e rápidas nas plantas do que herbívoros sugadores. Michereff et al. (2019) avaliaram a resposta de plantas de milho, do mesmo genótipo utilizado neste trabalho, à injúria de *S. frugiperda* e verificaram que a resposta se inicia após 6 h do início do tratamento, demonstrando assim que o tipo de injúria afeta diretamente na produção dos compostos voláteis. O tempo de resposta de liberação dos VPIHs de insetos sugadores foi registrada por Ulhoa et al. (2020), onde constataram que a produção dos voláteis de plantas de arroz induzidos pela herbivoria do percevejo *Glypshomys spinosa* é significativamente maior no período de 24-48 h após o início do tratamento, corroborando com o resultado encontrado nesta pesquisa. No entanto, a liberação dos voláteis em maior quantidade pelas plantas de arroz com injúria do percevejo se manteve até 120 h após o início da herbivoria. As plantas de milho podem fornecer principalmente água para *D. melacanthus*, e isso pode ajudar a manter a concentração de nutrientes dos insetos em um

equilíbrio adequado (PANIZZI; LUCINI, 2019), o que pode ocasionar uma frequência de injúria alimentar menor e, conseqüentemente, uma menor resposta das plantas à injúria de herbivoria. Os compostos químicos liberados após a injúria podem estar relacionados com o tempo gasto pelos insetos que se alimentam das plantas ou com o volume da produção de saliva (MORAES et al., 2005).

A composição química da mistura de COVs foi semelhante à encontrada no mesmo genótipo quando submetido à herbivoria de *S. frugiperda*, mas algumas diferenças qualitativas e quantitativas foram observadas (MICHEREFF et al., 2019). Por exemplo, os compostos (Z)-3-hexen-1-ol, (E)-2-hexenal e benzoato de metila não foram detectados nas plantas com injúria do *D. melacanthus*. Os principais compostos majoritários induzidos pela herbivoria do percevejo foram o sesquiterpeno ciclosativeno e o homoterpeno DMNT, enquanto os VPIHs induzidos pela lagarta foram (RS)-linalol, DMNT e o VFV acetato de (Z)-3-hexenila. Da mesma forma para a cultivar Delprim, quando tratada com o regurgitado da lagarta *S. littoralis*, encontrou-se um perfil químico semelhante ao encontrado nesta pesquisa, mas também foi observada diferença quantitativa para o composto indol (ERB et al., 2015). No geral, a quantidade total dos voláteis liberados pelas plantas com injúria de herbivoria do percevejo *D. melacanthus* no período de 0-24 h (600 ng/24 h) foi três vezes menor que a quantidade relatada por Michereff et al. (2019) para plantas com injúria de *S. frugiperda*. As diferenças no perfil químico podem estar relacionadas às características genéticas de cada genótipo, mas também pode ser devido à resposta específica da planta à espécie e à guilda alimentar do herbívoro que a ataca. Além disso, a especificidade de cada mistura de COVs pode fornecer informações químicas importantes para os parasitoides e os predadores na busca de seus hospedeiros na planta danificada.

Dos quatro períodos avaliados, *T. podisi* foi capaz de reconhecer os VPIHs liberados por plantas de milho com injúria de herbivoria de *D. melacanthus* após 24-48 h do início do tratamento, quando houve uma maior quantidade liberada dos compostos acetato de (Z)-3-hexenila, (RS)-linalol, salicilato de metila, acetato de gerenila, DMNT, TMTT, ciclosativeno, α -humuleno, (E)- β -cariofileno e δ -cadineno. Outros estudos conduzidos com insetos sugadores em outras espécies de plantas, como soja, também mostraram que as plantas demoram pelo menos 72 h para começar a ter sua defesa indireta induzida (MICHEREFF et al., 2011). De maneira similar, o parasitoide *T. podisi* mostrou preferência pelos voláteis emitidos por plantas de girassol e milho que sofreram injúrias alimentares provocadas pelo percevejo *Euschistus heros* a partir de 24-48 horas do início do tratamento de herbivoria (DIAS et al., 2016).

É importante considerar que *T. podisi* é um parasitoide generalista (CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI, 1995), parasitando ovos de diferentes espécies, como *E. heros*, *D. melacanthus* e *Tibraca limbativentris* (PACHECO et al., 2000; LAUMANN et al., 2010; IDALGO et al., 2013). Os parasitoides de ovos generalistas parecem responder de maneira inata aos VPIHs, enquanto os especialistas parecem confiar mais na aprendizagem associativa (PEÑAFLORES et al., 2011). Isso sugere que *T. podisi* é capaz de reconhecer pistas químicas liberadas pelas plantas ao sofrerem a injúria de herbivoria, indicando a presença do hospedeiro na planta, e a informação pode estar na mistura de voláteis totais liberados pela planta contrastada ao “background” (voláteis do micro ambiente da planta), mais do que em voláteis individuais ou específicos.

Os VPIHs são pistas importantes para o comportamento de forrageamento dos parasitoides em diversos sistemas agrícolas, como relatado anteriormente. No entanto, a possibilidade do uso de estratégias que envolvem informações químicas pode ser limitada pelo efeito na atratividade da planta para insetos herbívoros, visto que os voláteis que atuam na atração de inimigos naturais também podem atrair mais herbívoros (CORTESE et al., 2000). Os resultados obtidos neste capítulo mostraram que *D. melacanthus* não utiliza os VPIHs de coespecíficos como pistas para distinguir entre plantas com e sem a presença de coespecíficos. Tampouco responde preferencialmente à planta sadia comparado ao ar, sugerindo que esta espécie não usa os voláteis das plantas de milho para localizar sua planta hospedeira. A justificativa para esse comportamento talvez esteja no fato de que o percevejo já se encontra na área, abrigado na palhada, visto que o plantio de milho se dá logo após a colheita da soja, portanto, o percevejo não precisa despender energia para localizar um novo hospedeiro. Em outros sistemas estudados, já foram relatados que alguns percevejos não diferenciam voláteis de plantas sadias ou injuriadas por herbívoros. O percevejo *E. heros* não respondeu a preferência aos odores de soja sadia ou com injúria, mas respondeu aos voláteis das plantas de soja sadias quando contrastadas com o ar (MICHEREFF 2011). Já os percevejos *T. limbativentris* e *G. spinosa* preferem os voláteis constitutivos das plantas de arroz quando comparados com os voláteis das plantas atacadas por coespecíficos (ULHOA et al. 2020). O comportamento observado nos diferentes sistemas pode estar relacionado com a coadaptação entre plantas e insetos. *E. heros* e os percevejos-do-arroz atacam essas plantas preferencialmente e vem sendo relatados há pelo menos 30 anos, o que permitiu que os insetos aprendessem a reconhecer os voláteis emitidos pelas plantas. No caso de *D. melacanthus*, não há a especificidade do percevejo com o milho, o que pode explicar a falta de resposta aos voláteis constitutivos e induzido pela herbivoria.

5 CONCLUSÕES

As plantas de milho do genótipo “Sintético Spodoptera” apresentam perfil de COVs quantitativamente diferente quando submetidas à herbivoria de *D. melacanthus*, comparado com plantas sadias. O parasitoide *T. podisi* distingue e responde aos VPIHs de plantas de milho no período de 24-48 h após início do estresse por herbivoria do percevejo. O percevejo *D. melacanthus* não utiliza os compostos voláteis das plantas de milho com e sem injúria de coespecíficos para a localização de seu hospedeiro.

ANEXO- CAPÍTULO I

Tabela 1. Análise estatística dos compostos orgânicos voláteis liberados por três plantas de milho com injúria de *Dichelops melacanthus* comparados aos voláteis de plantas saudas nos intervalos de 0-24, 24-48, 48-72 e 72-96 h. Análise estatística utilizada foi Modelos Lineares Generalizados, seguida pelas análises de deviança (ANODEV) e contraste com 95% de nível de confiança.

Compostos	Contraste (Controle vs Herbivoria)			
	Tempo de coleta (h)			
	0-24	24-48	48-72	72-96
1. Mirceno	$X^2 = 0,222, p=0,636$	$X^2 = 2,869, p= 0,090$	$X^2 = 0,026, p=0,871$	$X^2 = 0,804, p=0,369$
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2 = 1,430, p=0,231$	$X^2 = 4,325, p=0,037$	$X^2 = 0,028, p=0,866$	$X^2 = 1,269, p=0,259$
3. (E)-Ocimeno	$X^2 = 1,150, p=0,283$	$X^2 = 2,076, p=0,149$	$X^2 = 0,910, p=0,340$	$X^2 = 2,797, p=0,094$
4. (RS)-Linalol	$X^2 = 0,003, p = 0,953$	$X^2 = 9,371, p=0,002$	$X^2 = 1,292, p=0,255$	$X^2 = 1,680, p=0,194$
5. DMNT	$X^2 = 1,084, p=0,297$	$X^2 = 8,073, p=0,004$	$X^2 = 5,176, p=0,022$	$X^2 = 1,138, p=0,285$
6. Salicilato de metila	$X^2 = 0,221, p=0,637$	$X^2 = 5,065, p=0,024$	$X^2 = 1,660, p=0,197$	$X^2 = 0,462, p=0,496$
7. Indol	$X^2 = 0,116, p=0,733$	$X^2 = 1,814, p=0,177$	$X^2 = 0,130, p=0,718$	$X^2 = 0,727, p=0,393$
8. Ciclosativeno	$X^2 = 1,901, p=0,168$	$X^2 = 19,775, p<0,001$	$X^2 = 2,625, p=0,105$	$X^2 = 4,397, p=0,035$
9. Acetato de geranila	$X^2 = 0,001, p=0,971$	$X^2 = 7,887, p=0,049$	$X^2 = 4,218, p=0,039$	$X^2 = 0,028, p=0,866$
10. (E)- β -Cariofileno	$X^2 = 0,124, p=0,724$	$X^2 = 20,091, p<0,001$	$X^2 = 3,169, p=0,075$	$X^2 = 12,666, p<0,001$
11. Geranilacetona	$X^2 = 1,387, p= 0,238$	$X^2 = 1,762, p=0,184$	$X^2 = 1,302, p=0,253$	$X^2 = 0,011, p=0,914$
12. (E)- β -farneseno	$X^2 = 3,038, p=0,081$	$X^2 = 0,914, p=0,339$	$X^2 = 3,227, p=0,072$	$X^2 = 0,130, p=0,717$
13. α -Humuleno	$X^2 = 0,905, p=0,341$	$X^2 = 6,768, p=0,009$	$X^2 = 1,963, p=0,161$	$X^2 = 1,889, p=0,169$
14. δ -Cadineno	$X^2 = 1,878, p=0,170$	$X^2 = 17,234, p<0,001$	$X^2 = 1,478, p=0,224$	$X^2 = 0,002, p=0,960$
15. TMTT	$X^2 = 0,202, p=0,652$	$X^2 = 4,650, p=0,031$	$X^2 = 2,586, p=0,068$	$X^2 = 3,559, p=0,059$

CAPÍTULO II

Resposta de plantas de milho expostas a semioquímicos voláteis e sua influência sobre o comportamento do percevejo *Dichelops melacanthus* (Hemiptera: Pentatomidae) e do parasitoide de ovos *Telenomus podisi* Hymenoptera: Platygastriidae)

RESUMO: Voláteis de plantas induzidos por herbivoria (VPIHs) podem ser utilizados em diferentes estratégias para proteção contra herbívoros, como por exemplo, no uso de liberadores para atrair inimigos naturais ou induzir a defesa de plantas. O objetivo deste capítulo foi investigar a resposta de plantas de milho a compostos voláteis sintéticos. Para isto, foi avaliada a influência dos VPIHs no perfil químico dos voláteis produzidos por plantas saudáveis e com injúria de herbivoria do percevejo *Dichelops melacanthus* e a influência dos voláteis de plantas expostas e não expostas aos semioquímicos sintéticos na resposta comportamental de *D. melacanthus* e seu inimigo natural, *Telenomus podisi*. A produção dos compostos voláteis do genótipo “Sintético Spodoptera” foi avaliada quando exposto aos seguintes VPIHs: (*RS*)-linalol, (*E*)- β -farneseno, (*E*)- β -cariofileno, acetato de (*E*)-2-hexenila, acetato de (*Z*)-3-hexenila, (*E*)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno (DMNT), (*E,E*)-4,8,12-trimetil-1-,3,7,11-tridecatetraeno (TMTT) e indol. As plantas saudáveis foram expostas a estes compostos por 24 h. Em seguida, foram submetidas ou não à herbivoria do percevejo *D. melacanthus*. Os voláteis das plantas submetidas aos tratamentos foram coletados pela técnica de aeração nos períodos de 24-48, 48-72 e 72-96 h após a exposição aos compostos sintéticos. As amostras de voláteis coletados na aeração foram analisadas por CG-DIC e CG-EM para quantificação e identificação dos compostos presentes nas amostras. Com base nos resultados obtidos das análises químicas das plantas submetidas aos diferentes tratamentos, dois compostos foram selecionados: (*RS*)-linalol e (*E*)- β -farneseno. As plantas foram expostas a esses compostos e utilizadas em bioensaios comportamentais para avaliar se os voláteis emitidos por plantas tratadas ou não com herbivoria de *D. melacanthus* afetam o comportamento de busca de *T. podisi* e de fêmeas coespecíficas. Plantas de milho apresentaram um perfil de voláteis quantitativamente diferente ao serem expostas aos voláteis sintéticos. Os compostos sintéticos (*RS*)-linalol e (*E*)- β -cariofileno induziram um aumento na produção de voláteis após as plantas sofrerem dano de herbivoria de *D. melacanthus*, o que indica que esses compostos induzem o estado de alerta. O tratamento exógeno com os compostos selecionados altera o perfil químico, mas não aumenta a defesa indireta das plantas contra o herbívoro *D. melacanthus*, uma vez que os parasitoides não foram atraídos pelos voláteis de plantas expostas a estes compostos. No entanto, o tratamento exógeno de semioquímicos pode resultar em uma menor atração dos percevejos, uma vez que estes tiveram sua resposta modificada quando expostos aos odores de milho tratado com (*E*)- β -farneseno.

PALAVRAS-CHAVE: defesa indireta, percevejo, voláteis de plantas, *Zea mays*.

ABSTRACT: Herbivore-induced plant volatiles (VPIHs) can be used in different strategies to protect plants against herbivores, such as in slow releasers to attract natural enemies or to induce plant defense. The aim of this chapter was to investigate the response of maize plants to synthetic volatile compounds. To this end, the influence of synthetic VPIHs on the chemical profile of volatiles produced by undamaged plants and herbivore-damaged plants from the stink bug *Dichelops melacanthus* was evaluated. The influence of exposed and unexposed plants to synthetic volatiles on the behavioral response of *D. melacanthus* and its natural enemy *Telenomus podisi* was also evaluated. The production of volatile compounds from maize plants (genotype Sintetico Spodoptera) was evaluated when exposed to the following synthetic

VPIHs: (*RS*)-linalool, (*E*)- β -farnesene, (*E*)- β -caryophyllene, (*E*)-2-hexenyl acetate, (*Z*)-3-hexenyl acetate, (*E*)-4,8-dimethyl-1,3,7-nonatriene (DMNT), (*E,E*)-4,8,12-trimethyl-1,3,7,11-tridecatetraene (TMTT), and indole. Undamaged plants were exposed to these volatiles for 24 h. Then they were submitted or not to the herbivory of the stink bug *D. melacanthus*. The volatiles of the plants submitted to the treatments were collected by air-entrainment in the intervals of 24-48, 48-72, and 72-96 h after the exposure to the volatiles, over three consecutive days. The air-entrainment samples were analyzed by CG-FID and CG-MS for compound quantification and identification. Based on the results obtained from the chemical analyses, two compounds were selected: (*RS*)-linalool and (*E*)- β -farnesene. Maize plants were exposed to these compounds individually and used in behavioral bioassays to evaluate whether the volatiles emitted by plants exposed to them and treated or not with *D. melacanthus* herbivory affect the foraging behavior of *T. podisi* and co-specific females. Maize plants showed a quantitatively different volatile profile when exposed to synthetic volatiles. The synthetic compounds (*RS*)-linalool and (*E*)- β -caryophyllene induced an increase in the production of volatiles after plants suffered a second stress, the herbivory damage of *D. melacanthus*, which indicates that these compounds induced a priming state on plants. The results indicated that the exogenous treatment of maize plants with the selected compounds alter their chemical profile, but it does not seem to improve the indirect defense of the plants against the herbivore *D. melacanthus*, since the parasitoids were not attracted to the volatile blend emitted by plants exposed to these compounds. However, it could result in a lesser attraction of stink bugs, since they had their response altered when exposed to the odors of maize treated with (*E*)- β -farnesene.

KEYWORDS: indirect defense, plant volatiles, stink bug, *Zea mays*.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o estudo de tecnologias que utilizam a comunicação química como aliada no manejo de pragas tem recebido bastante atenção, principalmente, nas pesquisas envolvendo sinais voláteis que medeiam as interações tritróficas (MAUCH-MANI et al., 2017; TURLINGS; ERB, 2018). As plantas resistem aos ataques de micro-organismos e insetos através de defesas constitutivas, que são expressas de forma contínua e independentemente de uma situação de estresse, e induzidas, que incluem mecanismos defensivos que são ativados após um evento de estresse. As plantas apresentam diferentes sistemas de defesa induzida, como a ativação direta da resposta de defesa, na qual podem aumentar a produção de metabólitos secundários, como a defesa “priming” ou estado de alerta, onde não há mudanças fenotípicas, mas ocorre a ativação da defesa a nível molecular utilizando genes e enzimas envolvidas com o sistema de defesa (BORGES et al., 2014; HILKER et al., 2016).

O estado de “priming” se refere a um mecanismo pelo qual as plantas são sensibilizadas para responder mais rapidamente e/ou mais fortemente a um estresse futuro (ENGELBERTH et al., 2004; CONRATH et al., 2006). A ativação desse estado de alerta pode ocorrer através de diversos fatores, tais como: infecção por patógenos, ataque de herbívoros, colonização de raízes

por microrganismos benéficos, sinais abióticos, bem como pela percepção de compostos orgânicos voláteis (COVs) (CONRATH et al., 2006; HILKER et al., 2015). Quando as plantas vizinhas saudáveis são expostas a voláteis de plantas induzidos por herbivoria (VPIHs), podem exibir indução direta de respostas de defesa (FARAG; PARÉ, 2002; KOST; HEIL, 2006) ou entrarem em estado de alerta. Assim, ao sofrerem um ataque subsequente, podem responder de forma mais rápida e mais eficiente quando comparado a plantas que não foram previamente expostas ao primeiro estímulo (ENGELBERTH et al., 2004; ERB et al., 2015; YE et al., 2018). O estado de alerta é uma forma de defesa induzida com menor custo energético, sendo uma vantagem para as plantas que são capazes de responder aos diferentes tipos de estresse nesta modalidade de defesa (VAN HULTEN et al., 2006). O benefício das defesas induzidas para as plantas depende da frequência dos ataques. Plantas com menor histórico de ataque podem ter as defesas induzidas como principal sistema de proteção. Já plantas com alta incidência de ataques de herbívoros tendem a apresentar maior nível de defesas constitutivas. Devido à intensificação no seu cultivo, o milho vem sendo cada vez mais pressionado por ataque de diferentes herbívoros, o que ao longo do tempo pode ocasionar mudanças evolutivas no seu sistema de defesa.

Os VPIHs liberados por plantas de milho consistem principalmente em terpenoides, voláteis de folhas verdes (VFVs), compostos aromáticos e derivados de aminoácidos (CLAVIJO et al., 2012). Estes têm sido relatados na literatura como possíveis estímulos para ativarem o estado de alerta nas plantas (ERB et al., 2015; HEIL et al., 2008). Foi demonstrado que o composto aromático indol, quando aplicado de maneira exógena, induz o estado de alerta em plantas vizinhas. Essas plantas ao entrarem em contato com estes voláteis e quando sujeitas a um estresse subsequente, respondem mais rápido e mais intensamente, liberando uma série de compostos de origem terpênica como os mono-, homo- e sesquiterpenos (linalol, (*E*)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno (DMNT), (*E*)- α -bergamoteno e (*E*)- β -farneseno) (ERB et al., 2015). Esses compostos voláteis podem agir na defesa indireta das plantas atraindo inimigos naturais dos herbívoros. Além do indol, outros compostos voláteis, como os VFVs (*Z*)-3-hexenal, (*Z*)-3-hexen-1-ol e acetato de (*Z*)-3-hexenila, são capazes de induzir a produção de sesquiterpenos e ácido jasmônico em plantas de milho (ENGELBERTH et al., 2004). Assim, o estado de alerta prepara as plantas contra a herbivoria iminente, aumentando as respostas de defesas químicas induzíveis desencadeadas durante o ataque. Logo, os semioquímicos de plantas desempenham um papel fundamental na sinalização planta-planta e nas interações planta-inseto (ENGELBERTH et al., 2004). Diferentes estudos mostram que o fitohormônio *cis*-jasmona, quando aplicado de forma exógena em plantas de soja, pode induzir a defesa indireta e o estado

de alerta (MORAES et al., 2008; VIEIRA et al., 2013; OLUWAFEMI et al., 2013). Em laboratório, plantas de soja tratadas com uma solução aquosa de *cis*-jasmona tiveram a defesa indireta induzida, atraindo inimigos naturais, como o parasitoide de ovos *Telenomus podisi* (MORAES et al., 2008). Estudos de campo também mostraram que parcelas de plantas de soja tratadas com *cis*-jasmona atraíram um maior número de inimigos naturais do que as parcelas não tratadas (VIEIRA et al., 2013). Oluwafemi et al. (2013) mostraram que plantas de milho expostas ao *cis*-jasmona tiveram seu estado de alerta ativado e, depois de um segundo estresse, a produção de voláteis sofreu um aumento. Além disso, a resposta foi mais rápida comparada às plantas que não foram previamente expostas ao *cis*-jasmona.

Os VPIHs variam qualitativa e quantitativamente de acordo com a espécie da planta (KAPPERS et al., 2010; RASMANN et al., 2014). A quantidade de voláteis emitida por plantas com ou sem injúria está negativamente correlacionada com o nível de defesa constitutiva. No feijão-de-lima, *Phaseolus lunatus*, por exemplo, cultivares com alto nível de defesa constitutiva apresentaram menor nível de defesa induzida e, assim, liberaram menores quantidades de voláteis induzidos (BALLHORN et al., 2008). A quantidade liberada de VPIHs é importante, pois uma menor liberação desses compostos pode não fornecer pistas detectáveis para plantas vizinhas ou para os inimigos naturais. Com isso, existe uma vantagem na manipulação dos semioquímicos que induzam respostas sob demanda ao invés de utilizar a resistência constitutiva, visto que há uma possível economia de custos diretos (alocação de recursos) ou indiretos (interações mutualísticas comprometidas) associados à produção de defesas quando os herbívoros estão ausentes (KESSLER; BALDWIN 2002).

A manipulação de sinais químicos pode impactar as comunidades ecológicas e têm sido usadas para o controle biológico em uma ampla variedade de sistemas (PEÑAFLORES; BENTO, 2013). Por exemplo, armadilhas adesivas contendo misturas sintéticas de VPIHs em pomares de uva *Vitis vinifera* atraem diferencialmente crisopídeos (bicho-lixeiro), sirfídeos e parasitoides (LUCCHI et al., 2017). Outro exemplo de sucesso de manejo de pragas baseado no uso de semioquímicos de plantas é o “push-pull” (repele-atrai) desenvolvido na África subsaariana e adotado por dezenas de milhares de produtores de milho, usando uma combinação de plantas que agem na atração de inimigos naturais e na repelência das pragas (PICKETT et al., 2014). Nesse sistema, a planta forrageira *Melinis minutiflora*, que é cultivada em consórcio, entre as linhas do milho, proporciona um 'empurrão' repelindo lepidópteros, incluindo *Busseola fusca* e *Chilo partellus*, e atraindo inimigos naturais. Essas plantas liberam o homoterpeno DMNT, que é o principal responsável pela defesa do milho nesse sistema. Os estudos mostraram que esse composto favorece o parasitismo significativamente mais alto por *Cotesia*

sesamiae. E por último, ainda foi utilizada na bordadura do cultivo principal uma planta-armadilha para a atração dos herbívoros, as gramíneas forrageiras *Pennisetum purpureum* e *Sorghum vulgare* var. sudanense. Essas plantas atraem as mariposas pela liberação de altas concentrações de sinais voláteis contendo (Z)-3-hexen-1-ol (PICKETT et al., 2014).

Nos últimos anos, vários estudos estão avaliando a viabilidade do uso de semioquímicos voláteis para o manejo de insetos herbívoros e inimigos naturais, visando o aumento da resistência das plantas às pragas. Esses voláteis são produzidos naturalmente e, no geral, não são tóxicos quando aplicados nas mesmas quantidades produzidas pelas plantas e não deixam resíduos na natureza, sendo um campo promissor para o desenvolvimento de novas ferramentas para o manejo de pragas. O grande desafio é intensificar a produção sustentável dos sistemas agrícolas, o que demanda a criação e a otimização de ferramentas de proteção de plantas cultivadas. Isso inclui a busca pela redução de custos de produção e do uso de inseticidas, o uso de sementes de melhor qualidade, além da preocupação em produzir tecnologias menos agressivas ao meio ambiente e à saúde humana. Nesse contexto, a mediação de metabólitos secundários voláteis na sinalização entre plantas e outros organismos através da ecologia química, representa uma oportunidade para proteção das culturas de maneira mais sustentável utilizando plantas capazes de reconhecer VPIHs para detectar vizinhos atacados por herbívoros e preparar suas defesas antecipadamente.

Diante do exposto, o objetivo deste capítulo foi investigar a resposta de plantas de milho a compostos voláteis sintéticos. Para isto, foram avaliadas: i) a influência de VPIHs sintéticos no perfil químico de voláteis produzidos por plantas saudáveis e com injúria de herbivoria do percevejo *D. melacanthus* e ii) a influência de plantas expostas e não expostas aos voláteis sintéticos na resposta comportamental de *D. melacanthus* e seu inimigo natural *T. podisi*.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos para a manutenção dos insetos e plantas, coleta de voláteis e análises químicas foram os mesmos descritos no capítulo 1.

2.1 Origem dos compostos

Os compostos selecionados para os experimentos foram baseados em análises químicas prévias do perfil de voláteis emitidos por plantas de milho induzidas pela herbivoria de *S. frugiperda*. Dessa forma, foram escolhidos o monoterpene (*RS*)-linalol, os sesquiterpenos (*E*)-

β -farneseno e (*E*)- β -cariofileno, os homoterpenos DMNT e TMTT, os VFV acetato de (*E*)-2-hexenila e acetato de (*Z*)-3-hexenila e o composto aromático indol. Os compostos acetato de (*E*)-2-hexenila, acetato de (*Z*)-3-hexenila, indol, (*RS*)-linalol e (*E*)- β -cariofileno foram obtidos da TCI America ou Sigma Aldrich. O (*E*)- β -farneseno, da ShinEtsu. O TMTT e o DMNT foram sintetizados em Rothamsted Research (UK) e fornecidos pelo Dr. Michael Birkett.

2.2 Exposição das plantas aos compostos sintéticos

Este experimento foi realizado para avaliar se compostos sintéticos induzem o estado de alerta e/ou a defesa indireta em plantas de milho. Assim, as plantas foram expostas aos diferentes compostos individualmente. Para liberar os compostos de forma constante, 20 mg de cada composto foi colocado em um frasco âmbar de 2 mL contendo lã de vidro, tampa de rosca e septo de teflon. No septo de teflon, foi inserida uma agulha de aço inoxidável (diâmetro interno 0.25 mm, on-column, Agilent), através da qual o composto foi liberado. A taxa de liberação para cada composto foi medida em nanogramas/hora, sendo para o indol (289,5), (*RS*)-linalol (1804,2), TMTT (1368,8), DMNT (2123,5), (*E*)- β -cariofileno (873,9), (*E*)- β -farneseno (281,6), acetato de (*E*)-2-hexenila (1207,9) e acetato de (*Z*)-3-hexenila (1373,0). Essas taxas de liberação estão dentro da faixa que a planta libera após a injúria de herbivoria da *S. frugiperda* (MICHEREFF et al., 2019).

Na primeira fase (doação dos compostos), os frascos âmbar contendo os compostos foram colocados dentro de câmeras de vidro (volume interno de 0,5 L), sendo os compostos transportados com fluxo de ar de 0,8 L/min através de tubos de PTFE durante 24 h para as câmeras (volume interno de 10 L) contendo três plantas de milho no estágio V3 (Figura 1). Após esse período, as plantas foram removidas das câmeras e deixadas em repouso por 1 h. Em seguida, foram colocadas em câmeras de vidro limpas para a segunda fase do experimento, a coleta dos voláteis. Para minimizar a contaminação por voláteis do solo, os vasos que continham as plantas foram embrulhados com papel alumínio. Na segunda fase, as plantas expostas ou não aos voláteis sintéticos foram submetidas aos seguintes tratamentos: duas fêmeas de *D. melacanthus* em cada planta e plantas que não receberam inseto (controle). Os voláteis das plantas foram coletados nos períodos de 24-48, 48-72 e 72-96 h após a exposição aos voláteis sintéticos. Foram conduzidas 8 repetições para cada tratamento.

Figura 1. Sistema de doação dos compostos voláteis sintéticos e coleta de voláteis (aeração) do Laboratório de Semioquímicos–Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen), Brasília, DF.



Fonte: Própria.

2.3 Resposta comportamental de fêmeas de *T. podisi* aos voláteis das plantas com e sem injúria de *D. melacanthus* previamente expostas aos compostos (*RS*)-linalol e (*E*)- β -farneseno

Com base nos resultados obtidos das análises químicas dos voláteis das plantas expostas ou não aos compostos sintéticos, com e sem herbivoria de *D. melacanthus*, foi avaliado se houve mudança no perfil químico das plantas entre os tratamentos. Foram selecionados dois compostos: um que promoveu o estado de alerta ((*RS*)-linalol) e outro que provocou a supressão da emissão de compostos voláteis após a herbivoria ((*E*)- β -farneseno). As plantas foram expostas aos compostos individualmente (como descrito no tópico anterior) e utilizadas em bioensaios comportamentais.

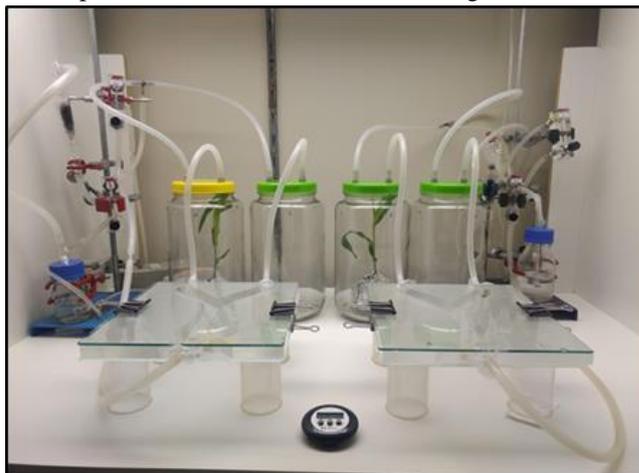
Para avaliar se os voláteis emitidos pelas plantas expostas aos compostos voláteis sintéticos com e sem herbivoria de *D. melacanthus*, afetam o comportamento de busca de *T. podisi*, foram realizados bioensaios em olfatômetro em Y. A arena do olfatômetro consistia de uma placa de acrílico (19 cm \times 19 cm) com perfuração em Y (corpo central de 8 cm, braços de 7 cm separados por um ângulo de 80° e 1,5 cm de largura). Esta placa foi fixada entre duas placas de vidro (19 cm \times 19 cm). As placas de vidro e acrílico foram pressionadas juntas usando cliques de papel em ambos os lados (MORAES et al. 2008). O ar umidificado e filtrado por carvão ativado foi empurrado para o sistema a uma taxa de 0,6 L min⁻¹ e retirado a 0,3 L min⁻¹.

As plantas submetidas aos diferentes tratamentos foram usadas como fonte de odor. Cada planta foi colocada dentro de uma câmara de vidro de 3,2 L com tampas adaptadas para conectar tubos de silicone para o transporte de ar para dentro e fora das câmaras. A saída de ar da câmara foi conectada à entrada dos braços do olfatômetro (Figura 2). Antes dos bioensaios, os percevejos foram removidos das plantas. As plantas foram cuidadosamente removidas de seus vasos e, para evitar a contaminação com os voláteis do solo durante os experimentos, o solo foi envolvido com papel alumínio.

Uma única fêmea de *T. podisi* foi introduzida na base do olfatômetro e observada por 600 s. A primeira escolha (definida como o braço do olfatômetro no qual o inseto entrou primeiro e permaneceu por pelo menos 30 s) e o tempo de residência (o tempo total que o parasitoide permaneceu em cada braço) foram avaliados. Foram considerados como não responsivos os insetos que não se movimentavam nos primeiros 240 s de observação. A cada cinco repetições, as plantas foram substituídas e as posições dos braços do olfatômetro foram alteradas para evitar viés nas respostas dos parasitoides. Cada fêmea foi usada apenas uma vez e foram realizadas 40 repetições para as seguintes combinações de tratamentos: (1) voláteis de plantas expostas ao composto (*RS*)-linalol + herbivoria de *D. melacanthus* vs voláteis de plantas sadias expostas ao composto (*RS*)-linalol; (2) voláteis de plantas expostas ao composto (*RS*)-linalol + herbivoria de *D. melacanthus* vs ar e (3) voláteis de plantas sadias expostas ao composto (*RS*)-linalol vs ar. Da mesma forma, para o composto (*E*)- β -farneseno: (1) voláteis de plantas expostas ao composto (*E*)- β -farneseno + herbivoria de *D. melacanthus* vs voláteis de plantas sadias expostas ao composto (*E*)- β -farneseno; (2) voláteis de plantas expostas ao composto (*E*)- β -farneseno + herbivoria de *D. melacanthus* vs ar e (3) voláteis de plantas sadias expostas ao composto (*E*)- β -farneseno vs ar.

Após a exposição aos compostos, as plantas foram infestadas ou não com as fêmeas de *D. melacanthus* (2 insetos/planta) durante a manhã e foram utilizadas após 48 h do início da herbivoria. Para evitar possível sinalização química, as plantas com e sem injúria de *D. melacanthus* foram mantidas em salas diferentes sob as mesmas condições de temperatura, umidade e fotoperíodo (26 ± 1 °C, $65 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotoperíodo 14/10D). Todos os bioensaios foram realizados entre 10:00 e 15:00 h.

Figura 2. Sistema de bioensaios com o olfatômetro em “Y” utilizado no Laboratório de Semioquímicos – Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.



Fonte: Própria

2.4 Resposta comportamental de fêmeas de *D. melacanthus* aos voláteis de plantas com e sem injúria de coespecíficos previamente expostas aos compostos (*RS*)-linalol e (*E*)- β -farneseno

Para avaliar se os voláteis emitidos pelas plantas expostas aos compostos sintéticos e submetidas ou não à herbivoria de *D. melacanthus* afetam o comportamento de busca de coespecíficos, foram realizados bioensaios de olfatômetro em “Y”. A arena do olfatômetro consistia de uma placa de acrílico (23 cm \times 26 cm) com perfuração em Y (corpo central de 9 cm, braços de 10 cm separados por um ângulo de 80° e 2,8 cm de largura). Esta placa foi fixada entre duas placas de vidro (23 cm \times 26 cm). As placas de vidro e acrílico foram pressionadas juntas usando cliques de papel em ambos os lados (MORAES et al. 2008). O ar umidificado e filtrado por carvão ativado foi empurrado para o sistema a uma taxa de 0,8 L min⁻¹ e retirado a 0,4 L min⁻¹ (semelhante à Figura 2). Antes de iniciar os bioensaios, os percevejos foram removidos das plantas tratadas com herbivoria. As plantas foram cuidadosamente removidas de seus vasos e, para evitar a contaminação com os voláteis do solo durante os experimentos, o solo foi envolvido com papel alumínio.

Uma única fêmea de *D. melacanthus* foi introduzida na base do olfatômetro em Y e observada por 600 s. A primeira escolha e o tempo de residência foram avaliados durante os bioensaios. Foram considerados como não responsivos os insetos que não se movimentavam nos primeiros 240 s de observação. Após cada cinco repetições, as plantas foram substituídas e as posições dos braços do olfatômetro foram alteradas para evitar viés nas respostas comportamentais. Cada fêmea foi usada apenas uma vez e foram realizadas 30 repetições para as seguintes combinações de tratamentos: (1) voláteis de plantas expostas ao composto (*RS*)-

linalol + herbivoria de *D. melacanthus* versus voláteis de plantas sadias expostas ao composto (*RS*)-linalol; (2) voláteis de plantas expostas ao (*RS*)-linalol + herbivoria de *D. melacanthus* versus ar e (3) voláteis de plantas sadias expostas ao composto (*RS*)-linalol versus ar. Da mesma forma, para o composto (*E*)- β -farneseno: (1) voláteis de plantas expostas ao composto (*E*)- β -farneseno + herbivoria de *D. melacanthus* versus voláteis de plantas sadias expostas ao composto (*E*)- β -farneseno; (2) voláteis de plantas expostas ao composto (*E*)- β -farneseno + herbivoria de *D. melacanthus* versus ar e (3) voláteis de plantas sadias expostas ao composto (*E*)- β -farneseno versus ar.

Após a exposição aos compostos, as plantas foram infestadas ou não com fêmeas adultas de *D. melacanthus* (dois insetos/planta) durante a tarde e foram utilizadas após 48 h o início da herbivoria. Para evitar possível sinalização química, as plantas danificadas e não danificadas por *D. melacanthus* foram mantidas em salas diferentes sob as mesmas condições de temperatura, umidade e fotoperíodo (26 ± 1 ° C, $65 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotoperíodo 14 /10D). Todos os bioensaios foram realizados das 15:00 às 18:00 h.

2.5 Análises estatísticas

As quantidades totais e médias de compostos voláteis liberados de cada tratamento foram comparadas usando Modelos Lineares Generalizados (MLG) e análises de deviança com distribuição Gama e função de ligação inversa. Quando as análises mostraram efeitos significativos dos tratamentos, as médias foram comparadas usando análises de contraste com 95% de nível de confiança. As análises foram realizadas usando o programa estatístico R 2.13.0 (R Development Core Team, 2009). Para avaliar a influência de todos os compostos nos tratamentos, a Análise de Componentes Principais (ACP) foi aplicada aos três períodos avaliados (24-48, 48-72 e 72-96 h). A ACP foi aplicada usando a matriz de variância e covariância no software PAST (v.3.10).

A mudança no perfil químico das plantas de milho submetidas aos diferentes tratamentos ao longo do tempo foi avaliada através da análise de Curvas de Respostas Principais (CRP) (SAKAMOTO et al., 2019). Para cada conjunto de análises, a significância de cada diagrama de CRP em termos de variância de tratamento apresentada foi determinada usando o teste F gerado por permutação de Monte Carlo aplicada sobre a série temporal completa na RDA parcial, a partir da qual a CRP foi obtida. Para verificar diferença entre os tratamentos nos tempos avaliados foi conduzida análise de variância dentro de cada dado da amostragem para determinar se as diferenças mostradas pelo diagrama de CRP entre os tratamentos em um

respectivo horário seriam estatisticamente significativas. As análises foram conduzidas no programa R 2.13.0 (R Development Core Team, 2009).

A primeira escolha de *D. melacanthus* e *T. podisi* para os voláteis de milho foi analisada usando MLG com distribuição Binomial e função de ligação Logit (regressão logística), com o teste qui-quadrado e teste de Wald e o tempo de residência foi calculado e submetido ao teste *t* pareado. Todas as análises foram realizadas usando o programa estatístico R 2.13.0 (R Development Core Team, 2009).

3 RESULTADOS

3.1 Análise química dos COVs

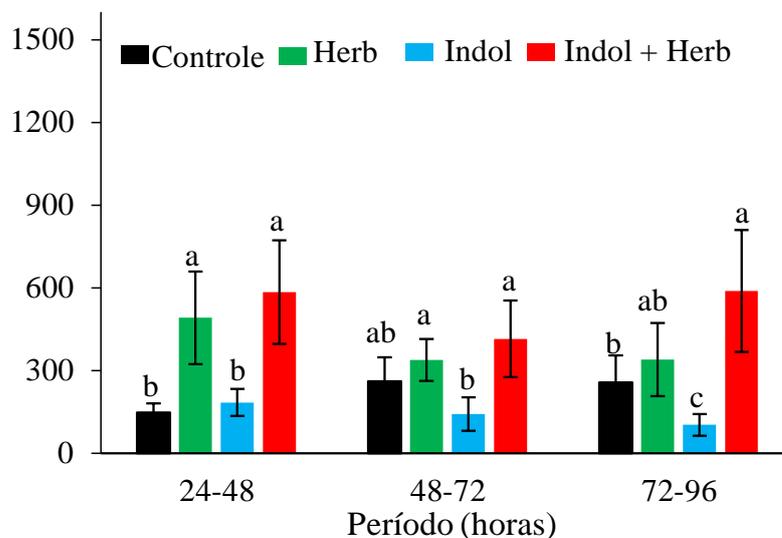
As análises do perfil químico das plantas mostraram que o genótipo “Sintético Spodoptera” produz diferentes quantidades de voláteis de acordo com o tratamento e o período avaliado, apontando diferenças quantitativas dos COVs produzidos. Foram identificados 15 COVs majoritários, sendo eles: β -mirceno, acetato de (*Z*)-3-hexenila, (*E*)-ocimeno, (*RS*)-linalol, DMNT, salicilato de metila, ciclosativeno, indol, acetato de geranila, (*E*)- β -cariofileno, geranil acetona, (*E*)- β -farneseno, α -humuleno, δ -cadineno e TMTT.

3.1.1 Análise do perfil dos voláteis de plantas de milho expostas ao Indol

Os voláteis totais liberados pelas plantas de milho expostas ou não ao composto aromático indol diferiram entre os tratamentos em todos os períodos avaliados (Figura 3, Anexo Tabela 1). Os resultados obtidos sugerem que não houve indução da defesa, nem o efeito de estado de alerta em plantas expostas ao indol, uma vez que as quantidades médias dos voláteis totais liberadas pelas plantas expostas ao composto aromático não diferiu da quantidade de COVs liberados pelas plantas Ctrl nos períodos de 24-48 e 48-72 h. Além disso, no período de 72-96 h, houve uma supressão na quantidade dos voláteis totais em plantas Indol, quando comparadas aos demais tratamentos (Figura 3, Anexo Tabela 1). A produção de COVs das plantas Indol + Herb também não diferiu da produção de COVs das plantas submetidas Herb (Figura 3, Anexo Tabela 1). No período de 24-48 h, a produção dos voláteis totais diferiu entre os tratamentos ($X^2 = 34,849$, $gl = 3$, $p < 0,001$). Plantas que foram submetidas à injúria de herbivoria expostas ou não ao indol liberaram uma maior quantidade de COVs quando comparada à produção de COVs de plantas sadias que foram expostas ao indol (Figura 3, Anexo Tabela 1). No período de 48-72 h, os tratamentos diferiram entre si ($X^2 = 10,503$; $gl = 3$, $p = 0,014$). Plantas Herb

liberaram a mesma quantidade de voláteis totais em comparação a plantas Ctrl ($t = 0,55$; $gl = 27$, $p = 0,587$) e Indol + Herb (estatística), mas emitiram uma maior quantidade de voláteis do que as plantas Indol ($t = -2,29$; $gl = 27$, $p = 0,029$) (Figura 3, Anexo Tabela 1). No período de 72-96 h, também houve diferença na produção de voláteis totais entre os tratamentos ($X^2 = 32,927$; $gl = 3$, $p < 0,001$). Plantas Indol liberaram uma quantidade significativamente menor de voláteis totais quando comparados com os demais tratamentos: plantas Ctrl ($t = -2,56$; $gl = 27$, $p = 0,016$), Herb ($t = -3,30$; $gl = 27$, $p = 0,002$) e Indol+Herb ($t = 3,82$; $gl = 27$, $p < 0,001$) (Figura 3, Anexo Tabela 1).

Figura 3. Quantidade de voláteis totais liberados (média \pm EP) de folhas de plantas de milho submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: herbivoria provocada por *D. melacanthus*; Indol: composto volátil sintético doado; Indol + Herb: composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com modelos lineares generalizados, seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de

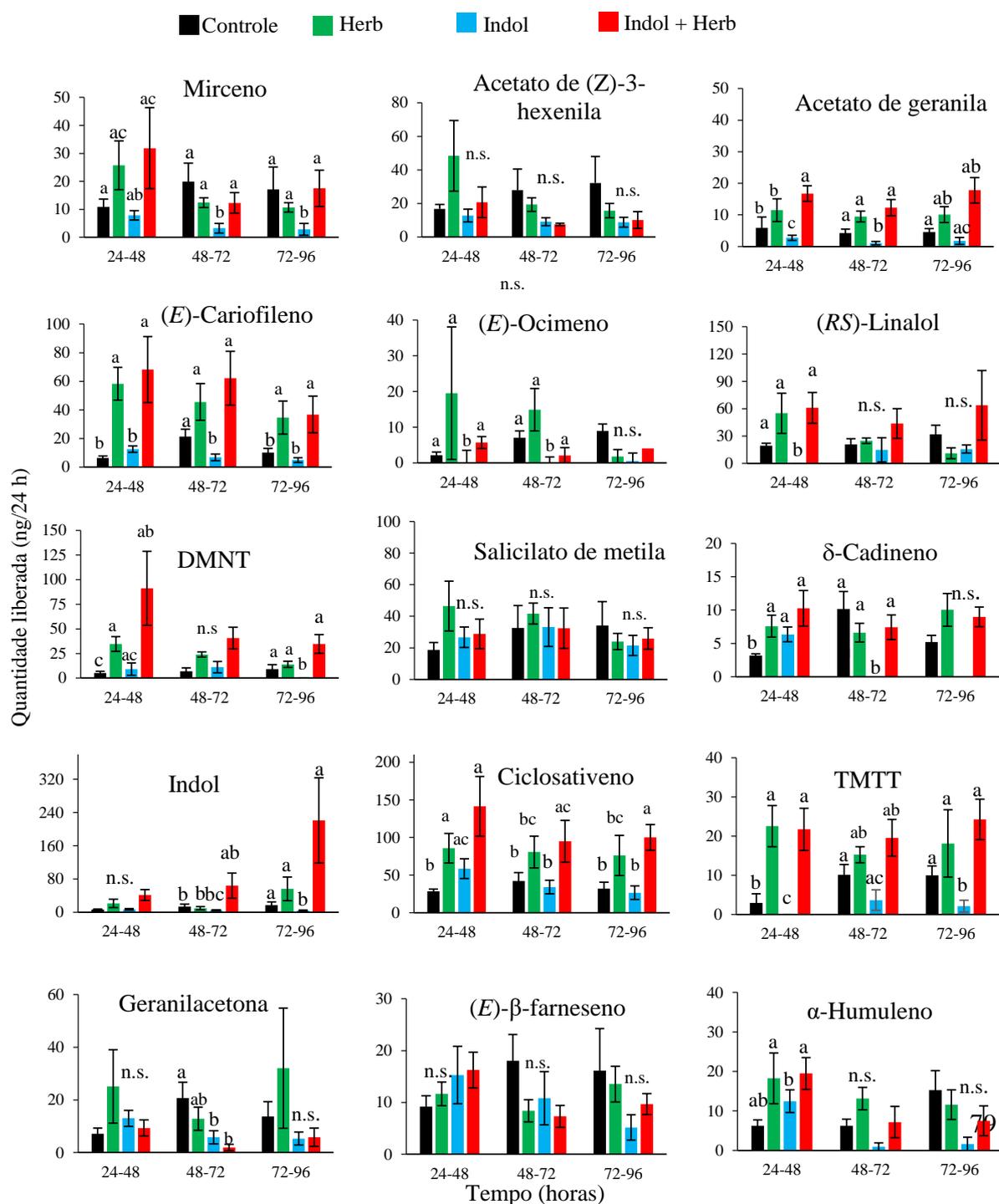


Fonte: Própria.

Quando os compostos de plantas expostas ou não ao indol foram analisados individualmente, observou-se diferença estatística entre os tratamentos (Figura 4, Anexo Tabelas 2 e 3). No período de 24-48 h, as plantas Indol liberaram quantidades menores dos seguintes COVs quando comparadas aos demais tratamentos: (*E*)-ocimeno ($X^2 = 250,71$; $gl = 3$; $p < 0,001$), (*RS*)-linalol ($X^2 = 373,87$; $gl = 3$; $p < 0,001$), acetato de geranila ($X^2 = 14,80$; $gl = 3$; $p = 0,001$) e TMTT ($X^2 = 240,94$; $gl = 3$; $p < 0,001$) (Figura 4, Anexo Tabelas 2 e 3). No período de 48-72 h, houve diferença nas taxas de liberação entre os tratamentos para os compostos (*E*)-ocimeno ($X^2 = 192,28$; $gl = 3$; $P < 0,001$), acetato de geranila ($X^2 = 16,12$; $gl =$

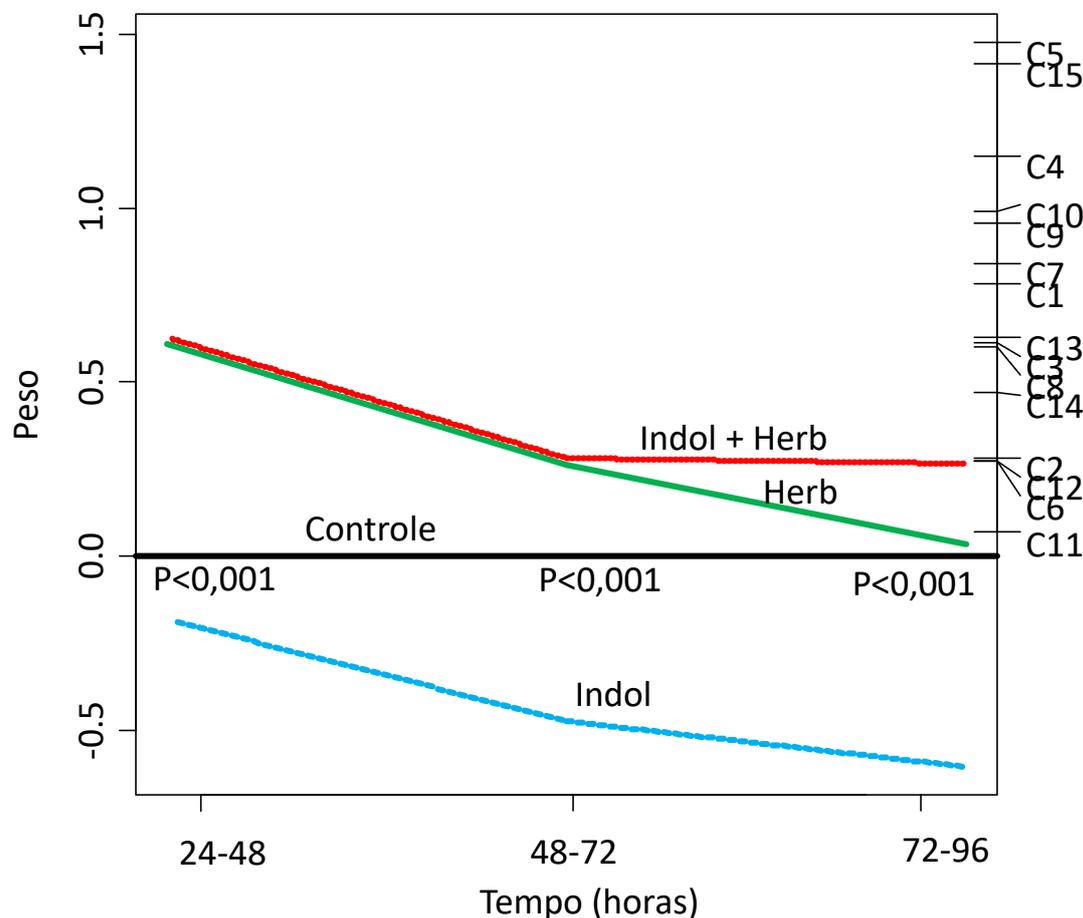
3; $p < 0,001$), α - β -mirceno ($X^2 = 8,44$; $gl = 3$; $p = 0,037$), (*E*)- β -cariofileno ($X^2 = 19,56$; $gl = 3$; $p < 0,001$) e δ -cadineno ($X^2 = -8,16$; $gl = 3$; $p = 0,042$) (Figura 4, Anexo Tabelas 2 e 3). No período de 72-96 h, os compostos DMNT ($X^2 = 1132,9$; $gl = 3$; $p < 0,001$), TMTT ($X^2 = 12,39$; $gl = 3$; $p = 0,006$) e indol ($X^2 = 18,64$; $gl = 3$; $p < 0,001$) foram liberados em quantidades diferentes entre os tratamentos. Nas plantas Indol, houve uma menor liberação desses COVs quando comparadas aos demais tratamentos (Figura 4, Anexo Tabelas 2 e 3).

Figura 4. Quantidade de voláteis liberados (ng/24 h) (média \pm EP) por plantas de milho expostas ao composto indol e submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; Indol: composto sintético doado; Indol + Herb: composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com Modelos Lineares Generalizados, seguida por análise de deviança (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.



A análise CRP mostrou que as curvas para o Indol + Herb, Indol e Herb apresentam tendências diferentes ao longo do tempo quando comparadas à curva Controle (Figura 5). Os compostos responsáveis pelas diferenças entre os tratamentos foram identificadas pelo valor do peso, onde valores superiores a |1.0| representam uma contribuição significativa para as curvas da CRP (Figura 5). Os principais compostos que contribuíram para a separação dos tratamentos foram: C4 = (*RS*)-linalol, C5 = DMNT e C15 = TMTT. A curva das plantas Indol está posicionada na parte inferior do gráfico, indicando um comportamento oposto aos das curvas Herb e Indol + Herb. Analisando os gráficos das Figuras 4 e 5 juntos, observamos que os compostos DMNT (C5), TMTT (C15), (*RS*)-linalol (C4), (*E*)- β -cariofileno (C10) e acetato de geranila (C9) foram produzidos em maior quantidade nos tratamentos Herb e Indol + Herb comparado ao tratamento Indol (Figuras 4 e 5). O primeiro eixo canônico da CRP explicou 74 % da variação e o resultado da ANOVA indicou que as curvas são significativamente diferentes ($F = 54,546$, $p < 0,001$). Além disso, considerando as diferenças ao longo do tempo, ao comparar plantas submetidas aos diferentes tratamentos com o perfil de voláteis das plantas Ctrl, houve diferença para todos os períodos avaliados: 24-48 h ($F = 12,74$, $P < 0,001$), 48-72 h ($F = 10,39$, $p < 0,001$) e 72-96 h ($F = 12,27$, $p < 0,001$) (Figura 5).

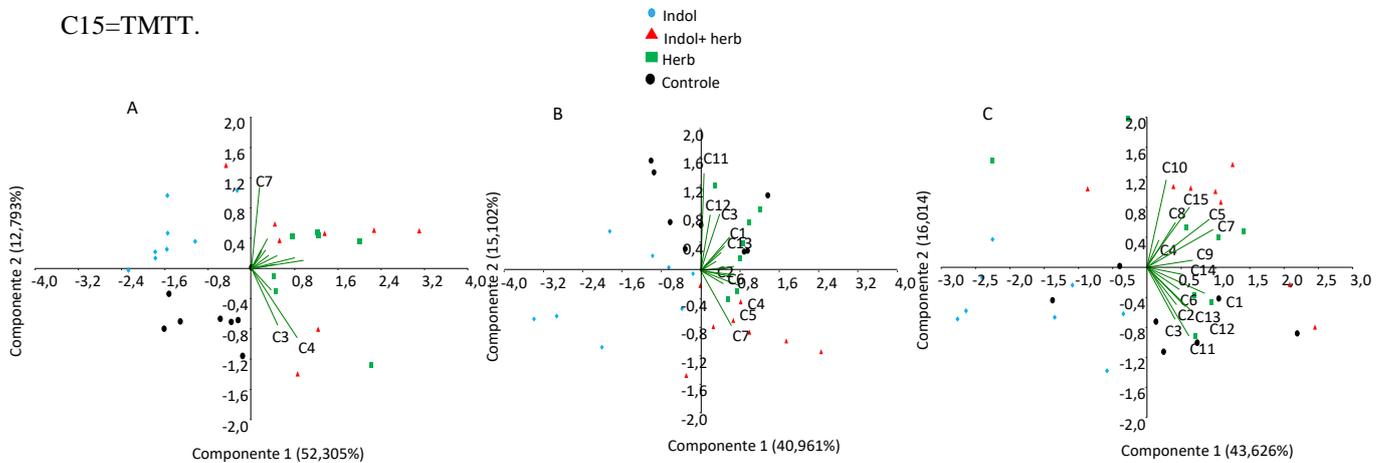
Figura 5. Diagrama da curva de resposta principal (CRP) e valores de peso variáveis baseados em misturas voláteis liberadas por plantas de milho sob diferentes tratamentos: plantas sem tratamentos (Ctrl), plantas de milho com injúria de herbivoria de fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas de milho expostas ao composto indol (Indol) e plantas de milho expostas ao composto indol seguida da herbivoria de *D. melacanthus* (Indol + Herb). Compostos: C1= mirceno, C2 = acetato de (Z)-3-hexenila, C3= (E)-ocimeno, C4= (RS)-linalol, C5=DMNT, C6= salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (E)-β-cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (E)-β-farneseno, C13= α-humuleno, C14= δ-cadineno, C15=TMTT.



Fonte: Própria.

A ACP foi aplicada para avaliar se o perfil químico dos voláteis emitidos pelas plantas dentro de cada tempo poderia separar os diferentes tratamentos. No primeiro período (24-48 h), a ACP separou os tratamentos que receberam herbivoria dos que não foram tratados com a herbivoria do *D. melacanthus*, a maioria dos vetores está mais relacionada com os tratamentos das plantas Herb e Indol + Herb (Figura 6A). Nos dois períodos subsequentes, o tratamento Ctrl já não se separa tão bem do tratamento Herb (Figura 6B e C), o que também foi observado nos gráficos dos voláteis totais. Ao longo do tempo, fica claro a diferença das plantas Indol, que se separam dos outros tratamentos, e a ausência de vetores relacionados com este tratamento, corroborando a supressão na emissão de compostos observada nas outras análises.

Figura 6. Ordenação por análise de componentes principais (ACP) dos componentes 1 e 2 dos compostos voláteis emitidos por plantas de milho controle, plantas com injúria de herbivoria por fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas expostas ao composto indol (Indol) e plantas expostas ao composto indol e submetidas à herbivoria e *D. melacanthus* (Indol + Herb) em (A) 24-48 h, (B) 48-72 h e (C) 72-96 h desde o início do tratamento. Compostos voláteis: C1= mirceno, C2 = acetato de (*Z*)-3-hexenila, C3= (*E*)-ocimeno, C4= (*RS*)-linalol, C5=DMNT, C6= salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (*E*)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (*E*)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.

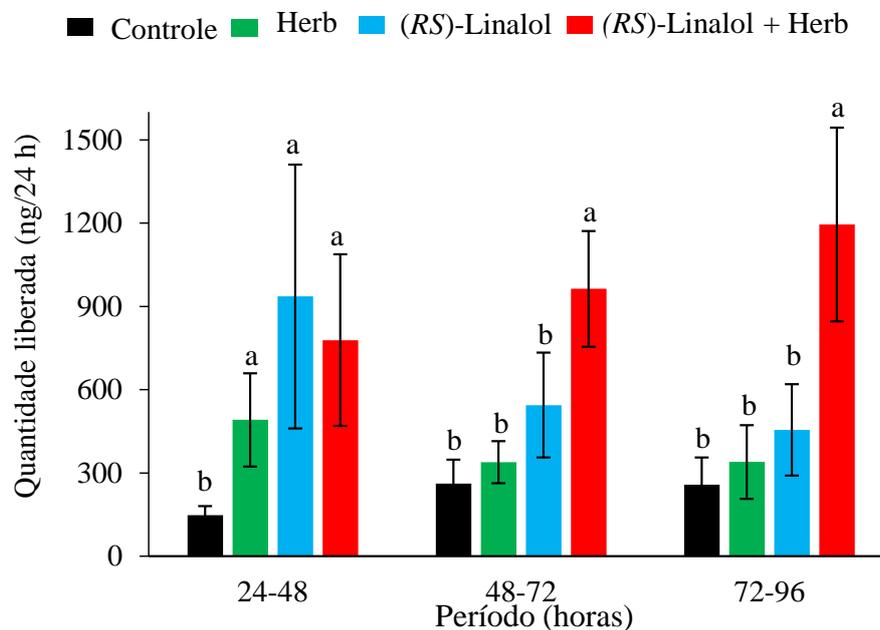


Fonte: Própria.

3.1.2 Análise do perfil dos voláteis de plantas de milho expostas ao monoterpeno (*RS*)-linalol

Em plantas de milho expostas ou não ao monoterpeno (*RS*)-linalol, os voláteis totais liberados diferiram entre os tratamentos em todos os períodos avaliados: 24-48 h ($X^2 = 23,986$; $gl = 3$; $p < 0,001$), 48-72 h ($X^2 = 66,585$; $gl = 3$; $p < 0,001$), e 72-96 h ($X^2 = 15,04$; $gl = 3$; $p = 0,001$) (Figura 7, Anexo Tabela 1). O composto (*RS*)-linalol induziu o estado de alerta nas plantas de milho. Com 48-72 h e 72-96 h, as plantas (*RS*)-Linalol + Herb produziram uma quantidade significativamente maior de voláteis totais que os outros tratamentos (Controle: $t = 2,70$; $gl = 27$; $p = 0,011$; (*RS*)-Linalol: $t = 1,77$; $gl = 27$; $p = 0,034$ e Herb: $t = 2,26$; $gl = 27$; $p = 0,032$; acrescentar a estatística para os tratamentos no tempo 72-96 h). Plantas (*RS*)-Linalol + Herb a partir de 48 h do início do tratamento produziram uma quantidade significativamente maior de voláteis totais do que plantas que só foram submetidas à herbivoria (48-72 h ($t = 2,88$; $gl = 27$; $p = 0,040$) e 72-96 h ($t = 2,26$; $gl = 27$; $p = 0,032$), ou foram somente expostas ao (*RS*)-linalol (48-72 h ($t = 2,75$; $gl = 27$; $p = 0,041$) e 72-96 h ($t = 1,78$; $gl = 27$; $p = 0,034$)), e comparadas às plantas controle (48-72 h ($t = 1,88$; $gl = 27$; $P = 0,040$) e 72-96 h ($t = 2,70$; $gl = 27$; $p = 0,011$)) (Figura 7, Anexo Tabela 1).

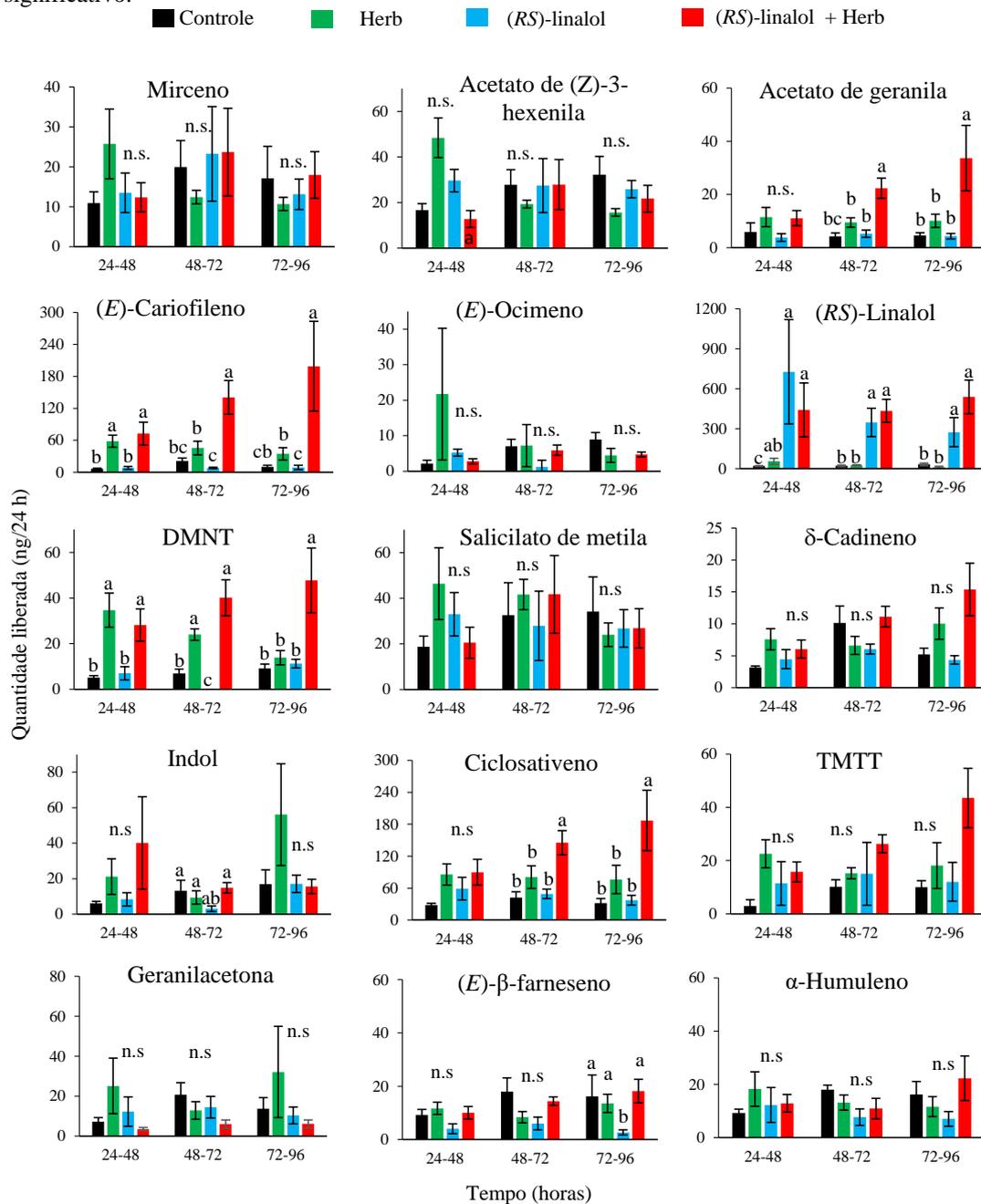
Figura 7. Quantidade de voláteis totais liberados (ng /24 h) (média ± EP) por plantas de milho expostas ao composto (*RS*)-linalol e submetidas a diferentes tratamentos. Ctrl: plantas sem injúria; Herb: herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; (*RS*)-Linalol: composto sintético doado; (*RS*)-Linalol + Herb: composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com Modelos Lineares Generalizados, seguida por análise de deviança (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança.



Fonte: Própria.

Quando se analisou individualmente os compostos emitidos por plantas expostas ou não ao composto (*RS*)-linalol, observou-se diferença estatística na produção dos COVs (Figura 8, Anexo Tabelas 2 e 11). Os resultados mostraram que os compostos (*E*)- β -cariofileno, DMNT e ciclosativeno foram induzidos em quantidades significativamente maiores em plantas (*RS*)-Linalol + Herb do que nos outros tratamentos, nos períodos de 48-72 e 72-96 h (Figura 8, Anexo Tabelas 4 e 5), e esses compostos evidenciam o efeito de estado de alerta observado nos voláteis totais. No período de 24-48 h, observou-se que as plantas Controle e Herb liberaram quantidades menores de (*RS*)-linalol ($X^2 = 77,85$; $gl = 3$; $p < 0,001$). Houve diferença na liberação de DMNT ($X^2 = 114,58$; $gl = 3$; $p < 0,001$) e (*E*)- β -cariofileno ($X^2 = 23,20$; $gl = 3$; $p < 0,001$) para as plantas Controle e (*RS*)-Linalol + Herb (Figura 8, Anexo tabelas 4 e 5). No período de 48-72 h, houve diferença entre os tratamentos na liberação de acetato de geranila ($X^2 = 13,19$; $gl = 3$; $p = 0,004$), ciclosativeno ($X^2 = 11,03$; $gl = 3$; $p = 0,011$) e (*E*)- β -cariofileno ($X^2 = 28,67$; $gl = 3$; $p < 0,001$) (Figura 8, Anexo Tabelas 4 e 5). No período de 72-96 h, houve diferença na liberação dos compostos acetato de geranila ($X^2 = 9,28$; $gl = 3$; $p = 0,025$), ciclosativeno ($X^2 = 11,03$; $gl = 3$; $p = 0,011$), (*E*)- β -cariofileno ($X^2 = 9,03$; $gl = 3$; $p = 0,028$) e DMNT ($X^2 = 117,16$; $gl = 3$; $p < 0,001$) (Figura 8, Anexo Tabelas 4 e 5).

Figura 8. Quantidade de voláteis liberados (ng/24h) (média ± EP) por plantas de milho expostas ao composto (*RS*)-linalol e submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; (*RS*)-linalol: composto sintético doado; (*RS*)-linalol + Herb: composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com Modelos Lineares Generalizados, seguida por análise de deviança (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.

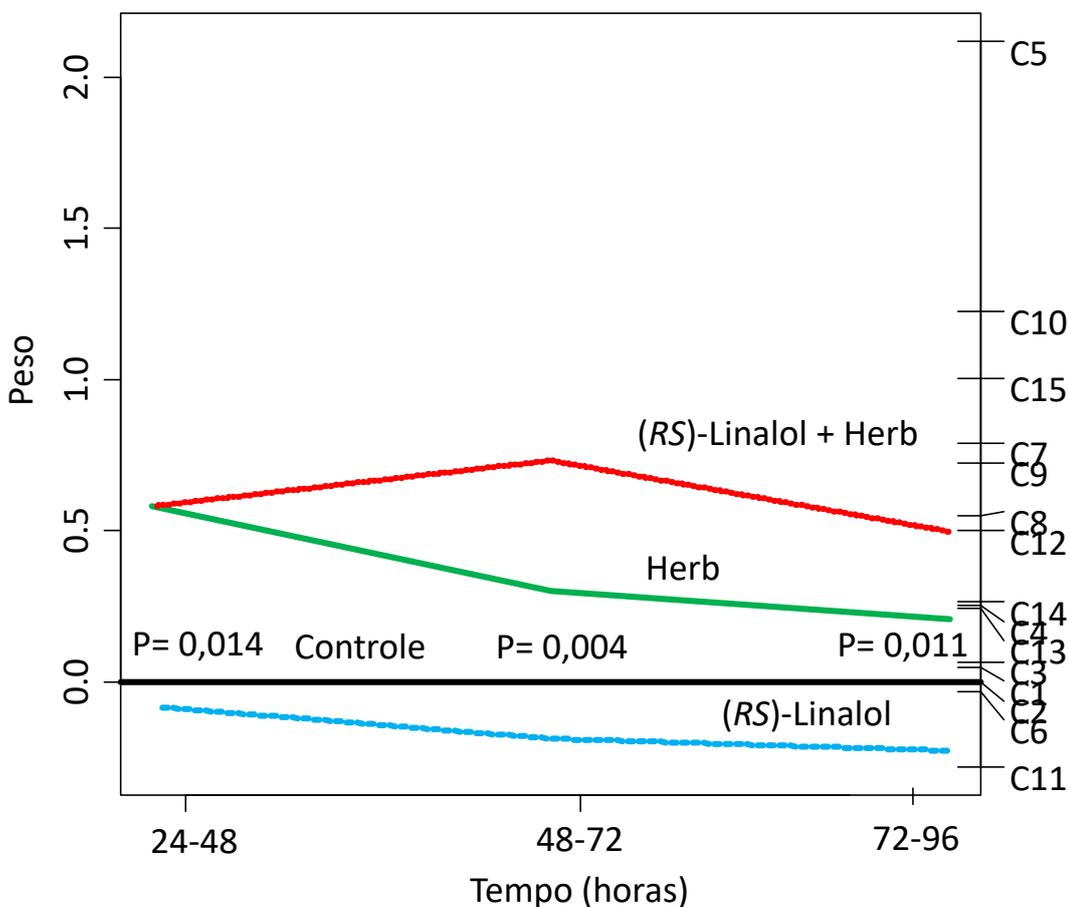


Fonte: Própria.

A análise CRP mostrou que as curvas para o (*RS*)-Linalol + Herb, (*RS*)-Linalol e Herb apresentam tendências diferentes ao longo do tempo quando comparadas à curva controle (Figura 9). Os compostos que contribuíram para a separação dos tratamentos foram: C5= DMNT, C10= (*E*)-β-cariofileno e C15 = TMTT. A curva das plantas (*RS*)-Linalol tem um

comportamento oposto ao das curvas Herb e (RS)-Linalol + Herb. O primeiro eixo canônico da CRP explicou 60 % da variação e a ANOVA indicou que as curvas são significativamente diferentes ($F = 22,64$, $p < 0,001$). Além disso, considerando as diferenças ao longo do tempo, ao comparar plantas submetidas aos diferentes tratamentos com o perfil de voláteis das plantas Ctrl, houve diferença para todos os períodos avaliados: 24-48 h ($F = 3,30$, $p = 0,014$), 48-72 h ($F = 3,82$, $p = 0,004$) e 72-96 h ($F = 2,82$, $p = 0,011$) (Figura 9).

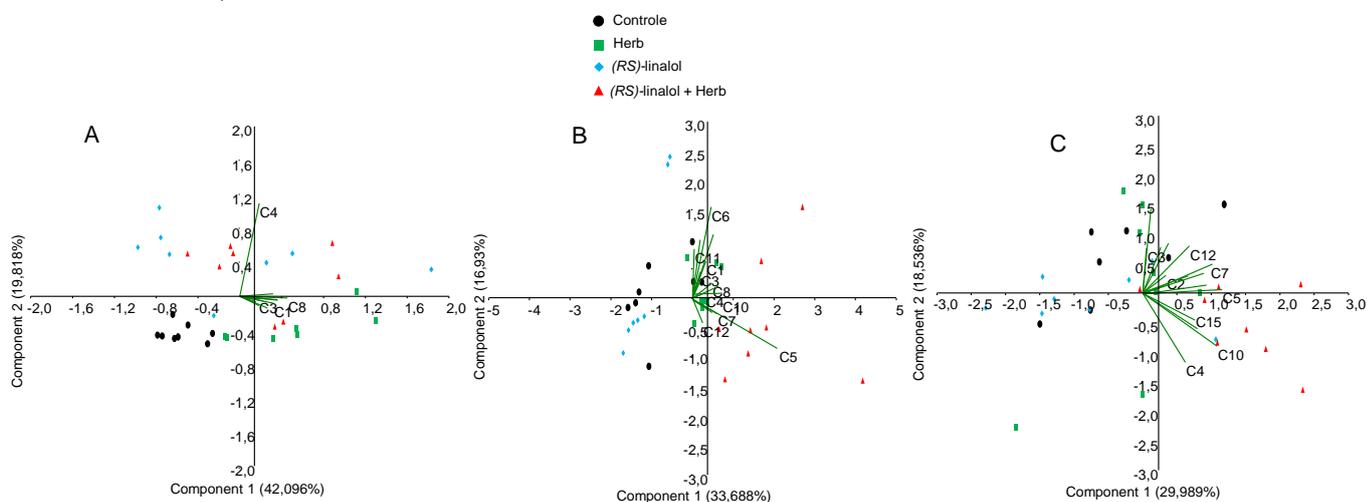
Figura 9. Diagrama da curva de resposta principal (CRP) e valores de peso variáveis baseados em misturas voláteis liberadas por plantas de milho sob diferentes tratamentos: plantas sem tratamentos (Controle), plantas de milho com injúria de herbivoria de fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas de milho expostas ao composto (RS)-linalol e plantas de milho expostas ao composto (RS)-linalol seguida da herbivoria de *D. melacanthus* (RS)-linalol + Herb. Os valores P indicam a significância do diagrama da CRP em todos os tempos de amostragem, com base no teste de permutação de Monte Carlo. Quanto maior o peso variável (valores absolutos), mais próximo o padrão de resposta do composto segue o padrão de desvio (do controle, Ctrl = 0 linha) indicado na CRP. Compostos: C1= mirceno, C2 = acetato de (Z)-3-hexenila, C3= (E)-ocimeno, C4= (RS)-linalol, C5=DMNT, C6= salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (E)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (E)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.



Fonte: Própria.

De acordo com a ACP, no primeiro período (24-48 h), não houve uma separação dos quatro tratamentos (Figura 10 A). Nos dois períodos subsequentes, a ACP mostrou que a maioria dos vetores está mais relacionada com as plantas (*RS*)-Linalol + Herb (Figuras 10 B e C), o que também foi observado nos gráficos dos voláteis totais.

Figura 10. Ordenação por análise de componentes principais (ACP) dos componentes 1 e 2 dos compostos voláteis emitidos por plantas de milho controle (Ctrl), plantas com injúria de herbivoria por fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas expostas ao composto ((*RS*)-linalol) e plantas expostas ao composto (*RS*)-linalol e submetidas a herbivoria e *D. melacanthus* ((*RS*)-linalol + Herb) em (A) 24-48 h, (B) 48-72 h e (C) 72-96 h desde o início do tratamento. Compostos voláteis: C1= mirceno, C2 = acetato de (*Z*)-3-hexenila, C3= (*E*)-ocimeno, C4= (*RS*)-linalol, C5=DMNT, C6= salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (*E*)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (*E*)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.



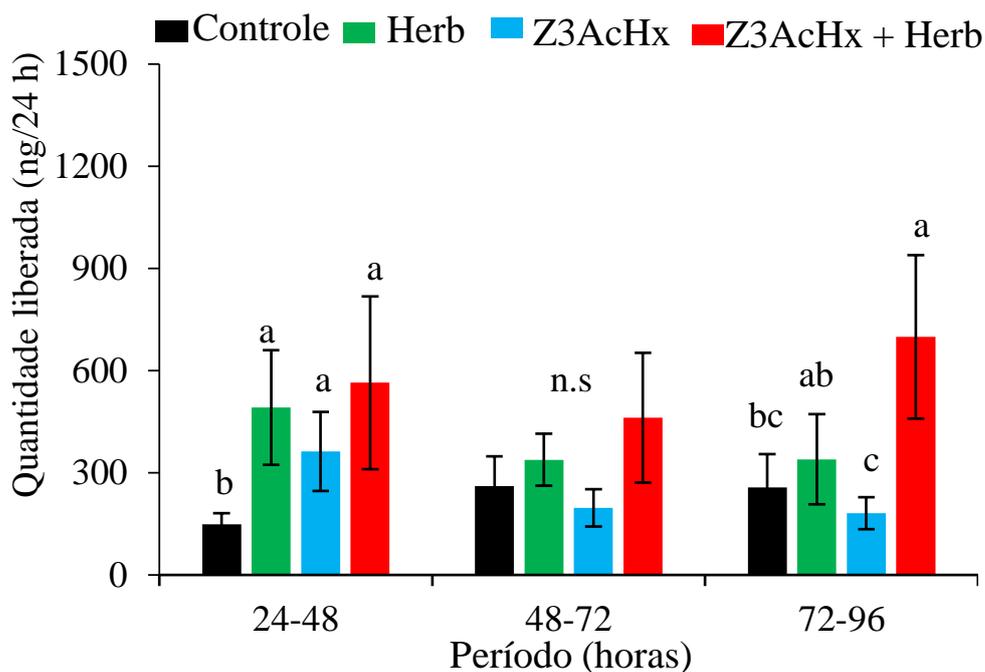
Fonte: Própria.

3.1.3 Análise do perfil de voláteis de plantas de milho expostas ao acetato de (*Z*)-3-hexenila

Os voláteis totais liberados por plantas expostas ou não ao VFV acetato de (*Z*)-3-hexenila diferiram entre os tratamentos nos períodos de 24-48 h ($X^2 = 14,61$; $gl = 3$; $p = 0,002$) e 72-96 h ($X^2 = 21,26$; $gl = 3$; $p < 0,001$). Não se observou diferença entre os tratamentos no período de 48-72 h ($X^2 = 6,65$; $gl = 3$; $p = 0,083$) (Figura 11, Anexo Tabela 1). Não foi observado o fenômeno de estado de alerta, uma vez que em todos os horários a produção dos voláteis das plantas acetato de (*Z*)-3-hexenila e acetato de (*Z*)-3-hexenila + Herb foi a mesma da de plantas Herb (24-48 h: $t = 0,37$, $gl = 26$; $p = 0,7137$; 48-72 h: $t = 6,05$, $gl = 26$; $p = 0,0836$; e 72-96 h: $t = 1,85$, $gl = 26$; $p = 0,0765$). No período de 24-48 h, observou-se que plantas acetato de (*Z*)-3-hexenila e Herb produziram a mesma quantidade de voláteis totais ($t = -0,83$, $gl = 26$; $p =$

0,4115), mas plantas expostas ao acetato de (Z)-3-hexenila produziram maior quantidade de voláteis totais do que plantas Controle ($t = 2,23$, $gl = 26$; $p = 0,034$). Assim, pode-se sugerir que o composto acetato de (Z)-3-hexenila é capaz de mudar a produção dos voláteis nas plantas de milho (Figura 11, Anexo Tabela 1), mas essa mudança não se manteve ao longo do tempo, mostrando que a indução na produção de compostos pelas plantas de milho devido ao composto é rápida, dura menos de 48 h e que após esse período os níveis de produção de voláteis totais em plantas expostas ao acetato de (Z)-3-hexenila alcança o mesmo nível produzido pelas plantas Controle (Figura 11, Anexo Tabela 1).

Figura 11. Quantidade de voláteis totais liberados (ng/24h) (média \pm EP) por plantas de milho expostas ao composto (Z)-3-acetato de hexenila e submetidas a diferentes tratamentos: Controle: plantas sem injúria; Herb: herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; Z3AcHx: composto sintético doado; Z3AcHx + Herb: composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si na análise estatística com Modelos Lineares Generalizados, seguida por análise de deviança (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.

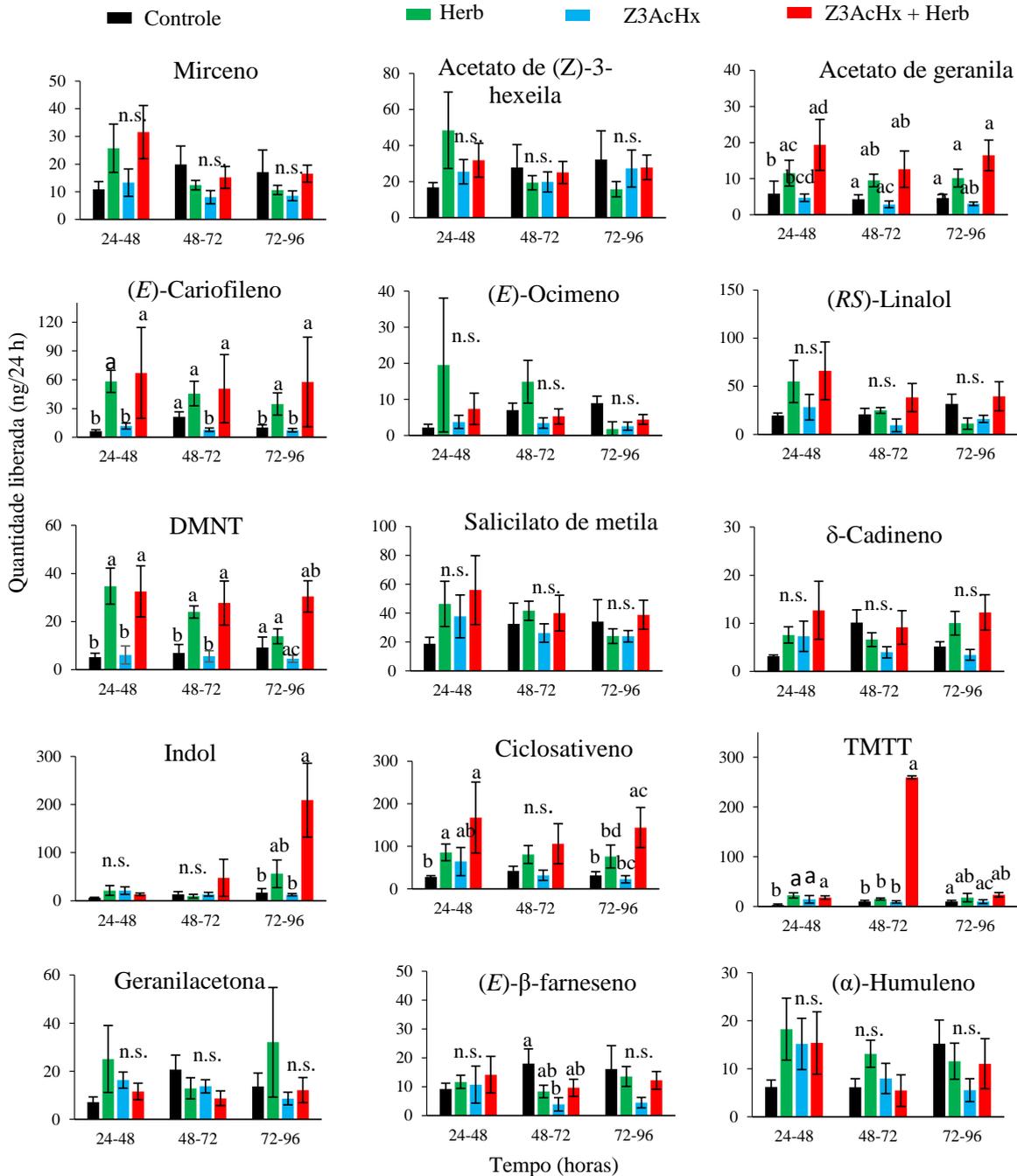


Fonte: Própria.

Ao se analisar individualmente os compostos emitidos por plantas expostas ou não ao acetato de (Z)-3-hexenila em cada um dos períodos, foi observada diferença estatística nos períodos avaliados (Figura 12, Anexo Tabelas 6 e 7). No período de 24-48 h, observou-se diferença na liberação de (E)- β -cariofileno ($X^2 = 25,94$, $gl = 3$; $p < 0,001$) e DMNT ($X^2 = 10,69$, $gl = 3$; $p < 0,05$) entre os tratamentos, onde plantas acetato de (Z)-3-hexenila + Herb e Herb

liberaram quantidades maiores do composto quando comparadas aos demais tratamentos (Figura 12, Anexo tabelas 6 e 7). A liberação do TMTT foi diferente entre os tratamentos ($X^2 = 10,31$, $gl = 3$; $p = 0,016$); plantas Controle liberaram uma quantidade menor do composto quando comparadas aos demais tratamentos, em 24-48 h (Figura 12, Anexo Tabelas 3 e 12). Ainda nas primeiras 24-48h, o TMTT foi o único composto produzido em maior quantidade pelas plantas acetato de (*Z*)-3- hexenila quando comparado às plantas Controle (Figura 12, Anexo Tabelas 6 e 7). No período de 48-72 h, os COVs TMTT ($x^2 = 10,45$, $gl = 3$; $p = 0,015$) e (*E*)- β -cariofileno ($X^2 = 12,79$, $gl = 3$; $p = 0,005$) apresentaram uma liberação diferenciada entre os tratamentos avaliados. Plantas acetato de (*Z*)-3-hexenila + Herb liberaram uma quantidade maior de TMTT quando comparadas aos demais tratamentos (Figura 12, Anexo tabelas 6 e 7) e plantas sadias expostas ao acetato de (*Z*)-3-hexenila liberaram uma quantidade menor de (*E*)- β -cariofileno, quando comparadas aos demais tratamentos (Figura 12, Anexo tabelas 6 e 7).

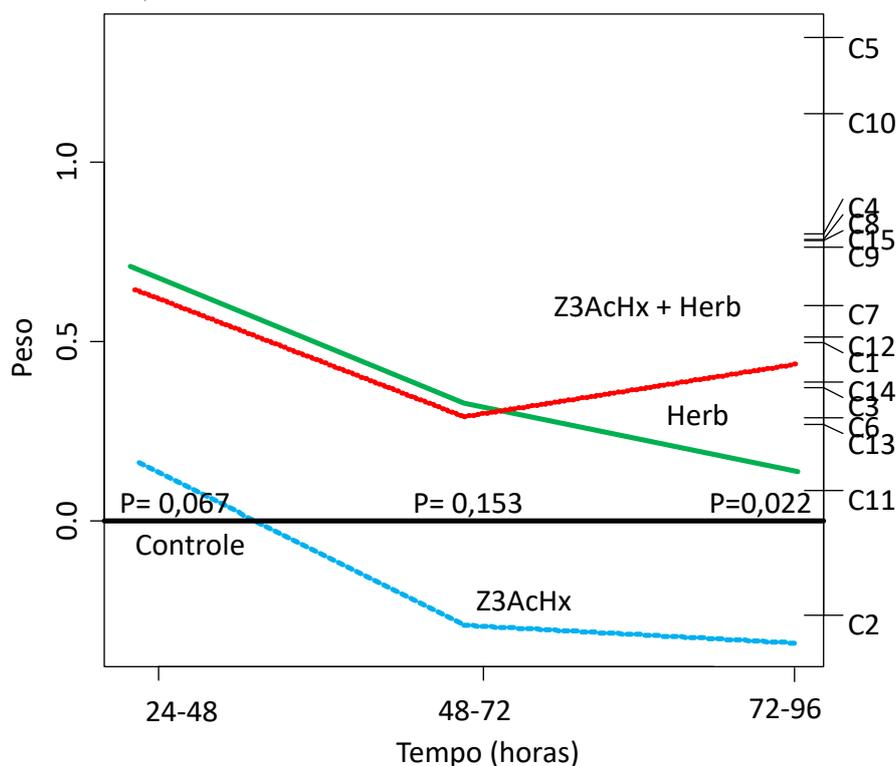
Figura 12. Quantidade de voláteis liberados (ng/24h) (média ± EP) por plantas de milho expostas ao composto acetato de (*Z*)-3-hexenila e submetidas a diferentes tratamentos: Controle: plantas sem injúria; Herb: herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; Z3AcHx: composto sintético doado; Z3AcHx + Herb: composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. Melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com Modelos Lineares Generalizados, seguida por análise de deviança (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.



Fonte: Própria.

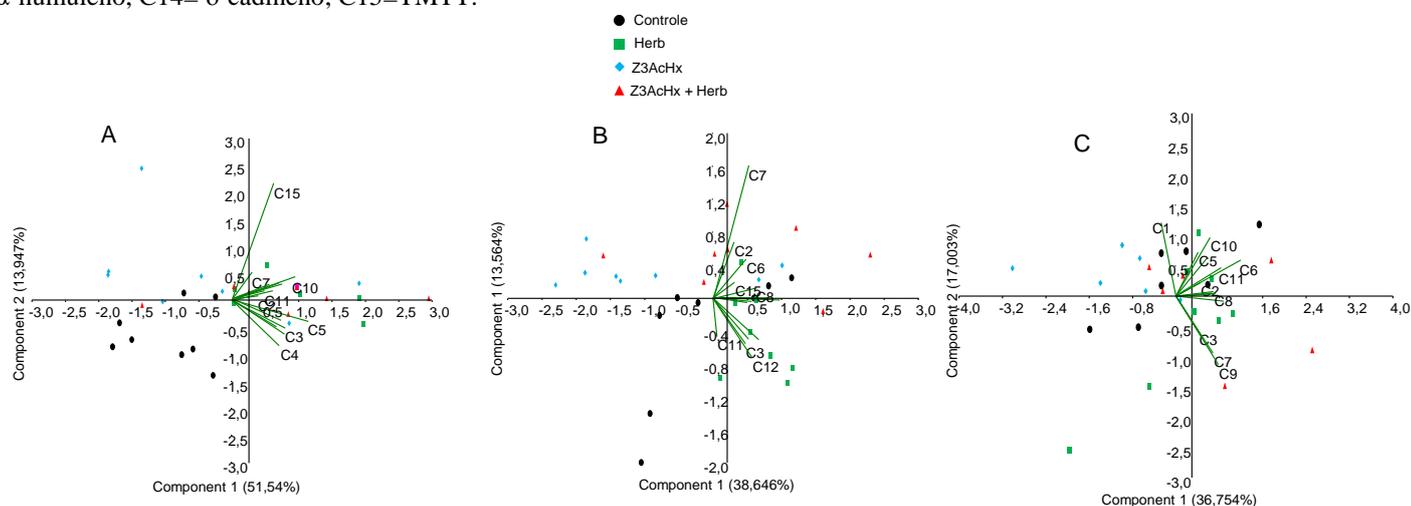
Na análise CRP, os compostos que contribuíram para a separação dos tratamentos foram: C5 = DMNT e C10 = (*E*)- β -cariofileno (Figura 13). O primeiro eixo canônico da CRP explicou 71 % da variação e a ANOVA indicou que as curvas são significativamente diferentes ($F = 18,195$, $p < 0,001$). Considerando as diferenças ao longo do tempo, ao comparar plantas submetidas aos diferentes tratamentos com o perfil de voláteis das plantas Ctrl, houve diferença somente para o último período avaliado, 72-96 h ($F = 4,45$, $p = 0,022$). As diferenças da CRP em cada ponto do tempo consideram a quantidade média dos três tratamentos (Herb, acetato de (*Z*)-3-hexenila e acetato de (*Z*)-3-hexenila + Herb) quando comparadas com a planta Controle, razão pela qual houve diferença no último tempo analisado. Além disso, a curva do tratamento acetato de (*Z*)-3-hexenila + Herb no último tempo está mais distante da curva Ctrl do que a curva das plantas Herb, substanciando o resultado da quantidade total de voláteis, onde este tratamento produziu mais voláteis do que as plantas Ctrl e plantas acetato de (*Z*)-3-hexenila; neste último tratamento ocorreu uma supressão da produção dos voláteis em 72-96 h (Figura 13). Para os demais períodos, 24-48 h ($F = 2,12$, $p = 0,067$) e 48-72 h ($F = 1,71$, $p = 0,153$), não se verificou diferença estatística entre as curvas (Figura 13).

Figura 13. Diagrama da curva de resposta principal (CRP) e valores de peso variáveis baseados em misturas voláteis liberadas por plantas de milho sob diferentes tratamentos: plantas sem tratamentos (Controle), plantas de milho com injúria de herbivoria de fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas de milho expostas ao composto acetato de (*Z*)-3-hexenila (Z3AcHx) e plantas de milho expostas ao composto acetato de (*Z*)-3-hexenila seguida da herbivoria de *D. melacanthus* (Z3AcHx + Herb). Compostos: C1= mirceno, C2 = acetato de (*Z*)-3-hexenila, C3= (*E*)-ocimeno, C4= (*RS*)-linalol, C5=DMNT, C6= salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (*E*)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (*E*)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.



A ACP mostrou que no primeiro período avaliado (24-48 h), há uma separação entre os tratamentos, observa-se que a maioria dos vetores está mais relacionada com os tratamentos que foram submetidas à herbivoria, o que corrobora os resultados encontrados no gráfico dos voláteis totais (Figura 14 A). Nos dois períodos subsequentes, o tratamento Ctrl já não se separa dos demais tratamentos (Figuras 14 B e C), o que também foi observado nos gráficos dos voláteis totais.

Figura 14. Ordenação por análise de componentes principais (ACP) dos componentes 1 e 2 dos compostos voláteis emitidos por plantas de milho controle (Ctrl), plantas com injúria de herbivoria por fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas expostas ao composto acetato de (*Z*)-3-hexenila e plantas expostas ao composto acetato de (*Z*)-3-hexenila e submetidas a herbivoria e *D. melacanthus* (acetato de (*Z*)-3-hexenila + Herb) em (A) 24-48 h, (B) 48-72 h e (C) 72-96 h desde o início do tratamento. Compostos voláteis: C1= mirceno, C2= acetato de (*Z*)-3-hexenila, C3= (*E*)-ocimeno, C4= (*RS*)-linalol, C5=DMNT, C6= salicilato de metila, C7= indol, C8= ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (*E*)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (*E*)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.



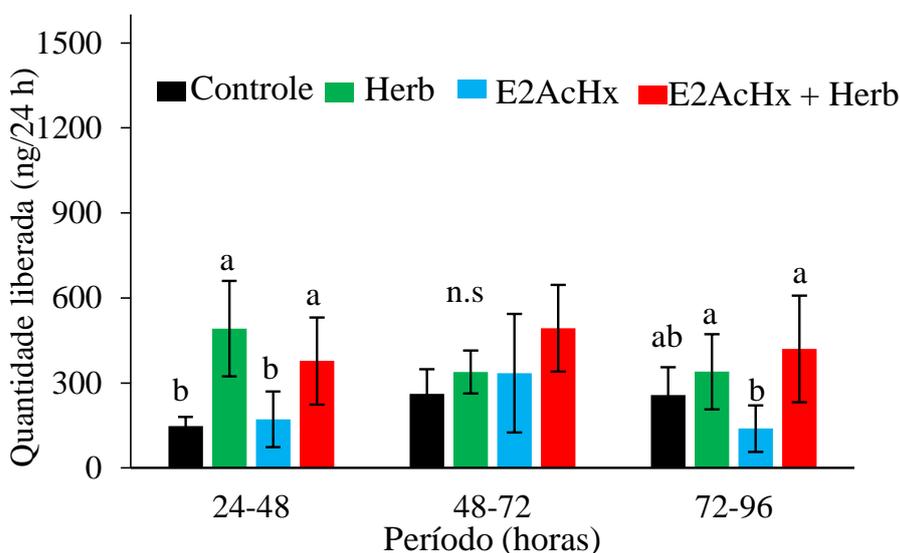
Fonte: Própria.

3.1.4 Análise do perfil de voláteis de plantas de milho expostas ao acetato de (*E*)-2-hexenila

Nas plantas expostas ao VFV acetato de (*E*)-2-hexenila, não houve efeito direto do composto na produção dos voláteis totais das plantas de milho e nem de indução do estado de alerta (Figura 15). A análise estatística mostrou diferença na produção dos voláteis totais nas plantas de milho submetidas aos diferentes tratamentos nos períodos de 24-48 h ($X^2 = 16,26$; $gl = 3$; $p < 0,001$) e 72-96 h ($X^2 = 10,79$; $gl = 3$; $p = 0,012$) (Figura 15, Anexo Tabela 1). Não se observou diferença entre os tratamentos no período de 48-72 h ($X^2 = 2,544$; $gl = 3$; $p = 0,46$) (Figura 15, Anexo Tabela 1). No período de 24-48 h, observou-se que as plantas Controle liberaram uma quantidade menor de voláteis comparado às plantas submetidas Herb ($t = 2,69$;

$gl = 27; p = 0,012$), acetato de (*E*)-2-hexenila ($t = 2,47; gl = 27; P = 0,018$) e acetato de (*E*)-2-hexenila + Herb ($t = 2,36; gl = 27; p = 0,025$). No período de 72-96 h, as plantas expostas ao acetato de (*E*)-2-hexenila produziram uma quantidade menor de voláteis quando comparados às plantas acetato de (*E*)-2-hexenila + Herb ($t = 2,52; gl = 27; p = 0,016$) e Herb ($t = -2,40; gl = 27; P = 0,023$) (Figura 15, Anexo Tabela 1).

Figura 15. Quantidade de voláteis totais liberados (ng/24h) (média ± EP) por plantas de milho expostas ao composto (*E*)-2-acetato de hexenila e submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: Herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; E2AcHx: (*E*)-2-acetato de hexenila; E2AcHx + Herb: (*E*)-2-acetato de hexenila + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com Modelos Lineares Generalizados, seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.

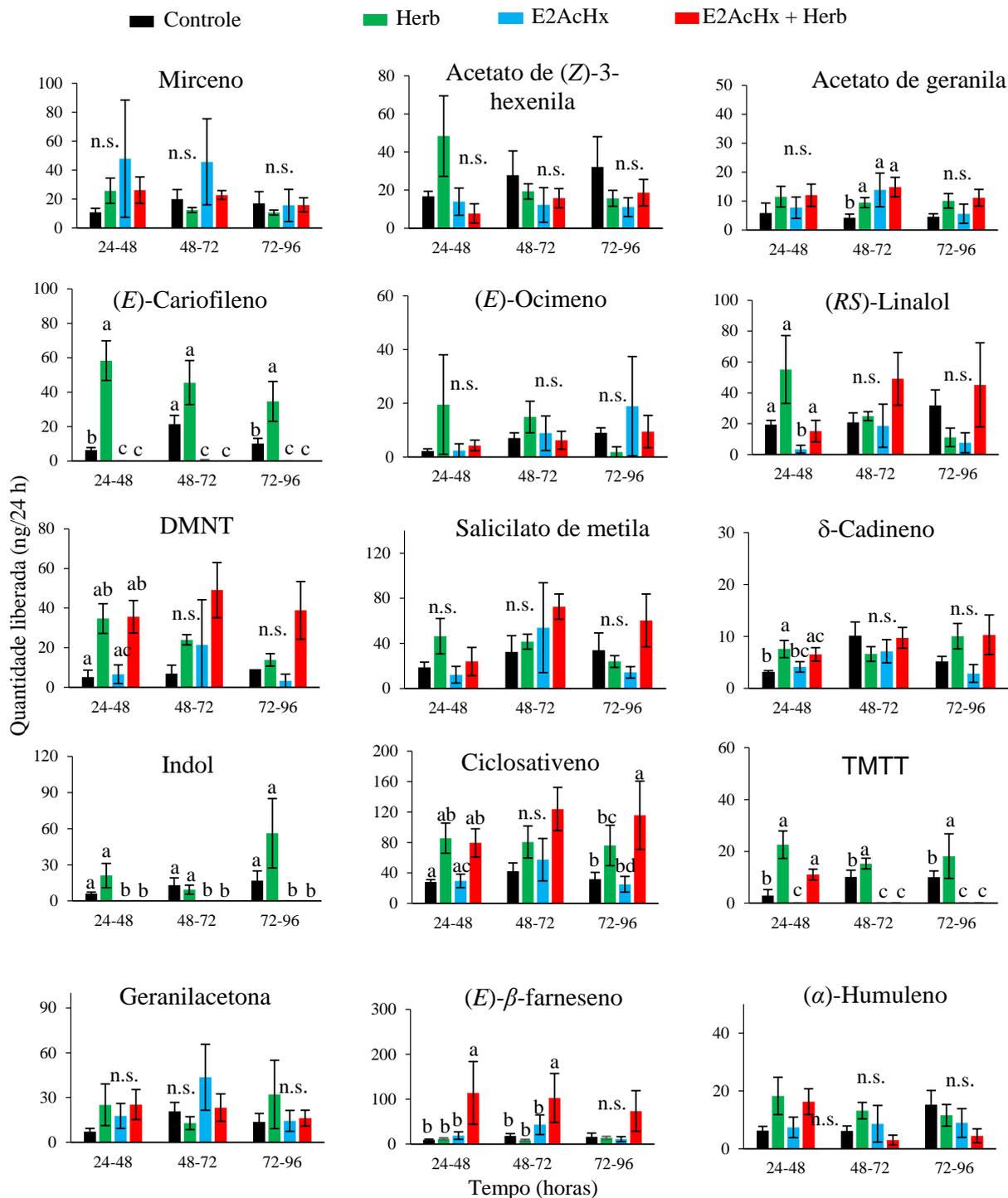


Fonte: Própria.

Quando analisados individualmente os COVs de plantas expostas ou não ao acetato de (*E*)-2-hexenila, observou-se diferença estatística entre os tratamentos (Figura 16, Anexo Tabelas 8 e 9). No período de 24-48 h, houve diferença entre os tratamentos na produção de (*RS*)-linalol ($X^2 = 9,66; gl = 3; p = 0,021$), indol ($X^2 = 38,08; gl = 3; p < 0,001$) e (*E*)- β -cariofileno ($X^2 = 74,51; gl = 3; p < 0,001$). Plantas acetato de (*E*)-2-hexenila diminuíram a liberação de (*RS*)-linalol, (*E*)- β -cariofileno, indol e TMTT quando comparadas aos demais tratamentos (Figura 16, Anexo Tabelas 8 e 9). Nesse mesmo período, plantas Controle ou acetato de (*E*)-2-hexenila + Herb suprimiram a produção dos COVs indol e (*E*)- β -cariofileno (Figura 16, Anexo Tabelas 8 e 9). O composto (*E*)- β -farneseno ($X^2 = 14,59; gl = 3; p = 0,002$) também foi liberado

em quantidades diferentes entre os tratamentos, com maior produção para o tratamento acetato de (*E*)-2-hexenila + Herb. No período de 48-72 h, houve diferença entre os tratamentos para os compostos indol ($X^2 = 1848,3$; $gl = 3$; $p < 0,001$), (*E*)- β -cariofileno ($X^2 = 120,01$, $gl = 3$; $p < 0,001$) e TMTT ($X^2 = 201,91$, $gl = 3$; $p < 0,001$), com menor produção desses compostos nos tratamentos que receberam o acetato de (*E*)-2-hexenila (Figura 16, Anexo Tabelas 8 e 9). O composto (*E*)- β -farneseno ($X^2 = 11,52$; $gl = 3$; $p = 0,009$) foi liberado em maior quantidade quando comparado aos demais tratamentos (Figura 16, Anexo Tabelas 8 e 9). No período de 72-96 h, houve diferença significativa na liberação dos compostos indol ($X^2 = 3169,4$; $gl = 3$; $p < 0,001$), (*E*)- β -cariofileno ($X^2 = 1074,4$; $gl = 3$; $p < 0,001$) e TMTT ($X^2 = 1571,8$; $gl = 3$; $p < 0,001$) quando se comparou os tratamentos. Observou-se uma supressão significativa na produção de voláteis totais pelas plantas expostas ao acetato de (*E*)-2-hexenila (Figura 15), e nas análises dos compostos individuais, essa supressão pode ser confirmada pela diminuição significativa na liberação dos compostos indol, (*E*)- β -cariofileno e TMTT quando comparado aos demais tratamentos (Figura 16, Anexo Tabelas 8 e 9).

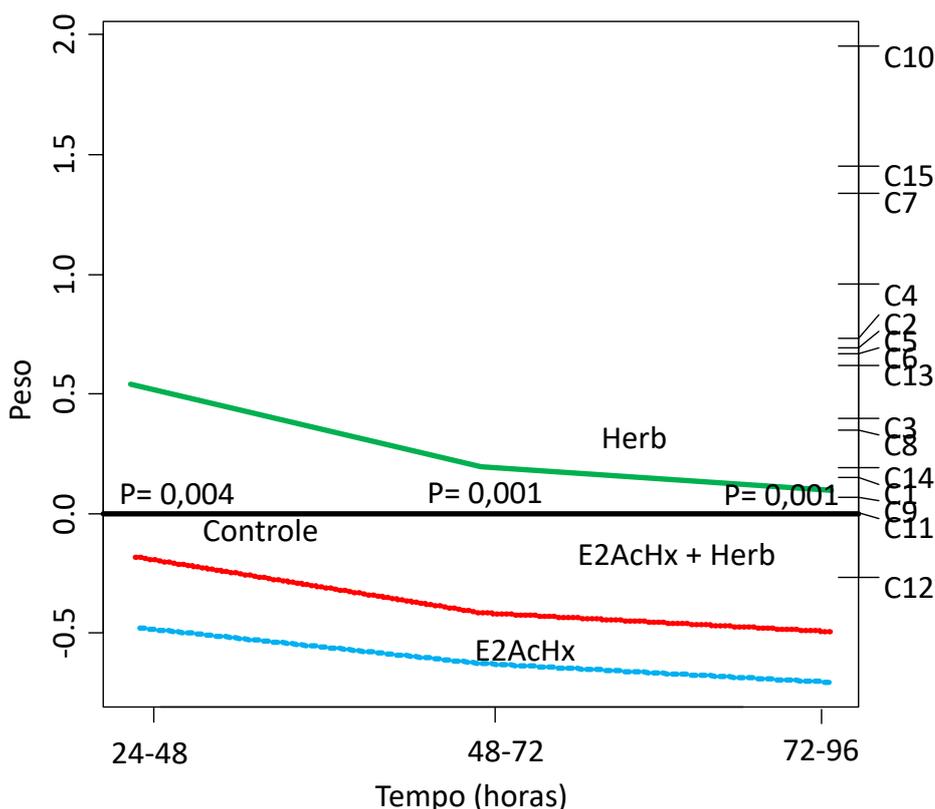
Figura 16. Quantidade de voláteis liberados (ng/24h) (média ± EP) por plantas de milho expostas ao composto acetato de (*E*)-2-hexenila e submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: Herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; E2AcHx: acetato de (*E*)-2-hexenila; E2AcHx + Herb: acetato de (*E*)-2-hexenila + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com Modelos Lineares Generalizados, seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.



Fonte: Própria.

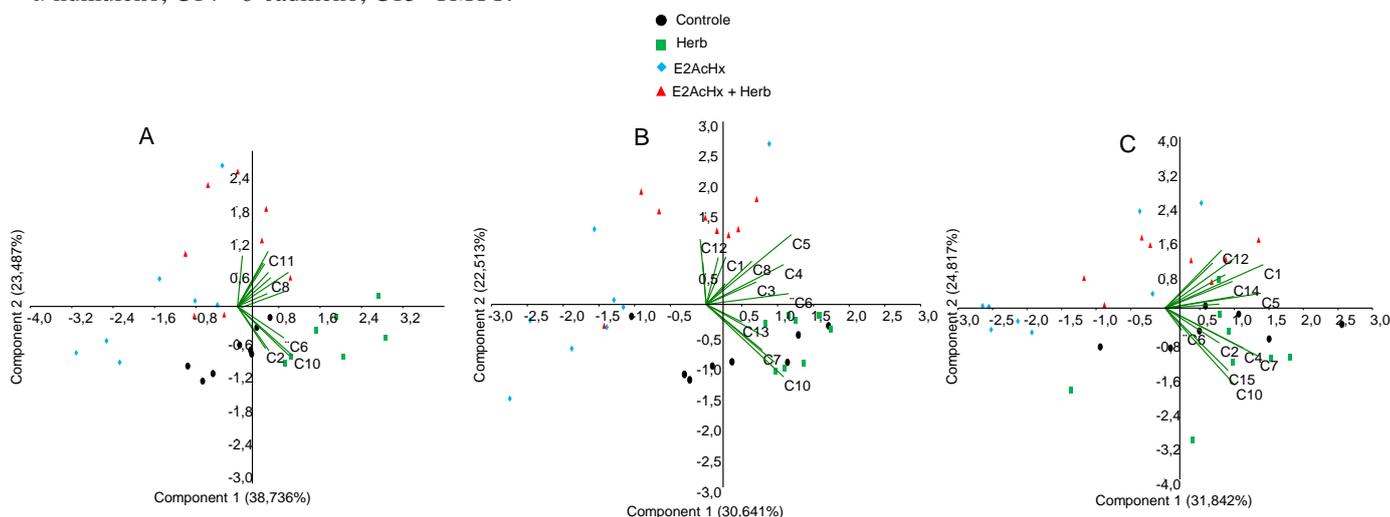
A análise CRP mostrou que as curvas para o acetato de (*E*)-2 hexenila, acetato de (*E*)-2-hexenila + Herb e Herb apresentam tendências diferentes ao longo do tempo quando comparadas à curva Controle (Figura 17). Corroborando o resultado mostrado na análise dos voláteis totais e dos compostos individuais, observou-se a supressão na produção dos voláteis pelas plantas expostas ao acetato de (*E*)-2-hexenila. As duas curvas relacionadas às plantas expostas ao acetato de (*E*)-2-hexenila estão abaixo da curva controle. Os compostos que contribuíram para a separação dos tratamentos foram: C7 = indol, C10 = (*E*)- β -cariofileno e C15 = TMTT. O primeiro eixo canônico da CRP explicou 64 % da variação e a ANOVA indicou que as curvas são significativamente diferentes ($F = 31,92, p < 0,001$). Além disso, considerando as diferenças ao longo do tempo, ao comparar plantas submetidas aos diferentes tratamentos com o perfil de voláteis das plantas Ctrl, houve diferença para todos os períodos avaliados: 24-48 h ($F = 3,82, P = 0,004$), 48-72 h ($F = 4,82, P = 0,001$) e 72- 96 h ($F = 5,82, P = 0,001$) (Figura 17).

Figura 17. Diagrama da curva de resposta principal (CRP) e valores de peso variáveis baseados em misturas voláteis liberadas por plantas de milho sob diferentes tratamentos: plantas sem tratamentos (Controle), plantas de milho com injúria de herbivoria de fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas de milho expostas ao composto acetato de (*E*)-2-hexenila (E2AcHx) e plantas de milho expostas ao composto acetato de (*E*)-2-hexenila seguida da herbivoria de *D. melacanthus* (E2AcHx + Herb). Os valores P indicam a significância do diagrama da CRP em todos os tempos de amostragem, com base no teste de permutação de Monte Carlo. Compostos: C1= mirceno, C2 = acetato de (*Z*)-3-hexenila, C3= (*E*)-ocimeno, C4= (*RS*)-linalol, C5=DMNT, C6= salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (*E*)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (*E*)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.



De acordo com a ACP, no primeiro período (24-48 h) houve uma separação entre os tratamentos Herb, controle e um agrupamento com os tratamentos expostos ao acetato de (*E*)-2-hexenila e no período de 48-72 h houve duas separações entre os tratamentos, um agrupamento com plantas expostas ao composto e outro com plantas não expostas ao acetato de (*E*)-2-hexenila (Figura 18A e B). No último período avaliado (72-96 h), fica clara a diferença das plantas que foram expostas somente ao composto acetato de (*E*)-2-hexenila, que se separa dos outros tratamentos (Figura 18C), e a ausência de vetores relacionados com este tratamento corrobora a supressão na emissão de compostos, observada nos gráficos dos voláteis totais.

Figura 18. Ordenação por análise de componentes principais (ACP) dos componentes 1 e 2 dos compostos voláteis emitidos por plantas de milho controle (Controle), plantas com injúria de herbivoria por fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas expostas ao composto acetato de (*E*)-2-hexenila (E2AcHx) e plantas expostas ao composto acetato de (*E*)-2-hexenila e submetidas a herbivoria e *D. melacanthus* (E2AcHx + Herb) em (A) 24-48 h, (B) 48-72 h e (C) 72-96 h desde o início do tratamento. Compostos voláteis: C1= mirceno, C2 = acetato de (*Z*)-3-hexenila, C3= (*E*)-ocimeno, C4= (*RS*)-linalol, C5=DMNT, C6= salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (*E*)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (*E*)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.



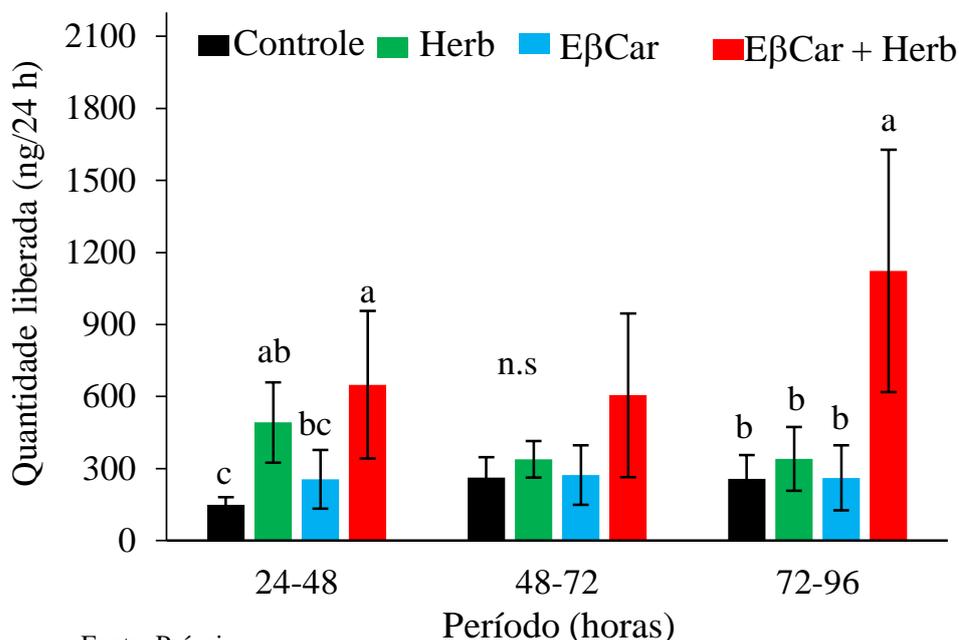
Fonte: Própria.

3.1.5 Análise do perfil de voláteis de plantas de milho expostas ao sesquiterpeno (*E*)- β -cariofileno

Os voláteis totais liberados por plantas expostas ou não ao sesquiterpeno (*E*)- β -cariofileno diferiram entre os tratamentos nos períodos de 24-48 h ($X^2 = 14,457$; $gl = 3$; $p < 0,001$) e 72-96 h ($X^2 = 18,58$; $gl = 3$; $p < 0,001$). Não se observou diferença entre os tratamentos no período de 48-72 h ($X^2 = 0,787$; $gl = 3$; $p = 0,85$) (Figura 19, Anexo Tabela 1). O efeito de estado de alerta foi observado em plantas (*E*)- β -cariofileno+Herb a partir de 72 h do início do

tratamento, com maior produção dos voláteis totais nessas plantas quando se compara com as plantas Controle ($t = 2,49$; $gl = 26$; $p = 0,019$), Herb ($t = 2,17$, $gl = 26$, $p = 0,039$) e (*E*)- β -cariofileno ($t = 2,64$, $gl = 26$, $p = 0,013$) (Figura 19, Anexo Tabela 1).

Figura 19. Quantidade de voláteis totais liberados (ng/24h) (média \pm EP) por plantas de milho expostas ao composto (*E*)- β -cariofileno submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; E β Car: composto sintético doado; E β Car+ Herb: composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com Modelos Lineares Generalizados, seguida de análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.

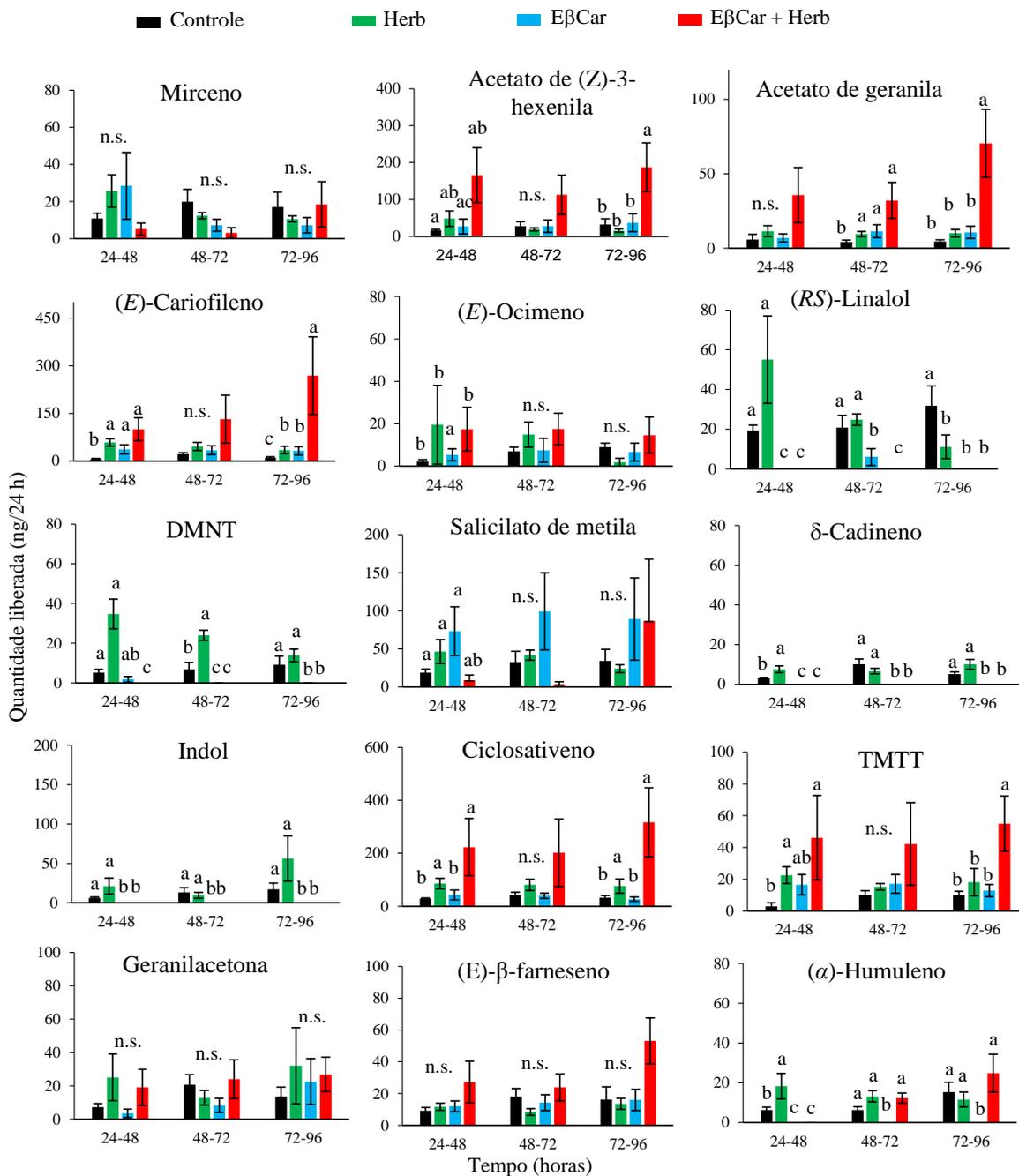


Fonte: Própria.

Quando se analisou individualmente os compostos liberados por plantas expostas ou não ao composto (*E*)- β -cariofileno, observou-se diferença estatística na produção dos compostos liberados (Figura 20, Anexo Tabelas 10 e 11). No período de 24-48 h, observou-se que houve diferença na liberação de (*RS*)-linalol ($X^2 = 3606,10$; $gl = 3$; $p < 0,001$), indol ($X^2 = 3443,10$; $gl = 3$; $p < 0,001$), α -humuleno ($X^2 = 9274,1$; $gl = 3$; $p < 0,001$) e δ -cadineno ($X^2 = 2562,10$; $gl = 3$; $p < 0,001$) entre os tratamentos avaliados. Plantas (*E*)- β -cariofileno e (*E*)- β -cariofileno + Herb liberaram uma quantidade menor desses COVs, quando comparados a plantas não expostas ao composto (Figura 20, Anexo Tabelas 10 e 11). No período de 48-72 h, houve diferença na liberação dos compostos (*RS*)-linalol ($X^2 = 171,49$; $gl = 3$; $p < 0,001$), DMNT ($X^2 = 1146,4$; $gl = 3$; $P < 0,001$), indol ($X^2 = 1506,2$; $gl = 3$; $p < 0,001$) e δ -cadineno ($X^2 = 1112,3$; $gl = 3$; $p < 0,001$). Plantas Controle ou (*E*)- β -cariofileno + Herb, da mesma forma que no período de 24-48 h, também liberaram uma quantidade menor desses COVs quando comparadas com

plantas não expostas ao composto (Figura 20, Anexo Tabelas 10 e 11). No período de 72-96 h, observou-se a indução por ativação do estado de alerta, com a maior produção dos voláteis totais (Figura 19); as plantas (*E*)- β -cariofileno + Herb produziram quantidades significativamente maiores dos compostos acetato de (*Z*)-3-hexenila ($t = 2,18$; $gl = 26$; $p = 0,038$), acetato de geranila ($t = 3,54$; $gl = 26$; $p = 0,001$), (*E*)- β -cariofileno ($t = 2,90$; $gl = 26$; $p = 0,048$), ciclosativeno ($t = 2,94$; $gl = 26$; $p < 0,033$) e TMTT ($t = 2,67$; $gl = 26$; $p = 0,012$) quando comparado às plantas com os demais tratamentos no mesmo período (Figura 20, Anexo Tabela 10 e Tabela 11). Adicionalmente, no período de 72-96 h os COVs (*RS*)-linalol ($X^2 = 1983,4$; $gl = 3$; $p < 0,001$), DMNT ($X^2 = 2116,1$; $gl = 3$; $p < 0,001$), indol ($X^2 = 2865,7$; $gl = 3$; $p < 0,001$) e δ -cadineno ($X^2 = 2964,6$; $gl = 3$; $p < 0,001$) apresentaram diferença significativa na taxa de liberação entre os tratamentos. Plantas Controle e (*E*)- β -cariofileno + Herb liberaram esses COVs em menor quantidade quando comparadas com plantas não expostas ao composto (Figura 20, Anexo Tabelas 10 e 11).

Figura 20. Quantidade de voláteis liberados (ng/24h) (média ± EP) por plantas de milho expostas ao composto (*E*)- β -cariofileno submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; E β Car: composto sintético doado; E β Car + Herb: composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com Modelos Lineares Generalizados, seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.

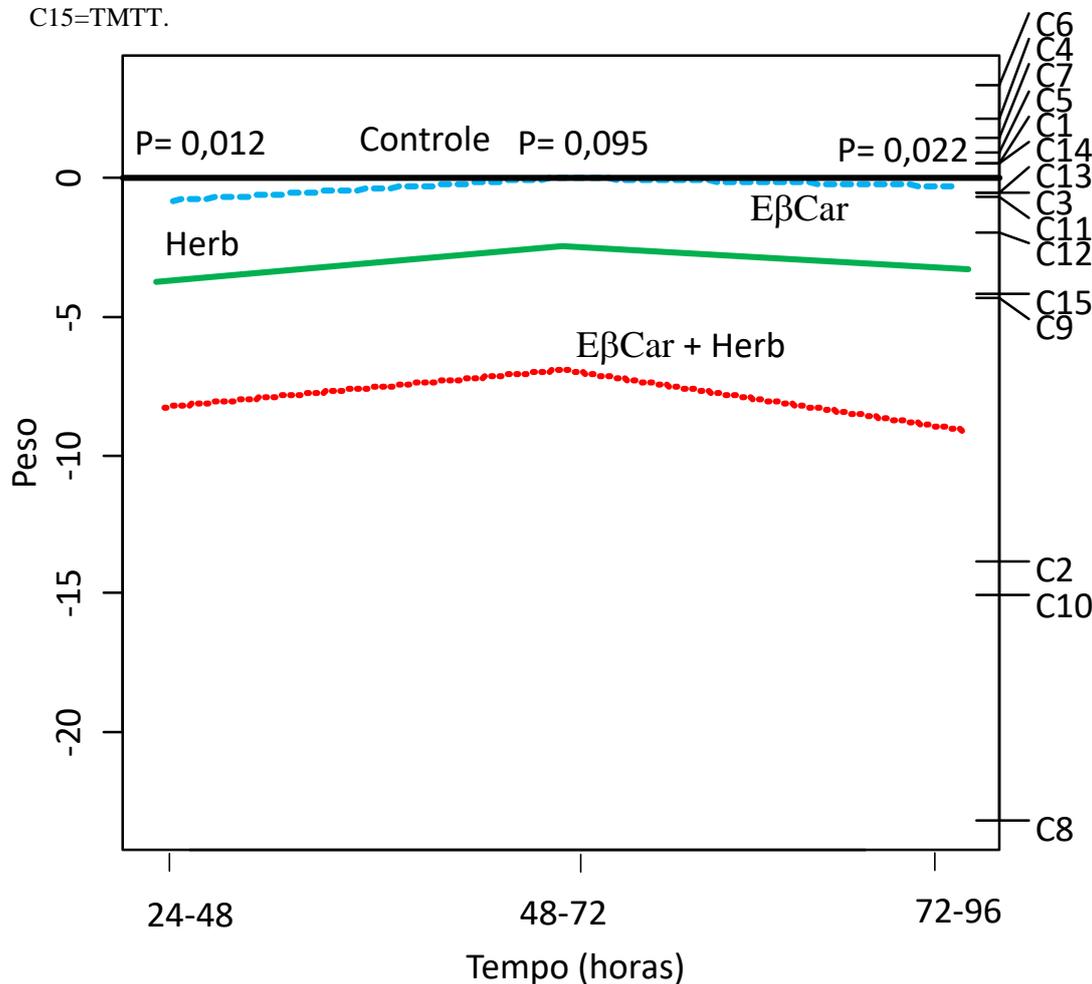


Fonte: Própria.

A análise de CRP mostrou que as curvas para o (*E*)- β -cariofileno + Herb, (*E*)- β -cariofileno e Herb apresentam tendências diferentes ao longo do tempo quando comparadas à curva controle (Figura 21). Os compostos que contribuíram para a separação dos tratamentos foram: C2 = acetato de (*Z*)-3-hexenila, C8 = ciclosativeno e C10 = (*E*)- β -cariofileno. O primeiro

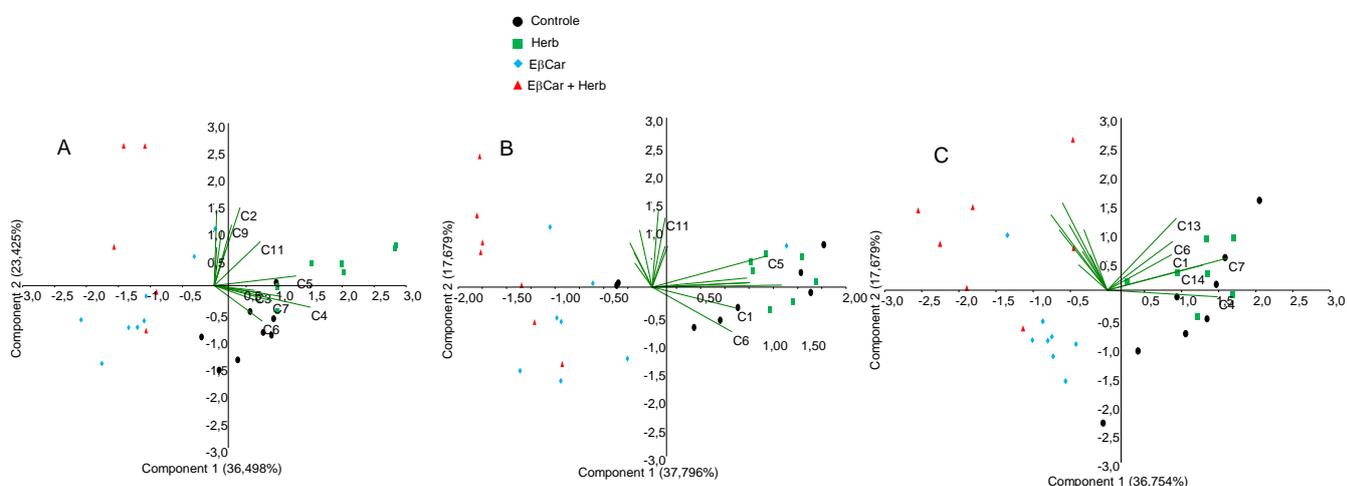
eixo canônico da CRP explicou 84 % da variação e a ANOVA indicou que as curvas são significativamente diferentes ($F = 18,34$, $p = 0,002$). Além disso, considerando as diferenças ao longo do tempo, ao comparar plantas submetidas aos diferentes tratamentos com o perfil de voláteis das plantas Ctrl, houve diferença para o primeiro e o último período avaliados (24-48 h: $F = 4,28$, $p = 0,012$ e 72-96 h: $F = 3,54$, $P = 0,022$) (Figura 21). Além disso, a curva para (*E*)- β -Cariofileno + Herb está mais distante da curva Ctrl, do que a curva das plantas (*E*)- β -Cariofileno e plantas Herb, substanciando o resultado da quantidade total de voláteis, onde este tratamento produziu mais voláteis do que as plantas dos demais tratamentos (Figura 21). Para o período 48-72 h ($F = 2,31$, $p = 0,095$), não houve diferença estatística entre as curvas (Figura 21).

Figura 21. Diagrama da curva de resposta principal (CRP) e valores de peso variáveis baseados em misturas voláteis liberadas por plantas de milho sob diferentes tratamentos plantas sem tratamentos (Controle), plantas de milho com injúria de herbivoria de fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas de milho expostas ao composto (*E*)- β -Cariofileno (*E* β Car) e plantas de milho expostas ao composto (*E*)- β -Cariofileno seguida da herbivoria de *D. melacanthus* (*E* β Car + Herb). Os valores P indicam a significância do diagrama da CRP em todos os tempos de amostragem, com base no teste de permutação de Monte Carlo. Quanto maior o peso variável (valores absolutos), mais próximo o padrão de resposta do composto segue o padrão de desvio (do controle, Ctrl = 0 linha) indicado na CRP. Compostos: C1= mirceno, C2 = acetato de (*Z*)-3-hexenila, C3= (*E*)-ocimeno, C4= (*RS*)-linalol, C5=DMNT, C6= Salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (*E*)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (*E*)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.



A ACP mostrou que em todos os períodos avaliados há uma separação entre os tratamentos. Observa-se que a maioria dos vetores está relacionada aos tratamentos controle, herb e alguns deles, principalmente em 48-72 e 72-96 parecem estar relacionados ao tratamento E β Car + Herb, o que corrobora com os resultados encontrados nos gráficos dos voláteis totais (Figura 22).

Figura 22. Ordenação por análise de componentes principais (ACP) dos componentes 1 e 2 dos compostos voláteis emitidos por plantas de milho: controle (Controle), plantas com injúria de herbivoria por fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas expostas ao composto (*E*)- β -cariofileno (E β Car) e plantas expostas ao composto (*E*)- β -cariofileno e submetidas a herbivoria de *D. melacanthus* (E β Car + Herb) em (A) 24-48 h, (B) 48-72 h e (C) 72-96 h desde o início do tratamento. Compostos voláteis: C1 = mirceno, C2 = acetato de (*Z*)-3-hexenila, C3 = (*E*)-ocimeno, C4 = (*RS*)-linalol, C5 = DMNT, C6 = salicilato de metila, C7 = indol, C8 = ciclosativeno, C9 = acetato de geranila, C10 = (*E*)- β -cariofileno, C11 = geranilacetona, C12 = (*E*)- β -farneseno, C13 = α -humuleno, C14 = δ -cadineno, C15 = TMTT.

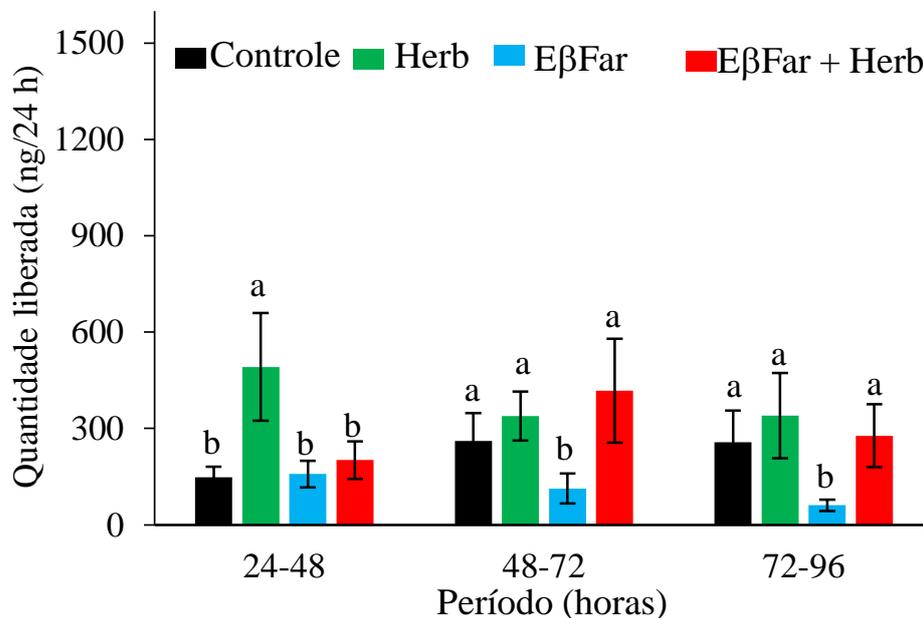


Fonte: Própria.

3.1.6 Análise do perfil de voláteis de plantas de milho expostas ao sesquiterpeno (*E*)- β -farneseno

Os voláteis totais liberados pelas plantas de milho expostas ou não ao sesquiterpeno (*E*)- β -farneseno diferiram entre os tratamentos em todos os períodos avaliados: 24-48 h ($X^2 = 50,656$; $gl = 3$; $p < 0,001$), 48-72 h ($X^2 = 17,742$; $gl = 3$; $p < 0,001$), e 72-96 h ($X^2 = 28,951$; $gl = 3$, $p < 0,001$) (Figura 23, Anexo Tabela 9). Não foi observado o fenômeno de indução nem de estado de alerta em plantas expostas ao (*E*)- β -farneseno. Pelo contrário, a partir do período de 48-72 h, ocorreu uma supressão na produção dos voláteis totais (Figura 23, Anexo Tabela 1).

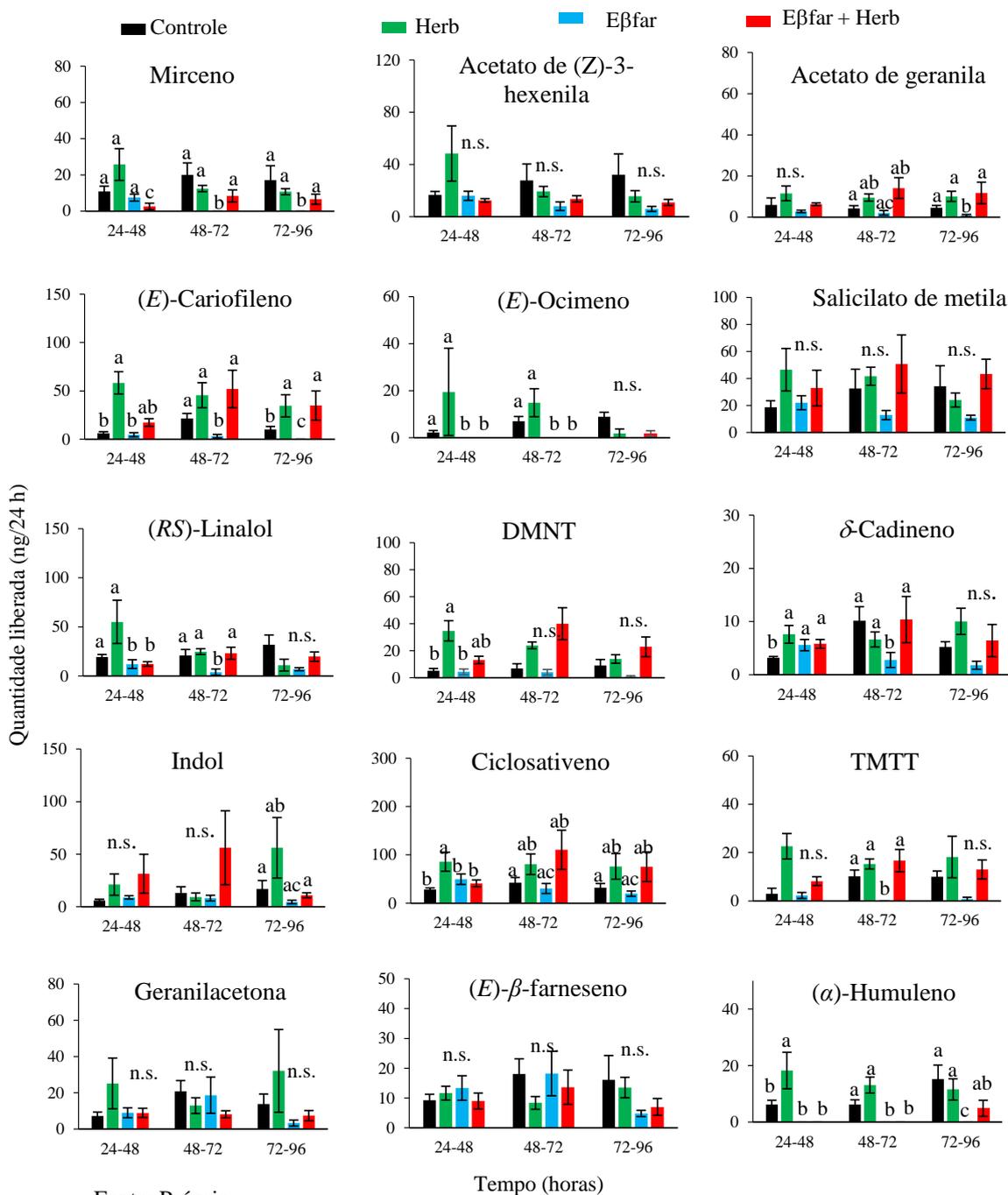
Figura 23. Quantidade de voláteis totais liberados (ng/24h) (média ± EP) por plantas de milho expostas ao composto (*E*)- β -farneseno submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; E β Far: composto sintético doado; E β Far + Herb: composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com Modelos Lineares Generalizados, seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança.



Fonte: Própria.

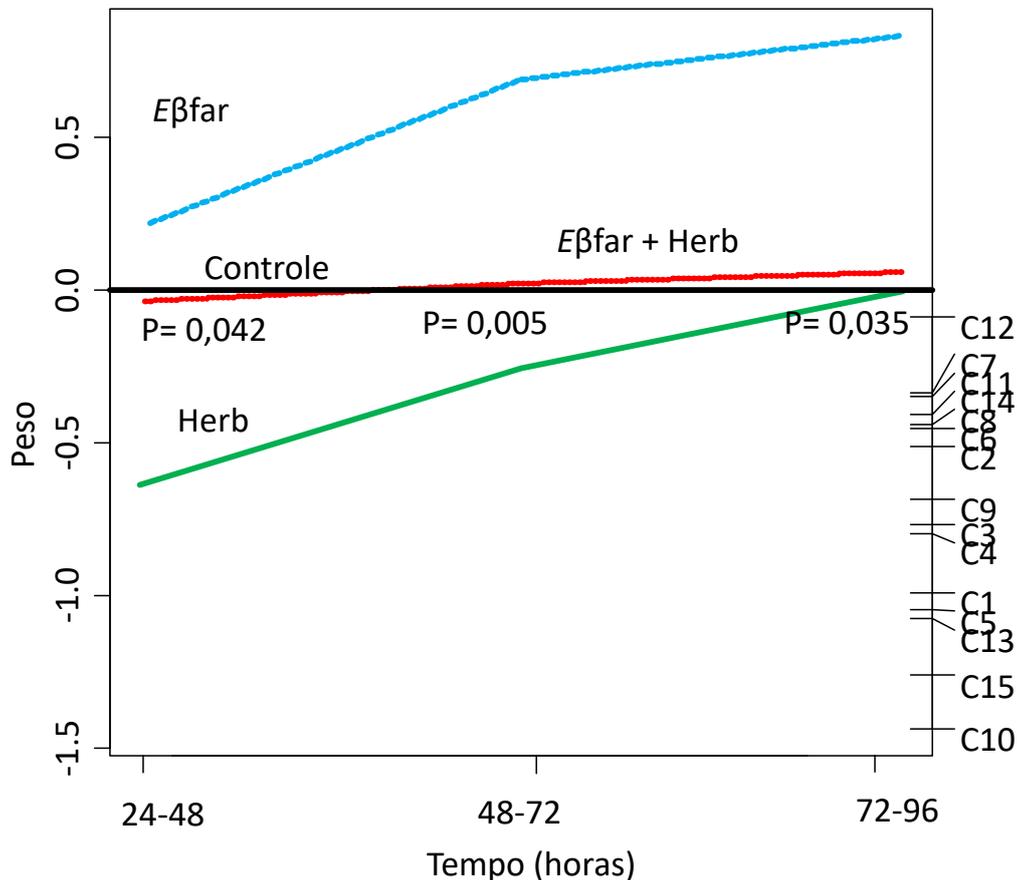
Na avaliação individual dos compostos, observou-se diferença estatística entre os tratamentos: 24-48 h para mirceno ($X^2 = 8,66$, $gl = 3$, $p = 0,034$), (*RS*)-linalol ($X^2 = 11,05$; $gl = 3$; $p = 0,011$), (*E*)- β -cariofileno ($X^2 = 16,40$, $gl = 3$, $p < 0,001$), δ -cadineno ($X^2 = 14,17$, $gl = 3$, $p = 0,002$) e TMTT ($X^2 = 8,10$; $gl = 3$; $p = 0,043$); 48-72 h para (*E*)-ocimeno ($X^2 = 2010,9$; $gl = 3$; $p < 0,001$), ciclosativeno ($X^2 = 8,76$; $gl = 3$; $p = 0,032$) e α -humuleno ($X^2 = 4697,7$; $gl = 3$; $p < 0,001$); e 72-96 h para acetato de geranila ($X^2 = 12,26$; $gl = 3$; $p = 0,006$), (*E*)- β -cariofileno ($X^2 = 2650,10$; $gl = 3$; $p < 0,001$) e α -humuleno ($X^2 = 280,73$; $gl = 3$; $p < 0,001$) (Figura 24, Anexo Tabelas 12 e 13). A partir de 48-72 h, foi observada uma supressão na liberação dos voláteis totais em comparação às plantas Controle, sendo que os compostos que sofreram maior supressão foram: mirceno, (*RS*)-linalol, (*E*)- β -cariofileno, δ -cadineno e TMTT (Figura 24, Anexo Tabelas 12 e 13). Já os compostos (*E*)-ocimeno e α -humuleno foram liberados em menor quantidades por plantas (*E*)- β -farneseno e (*E*)- β -farneseno + Herb comparadas com plantas Herb (Figura 24, Anexo Tabelas 12 e 13). No período de 72-96 h, as plantas (*E*)- β -farneseno tiveram a liberação dos seguintes COVs reduzida: acetato de geranila, (*E*)- β -cariofileno e α -humuleno quando comparadas aos demais tratamentos (Figura 24, Anexo Tabelas 12 e 13).

Figura 24. Quantidade de voláteis liberados (ng/24h) (média ± EP) por plantas de milho expostas ao composto (*E*)- β -farneseno submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: Herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; E β Far: composto sintético doado; E β Far + Herb: Composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com Modelos Lineares Generalizados, seguida por análise de deviança (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.



O primeiro eixo canônico da CRP explicou 70 % da variação e a ANOVA indicou que as curvas são significativamente diferentes ($F = 38,038$, $p < 0,001$). Considerando as diferenças ao longo do tempo, ao comparar plantas submetidas aos diferentes tratamentos com o perfil dos voláteis das plantas Ctrl, houve diferença para todos os períodos avaliados: 24-48 h ($F = 2,54$, $p = 0,042$), 48-72 h ($F = 3,42$; $p = 0,005$) e 72-96 h ($F = 2,61$; $p = 0,035$). No primeiro período (24-48 h), pode-se observar que a curva das plantas Herb está mais distante das demais curvas, substanciando o resultado da quantidade total de voláteis, onde este tratamento produziu mais voláteis do que as plantas Ctrl. Nos últimos períodos (48-72 h e 72-96 h), as plantas (*E*)- β -farneseno estão mais distantes da curva Ctrl do que as curvas dos demais tratamentos, em que ocorreu uma supressão da produção dos voláteis (Figura 25). Os compostos que mais contribuíram para a separação dos tratamentos foram: C5 = DMNT, C10 = (*E*)- β -cariofileno, C13 = α -humuleno e C15 = TMTT. As curvas mostram que a emissão dos voláteis nos tratamentos Herb e (*E*)- β farneseno apresentou comportamento oposto e que o efeito da injúria de herbivoria (Herb) nas plantas foi mascarada pela exposição ao (*E*)- β -farneseno, por isso não há separação entre as curvas Ctrl e (*E*)- β -farneseno + Herb (Figura 25).

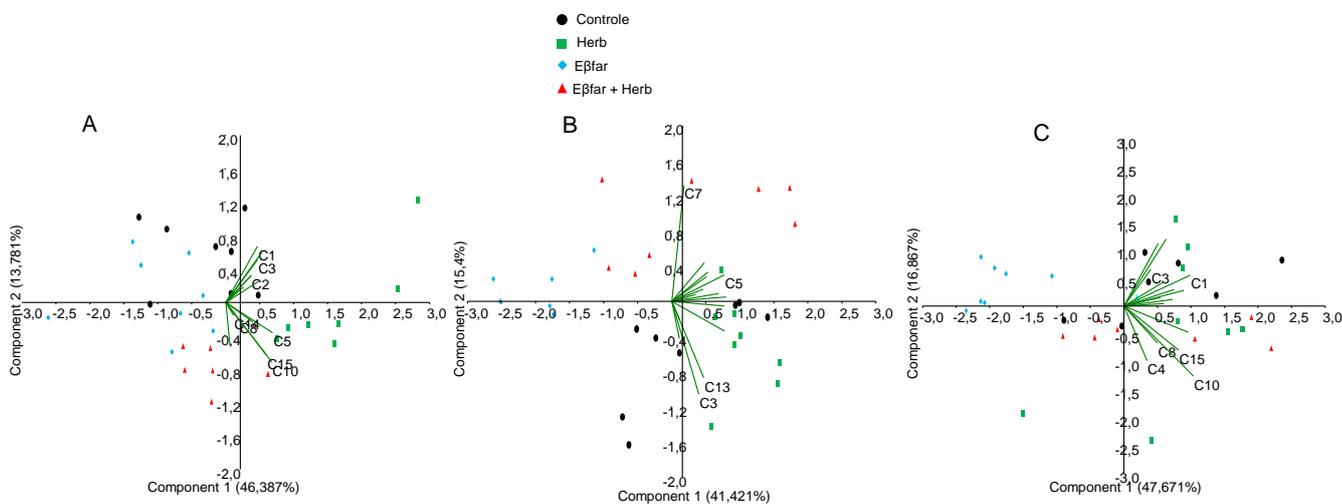
Figura 25. Diagrama da curva de resposta principal (CRP) e valores de peso variáveis baseados em misturas voláteis liberadas por plantas de milho sob diferentes tratamentos: plantas sem tratamentos (Controle), plantas de milho com injúria de herbivoria de fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas de milho expostas ao composto (*E*)- β -farneseno (*E* β Far) e plantas de milho expostas ao composto (*E*)- β -farneseno seguida da herbivoria de *D. melacanthus* (*E* β Far + Herb). Os valores P indicam a significância do diagrama da CRP em todos os tempos de amostragem, com base no teste de permutação de Monte Carlo. Quanto maior o peso variável (valores absolutos), mais próximo o padrão de resposta do composto segue o padrão de desvio (do controle, Ctrl = 0 linha) indicado na CRP. Compostos: C1= mirceno, C2 = acetato de (*Z*)-3-hexenila, C3= (*E*)-ocimeno, C4= (*RS*)-linalol, C5=DMNT, C6= salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (*E*)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (*E*)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.



Fonte: Própria.

A ACP mostra que no primeiro período (24-48 h) (Figura 26A) os quatro tratamentos foram separados, e é nítido que a maioria dos vetores está mais relacionada com os tratamentos das plantas submetidas a herbivoria (Herb) (Figura 26 A). Nos dois períodos subsequentes, o tratamento Ctrl já não se separa tão bem do tratamento Herb (Figura 26 B e C), o que também foi observado nos gráficos de voláteis totais. Ao longo de tempo, fica clara a diferença das plantas que foram expostas ao composto (*E*)- β -farneseno, que se separam dos outros tratamentos, e a ausência de vetores relacionados com este tratamento corrobora a supressão na emissão de compostos, observadas nas outras análises.

Figura 26. Ordenação por análise de componentes principais (ACP) dos componentes 1 e 2 dos compostos voláteis emitidos por plantas de milho controle (Controle), plantas com injúria de herbivoria por fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas expostas ao composto (*E*)- β -farneseno (*E* β far) e plantas expostas ao composto (*E*)- β -farneseno e submetidas a herbivoria e *D. melacanthus* (*E* β far + Herb) em (A) 24-48 h, (B) 48-72 h e (C) 72-96 h desde o início do tratamento. Compostos voláteis: C1= mirceno, C2 = acetato de (*Z*)-3-hexenila, C3= (*E*)-ocimeno, C4= (*RS*)-linalol, C5=DMNT, C6= salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (*E*)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (*E*)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.

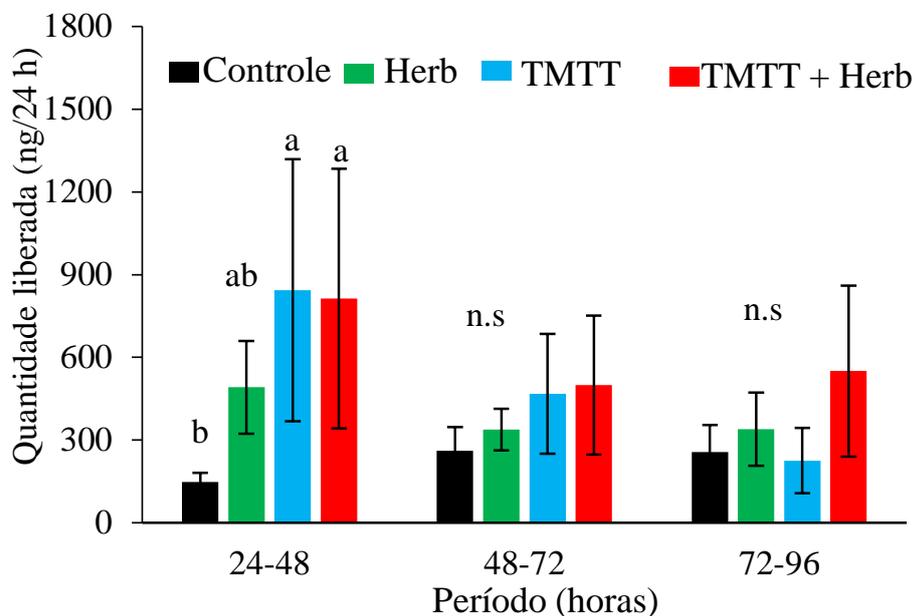


Fonte: Própria.

3.1.7 Análise do perfil de voláteis de plantas de milho expostas ao homoterpeno TMTT

Em plantas de milho expostas ou não ao homoterpeno TMTT os voláteis totais liberados diferiram entre os tratamentos no período de 24-48 h ($X^2 = 13,288$; $gl = 3$, $p = 0,004$). Não se observou diferença entre os tratamentos nos períodos de 48-72 h ($X^2 = 4,304$; $gl = 3$; $p = 0,230$) e 72-96 h ($X^2 = 5,077$; $gl = 3$; $p = 0,166$) (Figura 27, Anexo Tabela 1). Não foi observado o efeito de indução nem de estado de alerta em plantas expostas ao TMTT. No período de 24-48 h, as plantas expostas ao composto produziram uma quantidade maior de voláteis quando comparadas com plantas Controle (Figura 27, Anexo Tabela 1).

Figura 27. Quantidade de voláteis totais liberados (ng/24h) (média ± EP) por plantas de milho expostas ao composto TMTT e submetidas a diferentes tratamentos. Ctrl: plantas sem injúria; Herb: herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; TMTT: composto sintético doado; TMTT + Herb: Composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com Modelos Lineares Generalizados, seguida por análise de deviança (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.

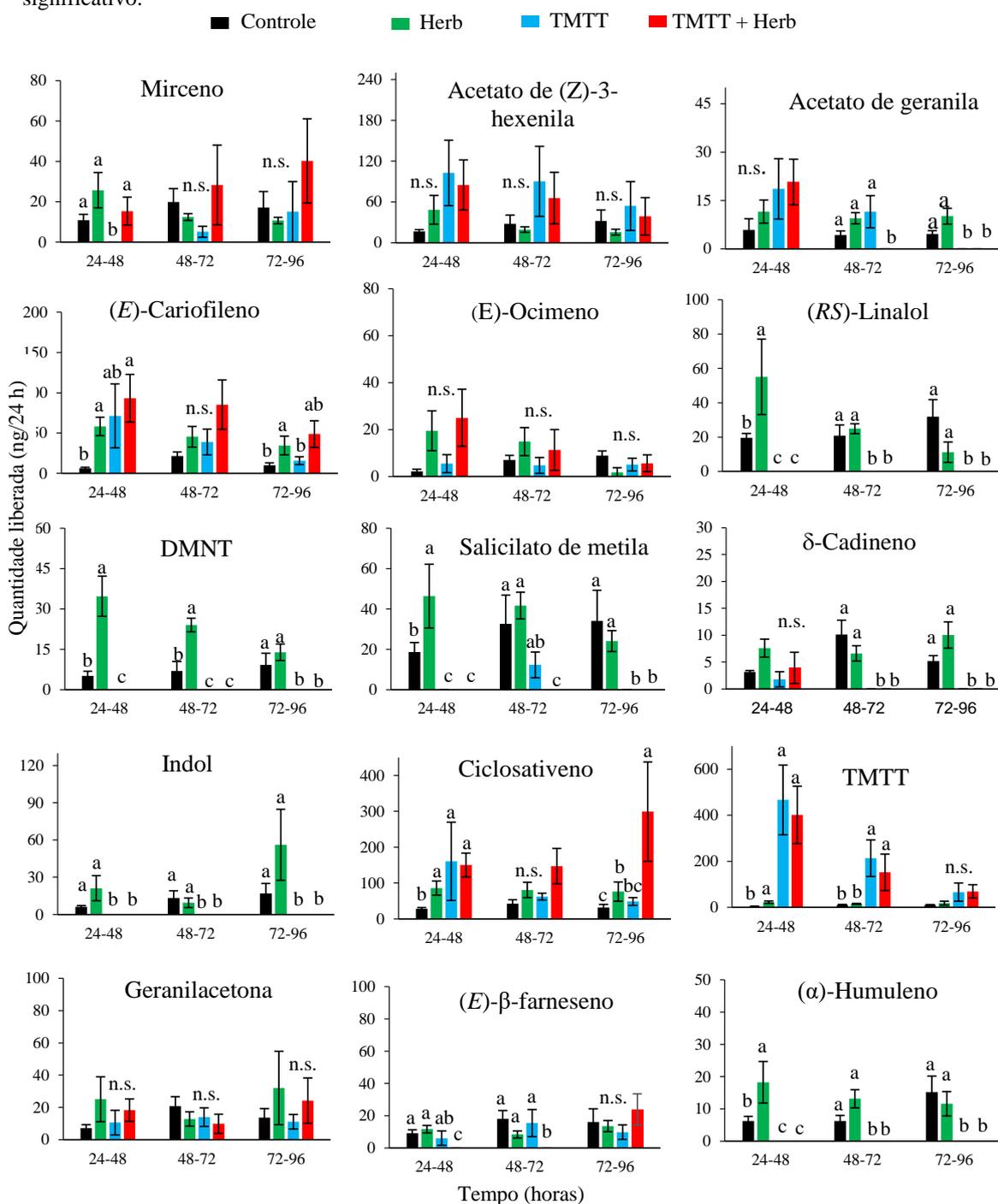


Fonte: Própria.

Quando se analisou individualmente os compostos emitidos por plantas expostas ao composto TMTT, observou-se diferença estatística na produção dos compostos liberados pelas plantas nos períodos avaliados comparando os quatro tratamentos. No período de 24-48 h, os seguintes compostos foram liberados diferencialmente: mircenol ($X^2 = 808,92$; $gl = 3$; $p < 0,001$), (*RS*)-linalol ($X^2 = 3988,3$; $gl = 3$; $p < 0,001$), DMNT ($X^2 = 2286,5$; $gl = 3$; $p < 0,001$), salicilato de metila ($X^2 = 2450,5$; $gl = 3$; $p < 0,001$), indol ($X^2 = 3808,3$; $gl = 3$; $p < 0,001$) ciclosativeno ($X^2 = 17,79$; $gl = 3$; $p < 0,001$), (*E*)- β -cariofileno ($X^2 = 12,85$; $gl = 3$; $p < 0,01$), TMTT ($X^2 = 15,18$; $gl = 3$; $p < 0,01$), (*E*)- β -farneseno ($X^2 = 358,25$; $gl = 3$; $p < 0,001$) e α -humuleno ($X^2 = 102,56$; $gl = 3$; $p < 0,001$). No período de 48-72 h, os compostos (*RS*)-linalol ($X^2 = 7772,9$; $gl = 3$; $p < 0,001$), DMNT ($X^2 = 1405,4$; $gl = 3$; $p < 0,001$), salicilato de metila ($X^2 = 610,75$; $gl = 3$; $p < 0,001$), indol ($X^2 = 1848,3$; $gl = 3$; $p < 0,001$) acetato de geranila ($X^2 = 684,86$; $gl = 3$; $p < 0,001$), α -humuleno ($X^2 = 5764,1$; $gl = 3$; $p < 0,001$), TMTT ($X^2 = 18,73$; $gl = 3$; $p < 0,01$) e (*E*)- β -farneseno ($X^2 = 819,65$; $gl = 3$; $p < 0,001$), além da diminuição do COV δ -cadineno ($X^2 = 13649,1$; $gl = 3$; $p < 0,001$) (Figura 28, Anexo Tabelas 14 e 15). E no período de 72-96 h, (*RS*)-linalol ($X^2 = 2193,5$; $gl = 3$; $p < 0,001$), DMNT ($X^2 = 2340,3$; $gl = 3$; $p < 0,001$), salicilato de metila ($X^2 = 6719,1$; $gl = 3$; $p < 0,001$), indol ($X^2 = 3169,4$; $gl = 3$; $p < 0,001$), α -humuleno

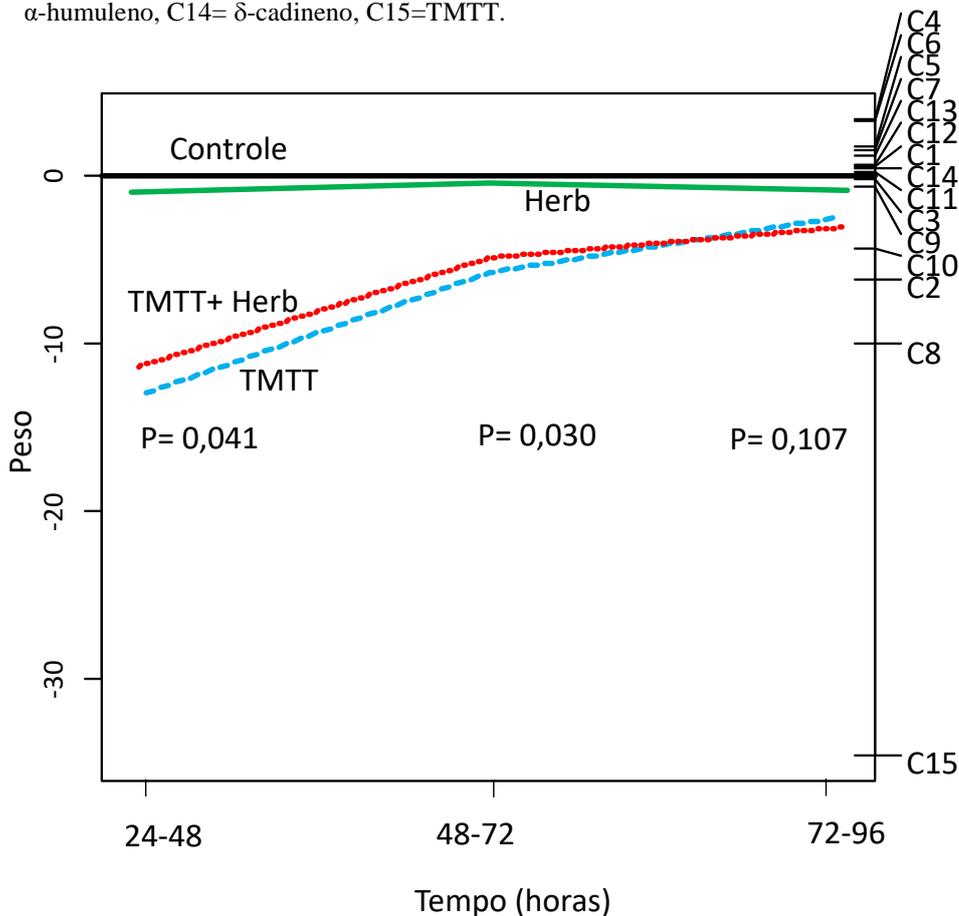
($X^2 = 3000,5$; $gl = 3$; $p < 0,001$), (*E*)- β -cariofileno ($X^2 = 9,08$; $gl = 3$; $p = 0,04$), ciclosativeno ($X^2 = 13,59$; $gl = 3$; $p < 0,01$), δ -cadineno ($X^2 = 3278,8$; $gl = 3$; $p < 0,001$) e acetato de granila ($X^2 = 3183,4$; $g l = 3$; $p < 0,001$) (Figura 28, Anexo Tabelas 14 e 15). Todos esses compostos foram liberados em menor quantidade pelas plantas expostas ao TMTT quando comparadas com as plantas dos demais tratamentos (Figura 28, Anexo Tabelas 14 e 15).

Figura 28. Quantidade de voláteis liberados (ng/24h) (média \pm EP) por plantas de milho expostas ao composto TMTT submetidas a diferentes tratamentos. Ctrl: plantas sem injúria; Herb: Herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; TMTT: composto sintético doado; TMTT + Herb: Composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com Modelos Lineares Generalizados, seguida de análise de deviança (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.



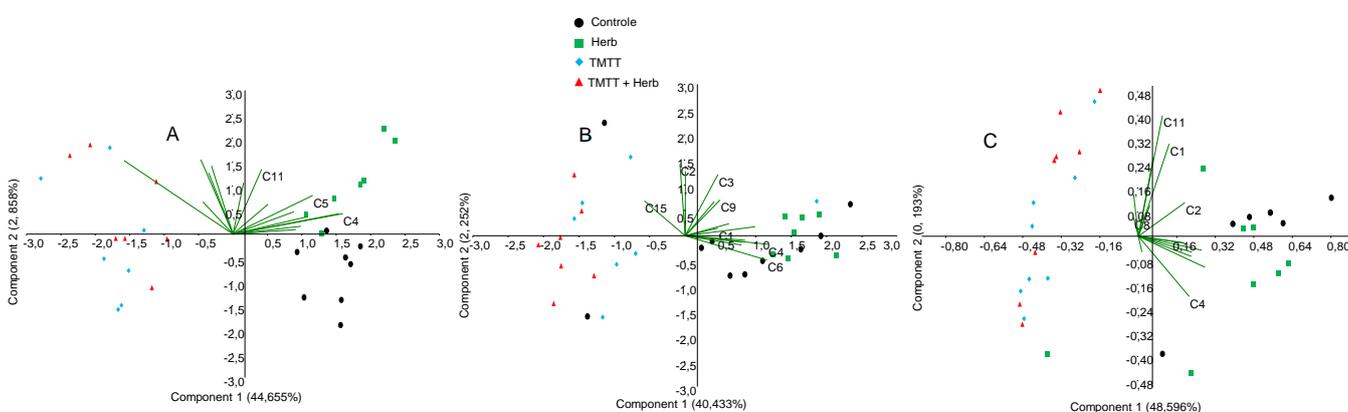
A análise de CRP mostrou que as curvas para o TMTT e TMTT + Herb apresentam tendências diferentes ao longo do tempo quando comparadas à curva controle (Figura 29). Os compostos que contribuíram para a separação dos tratamentos foram: C8 = ciclosativeno e C15 = TMTT. O primeiro eixo canônico da CRP explicou 82 % da variação está relacionada ao tratamento e a ANOVA indicou que as curvas são significativamente diferentes ($F = 54,54$, $p < 0,001$). Considerando as diferenças ao longo do tempo, ao comparar plantas submetidas aos diferentes tratamentos com o perfil dos voláteis das plantas Ctrl, houve diferença para os dois primeiros períodos avaliados 24-48 h ($F = 12,74$, $p = 0,041$) e 48-72 h ($F = 10,391$, $p = 0,030$) em que as curvas das plantas que receberam o TMTT, submetidas ou não à injúria de herbivoria do percevejo, estão mais distantes da curva de plantas controle. Para o período 72-96 h, não se verificou diferença estatística entre as curvas ($F = 1,83$, $p = 0,107$) (Figura 29).

Figura 29. Diagrama da curva de resposta principal (CRP) e valores de peso variáveis baseados em misturas voláteis liberadas por plantas de milho sob diferentes tratamentos: plantas sem tratamentos (Controle), plantas de milho com injúria de herbivoria de fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas de milho expostas ao composto TMTT (TMTT) e plantas de milho expostas ao composto TMTT seguida da herbivoria de *D. melacanthus* (TMTT + Herb). Os valores P indicam a significância do diagrama da CRP em todos os tempos de amostragem, com base no teste de permutação de Monte Carlo. Quanto maior o peso variável (valores absolutos), mais próximo o padrão de resposta do composto segue o padrão de desvio (do controle, Ctrl = 0 linha) indicado na CRP. Compostos: C1= mirceno, C2= acetato de (Z)-3-hexenila, C3= (E)-ocimeno, C4= (RS)-linalol, C5=DMNT, C6= salicilato de metila, C7= indol, C8= ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (E)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (E)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.



A ACP mostrou que nos três períodos avaliados houve uma separação de dois agrupamentos: plantas expostas ao TMTT e outro agrupamento com plantas não expostas ao TMTT (Figura 30^a, B e C). Nos dois períodos subsequentes, o Ctrl já não se separa tão bem do tratamento Herb (Figura 30 B e C), o que também foi observado nos gráficos dos voláteis totais.

Figura 30. Ordenação por análise de componentes principais (ACP) dos componentes 1 e 2 dos compostos voláteis emitidos por plantas de milho: controle (Controle), plantas com injúria de herbivoria por fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas expostas ao composto TMTT e plantas expostas ao composto TMTT e submetidas a herbivoria e *D. melacanthus* (TMTT + Herb) em (A) 24-48 h, (B) 48-72 h e (C) 72-96 h desde o início do tratamento. Compostos voláteis: C1= mirceno, C2 = acetato de (*Z*)-3-hexenila, C3= (*E*)-ocimeno, C4= (*RS*)-linalol, C5=DMNT, C6= salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (*E*)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (*E*)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15=TMTT.

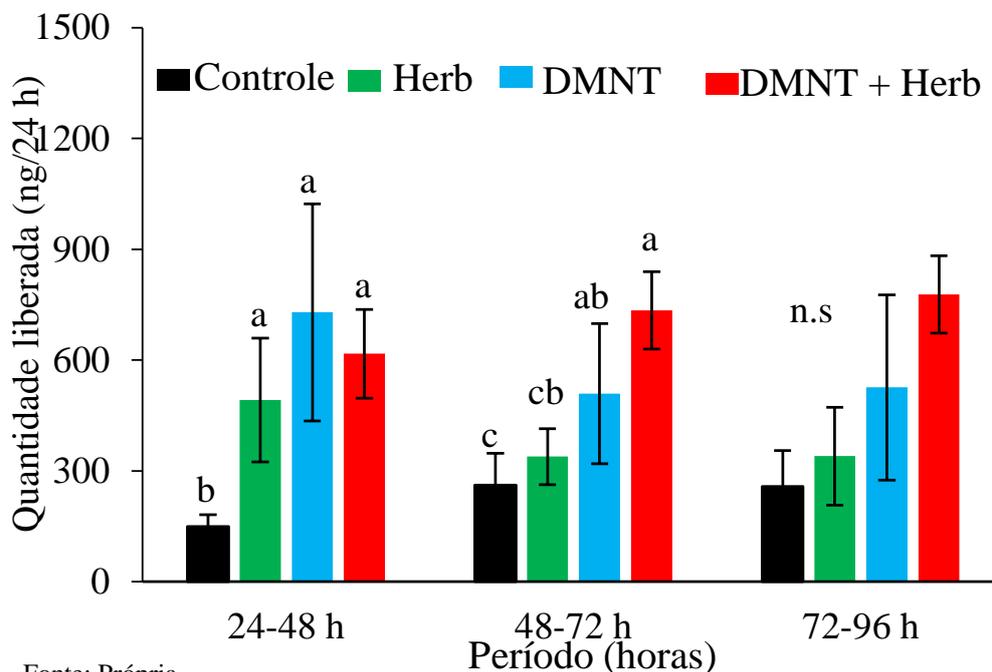


Fonte: Própria.

3.1.8 Análise do perfil de voláteis de plantas de milho expostas ao homoterpeno DMNT

Os voláteis totais liberados pelas plantas de milho expostas ou não ao homoterpeno DMNT diferiram entre os tratamentos em todos os períodos avaliados: 24-48 h ($X^2=52,607$; $gl = 3$; $p < 0,001$); 48-72 h ($X^2=21,17$; $gl=3$; $p < 0,001$) e 72-96 h ($X^2=11,997$; $gl = 3$; $p = 0,007$) (Figura 31, Anexo Tabela 1). Não foi observado o fenômeno de estado de alerta em plantas expostas ao DMNT. No entanto, no período de 24-48 h, observa-se o efeito do DMNT na produção dos voláteis totais, que é maior quando comparado às plantas Controle ($t = 5,10$, $gl = 27$; $p < 0,001$), e não diferiu das plantas Herb ($t = 1,68$, $gl = 27$; $p = 0,103$). Esse efeito ainda pode ser observado no período de 48-72 h (Figura 31), mas não é mais observado no período subsequente 72-96 h, em que não há diferença estatística entre plantas DMNT e Controle ($t = 0,96$, $gl = 27$; $p = 0,347$) (Figura 31, anexo Tabela 1).

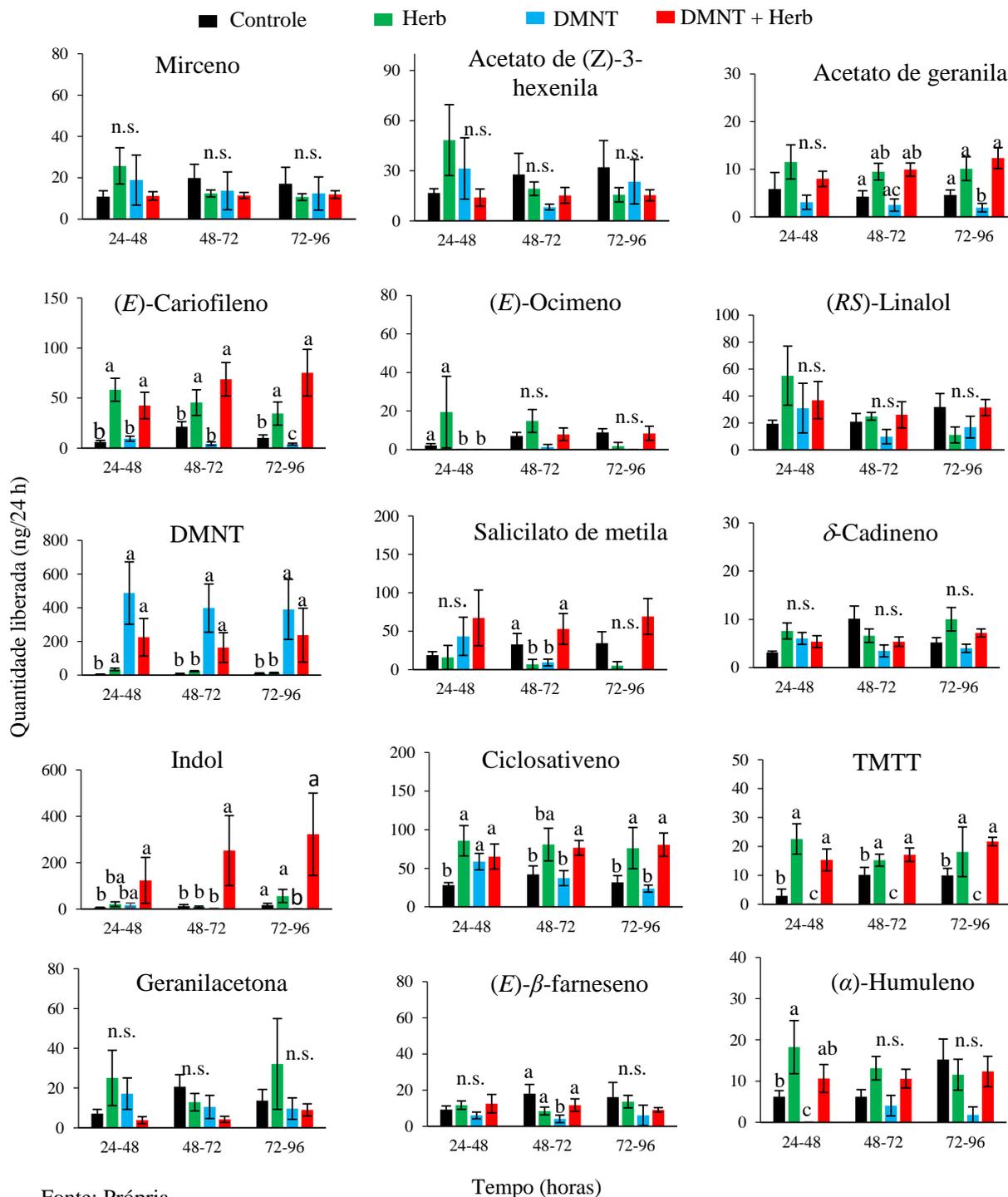
Figura 31. Quantidade de voláteis totais liberados (ng/24 h) (média \pm EP) por plantas de milho expostas ao composto DMNT e submetidas a diferentes tratamentos. Ctrl: plantas sem injúria; Herb: herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; DMNT: composto sintético doado; DMNT + Herb: composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com Modelos Lineares Generalizados, seguida por análise de deviança (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s= não significativo.



Fonte: Própria.

No período de 24-48 h, observou-se que as plantas DMNT liberaram uma quantidade significativamente maior dos compostos ciclosativeno ($t = 15,39$; $gl = 27$; $p = 0,001$) e do próprio DMNT ($t = 4,35$; $gl = 27$; $p < 0,001$) comparado às plantas Controle (Figura 32, Anexo Tabelas 16 e 17). E no mesmo período, as plantas DMNT liberaram uma quantidade menor de α -humuleno (Controle: $t = 2,35$; $gl = 27$; $p = 0,026$; Herb: $t = -8,88$; $gl = 27$; $p < 0,001$; DMNT + Herb: $t = 8,88$; $gl = 27$; $p < 0,001$), (*E*)-ocimeno (Controle: $t = -4,08$; $gl = 27$; $p < 0,001$; Herb: Controle: $t = -4,08$; $gl = 27$; $p < 0,001$; DMNT + Herb: $t = 163,58$; $gl = 27$; $p < 0,001$) e TMTT (Controle: $t = -2,93$; $gl = 27$; $p = 0,006$; Herb: $t = -2,93$; $gl = 27$; $p = 0,006$; DMNT + Herb $t = 2,93$; $gl = 27$; $p = 0,006$) comparadas aos demais tratamentos. No período de 48-72 h, observou-se que as plantas expostas ao DMNT aumentaram a liberação de indol e DMNT e diminuíram a liberação de salicilato de metila e (*E*)- β -farneseno quando comparadas aos demais tratamentos (Figura 32, Anexo Tabelas 16 e 17). No período de 72-96 h, observou-se que as plantas expostas ao composto DMNT aumentaram a liberação do DMNT ($t = 3,11$; $gl = 27$; $p = 0,004$) quando comparadas a plantas Controle e houve diminuição na liberação dos COVs indol ($t = -2,15$; $gl = 27$; $p = 0,040$), acetato de geranila ($t = -2,01$; $gl = 27$; $p = 0,049$), (*E*)- β -cariofileno ($t = -2,28$; $gl = 27$; $p = 0,030$) e TMTT ($t = -16,92$; $gl = 27$; $p < 0,001$) (Figura 32, Anexo Tabelas 16 e 17).

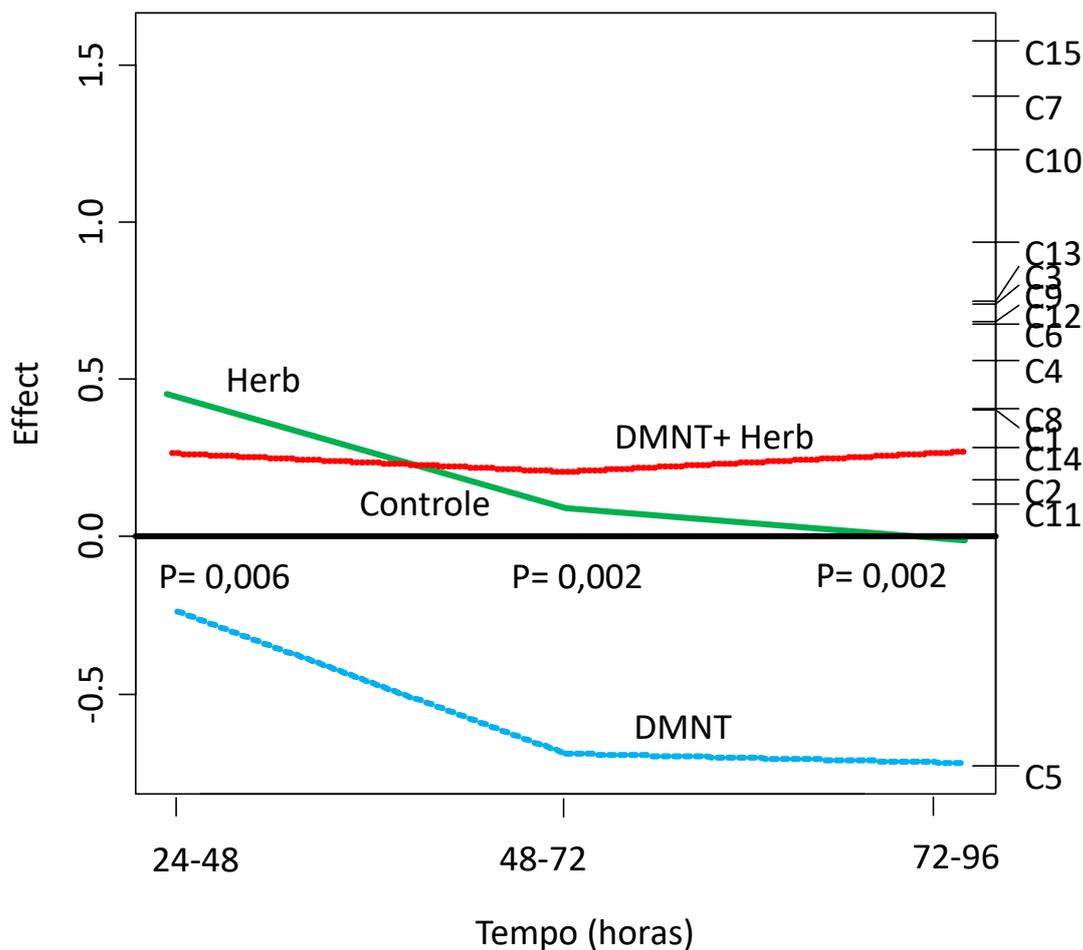
Figura 32. Quantidade de voláteis liberados (ng/24h) (média ± EP) por plantas de milho expostas ao composto DMNT e submetidas a diferentes tratamentos. Ctrl: plantas sem injúria; Herb: Herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; DMNT: composto sintético doado; DMNT + Herb: Composto sintético doado + herbivoria provocada por *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. Análise estatística com Modelos Lineares Generalizados, seguida por análise de deviança (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. n.s.= não significativo.



A análise de CRP mostrou que as curvas para o DMNT, DMNT+ Herb e Herb apresentam tendências diferentes ao longo do tempo quando comparadas à curva Controle (Figura 33). Os compostos que contribuíram para a separação dos tratamentos foram: C7 = Indol, C10 = (E)-β-cariofileno e C15 = TMTT. O primeiro eixo canônico da CRP explicou 84 % da variação e a ANOVA indicou que as curvas são significativamente diferentes ($F = 18,34$,

$p < 0,01$). Além disso, considerando as diferenças ao longo do tempo, ao comparar plantas submetidas aos diferentes tratamentos com o perfil dos voláteis das plantas Ctrl, houve diferença em todos os períodos avaliados: 24-48 h ($F = 3,76$, $p = 0,006$); 48-72 h ($F = 5,19$, $p = 0,002$) e 72-96 h ($F = 4,3156$, $p = 0,002$) (Figura 33).

Figura 33. Diagrama da curva de resposta principal (CRP) e valores de peso variáveis baseados em misturas voláteis liberadas por plantas de milho sob diferentes tratamentos: plantas sem tratamentos (Ctrl), plantas de milho com injúria de herbivoria de fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas de milho expostas ao composto DMNT (DMNT) e plantas de milho expostas ao composto DMNT seguida da herbivoria de *D. melacanthus* (DMNT + Herb). Os valores P indicam a significância do diagrama da CRP em todos os tempos de amostragem, com base no teste de permutação de Monte Carlo. Quanto maior o peso variável (valores absolutos), mais próximo o padrão de resposta do composto segue o padrão de desvio (do controle, Ctrl = 0 linha) indicado na CRP. Compostos: C1= mirceno, C2 = acetato de (Z)-3-hexenila, C3= (E)-ocimeno, C4= (RS)-linalol, C5=DMNT, C6= salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (E)-β-cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (E)-β-farneseno, C13= α-humuleno, C14= δ-cadineno, C15=TMTT.

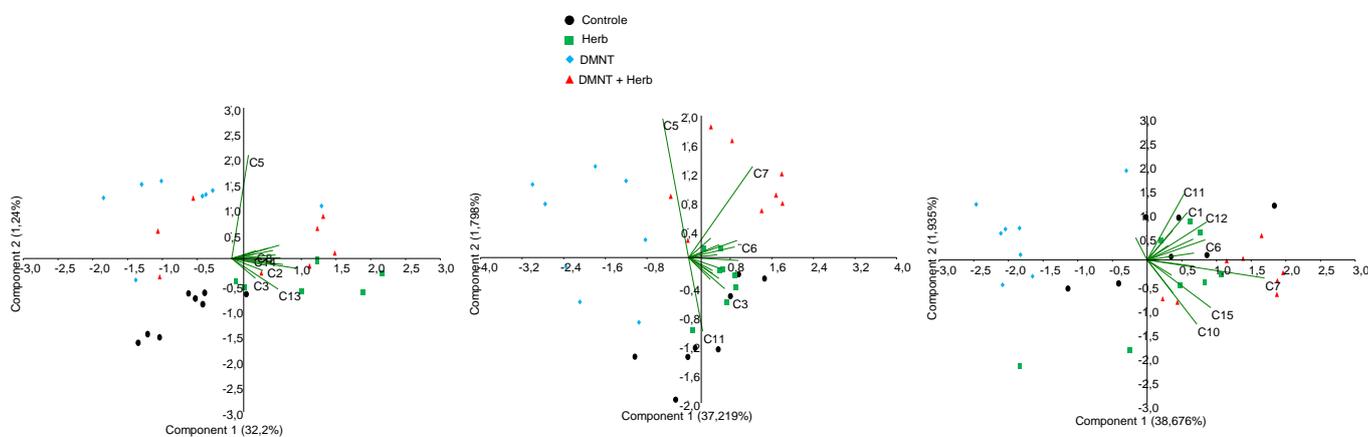


Fonte: Própria.

A ACP mostrou que no primeiro período (24-48 h), os quatro tratamentos foram separados, e a maioria dos vetores está relacionada com os tratamentos das plantas Herb e DMNT + Herb (Figura 34 A). Há uma separação dos tratamentos de plantas Controle dos outros

tratamentos, e a ausência de vetores relacionados com este tratamento corrobora com a menor emissão de compostos, observadas nas outras análises. Nos dois períodos subsequentes, o tratamento Ctrl já não se separa tão bem dos demais tratamentos (Figura 34 B e C), o que também foi observado nos gráficos dos voláteis totais.

Figura 34. Ordenação por análise de componentes principais (ACP) dos componentes 1 e 2 dos compostos voláteis emitidos por plantas de milho controle (Controle), plantas com injúria de herbivoria por fêmeas de *Dichelops melacanthus* (Herb), plantas expostas ao composto DMNT (DMNT) e plantas expostas ao composto DMNT e submetidas a herbivoria e *D. melacanthus* (DMNT + Herb) em (A) 24-48 h, (B) 48-72 h e (C) 72-96 h desde o início do tratamento. Compostos voláteis: C1= mirceno, C2 = acetato de (Z)-3-hexenila, C3= (E)-ocimeno, C4= (RS)-linalol, C5=DMNT, C6= salicilato de metila, C7= indol, C8 = ciclosativeno, C9= acetato de geranila, C10= (E)- β -cariofileno, C11= geranilacetona, C12= (E)- β -farneseno, C13= α -humuleno, C14= δ -cadineno, C15= TMTT.



Fonte: Própria.

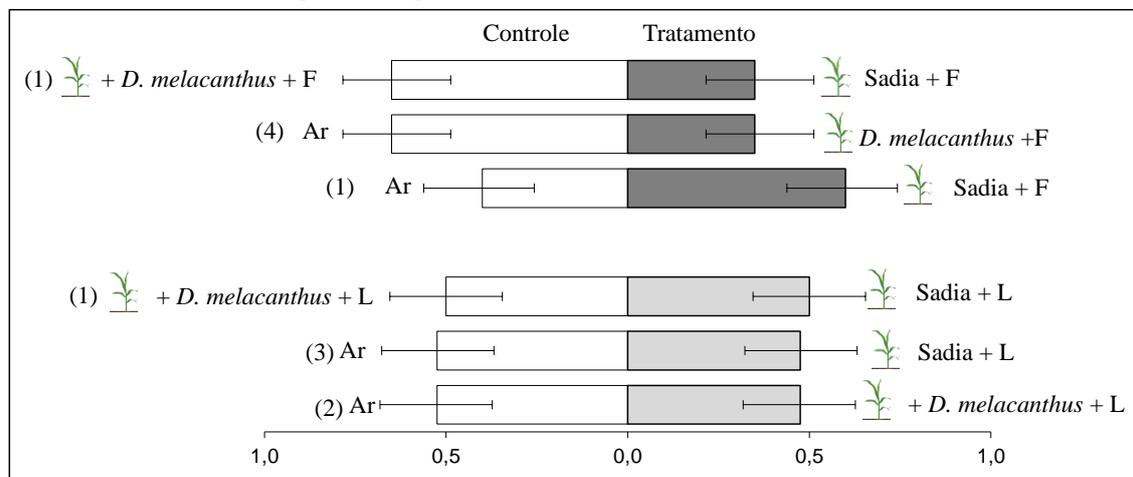
3.2 Resposta comportamental de fêmeas de *T. podisi* aos voláteis das plantas com e sem injúria de *D. melacanthus* expostas aos compostos (RS) linalol e (E)- β -farneseno

Quando o comportamento de busca do parasitoide de ovos *T. podisi* foi analisado em relação aos odores liberados pelas plantas de milho expostas ao (RS)-linalol em relação ao ar (controle), após 48-72 h do início do tratamento, não se observou diferença significativa na primeira escolha, nem quando foram contrastados os odores de plantas com injúria de herbivoria de *D. melacanthus* expostas ao composto (RS)-linalol versus ar (Figura 35). O mesmo padrão de resposta foi observado quando foram contrastados os odores de plantas de milho sadias expostas ao (RS)-linalol versus os odores de plantas com injúria de herbivoria de *D. melacanthus* expostas ao (RS)-linalol (Figura 35, estatística na Tabela 1).

Da mesma forma, não houve diferença significativa para a primeira escolha de *T. podisi* quando os odores das plantas de milho expostas ao composto (E)- β -farneseno e os odores de

plantas com injúria de herbivoria de *D. melacanthus* expostas ao composto (*E*)- β -farneseno foram contratados com o ar (controle) (Figura 35, estatística na Tabela 1). O mesmo foi observado para a combinação de odores de plantas com injúria de herbivoria de *D. melacanthus* expostas ao composto (*E*)- β -farneseno versus os odores das plantas de milho saudias expostas ao composto (*E*)- β -farneseno (Figura 35, estatística na Tabela 1).

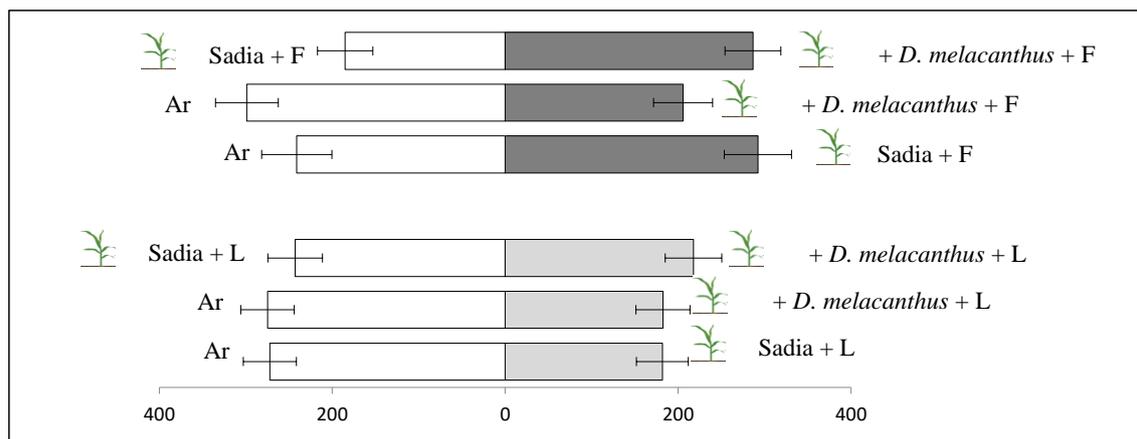
Figura 35. Proporção de resposta de fêmeas de *Telenomus podisi* testadas em olfatômetro em Y aos odores de plantas de milho expostas aos compostos (*RS*)-linalol (L) e (*E*)- β -farneseno (F) com e sem herbivoria de *Dichelops melacanthus* após 48-72 h do início do tratamento. A primeira escolha foi analisada por Regressão Logística, X^2 e teste de Wald para avaliar a significância. Números entre parentes representam os bioensaios com insetos que não responderam aos estímulos odoríferos.



Fonte: Própria.

Quando se avaliou o tempo de residência para os tratamentos listados acima, também não foi observada diferença estatística para nenhum dos tratamentos avaliados (Figura 36, estatística na Tabela 1).

Figura 36. Tempo médio de residência em segundos de fêmeas de *Telenomus podisi* em olfatômetro em Y aos voláteis de plantas de milho expostas aos compostos (*RS*)-linalol (L) e (*E*)- β -Farneseno (F) com e sem herbivoria após 48-72 h do início do tratamento.



Fonte: Própria.

Tabela 1. Análise estatística dos dados da primeira escolha e tempo de residência de *Telenomus podisi* em bioensaios de olfatosmetria em Y aos voláteis de plantas de milho submetidas a diferentes tratamentos (plantas de milho saudias e com injúria de herbivoria de *Dichelops melacanthus* expostas aos compostos (*RS*)-linalol (L) e (*E*)- β -farneseno (F) e controle de ar).

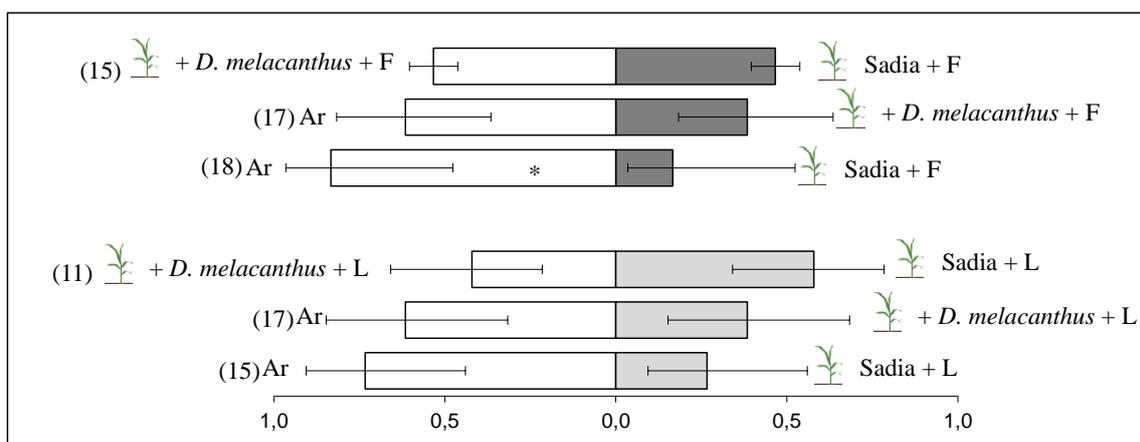
Plantas expostas ao (<i>RS</i>)-linalol	Resposta de <i>T. podisi</i> (48-72 h)	
	Primeira escolha	Tempo de residência
Sadia vs Ar	$\chi^2 = 0,09, p = 0,75$	$t = -1,55, p = 0,12$
Herbivoria vs Ar	$\chi^2 = 0,09, p = 0,75$	$t = -1,54, p = 0,13$
Sadia vs Herbivoria	$\chi^2 = 0,00, p = 1,00$	$t = 0,41, p = 0,68$
Plantas expostas ao (<i>E</i>)- β -farneseno		
Sadia vs Ar	$\chi^2 = 1,57, p = 0,20$	$t = 0,65, p = 0,51$
Herbivoria vs Ar	$\chi^2 = 3,48, p = 0,06$	$t = -1,35, p = 0,18$
Sadia vs Herbivoria	$\chi^2 = 3,48, p = 0,06$	$t = -1,64, p = 0,10$

3.3 Resposta comportamental de fêmeas de *D. melacanthus* aos voláteis das plantas com e sem injúria de coespecíficos previamente expostas aos compostos (*RS*)-linalol e (*E*)- β -farneseno

O herbívoro *D. melacanthus* respondeu preferencialmente ao ar (controle) ($\chi^2 = 4,31, p = 0,03$) quando comparado com os odores das plantas saudias expostas ao composto (*E*)- β -

farneseno (Figura 37, estatística na Tabela 2). Entretanto, não foi observada preferência para os odores dos outros tratamentos (Figura 37, estatística na Tabela 2). Quando se analisou o tempo de residência, *D. melacanthus* passou mais tempo no braço do olfatômetro com o controle (ar) do que nos braços que continham os odores das plantas expostas ao composto (*E*)- β -farneseno ($t = -4,51, P < 0,001$) (Figura 38, estatística na Tabela 2).

Figura 37. Proporção de resposta de fêmeas de *Dichelops melacanthus* em olfatômetro em Y aos odores de plantas de milho expostas aos compostos (*RS*)-linalol (L) e (*E*)- β -Farneseno (F) com e sem herbivoria de coespecíficos após 48-72 h do início do tratamento. A primeira escolha foi analisada por Regressão Logística, X^2 e teste de Wald para avaliar a significância. Números entre parentes representam os bioensaios com insetos que não responderam aos estímulos odoríferos.

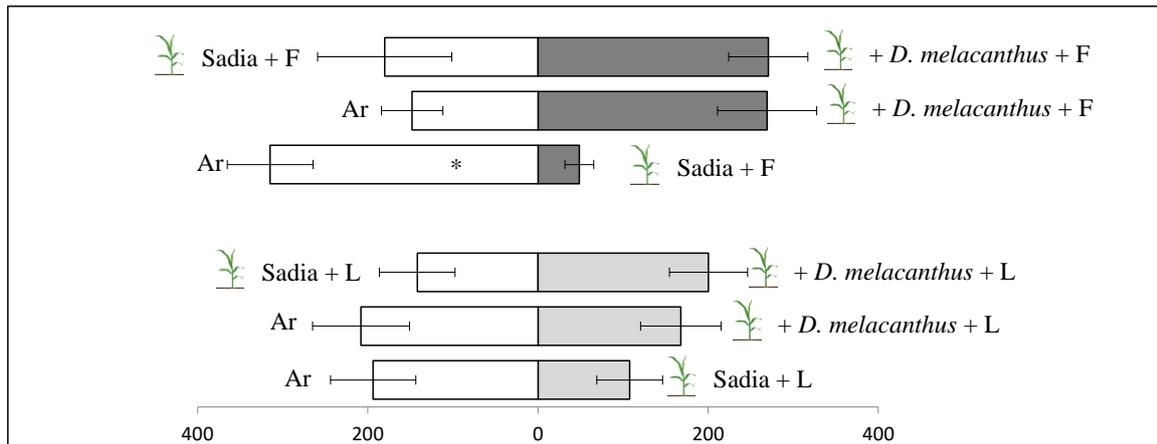


Fonte: Própria.

Tabela 2. Análise estatística dos dados de primeira escolha e tempo de residência para *Dichelops melacanthus* em bioensaios de olfatométrica em Y aos voláteis de plantas de milho submetidas a diferentes tratamentos (plantas de milho sadias ou com herbivoria de coespecíficos expostas ao composto (*RS*) linalol (L) e ao composto (*E*)- β -farneseno (F) e controle de ar).

Plantas expostas ao (<i>RS</i>)-linalol	Resposta de <i>D. melacanthus</i> (48-72 h)	
	Primeira escolha	Tempo de residência
Sadia vs Ar	$\chi^2 = 3,00, p = 0,08$	$t = -1,15, p = 0,26$
Herbivoria vs Ar	$\chi^2 = 0,67, p = 0,40$	$t = -0,42, p = 0,67$
Sadia vs Herbivoria	$\chi^2 = 0,46, p = 0,49$	$t = -0,72, p = 0,47$
Plantas expostas ao (<i>E</i>)- β -farneseno		
Sadia vs Ar	$\chi^2 = 4,31, p = 0,03$	$t = -4,51, p < 0,001$
Herbivoria vs Ar	$\chi^2 = 0,67, p = 0,40$	$t = 1,37, p = 0,19$
Sadia vs Herbivoria	$\chi^2 = 0,06, p = 0,79$	$t = -0,82, p = 0,42$

Figura 38. Tempo médio de residência em segundos de fêmeas de *Dichelops melacanthus* em olfâmetro em Y aos voláteis de plantas de milho expostas aos compostos voláteis (*RS*)-linalol (L) e (*E*)- β -Farneseno (F) com e sem herbivoria de coespecíficos após 48-72 h do início do tratamento.



4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nesse capítulo mostraram que as plantas de milho do genótipo SS responderam diferentemente aos compostos sintéticos aplicados de forma exógena e em quantidades próximas ao que é liberado naturalmente por plantas induzidas pela herbivoria de um inseto mastigador. As doses dos compostos utilizadas nesse trabalho foram baseadas em estudos prévios, onde as plantas foram submetidas à injúria de herbivoria de lagartas de *S. frugiperda* (MICHEREFF et al., 2019). As plantas de milho tiveram maior produção de voláteis nas primeiras 24-48 h pelos compostos (*RS*)-linalol, acetato de (*Z*)-3-hexenila, acetato de (*E*)-2-hexenila, DMNT e TMTT. No caso dos compostos (*RS*)-linalol, DMNT e TMTT esse aumento foi devido ao mesmo composto usado no tratamento. Após as primeiras horas, em todos os tratamentos, as plantas expostas aos compostos sintéticos tiveram a produção da maioria dos COVS suprimidas. Os compostos (*RS*)-linalol e (*E*)- β -cariofileno induziram o estado de alerta, o qual permaneceu por pelo menos 96 h após o tratamento. Apesar da indução dos compostos voláteis observada nas plantas tratadas com (*RS*)-linalol com subsequente herbivoria do percevejo barriga-verde, não houve aumento da defesa indireta das plantas, uma vez que o parasitoide de ovos *T. podisi* não respondeu para nenhum dos tratamentos avaliados. Essas plantas também não foram atrativas aos herbívoros.

As plantas de milho foram expostas aos compostos sintéticos, que também são produzidos constitutivamente, mas que são liberados em maiores quantidades após o estresse por herbivoria (MICHEREFF et al., 2019). Não há registro na literatura sobre a exposição de plantas de milho à maioria dos compostos avaliados neste trabalho, exceto para o indol e acetato de (*Z*)-3-hexenila. Dentre os compostos selecionados, o monoterpene (*RS*)-linalol e o

sesquiterpeno (*E*)- β -farneseno foram os que se destacaram quanto às mudanças na quantidade total dos voláteis liberados. O estado de alerta foi observado em plantas expostas ao (*RS*)-linalol seguida do evento de herbivoria de *D. melacanthus* a partir de 48-72 h do início do tratamento. Em contraste, em plantas expostas ao composto (*E*)- β -farneseno a partir do período de 48-72 h ocorreu uma supressão na produção dos voláteis totais quando comparados aos demais tratamentos.

O comportamento das plantas varia de acordo com o reconhecimento do sinal exógeno e da guilda alimentar do herbívoro atacante, indicando a complexidade e a variabilidade dos mecanismos moleculares adjacentes à produção dos VPIHs. Os hormônios vegetais representam grande importância na mediação às respostas aos estresses. Entre eles, o ácido salicílico (AS), o ácido jasmônico (AJ) e o etileno (ET) são as principais moléculas sinalizadoras envolvidas na regulação das respostas de defesa causadas por agentes patogênicos e pragas, que por sua vez acarretam alterações no metabolismo secundário (GLAZEBROOK, 2005; BARI; JONES, 2009; VOGT, 2010). Quando as plantas são injuriadas por insetos sugadores, pode ocorrer uma interação antagônica entre as rotas do AS e AJ que regulam a biossíntese dos compostos voláteis de plantas induzidos por herbivoria (OZAWA et al., 2000, LEITNER et al., 2005). Em *Medicago truncatula*, o perfil de voláteis revelou um número considerável de diferentes substâncias emitidas, particularmente sesquiterpenoides, dependendo do tipo de herbivoria (sucção ou mastigação) que envolve essas duas rotas metabólicas. Geralmente, os insetos sugadores induzem compostos relacionados com a rota do AS, e os mastigadores, com a do AJ (LEITNER et al., 2005).

As interações sinérgicas e antagônicas entre as vias de sinalização são envolvidas na biossíntese dos terpenoides, e essa sinalização integrada é responsável pela formação desses compostos nas plantas. O primeiro evento celular desencadeado pela herbivoria, e que está intimamente associado a seus mecanismos de percepção, são as alterações no potencial da membrana plasmática e nas concentrações de cálcio citosólico (Ca^{2+}). Ocorre, então, um influxo de Ca^{2+} citosólico na área danificada (MAFFEI et al., 2007). Em geral, as proteínas de ligação do Ca^{2+} (por exemplo, calmodulinas e proteínas quinases dependentes de Ca^{2+}) podem decodificar secundariamente as informações contidas nos padrões espaciais dos sinais e causar alterações nos metabólitos secundários e na expressão gênica (HARMON et al., 2000). Além disso, a exposição ao metil jasmonato, aos terpenoides e aos VFVs podem mudar os potenciais de membrana celular e ativar reações de defesa dependentes do AJ (ARIMURA et al., 2000, 2002). No milho, a exposição exógena aos VFVs (*Z*)-3-hexenal, (*Z*)-3-hexen-1-ol e acetato

de (*Z*)-3-hexenila induziu maior emissão de sesquiterpenos (ciclosativeno, (*E*)- β -cariofileno, (*E*)- β -farneseno e (*E*)- α -bergamoteno) e AJ (ENGELBERTH et al., 2004; MÉREY et al., 2011). Também foi demonstrado que o pré-tratamento com indol pode aumentar a produção de fitormônios como o AJ, o ácido abscísico (ABA) e COVs após o ataque subsequente, representando outro exemplo de estado de alerta (ERB et al., 2015). Com base na correlação entre a emissão de terpenos e os mecanismos de defesa relacionados ao AJ (SCHMELZ et al., 2003), a manipulação, alterando a qualidade ou a quantidade dos COVs, pode ser alcançada aumentando as vias de transdução de sinal que levam à emissão de voláteis. Sendo assim, o papel de sinalização dentro da planta do composto (*RS*)-linalol, que levou ao aumento da emissão dos voláteis totais, pode ter desencadeado um efeito cascata, aumentando ainda mais a liberação dos COVs por plantas vizinhas que foram expostas ao (*RS*)-linalol.

Como descrito anteriormente, indutores sintéticos podem ser usados para alterar a emissão dos voláteis de plantas, sendo que a mudança no perfil químico pode resultar em aumento ou diminuição da quantidade dos voláteis emitidos. No caso da exposição de plantas de milho ao composto (*E*)- β -farneseno, houve uma supressão na produção de voláteis totais quando comparado aos demais tratamentos. Von Mérey et al. (2012), ao aplicarem o indutor sintético éster *S*-metílico do ácido benzo-(1,2,3)-tiadiazol-7-carbotioico (BTH), demonstraram que plantas de milho tratadas com BTH tenderam a emitir menos homoterpenos, sesquiterpenos e compostos aromáticos que as plantas controle. No entanto, o BTH induziu resistência significativa contra *Bipolaris maydis*, um importante patógeno que ataca campos de milho (VON MÉREY et al., 2012).

A exposição de plantas de milho do genótipo SS ao composto aromático indol não resultou na indução de voláteis totais ou na ocorrência de estado de alerta nas plantas. A herbivoria provocada por *D. melacanthus* por si só aumentou a liberação dos voláteis nas plantas de milho no período de 24-48 h após o início da herbivoria, mas não houve indução significativa do composto indol em relação às plantas sadias. Plantas de milho quando injuriadas por herbivoria pelas lagartas *S. littoralis* e *S. frugiperda*, liberam quantidades significativamente maiores de indol quando comparadas com plantas sadias (ERB et al., 2015; MICHEREFF et al., 2019). Erb et al. (2015) demonstraram que plantas de milho sadias expostas ao composto indol também não tiveram indução significativa na liberação dos voláteis, entretanto, após um segundo estresse, a herbivoria da lagarta *S. littoralis*, houve uma maior produção dos voláteis, principalmente dos VFVs ((*Z*)-3-hexenal, (*Z*)-3-hexen-1-ol e acetato de (*Z*)-3-hexenila) e dos terpenos (linalol, DMNT, TMTT, (*E*)- β -cariofileno, (*E*)- α -bergamoteno

e (*E*)- β -farneseno). A diferença na resposta das plantas de milho expostas ao indol pode estar relacionada às características genéticas de cada genótipo, mas também pode ser devido à resposta específica da planta ao herbívoro que a ataca. Os insetos mastigadores, como *S. littoralis*, provocam injúrias severas aos tecidos vegetais e podem induzir reações mais fortes e rápidas nas plantas do que herbívoros sugadores, como o percevejo *D. melacanthus*. Estes resultados sugerem que após o estímulo iniciador (neste caso, a exposição ao indol), o estímulo subsequente (a herbivoria) seja suficientemente capaz de induzir a planta a iniciar uma defesa ótima contra estresses futuros. Já os resultados deste capítulo indicam que há uma especificidade no reconhecimento do sinal por parte da planta. Estudos posteriores devem ser conduzidos para compreensão completa dos mecanismos moleculares adjacentes às alterações no perfil químico da planta e das consequências ecológicas envolvidas no processo.

A análise de componentes principais mostrou que o perfil químico das plantas submetidas à herbivoria, para a qual o parasitoide respondeu (Capítulo I) foi diferente do perfil químico dos voláteis do milho induzidos pelo (*RS*)-linalol. Trabalhos anteriores também mostraram que plantas respondem seletivamente a semioquímicos aplicados em quantidades similares ao produzido por outras plantas ou insetos. Magalhães et al. (2019) mostraram que plantas de algodão respondem à pluma de odor do feromônio de uma das suas principais pragas, o bicudo-do-algodoeiro, mas não respondem ao feromônio de outro inseto, que não é praga do algodão, o percevejo *Tibraca limbativentris*. Já foi relatado na literatura que a proporção entre os componentes de uma mistura de voláteis é uma informação crucial para a resposta de inimigos naturais, quando estão forrageando pelo hospedeiro (KNUDSEN et al., 2017). Os resultados dos bioensaios em olfatométria sugerem que *T. podisi* é capaz de reconhecer os perfis químicos das plantas de milho avaliados, uma vez que é atraído aos voláteis das plantas com injúria de herbivoria com 24-48 h (Capítulo I), mas não distingue os voláteis das plantas de milho quando expostas aos compostos (*RS*)-linalol e (*E*)- β -farneseno, que não são odores atrativos ao *T. podisi*, mesmo quando há o dano de herbivoria do hospedeiro. É interessante notar que para as plantas expostas ao (*E*)- β -farneseno, onde ocorreu a supressão da produção dos compostos voláteis após as primeiras 48-72 h do tratamento, *T. podisi* também não conseguiu distinguir o odor das plantas saudáveis do odor da planta com herbivoria de *D. melacanthus*, de forma que as plantas com a emissão de voláteis suprimidas interferiram na comunicação química dos parasitoides. A resposta do parasitoide aos voláteis de plantas induzidos por herbivoria pode estar relacionada com a alteração nas quantidades dos compostos que são importantes para a discriminação entre diferentes misturas pelo inimigo natural (DICKE, 1999) como, também, à ocorrência do composto abaixo da concentração limiar

detectável pelo inseto ou a presença de alguns compostos, dentro da mistura dos voláteis induzidos, pode causar efeito repelente aos parasitoides ou pode interferir na atratividade de outros compostos (D’ALESSANDRO et al., 2009). O parasitoide *T. podisi* não mostrou resposta preferencial aos odores testados neste estudo. Entretanto, a falta de resposta do parasitoide para as misturas avaliadas pode ter ocorrido devido à interferência de um ou mais compostos da mistura ou então pela presença de outros que ocorrem em maior quantidade, podendo ser o caso do composto (*RS*)-linalol, que ocorreu em quantidade oito vezes maior (Anexo Tabela 2) comparado às plantas que receberam somente a herbivoria, sem a exposição ao composto (*RS*)-linalol. Já para as plantas expostas ao (*E*)- β -farneseno, nas quais ocorreu uma supressão na quantidade dos voláteis totais e também não apresentaram atratividade para o parasitoide, pode-se sugerir que alguns compostos estavam abaixo da concentração limiar detectável pelo inseto, visto que a especificidade de resposta pode estar baseada não somente na presença em maior concentração de um determinado composto, mas também na relação qualitativa e quantitativa destes compostos com o total da mistura emitida após a indução de herbivoria (HILKER; MCNEIL, 2008, MICHEREFF et al., 2019).

Para a resposta do percevejo *D. melananthus* aos odores das plantas de milho expostas aos compostos (*RS*)-linalol e (*E*)- β -farneseno também houve mudança na resposta comportamental dos insetos. Quando os odores das plantas expostas ao (*E*)- β -farneseno após 48-72 h da exposição foram contrastados com o ar, o percevejo preferiu o braço do ar. Nesse tratamento, vários compostos foram suprimidos, como os monoterpenos mirceno, (*E*)-ocimeno, (*RS*)-linalol, os sesquiterpenos (*E*)- β -cariofileno, α -humuleno, δ -cadineno e o homoterpeno TMTT. Apesar de não ter induzido o aumento significativo de nenhum outro composto em relação aos voláteis liberados constitutivamente pelas plantas de milho, o composto (*E*)- β -farneseno teve sua liberação constante e como os outros compostos foram suprimidos, a sua presença pode ter sido destacada na mistura de voláteis, e essa variação na composição pode ter influenciado o comportamento dos percevejos. Estudos com soluções sintéticas podem ser conduzidos para avaliar se a presença destacada do sesquiterpeno (*E*)- β -farneseno poderia influenciar a resposta dos percevejos. Recentemente, um estudo com o coleóptero *Hypothenemus hampei* mostrou que outro sesquiterpeno, quando usado em quantidades incrementadas na mistura de cairomônios da planta de café, o composto β -cariofileno, teve um efeito de repelência, tanto em laboratório como no campo (CONGORÁ et al., 2020). Os resultados mostraram que a mudança na proporção entre os compostos alterou o reconhecimento da mistura de voláteis da planta pelas fêmeas de *D. melananthus*.

5 CONCLUSÕES

Plantas de milho genótipo “Sintético Spodoptera” apresentam um perfil de voláteis quantitativamente diferente ao serem expostas a compostos sintéticos. Os compostos voláteis sintéticos (*RS*)-linalol e (*E*)- β -cariofileno induzem um aumento na produção dos voláteis após as plantas sofrerem um segundo estresse, a injúria de herbivoria de *D. melacanthus*, o que indica que esses compostos induzem o estado de alerta nas plantas de milho. O inimigo natural *T. podisi* não é atraído aos voláteis de plantas expostas aos compostos, nem de plantas expostas aos voláteis seguido da herbivoria do percevejo. O tratamento exógeno com os compostos selecionados altera o perfil químico das plantas de milho, mas não melhora a defesa indireta contra o herbívoro *D. melacanthus*. No entanto, pode resultar numa atração menor dos percevejos, uma vez que estes tiveram sua resposta alterada aos odores de milho tratado com (*E*)- β -farneseno.

ANEXO - CAPÍTULO II

Tabela 1. Resultado da análise de modelos lineares generalizados (MLG) com distribuição gamma para avaliar a quantidade dos compostos voláteis totais liberados de plantas de milho expostas aos voláteis sintéticos nos diferentes tratamentos nos tempos avaliados de 24-48, 48-72 e 72-96 h. Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. C: controle; H: herbivoria de *Dichelops melacanthus*; V: volátil sintético; VH: volátil sintético + herbivoria de *D. melacanthus*.

(24-48 h)							
CONTRASTES							
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs V	C vs VH	H vs V	H vs VH	V vs VH
Indol	$X^2=34,849$, $p<0,001$	$t=3,26$, $p=0,003$	$t=0,74$, $p=0,463$	$t=3,66$, $p=0,001$	$t=-2,85$, $p=0,008$	$t=0,83$, $p=0,412$	$t=3,35$, $p=0,002$
(RS)-linalol	$X^2=23,986$, $p<0,001$	$t=3,18$, $p=0,003$	$t=3,18$, $p=0,003$	$t=3,60$, $p=0,001$	$t=0,00$, $p=1,000$	$t=0,91$, $p=0,372$	$t=0,91$, $p=0,372$
Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=14,619$, $p=0,002$	$t=2,70$, $p=0,012$	$t=2,23$, $p=0,034$	$t=2,89$, $p=0,007$	$t=-0,83$, $p=0,411$	$t=0,37$, $p=0,713$	$t=1,2$, $p=0,004$
Acetato de (E)-2-hexenila	$X^2=16,268$, $p<0,001$	$t=2,69$, $p=0,012$	$t=-0,42$, $p=0,679$	$t=2,36$, $p=0,025$	$t=-2,47$, $p=0,020$	$t=-0,62$, $p=0,543$	$t=-2,09$, $p=0,045$
(E)- β -farneseno	$X^2=50,656$, $p<0,001$	$t=4,81$, $p<0,001$	$t=0,32$, $p=0,752$	$t=1,21$, $p=0,238$	$t=-4,65$, $p<0,001$	$t=-3,61$, $p=0,001$	$t=0,91$, $p=0,371$
DMNT	$X^2=52,607$, $p<0,001$	$t=4,34$, $p<0,001$	$t=5,10$, $p<0,001$	$t=4,82$, $p<0,001$	$t=1,68$, $p=0,103$	$t=1,00$, $p=0,328$	$t=-0,77$, $p=0,449$
TMTT	$X^2=13,288$, $p=0,004$	$t=1,95$, $p=0,062$	$t=-2,38$, $p=0,024$	$t=2,36$, $p=0,026$	$t=1,00$, $p=0,324$	$t=0,94$, $p=0,353$	$t=-0,08$, $p=0,940$
(48-72 h)							
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs V	C vs VH	H vs V	H vs VH	V vs VH
Indol	$X^2=10,503$, $p=0,014$	$t=0,55$, $p=0,587$	$t=-1,87$, $p=0,072$	$t=1,10$, $p=0,280$	$t=-2,29$, $p=0,029$	$t=0,63$, $p=0,532$	$t=2,64$, $p=0,013$
(RS)-linalol	$X^2=66,585$, $p<0,001$	$t=0,34$, $p=0,735$	$t=1,03$, $p=0,312$	$t=1,88$, $p=0,040$	$t=0,78$, $p=0,442$	$t=2,88$, $p=0,040$	$t=2,75$, $p=0,041$
Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=6,657$, $p=0,083$	-	-	-	-	-	-
Acetato de (E)-2-hexenila	$X^2=2,544$, $p=0,467$	-	-	-	-	-	-
(E)- β -farneseno	$X^2=17,742$, $p<0,001$	$t=0,62$, $p=0,540$	$t=-2,50$, $p=0,019$	$t=1,34$, $p=0,190$	$t=-2,86$, $p=0,008$	$t=0,84$, $p=0,410$	$t=3,19$, $p=0,003$
DMNT	$X^2=21,17$, $p<0,001$	$t=-0,70$, $p=0,488$	$t=-2,38$, $p=0,027$	$t=3,31$, $p=0,002$	$t=1,92$, $p=0,065$	$t=3,20$, $p=0,003$	$t=1,5$, $p=0,045$
TMTT	$X^2=4,30$, $p=0,230$	-	-	-	-	-	-
(72-96 h)							
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs V	C vs VH	H vs V	H vs VH	V vs VH
Indol	$X^2=32,927$, $p<0,001$	$t=1,25$, $p=0,221$	$t=-2,56$, $p=0,016$	$t=2,38$, $p=0,024$	$t=-3,30$, $p=0,002$	$t=1,48$, $p=0,150$	$t=3,82$, $p<0,001$
(RS)-linalol	$X^2=15,04$, $p=0,001$	$t=1,09$, $p=0,287$	$t=1,64$, $p=0,112$	$t=2,70$, $p=0,011$	$t=0,70$, $p=0,491$	$t=2,26$, $p=0,032$	$t=1,77$, $p=0,034$
Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=21,26$, $p<0,001$	$t=1,31$, $p=0,201$	$t=-1,10$, $p=0,282$	$t=2,69$, $p=0,012$	$t=-2,23$, $p=0,035$	$t=1,85$, $p=0,076$	$t=3,26$, $p=0,003$

Acetato de (E)-2-hexenila	$X^2=10,792$, $p=0,012$	$t=1,07$, $p=0,293$	$t=-1,58$, $p=0,126$	$t=1,25$, $p=0,223$	$t=-2,40$, $p=0,023$	$t=0,21$, $p=0,833$	$t=2,52$, $p=0,018$
(E)- β -farneseno	$X^2=28,951$, $p<0,001$	$t=1,23$, $p=0,230$	$t=-3,17$, $p=0,003$	$t=0,28$, $p=0,781$	$t=-3,56$, $p=0,001$	$t=-1,02$, $p=0,316$	$t=3,27$, $p=0,003$
DMNT	$X^2=11,997$, $p=0,007$	$t=1,16$, $p=0,258$	$t=0,96$, $p=0,347$	$t=2,56$, $p=0,016$	$t=-0,23$, $p=0,820$	$t=1,91$, $p=0,067$	$t=2,08$, $p=0,047$
TMTT	$X^2=5,077$, $p=0,166$	-	-	-	-	-	-

Tabela 2. Compostos voláteis liberados de plantas de milho (média \pm erro padrão) em ng/24h submetidas a diferentes tratamentos. Ctrl: planta sadia; Herb: herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; Indol: composto doado; Indol + Herb: composto doado + herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus* nos intervalos de 24-48, 48-72 e 72-96 h. Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança.

24-48 h (ng / 24h)				
Compostos	Controle	Herb	Indol	Indol + Herb
1. β -mirceno	10,86 \pm 2,82 ^a	25,72 \pm 8,74 ^{ac}	7,88 \pm 1,65 ^{ab}	31,84 \pm 14,50 ^{ac}
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	16,71 \pm 2,63 ^a	48,41 \pm 21,1 ^a	12,83 \pm 3,83 ^a	20,69 \pm 9,13 ^a
3. (E)-Ocimeno	2,18 \pm 0,89 ^a	19,50 \pm 18,5 ^a	0,00 \pm 0,00 ^b	5,75 \pm 3,50 ^a
4. (RS)-Linalol	19,45 \pm 2,60 ^a	55,05 \pm 22,0 ^a	0,00 \pm 0,00 ^b	61,05 \pm 16,94 ^a
5. DMNT	5,14 \pm 1,72 ^c	34,71 \pm 7,46 ^a	9,08 \pm 6,36 ^{ac}	91,34 \pm 37,58 ^{ab}
6. Salicilato de metila	18,71 \pm 4,65 ^a	46,41 \pm 15,8 ^a	26,70 \pm 6,48 ^a	28,78 \pm 9,37 ^a
7. Indol	6,14 \pm 1,10 ^a	21,14 \pm 10,1 ^a	6,84 \pm 1,84 ^a	41,27 \pm 13,13 ^a
8. Ciclosativeno	28,25 \pm 3,06 ^b	85,69 \pm 19,8 ^a	58,39 \pm 13,10 ^{ac}	141,44 \pm 39,56 ^a
9. Acetato de geranila	5,87 \pm 3,42 ^b	11,52 \pm 3,59 ^b	2,75 \pm 0,80 ^c	16,76 \pm 2,43 ^a
10. (E)-Cariofileno	6,29 \pm 1,43 ^b	58,26 \pm 11,5 ^a	12,60 \pm 2,29 ^b	68,23 \pm 23,02 ^a
11. Geranilacetona	7,17 \pm 2,13 ^a	25,09 \pm 14 ^a	12,99 \pm 3,01 ^a	9,34 \pm 3,03 ^a
12. (E)- β -farneseno	9,21 \pm 2,04 ^a	11,65 \pm 2,29 ^a	15,28 \pm 5,53 ^a	16,26 \pm 3,45 ^a
13. α -Humuleno	6,23 \pm 1,46 ^b	18,23 \pm 6,44 ^a	12,44 \pm 2,90 ^{ab}	19,47 \pm 4,04 ^a
14. δ -Cadineno	3,17 \pm 0,24 ^b	7,59 \pm 1,66 ^a	6,35 \pm 1,12 ^a	10,28 \pm 2,67 ^a
15. TMTT	2,97 \pm 2,28 ^b	22,57 \pm 5,27 ^a	0,00 \pm 0,00 ^c	21,76 \pm 5,36 ^a
48-72 h (ng / 24h)				
Compostos	Controle	Herb	Indol	Indol + Herb
1. Mirceno	19,92 \pm 6,63 ^a	12,40 \pm 1,69 ^a	3,24 \pm 1,73 ^b	12,29 \pm 3,63 ^a
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	27,84 \pm 12,66 ^a	19,32 \pm 3,98 ^a	9,16 \pm 2,36 ^a	7,52 \pm 0,74 ^a
3. (E)-Ocimeno	7,05 \pm 1,92 ^a	14,90 \pm 5,92 ^a	0,00 \pm 0,00 ^b	2,07 \pm 1,67 ^a
4. (RS)-Linalol	20,85 \pm 6,14 ^a	24,86 \pm 2,90 ^a	14,90 \pm 13,19 ^a	43,79 \pm 16,26 ^a
5. DMNT	6,91 \pm 3,50 ^a	23,99 \pm 2,52 ^a	11,05 \pm 5,68 ^a	40,63 \pm 11,07 ^a
6. Salicilato de metila	32,61 \pm 14,22 ^a	41,67 \pm 6,65 ^a	33,16 \pm 12,24 ^a	32,42 \pm 12,80 ^a
7. Indol	13,20 \pm 5,95 ^a	9,42 \pm 3,72 ^a	4,60 \pm 1,33 ^{ac}	63,60 \pm 30,23 ^{ab}
8. Ciclosativeno	42,17 \pm 11,02 ^b	80,72 \pm 21,09 ^{ab}	34,09 \pm 9,04 ^b	94,86 \pm 27,74 ^a
9. Acetato de geranila	4,23 \pm 1,27 ^a	9,48 \pm 1,74 ^a	1,07 \pm 0,56 ^b	12,26 \pm 2,55 ^a
10. (E)-Cariofileno	21,35 \pm 5,16 ^a	45,49 \pm 12,84 ^a	6,86 \pm 2,32 ^b	62,23 \pm 18,76 ^a
11. Geranilacetona	20,71 \pm 5,96 ^a	12,85 \pm 4,39 ^a	5,79 \pm 2,48 ^{ab}	1,93 \pm 1,15 ^b
12. (E)- β -farneseno	18,01 \pm 5,11 ^a	8,36 \pm 2,14 ^a	10,81 \pm 5,12 ^a	7,33 \pm 2,11 ^a
13. α -Humuleno	6,19 \pm 1,73 ^a	13,13 \pm 2,83 ^a	0,93 \pm 0,91 ^a	7,16 \pm 3,97 ^a
14. δ -Cadineno	10,15 \pm 2,63 ^a	6,62 \pm 1,40 ^a	3,24 \pm 1,32 ^b	7,43 \pm 1,84 ^a
15. TMTT	10,15 \pm 2,63 ^a	15,26 \pm 2,06 ^{ab}	3,68 \pm 2,60 ^{ac}	19,58 \pm 4,69 ^{ab}

Compostos	72-96 h (ng / 24h)			
	Controle	Herb	Indol	Indol + Herb
1. Mirceno	17,10 ± 8,00 ^a	10,66 ± 1,65 ^a	2,82 ± 2,10 ^a	17,52 ± 6,45 ^a
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	32,19 ± 15,85 ^a	15,69 ± 4,23 ^a	8,85 ± 2,90 ^a	10,17 ± 4,99 ^a
3. (E)-Ocimeno	8,97 ± 1,91 ^a	1,79 ± 1,96 ^a	0,52 ± 0,50 ^a	4,11 ± 2,23 ^a
4. (RS)-Linalol	31,79 ± 10,00 ^a	11,13 ± 5,94 ^a	15,75 ± 4,43 ^a	63,91 ± 38,13 ^a
5. DMNT	9,17 ± 4,35 ^a	13,89 ± 3,11 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	34,66 ± 9,59 ^a
6. Salicilato de metila	34,16 ± 15,18 ^a	24,06 ± 5,15 ^a	21,49 ± 6,40 ^a	25,95 ± 6,86 ^a
7. Indol	16,91 ± 8,04 ^a	56,16 ± 28,69 ^a	3,68 ± 1,37 ^b	220,96 ± 102, 82 ^a
8. Ciclosativeno	31,89 ± 8,68 ^b	76,08 ± 26,65 ^{bc}	26,46 ± 9,00 ^{bd}	100,22 ± 17,03 ^a
9. Acetato de geranila	4,59 ± 1,02 ^a	10,11 ± 2,47 ^{ab}	1,75 ± 1,12 ^{ac}	17,78 ± 3,98 ^{ab}
10. (E)-Cariofileno	10,11 ± 3,01 ^b	34,59 ± 11,56 ^a	4,91 ± 1,67 ^b	36,74 ± 12,88 ^a
11. Geranilacetona	13,68 ± 5,60 ^a	32,06 ± 22,82 ^a	5,29 ± 2,48 ^a	5,80 ± 3,47 ^a
12. (E)-β-farneseno	16,14 ± 8,09 ^a	13,54 ± 3,43 ^a	5,16 ± 2,45 ^a	9,68 ± 2,02 ^a
13. α-Humuleno	15,23 ± 4,93 ^a	11,57 ± 3,75 ^a	1,61 ± 1,72 ^a	7,47 ± 3,78 ^a
14. δ-Cadineno	5,20 ± 0,98 ^a	10,03 ± 2,44 ^a	2,50 ± 1,12 ^a	8,97 ± 1,48 ^a
15. TMTT	10,03 ± 2,37 ^a	18,14 ± 6,60 ^a	2,15 ± 1,51 ^b	24,29 ± 5,15 ^a

Valores médios (± EPM) calculados a partir de oito amostras para cada período avaliado (24-48, 48-72 e 72-96 h) obtidas na aeração das plantas de milho depois do início do tratamento. Médias seguidas pela mesma letra dentro da linha em cada período avaliado não são estatisticamente diferentes. TMTT ((E, E) -4,8,12-trimetiltrideca-1,3,7,11-tetraeno), DMNT ((E)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno).

Tabela 3. Resultado da análise de modelos lineares generalizados (MLG) com distribuição gamma para avaliar a importância dos compostos voláteis liberados de plantas de milho expostas ao indol nos diferentes tratamentos nos tempos avaliados de 24-48, 48-72 e 72-96 h. Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de variância (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. C: controle; H: herbivoria de *Dichelops melacanthus*; I: indol; IH: indol + herbivoria de *D. melacanthus*.

Compostos	Indol (24-48 h)	CONTRASTES					
		ANODEV	C vs H	C vs I	C vs IH	H vs I	H vs IH
1. Mirceno	$X^2=8,962$, $p<0,05$	$t=1,69$, $p=0,102$	$t=0,58$, $p=0,567$	$t=1,84$, $p=0,077$	$t=-2,22$, $p=0,035$	$t=0,11$, $p=0,913$	$t=2,36$, $p=0,025$
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=6,290$, $p=0,098$	-	-	-	-	-	-
3. (E)-Ocimeno	$X^2=250,7$, $p<0,001$	$t=1,46$, $p=0,156$	$t=-3,11$, $p=0,004$	$t=0,66$, $p=0,512$	$t=-3,11$, $p=0,004$	$t=-0,91$, $p=0,372$	$t=3,11$, $p=0,004$
4. (RS)-Linalol	$X^2=373,7$, $p<0,001$	$t=1,88$, $p=0,070$	$t=11,59$, $p<0,001$	$t=1,55$, $p=0,133$	$t=-11,59$, $p<0,001$	$t=-0,38$, $p=0,706$	$t=-27,10$, $p<0,001$
5. DMNT	$X^2=10,49$, $p=0,014$	$t=1,50$, $p=0,144$	$t=-0,77$, $p=0,445$	$t=1,70$, $p=0,101$	$t=-1,93$, $p=0,064$	$t=0,30$, $p=0,770$	$t=2,05$, $p=0,049$
6. Salicilato de metila	$X^2=3,71$, $p=0,293$	-	-	-	-	-	-
7. Indol	$X^2=3,21$, $p=0,360$	-	-	-	-	-	-
8. Ciclosativeno	$X^2=30,17$, $p<0,001$	$t=3,77$, $p<0,001$	$t=2,42$, $p=0,022$	$t=5,17$, $p<0,001$	$t=-1,44$, $p=0,160$	$t=1,33$, $p=0,195$	$t=2,85$, $p=0,008$
9. Acetato de geranila	$X^2=14,80$, $p=0,01$	$t=1,83$, $p=0,077$	$t=-0,73$, $p=0,469$	$t=2,39$, $p=0,023$	$t=2,42$, $p=0,022$	$t=0,63$, $p=0,533$	$t=2,9$, $p=0,007$
10. (E)-Cariofileno	$X^2=23,79$, $p<0,001$	$t=4,01$, $p<0,001$	$t=1,89$, $p=0,070$	$t=3,60$, $p=0,001$	$t=-2,48$, $p=0,019$	$t=-0,61$, $p=0,547$	$t=-1,97$, $p=0,059$
11. Geranilacetona	$X^2=31,92$, $p=0,362$	-	-	-	-	-	-

12. (E)- β -farneseno	$X^2=31,80$, $p=0,364$						
13. α -Humuleno	$X^2=93,09$, $p=0,025$	$t=2,35$, $p=0,026$	$t=1,43$, $p=0,163$	$t=2,73$, $p=0,010$	$t=-1,00$, $p=0,327$	$t=0,35$, $p=0,725$	$t=1,39$, $p=0,176$
14. δ -Cadineno	$X^2=21,72$, $p<0,001$	$t=3,41$, $p<0,01$	$t=2,85$, $p<0,01$	$t=4,33$, $p<0,001$	$t=-0,67$, $p=0,509$	$t=0,90$, $p=0,376$	$t=1,62$, $p=0,117$
15. TMTT	$X^2=240,9$, $p<0,001$	$t=2,28$, $p=0,030$	$t=-2,92$, $p<0,01$	$t=2,26$, $p=0,032$	$t=-2,92$, $p<0,01$	$t=-0,08$, $p=0,937$	$t=-2,92$, $p<0,01$

Indol	(48-72 h)	CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs I	C vs IH	H vs I	H vs IH	I vs IH
1. Mirceno	$X^2=8,44$, $p<0,05$	$t=-0,05$, $p=0,958$	$t=-2,23$, $p<0,05$	$t=-0,53$, $p=0,601$	$t=-2,18$, $p<0,05$	$t=-0,46$, $p=0,647$	$t=1,92$, $p=0,065$
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=3,50$, $p=0,319$	-	-	-	-	-	-
3. (E)-Ocimeno	$X^2=19,28$, $p<0,001$	$t=0,50$, $p=0,624$	$t=-2,67$, $p<0,05$	$t=-1,76$, $p=0,088$	$t=-2,67$, $p<0,05$	$t=-1,98$, $p<0,05$	$t=2,67$, $p<0,05$
4. (RS)-Linalol	$X^2=7,04$, $p=0,070$	-	-	-	-	-	-
5. DMNT	$X^2=9,06$, $p<0,05$	$t=1,89$, $p=0,070$	$t=0,34$, $p=0,739$	$t=2,07$, $p<0,05$	$t=-1,65$, $p=0,110$	$t=0,25$, $p=0,801$	$t=1,86$, $p=0,074$
6. Salicilato de metila	$X^2=1,49$, $p=0,682$	-	-	-	-	-	-
7. Indol	$X^2=8,44$, $p<0,05$	$t=-0,15$, $p=0,880$	$t=-1,03$, $p=0,311$	$t=1,63$, $p=0,115$	$t=-0,86$, $p=0,396$	$t=1,67$, $p=0,107$	$t=2,42$, $p<0,05$
8. Ciclosativeno	$X^2=8,55$, $p<0,05$	$t=1,20$, $p=0,242$	$t=-0,72$, $p=0,479$	$t=1,93$, $p<0,05$	$t=-1,89$, $p=0,070$	$t=0,69$, $p=0,498$	$t=2,63$, $p<0,05$
9. Acetato de geranila	$X^2=16,12$, $p<0,01$	$t=1,12$, $p=0,273$	$t=-2,11$, $p<0,05$	$t=1,37$, $p=0,181$	$t=-2,67$, $p<0,05$	$t=0,26$, $p=0,795$	$t=2,77$, $p<0,05$
10. (E)-Cariofileno	$X^2=19,56$, $p<0,001$	$t=0,87$, $p=0,391$	$t=-2,62$, $p<0,05$	$t=1,50$, $p=0,145$	$t=-3,29$, $p<0,01$	$t=0,60$, $p=0,554$	$t=3,77$, $p<0,001$
11. Geranilacetona	$X^2=10,48$, $p<0,05$	$t=-0,53$, $p=0,602$	$t=-1,43$, $p=0,602$	$t=-2,33$, $p<0,05$	$t=-0,96$, $p=0,347$	$t=-2,08$, $p<0,05$	$t=-1,48$, $p=0,151$
12. (E)- β -farneseno	$X^2=3,28$, $p=0,349$	-	-	-	-	-	-
13. α -Humuleno	$X^2=6,55$, $p=0,087$	-	-	-	-	-	-
14. δ -Cadineno	$X^2=8,16$, $p<0,05$	$t=-0,59$, $p=0,557$	$t=-2,44$, $p<0,05$	$t=-0,39$, $p=0,699$	$t=-1,95$, $p<0,05$	$t=0,22$, $p=0,824$	$t=-2,16$, $p<0,05$
15. TMTT	$X^2=9,13$, $p<0,05$	$t=0,37$, $p=0,713$	$t=-1,95$, $p=0,061$	$t=0,48$, $p=0,638$	$t=-2,12$, $p<0,05$	$t=0,09$, $p=0,926$	$t=-2,17$, $p<0,05$

Indol	(72-96 h)	CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs I	C vs IH	H vs I	H vs IH	I vs IH
1. Mirceno	$X^2=7,27$, $p=0,063$	-	-	-	-	-	-
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=4,73$, $p=0,192$	-	-	-	-	-	-
3. (E)-Ocimeno	$X^2=5,17$, $p=0,159$	-	-	-	-	-	-
4. (RS)-Linalol	$X^2=5,18$, $p=0,158$	-	-	-	-	-	-
5. DMNT	$X^2=113,9$, $p<0,001$	$t=1,44$, $p=0,160$	$t=-6,43$, $p<0,001$	$t=2,59$, $p<0,05$	$t=-6,43$, $p<0,001$	$t=1,39$, $p=0,177$	$t=6,43$, $p<0,001$

6. Salicilato de metila	$X^2=2,07$, $p=0,557$	-	-	-	-	-	-
7. Indol	$X^2=18,64$, $p<0,001$	$t=0,74$, $p=0,467$	$t=-2,06$, $p<0,05$	$t=1,84$, $p=0,076$	$t=-2,63$, $p<0,05$	$t=1,28$, $p=0,210$	$t=3,32$, $p<0,01$
8. Ciclosativeno	$X^2=16,47$, $p<0,001$	$t=1,91$, $p=0,067$	$t=-0,89$, $p=0,380$	$t=2,49$, $p<0,05$	$t=-2,86$, $p<0,01$	$t=-0,64$, $p=0,527$	$t=-3,45$, $p<0,01$
9. Acetato de geranila	$X^2=12,09$, $p=0,01$	$t=0,11$, $p=0,917$	$t=-1,98$, $p=0,058$	$t=1,14$, $p=0,266$	$t=-2,06$, $p<0,05$	$t=1,10$, $p=0,280$	$t=2,59$, $p<0,05$
10. (E)-Cariofileno	$X^2=12,95$, $p=0,01$	$t=1,68$, $p=0,104$	$t=-1,59$, $p=0,122$	$t=0,81$, $p=0,423$	$t=-2,97$, $p<0,05$	$t=-1,00$, $p=0,3327$	$t=2,31$, $p<0,05$
11. Geranilacetona	$X^2=2,64$, $p=0,450$	-	-	-	-	-	-
12. (E)- β -farneseno	$X^2=4,21$, $p=0,239$	-	-	-	-	-	-
13. α -Humuleno	$X^2=5,74$, $p=0,124$	-	-	-	-	-	-
14. δ -Cadineno	$X^2=7,67$, $p=0,053$	-	-	-	-	-	-
15. TMTT	$X^2=12,39$, $p=0,01$	$t=0,46$, $p=0,650$	$t=-2,14$, $p<0,05$	$t=0,56$, $p=0,580$	$t=-2,32$, $p<0,05$	$t=0,11$, $p=0,911$	$t=-2,35$, $p<0,05$

Tabela 4. Compostos voláteis liberados de plantas de milho (média \pm erro padrão) em ng/24h submetidas a diferentes tratamentos. Controle: planta sadia; Herb: herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; (RS)-linalol: composto doado; (RS)-linalol + Herb: composto doado + herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus* nos intervalos de 24-48, 48-72 e 72-96 h. Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de variância (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança.

24-48 h (ng / 24h)				
Compostos	Controle	Herb	(RS)-linalol	(RS)-linalol + Herb
1. Mirceno	10,86 \pm 2,82 ^a	25,72 \pm 8,73 ^a	13,47 \pm 4,94 ^a	12,35 \pm 3,66 ^a
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	16,71 \pm 2,63 ^a	48,41 \pm 21,13 ^a	29,64 \pm 10,30 ^a	12,79 \pm 2,04 ^a
3. (E)-Ocimeno	2,18 \pm 0,89 ^a	19,50 \pm 18,53 ^a	1,41 \pm 0,99 ^a	1,42 \pm 0,69 ^a
4. (RS)-Linalol	19,45 \pm 2,60 ^c	55,05 \pm 21,99 ^b	727,62 \pm 392,23 ^a	441,21 \pm 202,64 ^a
5. DMNT	5,14 \pm 1,72 ^b	34,71 \pm 7,45 ^a	7,01 \pm 2,88 ^b	28,16 \pm 7,04 ^a
6. Salicilato de metila	18,71 \pm 4,65 ^a	46,41 \pm 15,75 ^a	33,01 \pm 9,46 ^a	20,53 \pm 6,79 ^a
7. Indol	6,14 \pm 1,10 ^a	21,14 \pm 10,06 ^a	8,39 \pm 3,71 ^a	40,12 \pm 26,05 ^a
8. Ciclosativeno	28,25 \pm 3,06 ^a	85,69 \pm 19,79 ^a	59,19 \pm 21,24 ^a	89,94 \pm 24,04 ^a
9. Acetato de geranila	5,87 \pm 3,41 ^a	11,52 \pm 3,59 ^a	3,82 \pm 1,43 ^a	11,08 \pm 2,83 ^a
10. (E)-Cariofileno	6,29 \pm 1,43 ^b	58,26 \pm 11,45 ^a	7,97 \pm 2,69 ^b	72,63 \pm 21,36 ^a
11. Geranilacetona	7,17 \pm 2,13 ^a	25,09 \pm 13,95 ^a	12,28 \pm 7,39 ^a	3,51 \pm 0,83 ^a
12. (E)- β -farneseno	9,21 \pm 2,04 ^a	11,65 \pm 12,29 ^a	4,03 \pm 1,84 ^a	10,00 \pm 2,37 ^a
13. α -Humuleno	6,23 \pm 1,46 ^a	18,23 \pm 6,434 ^a	12,24 \pm 6,53 ^a	12,87 \pm 3,30 ^a
14. δ -Cadineno	3,17 \pm 0,24 ^a	7,59 \pm 1,66 ^a	4,47 \pm 1,49 ^a	6,05 \pm 1,41 ^a
15. TMTT	2,97 \pm 2,28 ^a	22,57 \pm 5,27 ^a	11,41 \pm 8,20 ^a	15,74 \pm 3,72 ^a
48-72 h (ng / 24h)				
Compostos	Controle	Herb	(RS)-linalol	(RS)-linalol + Herb
1. Mirceno	19,92 \pm 6,63 ^a	12,40 \pm 1,69 ^a	23,23 \pm 11,85 ^a	23,64 \pm 10,98 ^a
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	27,84 \pm 12,66 ^a	19,32 \pm 3,98 ^a	27,48 \pm 17,14 ^a	27,94 \pm 12,12 ^a
3. (E)-Ocimeno	7,05 \pm 1,92 ^a	14,90 \pm 5,92 ^a	3,38 \pm 1,92 ^a	3,95 \pm 1,44 ^a
4. (RS)-Linalol	20,85 \pm 6,14 ^b	24,86 \pm 2,90 ^b	347,43 \pm 106,36 ^a	434,01 \pm 85,75 ^a
5. DMNT	6,91 \pm 3,50 ^b	23,99 \pm 2,52 ^a	0,00 \pm 0,00 ^c	40,16 \pm 7,87 ^a
6. Salicilato de metila	32,61 \pm 14,22 ^a	41,67 \pm 6,65 ^a	27,93 \pm 15,15 ^a	41,72 \pm 17,05 ^a
7. Indol	13,20 \pm 5,95 ^a	9,42 \pm 3,72 ^a	3,06 \pm 1,51 ^b	14,89 \pm 2,93 ^a

8. Ciclosativeno	42,17 ± 11,02 ^b	80,72 ± 21,09 ^b	49,25 ± 8,65 ^b	145,30 ± 22,47 ^a
9. Acetato de geranila	4,23 ± 1,27 ^b	9,48 ± 1,74 ^b	5,29 ± 1,33 ^b	22,34 ± 3,77 ^a
10. (E)-Cariofileno	21,35 ± 5,16 ^{bc}	45,49 ± 12,84 ^b	8,15 ± 1,35 ^c	140,57 ± 31,49 ^a
11. Geranilacetona	20,71 ± 5,96 ^a	12,85 ± 4,39 ^a	14,48 ± 5,43 ^a	5,97 ± 2,12 ^a
12. (E)-β-farneseno	18,01 ± 5,11 ^a	8,36 ± 2,14 ^a	5,97 ± 2,36 ^a	14,36 ± 1,58 ^a
13. α-Humuleno	6,19 ± 1,73 ^a	13,13 ± 2,83 ^a	7,65 ± 3,11 ^a	10,91 ± 3,84 ^a
14. δ-Cadineno	10,18 ± 2,63 ^a	6,62 ± 1,40 ^a	6,05 ± 0,77 ^a	11,11 ± 1,62 ^a
15. TMTT	10,15 ± 2,95 ^a	15,26 ± 2,06 ^a	15,02 ± 11,78 ^a	26,29 ± 3,39 ^a

72-96 h (ng/24h)

Compostos	Controle	Herb	(RS)-linalol	(RS)-linalol + Herb
1. Mirceno	17,10 ± 8,00 ^a	10,66 ± 1,65 ^a	13,09 ± 3,82 ^a	17,93 ± 5,87 ^a
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	32,19 ± 15,85 ^a	15,69 ± 4,23 ^a	25,87 ± 6,61 ^a	21,74 ± 5,01 ^a
3. (E)-Ocimeno	8,97 ± 1,91 ^a	1,79 ± 1,96 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	0,65 ± 0,63 ^a
4. (RS)-Linalol	31,79 ± 10,00 ^b	11,13 ± 5,94 ^b	273,31 ± 109,17 ^a	538,99 ± 127,02 ^a
5. DMNT	9,17 ± 4,35 ^b	13,89 ± 3,11 ^b	11,30 ± 1,88 ^b	47,74 ± 14,18 ^a
6. Salicilato de metila	34,16 ± 15,18 ^a	24,06 ± 5,15 ^a	26,77 ± 8,25 ^a	26,84 ± 8,58 ^a
7. Indol	16,91 ± 8,04 ^a	56,16 ± 28,69 ^a	17,15 ± 4,87 ^a	15,60 ± 4,03 ^a
8. Ciclosativeno	31,89 ± 8,68 ^b	76,08 ± 26,65 ^b	37,46 ± 9,03 ^b	187,15 ± 56,85 ^a
9. Acetato de geranila	4,59 ± 1,02 ^b	10,11 ± 2,47 ^b	4,31 ± 1,07 ^b	33,65 ± 12,31 ^a
10. (E)-Cariofileno	10,11 ± 3,01 ^{cb}	34,59 ± 11,56 ^b	9,09 ± 3,98 ^c	198,98 ± 84,34 ^a
11. Geranilacetona	13,68 ± 5,60 ^a	32,06 ± 22,82 ^a	10,31 ± 4,23 ^a	6,07 ± 1,98 ^a
12. (E)-β-farneseno	16,14 ± 8,09 ^a	13,54 ± 3,43 ^a	2,62 ± 0,93 ^b	18,12 ± 4,43 ^a
13. α-Humuleno	15,23 ± 4,93 ^a	11,57 ± 3,75 ^a	7,02 ± 2,77 ^a	22,25 ± 8,36 ^a
14. δ-Cadineno	5,20 ± 0,98 ^a	10,03 ± 2,44 ^a	4,36 ± 0,64 ^a	15,38 ± 4,11 ^a
15. TMTT	10,03 ± 2,37 ^a	18,14 ± 8,60 ^a	11,99 ± 7,28 ^a	43,51 ± 11,18 ^a

Valores médios (± EPM) calculados a partir de oito amostras para cada período avaliado (24-48, 48-72 e 72-96 h) obtidas na aeração das plantas de milho depois do início do tratamento. Médias seguidas pela mesma letra dentro da linha em cada período avaliado não são estatisticamente diferentes. TMTT ((E, E)-4,8,12-trimetiltrideca-1,3,7,11-tetraeno), DMNT ((E)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno).

Tabela 5. Análise estatística de compostos voláteis liberados de plantas de milho expostas ao (RS)-linalol e submetidas a diferentes tratamentos nos intervalos de 24-48, 48-72 e 72-96 h. Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. C: controle; H: herbivoria de *Dichelops melacanthus*; L: linalol; LH: linalol + herbivoria de *D. melacanthus*.

Linalol	(24-48 h)	CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs L	C vs LH	H vs L	H vs LH	L vs LH
1. Mirceno	X ² =2,40, p= 0,492	-	-	-	-	-	-
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	X ² =6,70, p= 0,081	-	-	-	-	-	-
3. (E)-Ocimeno	X ² =3,28, p= 0,349	-	-	-	-	-	-
4. (RS)-Linalol	X ² =77,85, p<0,001	t=2,92, p<0,01	t=7,20, p<0,001	t=6,84, p<0,001	t=4,38, p<0,001	t=3,98, p<0,001	t=-0,45, p= 0,657
5. DMNT	X ² =1145,8, p<0,001	t=3,57, p<0,01	t=-6,43, p<0,001	t=3,40, p<0,01	t=-6,43, p<0,001	t=-0,29, p= 0,771	t=6,43, p<0,01
6. Salicilato de metila	X ² =4,37, p= 0,224	-	-	-	-	-	-
7. Indol	X ² =6,95, p= 0,073	-	-	-	-	-	-
8. Ciclosativeno	X ² =7,60, p= 0,054	-	-	-	-	-	-
9. Acetato de geranila	X ² =6,03, p= 0,11	-	-	-	-	-	-

10. Cariofileno	(E)-	$X^2=23,20$, $p<0,001$	$t=3,26$, $p<0,01$	$t=0,45$, $p=0,658$	$t=3,27$, $p<0,01$	$t=-2,93$, $p<0,01$	$t=-0,04$, $p=0,972$	$t=2,95$, $p<0,01$
11. Geranilacetona		$X^2=5,18$, $p=0,158$	-	-	-	-	-	-
12. farneseno	(E)- β -	$X^2=5,30$, $p=0,150$	-	-	-	-	-	-
13. α -Humuleno		$X^2=3,09$, $p=0,377$	-	-	-	-	-	-
14. δ -Cadineno		$X^2=6,48$, $p=0,090$	-	-	-	-	-	-
15. TMTT		$X^2=7,88$, $p=0,079$	-	-	-	-	-	-

Linalol		(48-72 h)	CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs L	C vs LH	H vs L	H vs LH	L vs LH	
1. Mirceno	$X^2=1,23$, $p=0,744$	-	-	-	-	-	-	
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=0,57$, $p=0,901$	-	-	-	-	-	-	
3. (E)-Ocimeno	$X^2=4,10$, $p=0,250$	-	-	-	-	-	-	
4. (RS)-Linalol	$X^2=40,69$, $p<0,001$	$t=1,40$, $p=0,172$	$t=4,73$, $p<0,001$	$t=4,74$, $p<0,001$	$t=3,59$, $p<0,01$	$t=3,60$, $p<0,01$	$t=-0,07$, $p=0,945$	
5. DMNT	$X^2=458,01$, $p<0,001$	$t=2,35$, $p<0,05$	$t=4,00$, $p<0,001$	$t=3,05$, $p<0,01$	$t=4,00$, $p<0,001$	$t=1,28$, $p=0,213$	$t=348,20$, $p<0,001$	
6. Salicilato de metila	$X^2=1,60$, $p=0,658$	-	-	-	-	-	-	
7. Indol	$X^2=10,26$, $p<0,05$	$t=-0,03$, $p=0,974$	$t=1,85$, $p=0,075$	$t=1,14$, $p=0,262$	$t=1,83$, $p=0,078$	$t=1,17$, $p=0,251$	$t=2,41$, $p<0,05$	
8. Ciclosativeno	$X^2=11,03$, $p<0,05$	$t=1,67$, $p=0,106$	$t=1,44$, $p=0,161$	$t=3,24$, $p<0,01$	$t=0,18$, $p=0,855$	$t=1,62$, $p<0,05$	$t=1,74$, $p<0,05$	
9. Acetato de geranila	$X^2=13,19$, $p<0,01$	$t=2,04$, $p=0,051$	$t=1,06$, $p=0,297$	$t=3,09$, $p<0,01$	$t=0,98$, $p=0,334$	$t=1,32$, $p<0,05$	$t=2,13$, $p<0,05$	
10. Cariofileno	(E)- $X^2=28,67$, $p<0,001$	$t=1,70$, $p=0,101$	$t=1,22$, $p=0,234$	$t=3,68$, $p<0,01$	$t=2,76$, $p<0,05$	$t=2,12$, $p<0,05$	$t=4,47$, $p<0,001$	
11. Geranilacetona	$X^2=3,19$, $p=0,362$	-	-	-	-	-	-	
12. farneseno	(E)- β - $X^2=7,38$, $p=0,060$	-	-	-	-	-	-	
13. α -Humuleno	$X^2=0,88$, $p=0,082$	-	-	-	-	-	-	
14. δ -Cadineno	$X^2=2,95$, $p=0,398$	-	-	-	-	-	-	
15. TMTT	$X^2=7,38$, $p=0,060$	-	-	-	-	-	-	

Linalol		(72-96 h)	CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs L	C vs LH	H vs L	H vs LH	L vs LH	
1. Mirceno	$X^2=1,90$, $p=0,592$	-	-	-	-	-	-	

2. Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=3,12$, $p=0,373$	-	-	-	-	-	-
3. (E)-Ocimeno	$X^2=53,11$, $p<0,001$	$t=-1,16$, $p=0,255$	$t=28,67$, $p<0,001$	$t=3,68$, $p<0,01$	$t=2,12$, $p<0,05$	$t=13,12$, $p<0,05$	$t=1,70$, $p=0,101$
4. (RS)-Linalol	$X^2=15,87$, $p<0,01$	$t=-1,70$, $p=0,100$	$t=1,41$, $p<0,05$	$t=1,76$, $p<0,05$	$t=2,95$, $p<0,01$	$t=3,23$, $p<0,01$	$t=0,41$, $p=0,682$
5. DMNT	$X^2=1171,6$, $p<0,001$	$t=1,47$, $p=0,154$	$t=6,53$, $p=0,178$	$t=2,82$, $p<0,01$	$t=6,53$, $p=0,107$	$t=1,66$, $p<0,001$	$t=6,53$, $p<0,001$
6. Salicilato de metila	$X^2=0,86$, $p=0,834$	-	-	-	-	-	-
7. Indol	$X^2=2,86$, $p=0,413$	-	-	-	-	-	-
8. Ciclosativeno	$X^2=11,03$, $p<0,05$	$t=1,95$, $p=0,061$	$t=0,68$, $p=0,502$	$t=2,89$, $p<0,01$	$t=1,35$, $p=0,188$	$t=1,05$, $p<0,05$	$t=2,37$, $p<0,05$
9. Acetato de geranila	$X^2=9,28$, $p<0,05$	$t=0,18$, $p=0,858$	$t=0,05$, $p=0,963$	$t=2,16$, $p<0,05$	$t=0,23$, $p=0,813$	$t=2,12$, $p<0,05$	$t=2,32$, $p<0,05$
10. (E)-Cariofileno	$X^2=9,03$, $p<0,05$	$t=1,87$, $p=0,072$	$t=0,27$, $p=0,791$	$t=1,78$, $p<0,05$	$t=2,19$, $p<0,05$	$t=-0,11$, $p=0,912$	$t=-2,10$, $p<0,05$
11. Geranilacetona	$X^2=1,49$, $p=0,684$	-	-	-	-	-	-
12. (E)- β -farneseno	$X^2=9,28$, $p<0,05$	$F=-0,35$, $p=0,730$	$F=2,34$, $p<0,05$	$F=0,12$, $p=0,903$	$F=2,13$, $p<0,05$	$F=0,48$, $p=0,632$	$F=2,45$, $p<0,05$
13. α -Humuleno	$X^2=2,19$, $p=0,533$	-	-	-	-	-	-
14. δ -Cadineno	$X^2=4,04$, $p=0,256$	-	-	-	-	-	-
15. TMTT	$X^2=7,46$, $p=0,058$	-	-	-	-	-	-

Tabela 6. Compostos voláteis coletados de plantas de milho (média \pm erro padrão) em ng/24h submetidas a diferentes tratamentos. Controle: planta sadia; Herb: herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; Acetato de (Z)-3-hexenila: composto doado; Acetato de (Z)-3-hexenila + Herb: composto doado + herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus* nos intervalos de 24-48, 48-72 e 72-96 h. Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança.

24-48 h (ng/24h)				
Compostos	Controle	Herb	Acetato de (Z)-3-hexenila	Acetato de (Z)-3-hexenila + Herb
1. Mirceno	10,86 \pm 2,82 ^a	25,72 \pm 8,73 ^a	13,32 \pm 4,90 ^a	31,59 \pm 9,60 ^a
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	16,71 \pm 2,63 ^a	48,41 \pm 21,13 ^a	25,49 \pm 6,78 ^a	31,83 \pm 9,36 ^a
3. (E)-Ocimeno	2,18 \pm 0,89 ^a	19,50 \pm 18,53 ^a	3,74 \pm 1,85 ^a	7,36 \pm 4,33 ^a
4. (RS)-Linalol	19,45 \pm 2,60 ^a	55,05 \pm 21,99 ^a	28,24 \pm 13,25 ^a	66,10 \pm 30,06 ^a
5. DMNT	5,14 \pm 1,72 ^a	34,71 \pm 7,45 ^a	6,14 \pm 3,71 ^{ab}	32,52 \pm 10,58 ^a
6. Salicilato de metila	18,71 \pm 4,65 ^a	46,41 \pm 15,75 ^a	37,82 \pm 14,82 ^a	55,99 \pm 23,89 ^a
7. Indol	6,14 \pm 1,10 ^a	21,14 \pm 10,06 ^a	21,20 \pm 7,84 ^a	13,31 \pm 2,39 ^a
8. Ciclosativeno	28,25 \pm 3,06 ^b	85,69 \pm 19,79 ^a	64,19 \pm 33,10 ^{ab}	167,33 \pm 83,23 ^a

9. Acetato de geranila	5,87 ± 3,41 ^b	11,52 ± 3,59 ^{ac}	4,67 ± 1,01 ^{ac}	19,35 ± 7,07 ^{ab}
10. (<i>E</i>)-Cariofileno	6,29 ± 1,43 ^b	58,26 ± 11,45 ^a	11,75 ± 3,15 ^b	67,08 ± 47,21 ^a
11. Geranilacetona	7,17 ± 2,13 ^a	25,09 ± 13,95 ^a	16,33 ± 3,35 ^a	11,61 ± 3,40 ^a
12. (<i>E</i>)- β -farneseno	9,21 ± 2,04 ^a	11,65 ± 2,29 ^a	10,73 ± 6,45 ^a	14,18 ± 6,36 ^a
13. α -Humuleno	6,23 ± 1,46 ^a	18,23 ± 6,43 ^a	15,17 ± 5,33 ^a	15,37 ± 6,49 ^a
14. δ -Cadineno	3,17 ± 0,24 ^a	7,59 ± 1,66 ^a	7,30 ± 3,15 ^a	12,70 ± 6,01 ^a
15. TMTT	2,97 ± 2,28 ^b	22,57 ± 5,27 ^a	14,59 ± 7,30 ^a	18,22 ± 3,48 ^a

48-72 h (ng/24h)

Compostos	Controle	Herb	Acetato de (<i>Z</i>)-3-hexenila	Acetato de (<i>Z</i>)-3-hexenila + Herb
1. Mirceno	19,92 ± 6,63 ^a	12,40 ± 1,69 ^a	8,09 ± 2,38 ^a	15,21 ± 3,92 ^a
2. Acetato de (<i>Z</i>)-3-hexenila	27,84 ± 12,66 ^a	19,32 ± 3,98 ^a	19,75 ± 5,54 ^a	25,00 ± 6,16 ^a
3. (<i>E</i>)-Ocimeno	7,057 ± 1,92 ^a	14,90 ± 5,92 ^a	3,44 ± 1,43 ^a	5,27 ± 2,10 ^a
4. (<i>RS</i>)-Linalol	20,85 ± 6,14 ^a	24,86 ± 2,90 ^a	9,39 ± 6,59 ^a	38,30 ± 14,64 ^a
5. DMNT	6,91 ± 3,50 ^b	23,99 ± 2,52 ^a	5,57 ± 2,33 ^b	27,69 ± 9,12 ^a
6. Salicilato de metila	32,61 ± 14,22 ^a	41,67 ± 6,65 ^a	26,22 ± 6,38 ^a	40,03 ± 12,43 ^a
7. Indol	13,20 ± 5,95 ^a	9,42 ± 3,72 ^a	13,50 ± 3,77 ^a	47,57 ± 38,61 ^a
8. Ciclosativeno	42,17 ± 11,02 ^a	80,72 ± 21,09 ^a	31,90 ± 11,81 ^a	106,14 ± 46,87 ^a
9. Acetato de geranila	4,23 ± 1,27 ^a	9,48 ± 1,74 ^{ab}	2,83 ± 0,93 ^{ac}	12,58 ± 5,03 ^{ab}
10. (<i>E</i>)-Cariofileno	21,35 ± 5,16 ^a	45,49 ± 12,84 ^a	7,82 ± 1,88 ^b	50,55 ± 35,53 ^a
11. Geranilacetona	20,71 ± 5,96 ^a	12,85 ± 4,39 ^a	13,74 ± 2,73 ^a	8,72 ± 3,04 ^a
12. (<i>E</i>)- β -farneseno	18,01 ± 5,11 ^a	8,36 ± 2,14 ^{ab}	3,91 ± 2,32 ^b	9,64 ± 2,97 ^{ab}
13. α -Humuleno	6,19 ± 1,73 ^a	13,13 ± 2,83 ^a	7,99 ± 3,17 ^a	5,48 ± 3,27 ^a
14. δ -Cadineno	10,18 ± 2,68 ^a	6,62 ± 1,40 ^a	3,98 ± 1,15 ^a	9,15 ± 3,50 ^a
15. TMTT	10,15 ± 2,63 ^b	15,26 ± 2,06 ^b	9,25 ± 2,33 ^b	259,68 ± 3,06 ^a

72-96 h (ng / 24h)

Compostos	Controle	Herb	Acetato de (<i>Z</i>)-3-hexenila	Acetato de (<i>Z</i>)-3-hexenila + Herb
1. Mirceno	17,10 ± 8,00 ^a	10,66 ± 1,65 ^a	8,58 ± 1,77 ^a	16,57 ± 3,04 ^a
2. Acetato de (<i>Z</i>)-3-hexenila	32,19 ± 15,85 ^a	15,69 ± 4,23 ^a	27,19 ± 10,29 ^a	27,84 ± 6,84 ^a
3. (<i>E</i>)-Ocimeno	8,97 ± 1,91 ^a	1,79 ± 1,96 ^a	2,57 ± 1,16 ^a	4,43 ± 1,33 ^a
4. (<i>RS</i>)-Linalol	31,79 ± 10,00 ^a	11,13 ± 5,94 ^a	16,00 ± 3,77 ^a	39,50 ± 15,10 ^a
5. DMNT	9,17 ± 4,35 ^a	13,89 ± 3,11 ^a	4,52 ± 1,47 ^{ac}	30,43 ± 6,47 ^{ab}
6. Salicilato de metila	34,16 ± 15,18 ^a	24,06 ± 5,15 ^a	23,94 ± 3,96 ^a	38,86 ± 10,10 ^a
7. Indol	16,91 ± 8,04 ^b	56,16 ± 28,69 ^{ab}	12,38 ± 2,38 ^b	209,11 ± 76,99 ^a
8. Ciclosativeno	31,89 ± 8,68 ^b	76,08 ± 26,65 ^{bc}	22,78 ± 8,38 ^b	144,08 ± 46,99 ^{ac}
9. Acetato de geranila	4,59 ± 1,02 ^a	10,11 ± 2,47 ^a	3,00 ± 0,47 ^{ab}	16,45 ± 4,24 ^a
10. (<i>E</i>)-Cariofileno	10,11 ± 3,01 ^b	34,59 ± 11,56 ^a	7,38 ± 1,77 ^b	57,70 ± 46,72 ^a
11. Geranilacetona	13,68 ± 5,60 ^a	32,06 ± 22,82 ^a	8,62 ± 2,64 ^a	12,13 ± 5,22 ^a
12. (<i>E</i>)- β -farneseno	16,14 ± 8,09 ^a	13,54 ± 3,43 ^a	4,49 ± 1,76 ^a	12,22 ± 3,04 ^a
13. α -Humuleno	15,23 ± 4,93 ^a	11,57 ± 3,75 ^a	5,56 ± 2,40 ^a	11,06 ± 5,21 ^a
14. δ -Cadineno	5,20 ± 0,98 ^a	10,03 ± 2,44 ^a	3,45 ± 1,11 ^a	12,28 ± 3,67 ^a
15. TMTT	10,03 ± 2,37 ^a	18,14 ± 8,60 ^{ab}	9,89 ± 3,51 ^{ac}	23,48 ± 4,49 ^{ab}

Valores médios (\pm EPM) calculados a partir de oito amostras para cada período avaliado (24-48, 48-72 e 72-96 h) obtidas na aeração das plantas de milho depois do início do tratamento. Médias seguidas pela mesma letra dentro da linha em cada período avaliado não são estatisticamente diferentes. TMTT ((*E*, *E*)-4,8,12-trimetiltrideca-1,3,7,11-tetraeno), DMNT ((*E*)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno).

Tabela 7. Análise estatística de compostos voláteis liberados de plantas de milho expostas ao acetato de (*Z*)-3-hexenila e submetidas a diferentes tratamentos nos intervalos de 24-48, 48-72 e 72-96 h. Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. C: controle; H:

herbivoria de *Dichelops melacanthus*; Z: acetato de (Z)-3-hexenila; ZH: acetato de (Z)-3-hexenila + herbivoria de *D. melacanthus*.

Acetato de (Z)-3-hexenila (24-48 h)		CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs Z	C vs ZH	H vs Z	H vs ZH	Z vs ZH
1. Mirceno	$X^2=5,41$, $p=0,143$	-	-	-	-	-	-
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=6,06$, $p=0,108$	-	-	-	-	-	-
3. (E)-Ocimeno	$X^2=2,25$, $p=0,520$	-	-	-	-	-	-
4. (RS)-Linalol	$X^2=5,84$, $p=0,119$	-	-	-	-	-	-
5. DMNT	$X^2=10,69$, $p<0,05$	$t=1,80$, $p=0,082$	$t=-0,67$, $p=0,507$	$t=1,70$, $p=0,101$	$t=-2,19$, $p<0,05$	$t=-0,15$, $p=0,882$	$t=2,11$, $p<0,05$
6. Salicilato de metila	$X^2=3,13$, $p=0,371$	-	-	-	-	-	-
7. Indol	$X^2=5,73$, $p=0,125$	-	-	-	-	-	-
8. Ciclosativeno	$X^2=11,12$, $p<0,05$	$t=2,59$, $p<0,05$	$t=1,19$, $p=0,244$	$t=2,93$, $p<0,01$	$t=-1,45$, $p=0,157$	$t=0,33$, $p=0,742$	$t=1,8$, $p=0,084$
9. Acetato de geranila	$X^2=9,39$, $p<0,05$	$t=2,08$, $p<0,05$	$t=0,75$, $p=0,458$	$t=2,54$, $p<0,05$	$t=-1,42$, $p=0,168$	$t=0,52$, $p=0,606$	$t=1,92$, $p=0,066$
10. (E)-Cariofileno	$X^2=25,94$, $p<0,001$	$t=4,22$, $p<0,001$	$t=1,66$, $p=0,108$	$t=3,52$, $p<0,05$	$t=-2,91$, $p<0,05$	$t=-0,87$, $p=0,389$	$t=2,08$, $p<0,05$
11. Geranilacetona	$X^2=4,47$, $p=0,214$	-	-	-	-	-	-
12. (E)- β -farneseno	$X^2=3,44$, $p=0,327$	-	-	-	-	-	-
13. α -Humuleno	$X^2=3,68$, $p=0,297$	-	-	-	-	-	-
14. δ -Cadineno	$X^2=5,82$, $p=0,120$	-	-	-	-	-	-
15. TMTT	$X^2=10,31$, $p<0,05$	$t=2,16$, $p<0,05$	$t=2,13$, $p<0,05$	$t=2,11$, $p<0,05$	$t=-0,08$, $p=0,935$	$t=-0,12$, $p=0,908$	$t=-0,04$, $p=0,969$

Acetato de (Z)-3-hexenila (48-72 h)		CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs Z	C vs ZH	H vs Z	H vs ZH	Z vs ZH
1. Mirceno	$X^2=3,09$, $p=0,376$	-	-	-	-	-	-
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=1,86$, $p=0,599$	-	-	-	-	-	-
3. (E)-Ocimeno	$X^2=4,17$, $p=0,243$	-	-	-	-	-	-
4. (RS)-Linalol	$X^2=7,13$, $p=0,067$	-	-	-	-	-	-
5. DMNT	$X^2=10,99$, $p<0,05$	$t=2,16$, $p<0,05$	$t=0,13$, $p=0,896$	$t=2,08$, $p<0,05$	$t=-2,08$, $p<0,05$	$t=-0,12$, $p=0,903$	$t=-1,99$, $p=0,056$
6. Salicilato de metila	$X^2=2,78$, $p=0,426$	-	-	-	-	-	-
7. Indol	$X^2=7,51$, $p=0,057$	-	-	-	-	-	-
8. Ciclosativeno	$X^2=7,30$, $p=0,062$	-	-	-	-	-	-
9. Acetato de geranila	$X^2=10,14$, $p<0,05$	$t=1,67$, $p=0,106$	$t=-0,89$, $p=0,380$	$t=1,67$, $p=0,106$	$t=-2,39$, $p=0,024$	$t=1,67$, $p=0,999$	$t=2,38$, $p=0,024$

10. Cariofileno	(E)-	$X^2=12,79$, $p<0,01$	$t=1,26$, $p=0,217$	$t=-2,18$, $p<0,05$	$t=0,43$, $p=0,667$	$t=-3,27$, $p<0,01$	$t=-0,84$, $p=0,409$	$t=2,57$, $p<0,05$
11. Geranilacetona		$X^2=4,01$, $p=0,26$	-	-	-	-	-	-
12. farneseno	(E)- β -	$X^2=8,16$, $p<0,05$	$t=-0,63$, $p=0,536$	$t=-2,33$, $p<0,05$	$t=-0,72$, $p=0,478$	$t=-1,95$, $p=0,060$	$t=-0,10$, $p=0,924$	$t=1,89$, $p=0,069$
13. α -Humuleno		$X^2=3,95$, $p=0,266$	-	-	-	-	-	-
14. δ -Cadineno		$X^2=5,29$, $p=0,151$	-	-	-	-	-	-
15. TMTT		$X^2=10,45$, $p<0,05$	$t=2,00$, $p=0,055$	$t=-0,19$, $p=0,853$	$t=2,32$, $p<0,05$	$t=-2,18$, $p=0,740$	$t=0,34$, $p<0,05$	$t=2,5$, $p<0,05$

Compostos	ANODEV	CONTRASTES					
		C vs H	C vs Z	C vs ZH	H vs Z	H vs ZH	Z vs ZH
1. Mirceno	$X^2=13,15$, $p=0,368$	-	-	-	-	-	-
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=4,90$, $p=0,179$	-	-	-	-	-	-
3. (E)-Ocimeno	$X^2=4,76$, $p=0,189$	-	-	-	-	-	-
4. (RS)-Linalol	$X^2=3,92$, $p=0,269$	-	-	-	-	-	-
5. DMNT	$X^2=8,58$, $p<0,05$	$t=0,98$, $p=0,337$	$t=-1,07$, $p=0,296$	$t=1,59$, $p=0,124$	$t=-1,91$, $p=0,068$	$t=0,74$, $p=0,464$	$t=2,37$, $p<0,05$
6. Salicilato de metila	$X^2=0,47$, $p=0,924$	-	-	-	-	-	-
7. Indol	$X^2=11,65$, $p<0,01$	$t=0,93$, $p=0,360$	$t=-0,15$, $p=0,878$	$t=2,53$, $p<0,05$	$t=-1,08$, $p=0,289$	$t=1,86$, $p=0,074$	$t=2,64$, $p<0,05$
8. Ciclosativeno	$X^2=19,84$, $p<0,001$	$t=1,90$, $p=0,068$	$t=-1,60$, $p=0,122$	$t=2,33$, $p<0,05$	$t=-3,42$, $p<0,01$	$t=-0,51$, $p=0,613$	$t=3,79$, $p<0,001$
9. Acetato de geranila	$X^2=8,13$, $p<0,05$	$t=0,19$, $p=0,851$	$t=-1,05$, $p=0,301$	$t=1,66$, $p=0,109$	$t=-1,26$, $p=0,220$	$t=1,56$, $p=0,130$	$t=2,55$, $p<0,05$
10. Cariofileno	(E)- $X^2=19,73$, $p<0,001$	$t=2,56$, $p<0,05$	$t=-1,00$, $p=0,325$	$t=2,31$, $p=0,029$	$t=-3,35$, $p<0,01$	$t=-0,25$, $p=0,805$	$t=3,13$, $p<0,01$
11. Geranilacetona	$X^2=0,71$, $p=0,869$	-	-	-	-	-	-
12. farneseno	(E)- β - $X^2=5,21$, $p=0,156$	-	-	-	-	-	-
13. α -Humuleno	$X^2=3,92$, $p=0,269$	-	-	-	-	-	-
14. δ -Cadineno	$X^2=4,14$, $p=0,246$	-	-	-	-	-	-
15. TMTT	$X^2=9,54$, $p<0,05$	$t=1,30$, $p=0,205$	$t=-1,30$, $p=0,207$	$t=1,38$, $p=0,180$	$t=-2,53$, $p<0,05$	$t=0,12$, $p=0,906$	$t=-2,58$, $p<0,05$

Tabela 8. Compostos voláteis liberados de plantas de milho (média \pm erro padrão) em ng/24h submetidas a diferentes tratamentos. Controle: planta sadia; Herb: herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; Acetato de (E)-2-hexenila: composto doado; Acetato de (E)-2-hexenila + Herb: composto doado + herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus* nos intervalos de 24-48, 48-72 e 72-96 h. Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de variância (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança.

Compostos	24-48 h (ng/24h)	
	Controle	Herb

			Acetato de (<i>E</i>)-2-hexenila	Acetato de (<i>E</i>)-2-hexenila + Herb
1. Mirceno	10,86 ± 2,82 ^a	25,72 ± 8,73 ^a	47,95 ± 40,52 ^a	26,16 ± 9,12 ^a
2. Acetato de (<i>Z</i>)-3-hexenila	16,71 ± 2,63 ^a	48,41 ± 21,13 ^a	13,97 ± 7,10 ^a	7,77 ± 5,04 ^a
3. (<i>E</i>)-Ocimeno	2,18 ± 0,89 ^a	19,50 ± 18,53 ^a	2,35 ± 2,21 ^a	4,26 ± 1,99 ^a
4. (<i>RS</i>)-Linalol	19,45 ± 2,60 ^a	55,05 ± 21,99 ^a	3,44 ± 2,53 ^b	15,16 ± 6,91 ^a
5. DMNT	5,14 ± 1,72 ^a	34,71 ± 7,45 ^{ab}	6,61 ± 4,66 ^{ac}	35,61 ± 8,21 ^{ab}
6. Salicilato de metila	18,71 ± 4,65 ^a	46,41 ± 15,75 ^a	12,22 ± 7,37 ^a	24,04 ± 12,49 ^a
7. Indol	6,14 ± 1,10 ^a	21,14 ± 10,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b
8. Ciclosativeno	28,25 ± 3,06 ^a	85,69 ± 19,79 ^{ab}	29,48 ± 8,75 ^{ac}	79,64 ± 18,56 ^{ab}
9. Acetato de geranila	5,87 ± 3,41 ^a	11,52 ± 3,59 ^a	7,74 ± 3,68 ^a	12,05 ± 3,81 ^a
10. (<i>E</i>)-Cariofileno	6,29 ± 1,43 ^b	58,26 ± 11,45 ^a	0,00 ± 0,00 ^c	0,00 ± 0,00 ^c
11. Geranilacetona	7,17 ± 2,13 ^a	25,09 ± 13,95 ^a	17,71 ± 8,38 ^a	25,22 ± 10,09 ^a
12. (<i>E</i>)- β -farneseno	9,21 ± 2,04 ^b	11,65 ± 2,29 ^b	18,76 ± 8,17 ^b	113,95 ± 69,74 ^a
13. α -Humuleno	6,23 ± 1,46 ^a	18,23 ± 6,43 ^a	7,37 ± 3,56 ^a	16,26 ± 4,51 ^a
14. δ -Cadineno	3,17 ± 0,24 ^b	7,59 ± 1,66 ^a	4,16 ± 1,00 ^{bc}	6,55 ± 1,30 ^{ac}
15. TMTT	2,97 ± 2,28 ^b	22,57 ± 5,27 ^a	0,00 ± 0,00 ^c	11,04 ± 2,09 ^a

48-72 h (ng/24h)

Compostos	Controle	Herb	Acetato de (<i>E</i>)-2-hexenila	Acetato de (<i>E</i>)-2-hexenila + Herb
1. Mirceno	19,92 ± 6,63 ^a	12,40 ± 1,69 ^a	45,76 ± 29,70 ^a	22,78 ± 2,99 ^a
2. Acetato de (<i>Z</i>)-3-hexenila	27,84 ± 12,66 ^a	19,32 ± 3,98 ^a	12,24 ± 9,06 ^a	15,77 ± 4,99 ^a
3. (<i>E</i>)-Ocimeno	7,057 ± 1,92 ^a	14,90 ± 5,92 ^a	8,85 ± 6,47 ^a	6,22 ± 3,35 ^a
4. (<i>RS</i>)-Linalol	20,85 ± 6,14 ^a	24,86 ± 2,90 ^a	18,59 ± 14,00 ^a	49,12 ± 17,07 ^a
5. DMNT	6,91 ± 3,50 ^a	23,99 ± 2,52 ^a	21,35 ± 22,83 ^a	49,06 ± 13,97 ^a
6. Salicilato de metila	32,61 ± 14,22 ^a	41,67 ± 6,65 ^a	53,94 ± 39,83 ^a	72,62 ± 11,19 ^a
7. Indol	13,20 ± 5,95 ^a	9,42 ± 3,72 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b
8. Ciclosativeno	42,17 ± 11,02 ^a	80,72 ± 21,09 ^a	57,28 ± 27,88 ^a	124,10 ± 28,27 ^a
9. Acetato de geranila	4,23 ± 1,27 ^b	9,48 ± 1,74 ^a	13,88 ± 5,83 ^a	14,85 ± 3,36 ^a
10. (<i>E</i>)-Cariofileno	21,35 ± 5,16 ^a	45,49 ± 12,84 ^a	0,38 ± 0,41 ^b	0,00 ± 0,00 ^b
11. Geranilacetona	20,71 ± 5,96 ^a	12,85 ± 4,39 ^a	43,56 ± 22,07 ^a	23,22 ± 9,18 ^a
12. (<i>E</i>)- β -farneseno	18,01 ± 5,11 ^b	8,36 ± 2,14 ^b	43,08 ± 22,02 ^b	102,84 ± 54,38 ^a
13. α -Humuleno	6,19 ± 1,73 ^a	13,13 ± 2,83 ^a	8,60 ± 6,34 ^a	3,01 ± 1,65 ^a
14. δ -Cadineno	10,18 ± 2,68 ^a	6,62 ± 1,40 ^a	7,14 ± 2,23 ^a	9,72 ± 1,99 ^a
15. TMTT	10,15 ± 2,63 ^b	15,26 ± 2,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^c	0,00 ± 0,00 ^c

72-96 h (ng/24h)

Compostos	Controle	Herb	Acetato de (<i>E</i>)-2-hexenila	Acetato de (<i>E</i>)-2-hexenila + Herb
1. Mirceno	17,10 ± 8,00 ^a	10,66 ± 1,65 ^a	15,61 ± 11,06 ^a	15,91 ± 4,94 ^a
2. Acetato de (<i>Z</i>)-3-hexenila	32,19 ± 15,85 ^a	15,69 ± 4,23 ^a	11,09 ± 4,91 ^a	18,67 ± 6,92 ^a
3. (<i>E</i>)-Ocimeno	8,97 ± 1,91 ^a	1,79 ± 1,96 ^a	18,95 ± 18,47 ^a	9,45 ± 6,01 ^a
4. (<i>RS</i>)-Linalol	31,79 ± 10,00 ^a	11,13 ± 5,94 ^a	7,52 ± 6,46 ^a	45,17 ± 27,21 ^a
5. DMNT	9,17 ± 4,35 ^a	13,89 ± 3,11 ^a	3,25 ± 3,48 ^a	38,86 ± 14,54 ^a
6. Salicilato de metila	34,16 ± 15,18 ^a	24,06 ± 5,15 ^a	14,37 ± 4,98 ^a	60,46 ± 23,50 ^a
7. Indol	16,91 ± 8,04 ^a	56,16 ± 28,69 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b
8. Ciclosativeno	31,89 ± 8,68 ^b	76,08 ± 26,65 ^{bc}	25,05 ± 10,38 ^{bd}	115,85 ± 44,98 ^a
9. Acetato de geranila	4,59 ± 1,02 ^a	10,11 ± 2,47 ^a	5,66 ± 3,30 ^a	11,16 ± 2,86 ^a
10. (<i>E</i>)-Cariofileno	10,11 ± 3,01 ^b	34,59 ± 11,56 ^a	0,00 ± 0,00 ^c	0,00 ± 0,00 ^c
11. Geranilacetona	13,68 ± 5,60 ^a	32,06 ± 22,82 ^a	14,36 ± 7,02 ^a	16,18 ± 5,41 ^a

12. (<i>E</i>)- β -farneseno	16,14 \pm 8,09 ^a	13,54 \pm 3,43 ^a	11,23 \pm 5,54 ^a	73,52 \pm 45,16 ^a
13. α -Humuleno	15,23 \pm 4,93 ^a	11,57 \pm 3,75 ^a	8,89 \pm 4,96 ^a	4,43 \pm 2,41 ^a
14. δ -Cadineno	5,20 \pm 0,98 ^a	10,03 \pm 2,44 ^a	2,87 \pm 1,70 ^a	10,31 \pm 3,80 ^a
15. TMTT	10,03 \pm 2,37 ^b	18,14 \pm 6,60 ^a	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c

Valores médios (\pm EPM) calculados a partir de oito amostras para cada período avaliado (24-48, 48-72 e 72-96 h) obtidas na aeração das plantas de milho depois do início do tratamento. Médias seguidas pela mesma letra dentro da linha em cada período avaliado não são estatisticamente diferentes. TMTT ((*E*, *E*)-4,8,12-trimetiltrideca-1,3,7,11-tetraeno), DMNT ((*E*)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno).

Tabela 9. Análise estatística de compostos voláteis liberados de plantas de milho expostas ao acetato de (*E*)-2-hexenila e submetidas a diferentes tratamentos nos intervalos de 24-48, 48-72 e 72-96 h. Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. C: controle; H: herbivoria de *Dichelops melacanthus*; E: acetato de (*E*)-2-hexenila; EH: acetato de (*E*)-2-hexenila + herbivoria de *D. melacanthus*.

Acetato de (<i>E</i>)-2-hexenila (24-48 h)		CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs E	C vs EH	H vs E	H vs EH	E vs EH
1. Mirceno	X ² =2,75, p= 0,431	-	-	-	-	-	-
2. Acetato de (<i>Z</i>)-3-hexenila	X ² =7,64, p= 0,056	-	-	-	-	-	-
3. (<i>E</i>)-Ocimeno	X ² =3,26, p= 0,352	-	-	-	-	-	-
4. (<i>RS</i>)-Linalol	X ² =9,66, p<0,05	t=0,42, p= 0,680	t=-1,94, p= 0,062	t=-0,97, p= 0,341	t=-2,08, p<0,05	t=-1,28, p= 0,210	t=-1,44, p= 0,161
5. DMNT	X ² =10,25, p<0,05	t=1,78, p= 0,086	t=-0,69, p= 0,496	t=1,61, p= 0,119	t=-2,17, p<0,05	t=-0,27, p= 0,788	t=-2,04, p<0,05
6. Salicilato de metila	X ² =5,56, p= 0,134	-	-	-	-	-	-
7. Indol	X ² =38,08, p<0,001	t=1,92, p= 0,066	t=-8,50, p<0,001	t=-8,50, p<0,001	t=-8,50, p<0,001	t=-8,50, p<0,001	t=0,00, p= 1,000
8. Ciclosativeno	X ² =9,53, p<0,05	t=1,48, p= 0,150	t=-1,20, p= 0,239	t=1,38, p= 0,178	t=-2,58, p<0,05	t=-0,14, p= 0,892	t=2,51, p<0,05
9. Acetato de geranila	X ² =3,71, p= 0,294	-	-	-	-	-	-
10. (<i>E</i>)-Cariofileno	X ² =74,51, p<0,001	t=5,88, p<0,001	t=-11,74, P<0,001	t=-11,74, P<0,001	t=-11,74, P<0,001	t=-11,74, P<0,001	t=0,00, p= 1,000
11. Geranilacetona	X ² =1,56, p= 0,668	-	-	-	-	-	-
12. (<i>E</i>)- β -farneseno	X ² =14,59, p<0,01	t=0,75, p= 0,458	t=1,18, p= 0,246	t=3,34, p<0,01	t=0,40, p= 0,692	t=2,55, p<0,05	t=2,29, p<0,05
13. α -Humuleno	X ² =5,53, p= 0,136	-	-	-	-	-	-
14. δ -Cadineno	X ² =9,58, p<0,05	t=2,45, P<0,05	t=0,30, p= 0,768	t=2,09, P<0,05	t=-2,18, P<0,05	t=-0,43, p= 0,673	t=1,81, p= 0,081
15. TMTT	X ² =239,5, p<0,001	t=2,28, p<0,05	t=-2,93, p<0,01	t=2,10, p<0,05	t=-2,93, p<0,01	t=-0,48, p= 0,632	t=2,93, p<0,01

Acetato de (<i>E</i>)-2-hexenila (48-72 h)		CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs E	C vs EH	H vs E	H vs EH	E vs EH

1. Mirceno	$X^2=1,26$, $p= 0,738$	-	-	-	-	-	-
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=4,51$, $p= 0,210$	-	-	-	-	-	-
3. (E)-Ocimeno	$X^2=2,90$, $p= 0,407$	-	-	-	-	-	-
4. (RS)-Linalol	$X^2=6,14$, $p= 0,104$	-	-	-	-	-	-
5. DMNT	$X^2=5,44$, $p= 0,141$	-	-	-	-	-	-
6. Salicilato de metila	$X^2=2,91$, $p= 0,404$	-	-	-	-	-	-
7. Indol	$X^2=184,3$, $p<0,001$	$t=-0,05$, $p= 0,956$	$t =-5,94$, $p<0,001$	$t =-5,94$, $p<0,001$	$t =-5,94$, $p<0,001$	$t =-5,94$, $p<0,001$	$t =0,00$, $p=1,000$
8. Ciclosativeno	$X^2=6,98$, $p= 0,072$	-	-	-	-	-	-
9. Acetato de geranila	$X^2=8,49$, $p<0,05$	$t =2,10$, $p<0,05$	$t =1,91$, $p<0,05$	$t =2,64$, $p<0,05$	$t=-0,21$, 0,835	$p= t =0,66$, 0,516	$p= t =0,86$, $p= 0,395$
10. (E)-Cariofileno	$X^2=120,01$, $p<0,001$	$t =0,31$, $p=0,758$	$t =-1,86$, $p=0,073$	$t =-1,98$, $p=0,057$	$t =-1,88$, $p=0,069$	$t =-1,98$, $p<0,05$	$t =-1,98$, $p<0,05$
11. Geranilacetona	$X^2=1,88$, $p= 0,596$	-	-	-	-	-	-
12. (E)- β -farneseno	$X^2=11,52$, $p<0,01$	$t =-1,28$, $p= 0,211$	$t =0,27$, 0,789	$p= t =1,98$, $p<0,05$	$t =1,54$, 0,135	$p= t =3,09$, $p<0,01$	$t =1,73$, $p= 0,094$
13. α -Humuleno	$X^2=5,05$, $p= 0,167$	-	-	-	-	-	-
14. δ -Cadineno	$X^2=3,02$, $p= 0,388$	-	-	-	-	-	-
15. TMTT	$X^2=201,9$, $p<0,001$	$t =2,66$, $p<0,05$	$t =-19,45$, $p<0,001$	$t =-19,45$, $p<0,001$	$t =-19,45$, $p<0,001$	$t =-19,45$, $p<0,001$	$t =0,00$, $p=1,000$

Acetato de
(E)-2-
hexenila
(72-96 h)

CONTRASTES

Compostos	ANODEV	C vs H	C vs E	C vs EH	H vs E	H vs EH	E vs EH
1. Mirceno	$X^2=2,01$, $p= 0,569$	-	-	-	-	-	-
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=3,44$, $p= 0,328$	-	-	-	-	-	-
3. (E)-Ocimeno	$X^2=3,71$, $p= 0,293$	-	-	-	-	-	-
4. (RS)-Linalol	$X^2=5,44$, $p= 0,142$	-	-	-	-	-	-
5. DMNT	$X^2=6,69$, $p= 0,082$	-	-	-	-	-	-
6. Salicilato de metila	$X^2=2,63$, $p= 0,451$	-	-	-	-	-	-
7. Indol	$X^2=316,4$, $p<0,001$	$t =1,21$, $p= 0,236$	$t =-7,69,4$, $p<0,001$	$t =-7,69,4$, $p<0,001$	$t =-7,69,4$, $p<0,001$	$t =-7,69,4$, $p<0,001$	$t =0,00$, $p=1,000$
8. Ciclosativeno	$X^2=14,60$, $p<0,01$	$t =1,80$, $p= 0,082$	$t =-1,05$, 0,303	$p= t =2,12$, 0,043	$p= t =-2,91$, 0,01	$p< t =0,35$, 0,732	$p= t =-3,22$, $p< 0,01$
9. Acetato de geranila	$X^2=4,17$, $p= 0,243$	-	-	-	-	-	-
10. (E)-Cariofileno	$X^2=107,4$, $p<0,001$	$t =4,82$, $p<0,01$	$t =-14,08$, $p<0,001$	$t =-14,08$, $p<0,001$	$t =-14,08$, $p<0,001$	$t =-14,08$, $p<0,001$	$t =0,00$, $p=1,000$
11. Geranilacetona	$X^2=1,06$, $p= 0,784$	-	-	-	-	-	-

12. farneseno	(E)- β - $X^2=5,84$, $p=0,119$	-	-	-	-	-	-
13. α -Humuleno	$X^2=3,92$, $p=0,269$	-	-	-	-	-	-
14. δ -Cadineno	$X^2=6,28$, $p=0,098$	-	-	-	-	-	-
15. TMTT	$X^2=1571,8$ $p<0,001$	$t =2,68$ $p<0,05$	$t =-17,14$ $p<0,001$	$t =-17,14$ $p<0,001$	$t =-17,14$ $p<0,001$	$t =-17,14$ $p<0,001$	$t =0,00$ $p=1,000$

Tabela 10. Compostos voláteis liberados de plantas de milho (média \pm erro padrão) em ng/24h submetidas a diferentes tratamentos. Controle: planta sadia; Herb: herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; (E)- β -cariofileno: composto doado; (E)- β -cariofileno + Herb: composto doado + herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus* nos intervalos de 24-48, 48-72 e 72-96 h. Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de variância (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança.

24-48 h (ng / 24h)				
Compostos	Controle	Herb	(E)- β -cariofileno	(E)- β -cariofileno + Herb
1. Mirceno	10,86 \pm 2,82 ^a	25,72 \pm 8,73 ^a	28,54 \pm 18,00 ^a	5,19 \pm 3,23 ^a
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	16,71 \pm 2,63 ^a	48,41 \pm 21,13 ^{ab}	27,27 \pm 20,12 ^{ac}	165,98 \pm 74,44 ^{ab}
3. (E)-Ocimeno	2,18 \pm 0,89 ^a	19,50 \pm 18,53 ^a	5,31 \pm 2,84 ^b	17,43 \pm 10,32 ^a
4. (RS)-Linalol	19,45 \pm 2,60 ^a	55,05 \pm 21,99 ^a	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b
5. DMNT	5,14 \pm 1,72 ^a	34,71 \pm 7,45 ^a	1,81 \pm 1,42 ^{ab}	0,00 \pm 0,00 ^c
6. Salicilato de metila	18,71 \pm 4,65 ^a	46,41 \pm 15,75 ^a	73,30 \pm 1,99 ^{ab}	8,87 \pm 6,65 ^{ac}
7. Indol	6,14 \pm 1,10 ^a	21,14 \pm 10,06 ^a	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b
8. Ciclosativeno	28,25 \pm 3,06 ^b	85,69 \pm 19,79 ^a	42,69 \pm 18,50 ^b	223,26 \pm 107,96 ^a
9. Acetato de geranila	5,87 \pm 3,41 ^a	11,52 \pm 3,59 ^a	6,98 \pm 2,78 ^a	35,68 \pm 18,44 ^a
10. (E)-Cariofileno	6,29 \pm 1,43 ^b	58,26 \pm 11,45 ^a	36,74 \pm 14,39 ^a	99,90 \pm 35,95 ^a
11. Geranilacetona	7,17 \pm 2,13 ^a	25,09 \pm 13,95 ^a	3,55 \pm 2,52 ^a	19,06 \pm 10,87 ^a
12. (E)- β -farneseno	9,21 \pm 2,04 ^a	11,65 \pm 2,29 ^a	11,98 \pm 3,40 ^a	27,20 \pm 13,09 ^a
13. α -Humuleno	6,23 \pm 1,46 ^b	18,23 \pm 6,43 ^a	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c
14. δ -Cadineno	3,17 \pm 0,24 ^b	7,59 \pm 1,66 ^a	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c
15. TMTT	2,97 \pm 2,28 ^b	22,57 \pm 5,27 ^a	16,58 \pm 6,44 ^{ab}	46,10 \pm 26,60 ^a
48-72 h (ng / 24h)				
Compostos	Controle	Herb	(E)- β -cariofileno	(E)- β -cariofileno + Herb
1. Mirceno	19,92 \pm 6,63 ^a	12,40 \pm 1,69 ^a	7,26 \pm 3,27 ^a	3,12 \pm 2,88 ^a
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	27,84 \pm 12,66 ^a	19,32 \pm 3,98 ^a	27,92 \pm 17,10 ^a	112,91 \pm 53,34 ^a
3. (E)-Ocimeno	7,057 \pm 1,92 ^a	14,90 \pm 5,92 ^a	7,46 \pm 5,60 ^a	17,52 \pm 7,42 ^a
4. (RS)-Linalol	20,85 \pm 6,14 ^a	24,86 \pm 2,90 ^a	5,95 \pm 4,31 ^b	0,00 \pm 0,00 ^c
5. DMNT	6,91 \pm 3,50 ^b	23,99 \pm 2,52 ^a	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c
6. Salicilato de metila	32,61 \pm 14,22 ^a	41,67 \pm 6,65 ^a	99,32 \pm 50,78 ^a	3,35 \pm 3,62 ^a
7. Indol	13,20 \pm 5,95 ^a	9,42 \pm 3,72 ^a	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b
8. Ciclosativeno	42,17 \pm 11,02 ^a	80,72 \pm 21,09 ^a	39,23 \pm 9,72 ^a	202,25 \pm 127,57 ^a
9. Acetato de geranila	4,23 \pm 1,27 ^b	9,48 \pm 1,74 ^a	11,49 \pm 4,34 ^a	32,03 \pm 12,13 ^a
10. (E)-Cariofileno	21,35 \pm 5,16 ^a	45,49 \pm 12,84 ^a	33,77 \pm 13,90 ^a	131,93 \pm 75,38 ^a

11. Geranilacetona	20,71 ± 5,96 ^a	12,85 ± 4,39 ^a	8,29 ± 4,25 ^a	23,97 ± 11,64 ^a
12. (<i>E</i>)- β -farneseno	18,01 ± 5,11 ^a	8,36 ± 2,14 ^a	14,28 ± 5,02 ^a	23,83 ± 8,56 ^a
13. α -Humuleno	6,19 ± 1,73 ^a	13,13 ± 2,83 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	12,29 ± 2,55 ^a
14. δ -Cadineno	10,18 ± 2,68 ^a	6,62 ± 1,40 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b
15. TMTT	10,15 ± 2,63 ^a	15,26 ± 2,06 ^a	17,11 ± 5,84 ^a	42,17 ± 26,02 ^a

Compostos	72-96 h (ng / 24h)			
	Controle	Herb	(<i>E</i>)- β -cariofileno	(<i>E</i>)- β -cariofileno + Herb
1. Mirceno	17,10 ± 8,00 ^a	10,66 ± 1,65 ^a	7,28 ± 4,13 ^a	18,47 ± 12,30 ^a
2. Acetato de (<i>Z</i>)-3-hexenila	32,19 ± 15,85 ^b	15,69 ± 4,23 ^b	37,31 ± 24,20 ^b	187,54 ± 65,58 ^a
3. (<i>E</i>)-Ocimeno	8,97 ± 1,91 ^a	1,79 ± 1,96 ^a	6,66 ± 4,23 ^a	14,61 ± 8,50 ^a
4. (<i>RS</i>)-Linalol	31,79 ± 10,00 ^a	11,13 ± 5,94 ^b	0,00 ± 0,00 ^c	0,00 ± 0,00 ^c
5. DMNT	9,17 ± 4,35 ^a	13,89 ± 3,11 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b
6. Salicilato de metila	34,16 ± 15,18 ^a	24,06 ± 5,15 ^a	89,31 ± 54,18 ^a	86,90 ± 80,94 ^a
7. Indol	16,91 ± 8,04 ^a	56,16 ± 28,69 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b
8. Ciclosativeno	31,89 ± 8,68 ^b	76,08 ± 26,65 ^a	26,61 ± 7,95 ^b	316,60 ± 130,32 ^a
9. Acetato de geranila	4,59 ± 1,02 ^b	10,11 ± 2,47 ^b	10,70 ± 4,06 ^b	70,42 ± 22,75 ^a
10. (<i>E</i>)-Cariofileno	10,11 ± 3,01 ^c	34,59 ± 11,56 ^b	31,81 ± 12,84 ^b	268,69 ± 122,27 ^a
11. Geranilacetona	13,68 ± 5,60 ^a	32,06 ± 22,82 ^a	22,52 ± 13,79 ^a	26,89 ± 10,26 ^a
12. (<i>E</i>)- β -farneseno	16,14 ± 8,09 ^a	13,54 ± 3,43 ^a	16,02 ± 6,68 ^a	53,11 ± 14,47 ^a
13. α -Humuleno	15,23 ± 4,93 ^a	11,57 ± 3,75 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	24,80 ± 9,53 ^a
14. δ -Cadineno	5,20 ± 0,98 ^a	10,03 ± 2,44 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b
15. TMTT	10,03 ± 2,37 ^b	18,14 ± 6,60 ^b	12,84 ± 3,87 ^b	54,95 ± 17,40 ^a

Valores médios (\pm EPM) calculados a partir de oito amostras para cada período avaliado (24-48, 48-72 e 72-96 h) obtidas na aeração das plantas de milho depois do início do tratamento. Médias seguidas pela mesma letra dentro da linha em cada período avaliado não são estatisticamente diferentes. TMTT ((*E*, *E*) -4,8,12-trimetiltrideca-1,3,7,11-tetraeno), DMNT ((*E*)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno).

Tabela 11. Análise estatística de compostos voláteis liberados de plantas de milho expostas ao (*E*)- β -cariofileno e submetidas a diferentes tratamentos nos intervalos de 24-48, 48-72 e 72-96 h. Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. C: controle; H: herbivoria de *Dichelops melacanthus*; F: (*E*)- β -cariofileno; FH: (*E*)- β -cariofileno + herbivoria de *D. melacanthus*.

Compostos	(24-48 h)	CONTRASTES					
		ANODEV	C vs H	C vs CA	C vs CAH	H vs CA	H vs CAH
1. Mirceno	$X^2=6,51$, $p=0,089$	-	-	-	-	-	-
2. Acetato de (<i>Z</i>)-3-hexenila	$X^2=8,14$, $p<0,05$	$t = 0,73$, $p=0,472$	$t = -1,43$, $p=0,165$	$t = 1,30$, $p=0,206$	$t = -2,03$, $p=0,052$	$t = 0,57$, $p=0,574$	$t = 2,48$, $p<0,05$
3. (<i>E</i>)-Ocimeno	$X^2=177$, $p<0,001$	$t = 1,23$, $p=0,231$	$t = -2,61$, $p<0,05$	$t = -0,40$, $p=0,693$	$t = -2,61$, $p<0,05$	$t = -1,42$, $p=0,166$	$t = 2,61$, $p<0,05$
4. (<i>RS</i>)-Linalol	$X^2=3606$, $p<0,001$	$t = 4,31$, $p<0,001$	$t = -26,55$, $p<0,001$	$t = -24,83$, $p<0,001$	$t = -26,55$, $p<0,001$	$t = -24,83$, $p<0,001$	$t=0,00$, $p=1,000$
5. DMNT	$X^2=169,94$, $p<0,001$	$t = 1,45$, $p=0,158$	$t = 1,55$, $p=0,133$	$t=-2,45$, $p<0,05$	$t=-2,21$, $p<0,05$	$t=-2,45$, $p<0,05$	$t=-2,45$, $p<0,05$
6. Salicilato de metila	$X^2=8,58$, $p<0,05$	$t = 0,49$, $p=0,626$	$t = 0,45$, $p=0,653$	$t = -1,91$, $p=0,067$	$t = -0,05$, $p=0,959$	$t=-2,13$, $p<0,05$	$t=-2,12$, $p<0,05$
7. Indol	$X^2=3443,5$, $p<0,001$	$t = 1,88$, $p=0,071$	$t = -8,34$, $p<0,001$	$t = -7,80$, $p<0,001$	$t = -8,34$, $p<0,001$	$t = -7,80$, $p<0,001$	$t=0,00$, $p=1,000$
8. Ciclosativeno	$X^2=15,84$, $p<0,01$	$t=2,18$, $p<0,05$	$t = -0,17$, $p=0,865$	$t = 3,05$, $p<0,01$	$t=-2,35$, $p<0,05$	$t = 0,87$, $p=0,393$	$t = 3,2$, $p<0,01$

9. Acetato de geranila	$X^2=3,66$, $p=0,300$	-	-	-	-	-	-
10. (E)-Cariofileno	$X^2=22,08$, $p<0,001$	$t=3,87$, $p<0,001$	$t=3,04$, $p<0,01$	$t=3,78$, $p<0,001$	$t=-1,12$, $p=0,271$	$t=-0,12$, $p=0,904$	$t=1,00$, $p=0,326$
11. Geranilacetona	$X^2=5,04$, $p=0,168$	-	-	-	-	-	-
12. (E)- β -farneseno	$X^2=0,25$, $p=0,967$	-	-	-	-	-	-
13. α -Humuleno	$X^2=9274,1$, $p<0,001$	$t=3,61$, $p<0,01$	$t=-13,66$, $p<0,001$	$t=-12,77$, $p<0,001$	$t=13,66$, $p<0,001$	$t=-12,77$, $p<0,001$	$t=0,00$, $p=1,000$
14. δ -Cadineno	$X^2=25624$, $p<0,001$	$t=5,77$, $p<0,001$	$t=-22,94$, $p<0,001$	$t=-21,46$, $p<0,001$	$t=-22,94$, $p<0,001$	$t=-21,46$, $p<0,001$	$t=0,00$, $p=1,000$
15. TMTT	$X^2=9,22$, $p<0,05$	$t=2,09$, $p<0,05$	$t=1,91$, $p=0,067$	$t=2,06$, $p<0,05$	$t=-0,49$, $p=0,631$	$t=-0,09$, $p=0,932$	$t=0,4$, $p=0,693$

(E)- β -Cariofileno	(48-72 h)	CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs CA	C vs CAH	H vs CA	H vs CAH	CA vs CAH
1. Mirceno	$X^2=7,02$, $p=0,071$	-	-	-	-	-	-
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=2,20$, $p=0,531$	-	-	-	-	-	-
3. (E)-Ocimeno	$X^2=3,28$, $p=0,349$	-	-	-	-	-	-
4. (RS)-Linalol	$X^2=171,49$, $p<0,001$	$t=0,38$, $p=0,708$	$t=-1,91$, $p<0,05$	$t=-2,46$, $p<0,05$	$t=-2,08$, $p<0,05$	$t=-2,46$, $p<0,05$	$t=-2,46$, $p<0,05$
5. DMNT	$X^2=1146,4$, $p<0,001$	$t=2,72$, $p<0,05$	$t=-4,95$, $p<0,001$	$X^2=-4,28$, $p<0,001$	$X^2=-4,95$, $p<0,001$	$t=-4,28$, $p<0,001$	$t=0,00$, $p=1,000$
6. Salicilato de metila	$X^2=9,00$, $p=0,055$	$t=0,40$, $p=0,695$	$t=0,43$, $p=0,673$	$t=-1,75$, $p=0,092$	$t=0,03$, $p=0,975$	$t=-1,83$, $p=0,078$	$t=-1,84$, $p=0,077$
7. Indol	$X^2=1506,2$, $p<0,001$	$t=-0,05$, $p=0,958$	$t=-5,72$, $p<0,001$	$X^2=-4,95$, $p<0,001$	$t=-5,72$, $p<0,001$	$t=-4,95$, $p<0,001$	$t=0,00$, $p=1,000$
8. Ciclosativeno	$X^2=6,11$, $p=0,106$	-	-	-	-	-	-
9. Acetato de geranila	$X^2=11,94$, $p<0,01$	$t=2,31$, $p<0,05$	$t=2,26$, $p<0,05$	$t=3,17$, $p<0,01$	$t=-0,05$, $p=0,959$	$t=1,12$, $p=0,271$	$t=1,17$, $p=0,252$
10. (E)-Cariofileno	$X^2=7,58$, $p=0,055$	-	-	-	-	-	-
11. Geranilacetona	$X^2=3,80$, $p=0,282$	-	-	-	-	-	-
12. (E)- β -farneseno	$X^2=4,38$, $p=0,222$	-	-	-	-	-	-
13. α -Humuleno	$X^2=180,77$, $p<0,001$	$t=0,48$, $p=0,637$	$t=-2,55$, $p<0,05$	$t=-1,86$, $p=0,074$	$t=-2,55$, $p<0,05$	$t=-1,95$, $p=0,062$	$t=2,55$, $p<0,05$
14. δ -Cadineno	$X^2=11123$, $p<0,001$	$t=-1,65$, $p=0,110$	$X^2=-15,51$, $p<0,001$	$t=-13,43$, $p<0,001$	$t=-15,51$, $p<0,001$	$t=-13,43$, $p<0,001$	$t=0,00$, $p=1,000$
15. TMTT	$X^2=1,30$, $p=0,727$	-	-	-	-	-	-

(E)- β -Cariofileno	(72-96 h)	CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs CA	C vs CAH	H vs CA	H vs CAH	CA vs CAH
1. Mirceno	$X^2=2,09$, $p=0,553$	-	-	-	-	-	-
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=10,04$, $p<0,05$	$t=-0,52$, $p=0,608$	$t=-1,64$, $p=0,113$	$t=2,18$, $p<0,05$	$t=-0,52$, $p=0,608$	$t=2,18$, $p<0,05$	$t=2,18$, $p<0,05$

3. (E)-Ocimeno	$X^2=4,48,$ $p=0,213$	-	-	-	-	-	-
4. (RS)-Linalol	$X^2=1983,4,$ $p<0,001$	$t=-1,79,$ $p=0,085$	$t=-6,27,$ $p<0,001$	$t=-5,87,$ $p<0,001$	$t=-6,27,$ $p<0,001$	$t=-5,87,$ $p<0,001$	$t=0,00,$ $p=1,000$
5. DMNT	$X^2=2116,1,$ $p<0,001$	$t=1,47,$ $p=0,154$	$t=6,54,$ $p<0,001$	$t=-6,12,$ $p<0,001$	$t=6,54,$ $p<0,001$	$t=-6,12,$ $p<0,001$	$t=0,00,$ $p=1,000$
6. Salicilato de metila	$X^2=2,70,$ $p=0,439$	-	-	-	-	-	-
7. Indol	$X^2=2865,7,$ $p<0,001$	$t=1,19,$ $p=0,245$	$t=-7,55,$ $p<0,001$	$t=-7,06,$ $p<0,001$	$t=-7,55,$ $p<0,001$	$t=-7,06,$ $p<0,001$	$t=0,00,$ $p=1,000$
8. Ciclosativeno	$X^2=25,78,$ $p<0,001$	$t=2,02,$ $p=0,053$	$t=-0,52,$ $p=0,607$	$t=3,71,$ $p<0,01$	$t=-2,62,$ $p<0,05$	$t=1,94,$ $p=0,063$	$X^2=4,35,$ $p<0,001$
9. Acetato de geranila	$X^2=22,51,$ $p<0,001$	$t=0,21,$ $p=0,832$	$t=1,45,$ $p=0,159$	$t=3,49,$ $p<0,01$	$t=1,30,$ $p=0,203$	$t=3,54,$ $p<0,01$	$t=2,53,$ $p<0,05$
10. (E)-Cariofileno	$X^2=30,11,$ $p<0,001$	$t=3,32,$ $p<0,01$	$t=2,04,$ $p=0,051$	$t=4,68,$ $p<0,001$	$t=-1,51,$ $p=0,144$	$t=1,90,$ $p=0,068$	$X^2=3,26,$ $p<0,01$
11. Geranilacetona	$X^2=0,32,$ $p=0,955$	-	-	-	-	-	-
12. (E)- β -farneseno	$X^2=5,29,$ $p=0,955$	-	-	-	-	-	-
13. α -Humuleno	$X^2=390,88,$ $p<0,001$	$t=-0,99,$ $p=0,333$	$t=-3,82,$ $p<0,001$	$t=-1,21,$ $p=0,236$	$t=-3,82,$ $p<0,001$	$t=-0,31,$ $p=0,757$	$t=3,82,$ $p<0,001$
14. δ -Cadineno	$X^2=2964,6,$ $p<0,001$	$t=-0,07,$ $p=0,944$	$t=-7,80,$ $p<0,001$	$t=-7,30,$ $p<0,001$	$t=-7,80,$ $p<0,001$	$t=-7,30,$ $p<0,001$	$t=0,00,$ $p=1,000$
15. TMTT	$X^2=10,79,$ $p<0,05$	$t=1,35,$ $p=0,189$	$t=-0,05,$ $p=0,958$	$t=2,50,$ $p<0,05$	$t=-1,46,$ $p=0,159$	$t=1,32,$ $p=0,198$	$t=2,67,$ $p<0,05$

Tabela 12. Compostos voláteis liberados de plantas de milho (média \pm erro padrão) em ng/24h submetidas a diferentes tratamentos. Controle: planta sadia; Herb: herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; (E)- β -farneseno: composto doado; (E)- β -farneseno + Herb: composto doado + herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus* nos intervalos de 24-48, 48-72 e 72-96 h. Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de variância (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança.

24-48 h (ng / 24h)				
Compostos	Controle	Herb	(E)- β -farneseno	(E)- β -farneseno + Herb
1. Mirceno	10,86 \pm 2,82 ^a	25,72 \pm 8,73 ^{ab}	7,39 \pm 1,98 ^a	2,54 \pm 1,82 ^{ac}
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	16,71 \pm 2,63 ^a	48,41 \pm 21,13 ^a	16,09 \pm 3,49 ^a	12,47 \pm 1,36 ^a
3. (E)-Ocimeno	2,18 \pm 0,89 ^a	19,50 \pm 18,53 ^a	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b
4. (RS)-Linalol	19,45 \pm 2,60 ^a	55,05 \pm 21,99 ^a	12,16 \pm 4,52 ^b	12,30 \pm 2,22 ^b
5. DMNT	5,14 \pm 1,72 ^b	34,71 \pm 7,45 ^a	4,45 \pm 2,11 ^b	13,16 \pm 2,70 ^{ab}
6. Salicilato de metila	18,71 \pm 4,65 ^a	46,41 \pm 15,75 ^a	21,99 \pm 5,13 ^a	32,84 \pm 13,23 ^a
7. Indol	6,14 \pm 1,10 ^a	21,14 \pm 10,06 ^a	8,90 \pm 1,54 ^a	31,52 \pm 18,51 ^a
8. Ciclosativeno	28,25 \pm 3,06 ^b	85,69 \pm 19,79 ^a	49,44 \pm 10,92 ^b	40,91 \pm 6,84 ^b
9. Acetato de geranila	5,87 \pm 3,41 ^a	11,52 \pm 3,59 ^a	2,75 \pm 0,65 ^a	6,31 \pm 0,57 ^a
10. (E)-Cariofileno	6,29 \pm 1,43 ^b	58,26 \pm 11,45 ^a	4,61 \pm 2,13 ^b	17,34 \pm 3,94 ^{ab}
11. Geranilacetona	7,17 \pm 2,13 ^a	25,09 \pm 13,95 ^a	8,95 \pm 2,74 ^a	8,83 \pm 2,50 ^a
12. (E)- β -farneseno	9,21 \pm 2,04 ^a	11,65 \pm 2,29 ^a	13,36 \pm 4,13 ^a	8,99 \pm 2,68 ^a
13. α -Humuleno	6,23 \pm 1,46 ^b	18,23 \pm 6,43 ^a	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b
14. δ -Cadineno	3,17 \pm 0,24 ^b	7,59 \pm 1,66 ^a	5,58 \pm 1,06 ^a	5,81 \pm 0,80 ^a
15. TMTT	2,97 \pm 2,28 ^a	22,57 \pm 5,27 ^a	2,25 \pm 1,21 ^a	8,15 \pm 1,80 ^a

48-72 h (ng / 24h)

Compostos	Controle	Herb	(E)- β -farneseno	(E)- β -farneseno + Herb
1. Mirceno	19,92 \pm 6,63 ^a	12,40 \pm 1,69 ^a	0,00 \pm 0,00 ^b	8,41 \pm 3,33 ^a
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	27,84 \pm 12,66 ^a	19,32 \pm 3,98 ^a	8,10 \pm 3,28 ^a	13,71 \pm 2,37 ^a
3. (E)-Ocimeno	7,057 \pm 1,92 ^a	14,90 \pm 5,92 ^a	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b
4. (RS)-Linalol	20,85 \pm 6,14 ^a	24,86 \pm 2,90 ^a	4,01 \pm 3,19 ^b	23,29 \pm 6,16 ^a
5. DMNT	6,91 \pm 3,50 ^a	23,99 \pm 2,52 ^a	4,02 \pm 2,02 ^a	40,06 \pm 11,85 ^a
6. Salicilato de metila	32,61 \pm 14,22 ^a	41,67 \pm 6,65 ^a	12,80 \pm 3,34 ^a	50,71 \pm 21,45 ^a
7. Indol	13,20 \pm 5,95 ^a	9,42 \pm 3,72 ^a	8,29 \pm 2,80 ^a	56,21 \pm 35,12 ^a
8. Ciclosativeno	42,17 \pm 11,02 ^a	80,72 \pm 21,09 ^{ab}	30,55 \pm 10,26 ^{ac}	110,53 \pm 40,36 ^{ab}
9. Acetato de geranila	4,23 \pm 1,27 ^a	9,48 \pm 1,74 ^{ab}	2,071 \pm 1,12 ^{ac}	14,11 \pm 5,09 ^{ab}
10. (E)-Cariofileno	21,35 \pm 5,16 ^a	45,49 \pm 12,84 ^a	3,11 \pm 1,70 ^b	51,98 \pm 19,35 ^a
11. Geranilacetona	20,71 \pm 5,96 ^a	12,85 \pm 4,39 ^a	18,61 \pm 10,04 ^a	8,11 \pm 1,90 ^a
12. (E)- β -farneseno	18,01 \pm 5,11 ^a	8,36 \pm 2,14 ^a	18,21 \pm 7,48 ^a	13,63 \pm 5,75 ^a
13. α -Humuleno	6,19 \pm 1,73 ^a	13,13 \pm 2,83 ^a	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b
14. δ -Cadineno	10,18 \pm 2,68 ^a	6,62 \pm 1,40 ^a	2,76 \pm 1,42 ^b	10,37 \pm 4,35 ^a
15. TMTT	10,15 \pm 2,63 ^a	15,26 \pm 2,06 ^a	0,00 \pm 0,00 ^b	16,68 \pm 4,57 ^a

72-96 h (ng / 24h)

Compostos	Controle	Herb	(E)- β -farneseno	(E)- β -farneseno + Herb
1. Mirceno	17,10 \pm 8,00 ^a	10,66 \pm 1,65 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	6,53 \pm 2,74 ^a
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	32,19 \pm 15,85 ^a	15,69 \pm 4,23 ^a	6,00 \pm 1,86 ^a	10,94 \pm 2,29 ^a
3. (E)-Ocimeno	8,97 \pm 1,91 ^a	1,79 \pm 1,96 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	1,71 \pm 1,23 ^a
4. (RS)-Linalol	31,79 \pm 10,00 ^a	11,13 \pm 5,94 ^a	6,98 \pm 1,49 ^a	19,85 \pm 4,63 ^a
5. DMNT	9,17 \pm 4,35 ^a	13,89 \pm 3,11 ^a	0,71 \pm 0,76 ^a	22,91 \pm 7,25 ^a
6. Salicilato de metila	34,16 \pm 15,18 ^a	24,06 \pm 5,15 ^a	10,94 \pm 1,79 ^a	43,32 \pm 10,94 ^a
7. Indol	16,91 \pm 8,04 ^a	56,16 \pm 28,69 ^{ab}	4,62 \pm 1,67 ^{ac}	11,08 \pm 2,40 ^a
8. Ciclosativeno	31,89 \pm 8,68 ^a	76,08 \pm 26,65 ^{ab}	19,96 \pm 5,32 ^{ac}	75,41 \pm 30,59 ^{ab}
9. Acetato de geranila	4,59 \pm 1,02 ^a	10,11 \pm 2,47 ^a	0,80 \pm 0,55 ^b	11,77 \pm 5,23 ^a
10. (E)-Cariofileno	10,11 \pm 3,01 ^b	34,59 \pm 11,56 ^a	0,00 \pm 0,00 ^c	34,78 \pm 15,13 ^a
11. Geranilacetona	13,68 \pm 5,60 ^a	32,06 \pm 22,82 ^a	3,23 \pm 1,62 ^a	7,34 \pm 2,79 ^a
12. (E)- β -farneseno	16,14 \pm 8,09 ^a	13,54 \pm 3,43 ^a	4,79 \pm 1,05 ^a	7,01 \pm 2,80 ^a
13. α -Humuleno	15,23 \pm 4,93 ^a	11,57 \pm 3,75 ^a	0,00 \pm 0,00 ^c	4,89 \pm 2,83 ^{ab}
14. δ -Cadineno	5,20 \pm 0,98 ^a	10,03 \pm 2,44 ^a	1,78 \pm 0,74 ^a	6,43 \pm 3,03 ^a
15. TMTT	10,03 \pm 2,37 ^a	18,14 \pm 6,60 ^a	0,73 \pm 0,79 ^a	12,95 \pm 3,92 ^a

Valores médios (\pm EPM) calculados a partir de oito amostras para cada período avaliado (24-48, 48-72 e 72-96 h) obtidas na aeração das plantas de milho depois do início do tratamento. Médias seguidas pela mesma letra dentro da linha em cada período avaliado não são estatisticamente diferentes. TMTT ((E)-4,8,12-trimetiltrideca-1,3,7,11-tetraeno), DMNT ((E)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno).

Tabela 13. Análise estatística de compostos voláteis liberados de plantas de milho expostas ao (E)- β -Farneseno e submetidas a diferentes tratamentos nos intervalos de 24-48, 48-72 e 72-96 h. Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. C: controle; H: herbivoria de *Dichelops melacanthus*; F: (E)- β -Farneseno; FH: (E)- β -Farneseno + herbivoria de *D. melacanthus*.

(E)- β -Farneseno	(24-48 h)	CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs F	C vs IF	H vs F	H vs FH	F vs FH

1. Mirceno	$X^2=8,66$, $p<0,05$	$t=0,76$, 0,455	$p=$ 0,597	$t=-0,53$, 0,071	$p=$ 0,228	$t=-1,88$, 0,228	$p=$ 0,228	$t=-1,23$, 0,228	$p=$ 0,228	$t=-2,19$, $p<0,05$	$t=-1,6$, 0,122	$p=$ 0,122
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=6,33$, $p=0,096$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. (E)-Ocimeno	$X^2=690,08$, $p<0,001$	$t=1,84$, 0,077	$p=$ $p<0,001$	$t=-3,93$, $p<0,001$	$t=-3,40$, $p<0,01$	$t=-3,93$, $p<0,001$	$t=-3,93$, $p<0,001$	$t=-3,40$, $p<0,01$	$t=-3,40$, $p<0,01$	$t=0,00$, $p=1,000$	$t=0,00$, $p=1,000$	$t=0,00$, $p=1,000$
4. (RS)-Linalol	$X^2=11,05$, $p<0,05$	$t=1,22$, 0,235	$p=$ $p=0,054$	$t=-2,02$, $p=0,054$	$t=-0,79$, $p=0,436$	$t=-3,05$, $p<0,01$	$t=-3,05$, $p<0,01$	$t=-1,83$, $p=0,079$	$t=-1,83$, $p=0,079$	$t=1,13$, $p=0,270$	$t=1,13$, $p=0,270$	$t=1,13$, $p=0,270$
5. DMNT	$X^2=11,35$, $p<0,01$	$t=2,11$, $p<0,05$	$p=$ 0,560	$t=-0,59$, 0,560	$p=$ 0,130	$t=1,56$, $p<0,05$	$p=$ $p<0,05$	$t=-2,46$, 0,527	$t=-2,46$, 0,527	$t=-0,64$, $p=$	$t=2,00$, $p<0,05$	$t=2,00$, $p<0,05$
6. Salicilato de metila	$X^2=4,09$, $p=0,251$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7. Indol	$X^2=2,26$, $p=0,251$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8. Ciclosativeno	$X^2=16,22$, $p<0,05$	$t=3,92$, $p<0,001$	$p=$ 0,067	$t=1,91$, 0,067	$p=$ 0,250	$t=1,18$, $p<0,05$	$p=$ $p<0,05$	$t=-2,09$, $p<0,05$	$t=-2,09$, $p<0,05$	$t=-2,49$, $p<0,05$	$t=-0,6$, 0,555	$t=-0,6$, 0,555
9. Acetato de geranila	$X^2=7,76$, $p=0,051$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10. (E)- Cariofileno	$X^2=16,40$, $p<0,001$	$t=2,24$, $p<0,05$	$p=$ 0,184	$t=-1,36$, 0,184	$p=$ 0,176	$t=1,39$, $p<0,01$	$p=$ $p<0,01$	$t=-3,06$, 0,379	$t=-3,06$, 0,379	$t=-0,89$, $p=$	$t=2,47$, $p<0,05$	$t=2,47$, $p<0,05$
11. Geranilacetona	$X^2=2,25$, $p=0,520$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12. (E)- β - farneseno	$X^2=1,04$, $p=0,790$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13. α -Humuleno	$X^2=8336,8$, $p<0,001$	$t=3,54$, $p<0,01$	$p=$ $p<0,001$	$t=-13,39$, $p<0,001$	$t=-11,60$, $p<0,001$	$t=-13,39$, $p<0,001$	$t=-13,39$, $p<0,001$	$t=-11,60$, $p<0,001$	$t=-11,60$, $p<0,001$	$t=0,00$, $p=1,000$	$t=0,00$, $p=1,000$	$t=0,00$, $p=1,000$
14. δ -Cadineno	$X^2=14,17$, $p<0,01$	$t=3,61$, $p<0,01$	$p=$ $p<0,05$	$t=2,41$, $p<0,05$	$t=2,48$, $p<0,05$	$t=-1,32$, 0,198	$t=-1,32$, 0,198	$p=$ 0,321	$t=-1,01$, 0,321	$p=$ $p=0,830$	$t=0,22$, $p=0,830$	$t=0,22$, $p=0,830$
15. TMTT	$X^2=8,10$, $p=0,077$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(E)- β -Farneseno (48-72 h)

CONTRASTES

Compostos	ANODEV	C vs H	C vs F	C vs IF	H vs F	H vs FH	F vs FH
1. Mirceno	$X^2=621,39$, $p<0,001$	$t=-0,11$, $p=0,913$	$t=-4,78$, $p<0,001$	$t=-1,79$, $p=0,085$	$t=-4,78$, $p<0,001$	$t=-1,69$, $p=0,102$	$t=4,78$, $p<0,001$
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=4,31$, $p=0,229$	-	-	-	-	-	-
3. (E)-Ocimeno	$X^2=2010,9$, $p<0,001$	$t=1,28$, $p=0,211$	$t=-5,72$, $p<0,001$	$t=-6,60$, $p<0,001$	$t=-5,72$, $p<0,001$	$t=-6,60$, $p<0,001$	$t=0,00$, $p=1,000$
4. (RS)-Linalol	$X^2=10,93$, $p<0,05$	$t=0,50$, $p=0,619$	$t=-2,18$, $p<0,05$	$t=0,30$, $p=0,765$	$t=-2,38$, $p<0,05$	$t=-0,20$, $p=0,839$	$t=2,3$, $p<0,05$
5. DMNT	$X^2=7,95$, $p<0,05$	$t=1,88$, $p=0,072$	$t=-0,37$, $p=0,717$	$t=1,47$, $p=0,166$	$t=-1,86$, $p=0,074$	$t=-0,62$, $p=0,540$	
6. Salicilato de metila	$X^2=6,18$, $p=0,103$	-	-	-	-	-	-
7. Indol	$X^2=5,95$, $p=0,113$	-	-	-	-	-	-
8. Ciclosativeno	$X^2=8,76$, $p<0,05$	$t=1,52$, $p=0,141$	$t=-0,83$, $p=0,413$	$t=1,84$, $p=0,076$	$t=-2,18$, $p<0,05$	$t=0,33$, $p=0,742$	$t=2,46$, $p<0,05$
9. Acetato de geranila	$X^2=12,51$, $p<0,01$	$t=1,52$, $p=0,140$	$t=-1,45$, $p=0,157$	$t=1,74$, $p=0,094$	$t=-2,42$, $p<0,05$	$t=0,26$, $p=0,799$	$t=2,53$, $p<0,05$
10. (E)- Cariofileno	$X^2=19,41$, $p<0,01$	$t=0,81$, $p=0,426$	$t=-2,84$, $p<0,01$	$t=0,71$, $p=0,486$	$t=-3,17$, $p<0,01$	$t=-0,10$, $p=0,917$	$t=3,14$, $p<0,01$
11. Geranilacetona	$X^2=2,12$, $p=0,546$	-	-	-	-	-	-
12. (E)- β - farneseno	$X^2=1,65$, $p=0,647$	-	-	-	-	-	-

13. α -Humuleno	$X^2=4697,7$, $p<0,001$	$t =1,88$, $p=0,070$	$t =-8,73$, $p<0,001$	$t =-10,08$, $p<0,001$	$t =-8,73$, $p<0,001$	$t =-10,08$, $p<0,001$	$t =0,00$, $p=1,000$
14. δ -Cadineno	$X^2=8,91$, $p<0,05$	$t =-0,54$, $p=0,594$	$t =-2,43$, $p<0,05$	$t =-0,27$, $p=0,786$	$t =-2,11$, $p<0,05$	$t =0,27$, $p=0,791$	$t =2,28$, $p<0,05$
15. TMTT	$X^2=1982,9$, $p<0,001$	$t =1,35$, $p=0,189$	$t =-8,53$, $p<0,001$	$t =0,34$, $p=0,740$	$t =-8,53$, $p<0,001$	$t =-1,02$, $p=0,317$	$t =8,53$, $p<0,001$

(E)- β -Farneseno (72-96 h)		CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs F	C vs IF	H vs F	H vs FH	F vs FH
1. Mirceno	$X^2=501,22$, $p<0,001$	$t =-0,85$, $p=0,401$	$t =-4,33$, $p<0,001$	$t =-1,50$, $p=0,146$	$t =-4,33$, $p<0,001$	$t =-0,71$, $p=0,485$	$t =4,33$, $p<0,001$
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=5,59$, $p=0,133$	-	-	-	-	-	-
3. (E)-Ocimeno	$X^2=61,10$, $p<0,001$	$t =-1,34$, $p=0,1909$	$t =-1,49$, $p=0,147$	$t =-1,16$, $p=0,255$	$t =-1,49$, $p=0,147$	$t =0,54$, $p=0,591$	$t =1,49$, $p=0,147$
4. (RS)-Linalol	$X^2=5,55$, $p=0,135$	-	-	-	-	-	-
5. DMNT	$X^2=10,02$, $p<0,05$	$t =0,47$, $p=0,642$	$t =-1,66$, $p=0,109$	$t =0,68$, $p=0,501$	$t =-1,75$, $p=0,092$	$t =0,25$, $p=0,805$	$t =1,78$, $p=0,086$
6. Salicilato de metila	$X^2=7,08$, $p=0,069$	-	-	-	-	-	-
7. Indol	$X^2=8,52$, $p<0,05$	$t =0,86$, $p=0,396$	$t =-1,79$, $p=0,084$	$t =0,56$, $p=0,581$	$t =-2,49$, $p<0,05$	$t =-0,33$, $p=0,747$	$t =2,26$, $p<0,05$
8. Ciclosativeno	$X^2=11,30$, $p<0,05$	$t =1,94$, $p=0,063$	$t =-1,08$, $p=0,291$	$t =1,35$, $p=0,187$	$t =-2,97$, $p<0,01$	$t =-0,63$, $p=0,537$	$t =2,42$, $p=0,023$
9. Acetato de geranila	$X^2=12,26$, $p<0,01$	$t =0,10$, $P=0,925$	$t =-2,16$, $p<0,05$	$t =0,61$, $P=0,548$	$t =-2,20$, $p<0,05$	$t =0,54$, $P=0,593$	$t =2,36$, $p<0,05$
10. (E)-Cariofileno	$X^2=265,10$, $p<0,001$	$t =3,58$, $p<0,01$	$t =-9,77$, $p<0,001$	$t =2,32$, $p<0,05$	$t =-9,77$, $p<0,001$	$t =-1,50$, $P=0,146$	$t =9,77$, $p<0,001$
11. Geranilacetona	$X^2=3,64$, $p=0,301$	-	-	-	-	-	-
12. (E)- β -farneseno	$X^2=2,71$, $p=0,437$	-	-	-	-	-	-
13. α -Humuleno	$X^2=280,73$, $p<0,001$	$t =-0,89$, $p=0,437$	$t =-3,23$, $p<0,01$	$t =-2,00$, $p=0,056$	$t =-3,23$, $p<0,01$	$t =-1,36$, $p=0,186$	$t =3,23$, $p<0,01$
14. δ -Cadineno	$X^2=5,32$, $p=0,149$	-	-	-	-	-	-
15. TMTT	$X^2=10,87$, $p<0,05$	$t =0,34$, $p=0,734$	$t =-1,81$, $p=0,082$	$t =0,08$, $p=0,937$	$t =-1,86$, $p=0,074$	$t =-0,28$, $p=0,783$	$t =1,82$, $p=0,08$

Tabela 14. Compostos voláteis liberados de plantas de milho (média \pm erro padrão) em ng/24h submetidas a diferentes tratamentos. Controle: planta sadia; Herb: herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; TMTT: composto doado; TMTT + Herb: composto doado + herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus* nos intervalos de 24-48, 48-72 e 72-96 h. Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de variância (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança.

24-48 h (ng/24h)				
Compostos	Controle	Herb	TMTT	TMTT + Herb
1. Mirceno	10,86 \pm 2,82 ^a	25,72 \pm 8,73 ^a	0,00 \pm 0,00 ^b	15,35 \pm 6,94 ^a
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	16,71 \pm 2,63 ^a	48,41 \pm 21,13 ^a	102,67 \pm 47,94 ^a	85,05 \pm 36,76 ^a
3. (E)-Ocimeno	2,18 \pm 0,89 ^a	19,50 \pm 18,53 ^a	5,48 \pm 3,83 ^a	25,02 \pm 12,15 ^a

4. (RS)-Linalol	19,45 ± 2,60 ^b	55,05 ± 21,99 ^a	0,00 ± 0,00 ^c	0,00 ± 0,00 ^c
5. DMNT	5,14 ± 1,72 ^b	34,71 ± 7,45 ^a	0,00 ± 0,00 ^c	0,00 ± 0,00 ^c
6. Salicilato de metila	18,71 ± 4,65 ^b	46,41 ± 15,75 ^a	0,00 ± 0,00 ^c	0,00 ± 0,00 ^c
7. Indol	6,14 ± 1,10 ^a	21,14 ± 10,06 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b
8. Ciclosativeno	28,25 ± 3,06 ^b	85,69 ± 19,79 ^a	160,58 ± 109,18 ^a	150,30 ± 33,55 ^a
9. Acetato de geranila	5,87 ± 3,41 ^a	11,52 ± 3,59 ^a	18,59 ± 9,36 ^a	20,68 ± 7,06 ^a
10. (E)-Cariofileno	6,29 ± 1,43 ^b	58,26 ± 11,45 ^a	71,36 ± 39,74 ^{ab}	93,37 ± 29,53 ^a
11. Geranilacetona	7,17 ± 2,13 ^a	25,09 ± 13,95 ^a	10,61 ± 7,59 ^a	18,37 ± 6,91 ^a
12. (E)-β-farneseno	9,21 ± 2,04 ^a	11,65 ± 2,29 ^a	6,06 ± 4,40 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^c
13. α-Humuleno	6,23 ± 1,46 ^b	18,23 ± 6,43 ^a	0,00 ± 0,00 ^c	0,00 ± 0,00 ^c
14. δ-Cadineno	3,17 ± 0,24 ^a	7,59 ± 1,66 ^a	1,82 ± 1,39 ^a	3,93 ± 2,90 ^a
15. TMTT	2,97 ± 2,28 ^b	22,57 ± 5,27 ^b	466,47 ± 151,31 ^a	401,54 ± 124,63 ^a

48-72 h (ng / 24h)

Compostos	Controle	Herb	TMTT	TMTT + Herb
1. Mirceno	19,92 ± 6,63 ^a	12,40 ± 1,69 ^a	5,13 ± 2,73 ^a	28,29 ± 19,77 ^a
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	27,84 ± 12,66 ^a	19,32 ± 3,98 ^a	90,25 ± 51,55 ^a	65,76 ± 37,85 ^a
3. (E)-Ocimeno	7,057 ± 1,92 ^a	14,90 ± 5,92 ^a	4,74 ± 3,34 ^a	11,30 ± 8,72 ^a
4. (RS)-Linalol	20,85 ± 6,14 ^a	24,86 ± 2,90 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b
5. DMNT	6,91 ± 3,50 ^b	23,99 ± 2,52 ^a	0,00 ± 0,00 ^c	0,00 ± 0,00 ^c
6. Salicilato de metila	32,61 ± 14,22 ^a	41,67 ± 6,65 ^a	12,32 ± 6,38 ^{ab}	0,00 ± 0,00 ^c
7. Indol	13,20 ± 5,95 ^a	9,42 ± 3,72 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b
8. Ciclosativeno	42,17 ± 11,02 ^a	80,72 ± 21,09 ^a	61,87 ± 9,53 ^a	147,23 ± 49,38 ^a
9. Acetato de geranila	4,23 ± 1,27 ^a	9,48 ± 1,74 ^a	11,52 ± 4,98 ^a	0,00 ± 0,00 ^b
10. (E)-Cariofileno	21,35 ± 5,16 ^a	45,49 ± 12,84 ^a	38,90 ± 15,99 ^a	85,14 ± 30,59 ^a
11. Geranilacetona	20,71 ± 5,96 ^a	12,85 ± 4,39 ^a	14,05 ± 5,72 ^a	9,85 ± 5,96 ^a
12. (E)-β-farneseno	18,01 ± 5,11 ^a	8,36 ± 2,14 ^a	15,44 ± 8,33 ^a	0,00 ± 0,00 ^b
13. α-Humuleno	6,19 ± 1,73 ^a	13,13 ± 2,83 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b
14. δ-Cadineno	10,18 ± 2,68 ^a	6,62 ± 1,40 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b
15. TMTT	10,15 ± 2,63 ^b	15,26 ± 2,06 ^b	213,56 ± 78,78 ^a	152,14 ± 79,11 ^a

72-96 h (ng / 24h)

Compostos	Controle	Herb	TMTT	TMTT + Herb
1. Mirceno	17,10 ± 8,00 ^a	10,66 ± 1,65 ^a	15,04 ± 15,00 ^a	40,30 ± 20,84 ^a
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	32,19 ± 15,85 ^a	15,69 ± 4,23 ^a	54,17 ± 35,91 ^a	38,95 ± 27,52 ^a
3. (E)-Ocimeno	8,97 ± 1,91 ^a	1,79 ± 1,96 ^a	5,06 ± 2,70 ^a	5,64 ± 3,56 ^a
4. (RS)-Linalol	31,79 ± 10,00 ^a	11,13 ± 5,94 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b
5. DMNT	9,17 ± 4,35 ^a	13,89 ± 3,11 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b
6. Salicilato de metila	34,16 ± 15,18 ^a	24,06 ± 5,15 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b
7. Indol	16,91 ± 8,04 ^a	56,16 ± 28,69 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b
8. Ciclosativeno	31,89 ± 8,68 ^c	76,08 ± 26,65 ^b	48,69 ± 11,03 ^{bc}	299,18 ± 138,77 ^a
9. Acetato de geranila	4,59 ± 1,02 ^a	10,11 ± 2,47 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b
10. (E)-Cariofileno	10,11 ± 3,01 ^b	34,59 ± 11,56 ^a	15,82 ± 4,81 ^b	48,82 ± 16,38 ^{ab}
11. Geranilacetona	13,68 ± 5,60 ^a	32,06 ± 22,82 ^a	11,11 ± 4,55 ^a	24,23 ± 13,96 ^a
12. (E)-β-farneseno	16,14 ± 8,09 ^a	13,54 ± 3,43 ^a	9,77 ± 4,57 ^a	23,80 ± 9,71 ^a
13. α-Humuleno	15,23 ± 4,93 ^a	11,57 ± 3,75 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b
14. δ-Cadineno	5,20 ± 0,98 ^a	10,03 ± 2,44 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,00 ± 0,00 ^b
15. TMTT	10,03 ± 2,37 ^a	18,14 ± 6,60 ^a	66,06 ± 39,76 ^a	69,53 ± 29,34 ^a

Valores médios (\pm EPM) calculados a partir de oito amostras para cada período avaliado (24-48, 48-72 e 72-96 h) obtidas na aeração das plantas de milho depois do início do tratamento. Médias seguidas pela mesma letra dentro da linha em cada período avaliado não são estatisticamente diferentes. TMTT ((*E*, *E*) -4,8,12-trimetiltrideca-1,3,7,11-tetraeno), DMNT ((*E*)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno).

Tabela 15. Análise estatística de compostos voláteis liberados de plantas de milho expostas ao TMTT e submetidas a diferentes tratamentos nos intervalos de 24-48, 48-72 e 72-96 h. Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. C: controle; H: herbivoria de *Dichelops melacanthus*; T: TMTT; TH: TMTT + herbivoria de *D. melacanthus*.

TMTT	(24-48 h)	CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs T	C vs TH	H vs T	H vs TH	T vs TH
1. Mirceno	$X^2=808,92$ $p<0,001$	$t=1,19, p=$ 0,242	$t=5,46$ $p<0,001$	$t=-0,59,$ $p= 0,563$	$t=-5,46$ $p<0,001$	$t=-1,72, p=$ 0,096	$t=5,46$ $p<0,001$
2. Acetato de (<i>Z</i>)-3-hexenila	$X^2=2,73, p=$ 0,433	-	-	-	-	-	-
3. (<i>E</i>)-Ocimeno	$X^2=1,74, p=$ 0,625	-	-	-	-	-	-
4. (<i>RS</i>)-Linalol	$X^2=3988,3$ $p<0,001$	$t=4,39,$ $p<0,001$	$t=-27,05,$ $p<0,001$	$t=-27,05,$ $p<0,001$	$t=-27,05,$ $p<0,001$	$t=-27,05,$ $p<0,001$	$t=0,00,$ $p=1,000$
5. DMNT	$X^2=2286,5,$ $p<0,001$	$t=3,63,$ $p<0,01$	$t=-6,54,$ $p<0,001$	$t=-6,54,$ $p<0,001$	$t=-6,54,$ $p<0,001$	$t=-6,54,$ $p<0,001$	$t=0,00,$ $p=1,000$
6. Salicilato de metila	$X^2=2450,5,$ $p<0,001$	$t=3,23,$ $p<0,01$	$t=-21,24,$ $p<0,001$	$t=-21,24,$ $p<0,001$	$t=-21,24,$ $p<0,001$	$t=-21,24,$ $p<0,001$	$t=0,00,$ $p=1,000$
7. Indol	$X^2=3808,3,$ $p<0,001$	$t=-8,50,$ $p<0,001$	$t=-8,50,$ $p<0,001$	$t=-8,50,$ $p<0,001$	$t=-8,50,$ $p<0,001$	$t=-8,50,$ $p<0,001$	$t=0,00,$ $p=1,000$
8. Ciclosativeno	$X^2=17,79,$ $p<0,001$	$t=2,83,$ $p<0,01$	$t=2,80,$ $p<0,01$	$t=4,02,$ $p<0,001$	$t=-0,11, p=$ 0,917	$t=1,14, p=$ 0,262	$t=1,3, p=$ 0,206
9. Acetato de geranila	$X^2=3,90, p=$ 0,271	-	-	-	-	-	-
10. (<i>E</i>)-Cariofileno	$X^2=12,85,$ $p<0,01$	$t=2,71,$ $p<0,05$	$t=1,54, p=$ 0,136	$t=2,87,$ $p<0,01$	$t=-1,43, p=$ 0,165	$t=0,18, p=$ 0,859	$t=1,63, p=$ 0,115
11. Geranilacetona	$X^2=3,33, p=$ 0,343	-	-	-	-	-	-
12. (<i>E</i>)- β -farneseno	$X^2=358,25,$ $p<0,001$	$t=0,30, p=$ 0,765	$t=-1,88, p=$ 0,071	$t=-3,64,$ $p<0,01$	$t=-2,06,$ $p<0,05$	$t=-3,64,$ $p<0,01$	$t=-3,64,$ $p<0,01$
13. α -Humuleno	$X^2=102,56,$ $p<0,001$	$t=3,68,$ $p<0,01$	$t=-13,92,$ $p<0,001$	$t=-13,92,$ $p<0,001$	$t=-13,92,$ $p<0,001$	$t=-13,92,$ $p<0,001$	$t=0,00,$ $p=1,000$
14. δ -Cadineno	$X^2=4,93, p=$ 0,176	-	-	-	-	-	-
15. TMTT	$X^2=15,18,$ $p<0,01$	$t=2,17,$ $p<0,05$	$t=2,39,$ $p<0,05$	$t=2,38,$ $p<0,05$	$t=0,75, p=$ 0,458	$t=0,71, p=$ 0,481	$t=-0,04,$ $p=0,964$

TMTT	(48-72 h)	CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs T	C vs TH	H vs T	H vs TH	T vs TH
1. Mirceno	$X^2=5,54, p=$ 0,136	-	-	-	-	-	-
2. Acetato de (<i>Z</i>)-3-hexenila	$X^2=1,43, p=$ 0,698	-	-	-	-	-	-
3. (<i>E</i>)-Ocimeno	$X^2=3,45, p=$ 0,327	-	-	-	-	-	-
4. (<i>RS</i>)-Linalol	$X^2=7772,9,$ $p<0,001$	$t=1,60, p=$ 0,121	$t=-11,99,$ $p<0,001$	$t=-11,99,$ $p<0,001$	$t=-11,99,$ $p<0,001$	$t=-11,99,$ $p<0,001$	$t=0,00,$ $p=1,000$

5. DMNT	$X^2=1405,4$, $p<0,001$	$t =2,82$, $p<0,01$	$t =-5,13$, $p<0,001$	$t =-5,13$, $p<0,001$	$t =-5,13$, $p<0,001$	$t =-5,13$, $p<0,001$	$t =0,00$, $p=1,000$
6. Salicilato de metila	$X^2=610,75$, $p<0,001$	$t=0,74$, $p=0,462$	$t=-1,93$, $p=0,063$	$t =-4,70$, $p<0,001$	$t =-2,49$, $p<0,05$	$t =-4,70$, $p<0,001$	$t =-4,70$, $p<0,001$
7. Indol	$X^2=1848,3$, $p<0,001$	$t =-0,05$, $p=0,956$	$t =-5,94$, $p<0,001$	$t =-5,94$, $p<0,001$	$t =-5,94$, $p<0,001$	$t =-5,94$, $p<0,001$	$t =0,00$, $p=1,000$
8. Ciclosativeno	$X^2=2,24$, $p=0,522$	-	-	-	-	-	-
9. Acetato de geranila	$X^2=684,86$, $p<0,001$	$t=1,71$, $p=0,097$	$t=0,85$, $p=0,403$	$t =-5,07$, $p<0,001$	$t=-0,93$, $p=0,361$	$t =-5,07$, $p<0,001$	$t =-5,07$, $p<0,001$
10. (E)-Cariofileno	$X^2=2,93$, $p=0,402$	-	-	-	-	-	-
11. Geranilacetona	$X^2=3,82$, $p=0,281$	-	-	-	-	-	-
12. (E)- β -farneseno	$X^2=819,65$, $p<0,001$	$t=0,95$, $p=0,351$	$t=-1,60$, $p=0,121$	$t =-5,51$, $p<0,001$	$t=0,69$, $p=0,494$	$t =-5,51$, $p<0,001$	$t =-5,51$, $p<0,001$
13. α -Humuleno	$X^2=5764,1$, $p<0,001$	$t=1,96$, $p=0,060$	$t =-10,46$, $p<0,001$	$t =-10,46$, $p<0,001$	$t =-10,46$, $p<0,001$	$t^2=-10,46$, $p=0,001$	$t =0,00$, $p=1,000$
14. δ -Cadineno	$X^2=1364,1$, $p<0,001$	$t =-1,71$, $p=0,097$	$t =-16,09$, $p<0,001$	$t =-16,09$, $p<0,001$	$t =-16,09$, $p<0,001$	$t =-16,09$, $p<0,001$	$t =0,00$, $p=1,000$
15. TMTT	$X^2=18,73$, $p<0,01$	$t=1,12$, $p=0,274$	$t =3,62$, $p<0,01$	$t =2,79$, $p<0,01$	$t =2,70$, $p<0,05$	$t^2=1,77$, $p=0,086$	$t =-1,02$, $p=0,317$

TMTT	(72-96 h)	CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs T	C vs TH	H vs T	H vs TH	T vs TH
1. Mirceno	$X^2=3,35$, $p=0,340$	-	-	-	-	-	-
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=2,20$, $p=0,530$	-	-	-	-	-	-
3. (E)-Ocimeno	$X^2=3,94$, $p=0,267$	-	-	-	-	-	-
4. (RS)-Linalol	$X^2=2193,5$, $p<0,001$	$t =-1,82$, $p=0,079$	$t =-6,39$, $p<0,001$	$t =-6,39$, $p<0,001$	$t =-6,39$, $p<0,001$	$t =-6,39$, $p<0,001$	$t =0,00$, $p=1,000$
5. DMNT	$X^2=2340,3$, $p<0,001$	$t=1,50$, $p=0,146$	$t =-6,66$, $p<0,001$	$t =-6,66$, $p<0,001$	$t =-6,66$, $p<0,001$	$t =-6,66$, $p<0,001$	$t =0,00$, $p=1,000$
6. Salicilato de metila	$X^2=6719,1$, $p<0,001$	$t =-0,98$, $p=0,336$	$t =-11,15$, $p<0,001$	$t =-11,15$, $p<0,001$	$t =-11,15$, $p<0,001$	$t =-11,15$, $p<0,001$	$t =0,00$, $p=1,000$
7. Indol	$X^2=3169,4$, $p<0,001$	$t=1,21$, $p=0,236$	$t =-7,69$, $p<0,001$	$t =-7,69$, $p<0,001$	$t =-7,69$, $p<0,001$	$t =-7,69$, $p<0,001$	$t =0,00$, $p=1,000$
8. Ciclosativeno	$X^2=13,59$, $p<0,001$	$t =2,00$, $p<0,05$	$t=0,98$, $p=0,336$	$t =3,32$, $p<0,01$	$t=-1,09$, $p=0,284$	$t =1,47$, $p=0,152$	$t =2,53$, $p<0,05$
9. Acetato de geranila	$X^2=3183,4$, $p<0,001$	$t=0,24$, $p=0,810$	$t=-7,85$, $p<0,001$	$t=-7,85$, $p<0,001$	$t=-7,85$, $p<0,001$	$t=-7,85$, $p<0,001$	$t=0,00$, $p=1,000$
10. (E)-Cariofileno	$X^2=9,08$, $p=0,04$	$t=2,43$, $p<0,05$	$t=0,48$, $p=0,635$	$t=1,84$, $p=0,076$	$t=-2,12$, $p<0,05$	$t=-0,71$, $p=0,482$	$t=1,46$, $p=0,154$
11. Geranilacetona	$X^2=0,60$, $p=0,895$	-	-	-	-	-	-
12. (E)- β -farneseno	$X^2=3,64$, $p=0,302$	-	-	-	-	-	-
13. α -Humuleno	$X^2=3000,5$, $p<0,001$	$t=-1,94$, $p=0,062$	$t=-7,54$, $p<0,001$	$t=-7,54$, $p<0,001$	$t=-7,54$, $p<0,001$	$t=-7,54$, $p<0,001$	$t=0,00$, $p=1,000$
14. δ -Cadineno	$X^2=3278,8$, $p<0,001$	$t=-0,07$, $p=0,943$	$t=-7,95$, $p<0,001$	$t=-7,95$, $p<0,001$	$t=-7,95$, $p<0,001$	$t=-7,95$, $p<0,001$	$t=0,00$, $p=1,000$
15. TMTT	$X^2=5,23$, $p=0,155$	-	-	-	-	-	-

Tabela 16. Compostos voláteis liberados de plantas de milho (média \pm erro padrão) em ng/24h submetidas a diferentes tratamentos. Controle: planta sadia; Herb: herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus*; DMNT: composto doado; DMNT + Herb: composto doado + herbivoria provocada por *Dichelops melacanthus* nos intervalos de 24-48, 48-72 e 72-96 h. Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de variância (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança.

24-48 h (ng / 24h)				
Compostos	Controle	Herb	DMNT	DMNT + Herb
1. Mirceno	10,86 \pm 2,82 ^a	25,72 \pm 8,73 ^a	18,87 \pm 12,18 ^a	11,21 \pm 2,06 ^a
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	16,71 \pm 2,63 ^a	48,41 \pm 21,13 ^a	31,37 \pm 18,33 ^a	14,05 \pm 5,11 ^a
3. (E)-Ocimeno	2,18 \pm 0,89 ^a	19,50 \pm 18,53 ^a	0,00 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b
4. (RS)-Linalol	19,45 \pm 2,60 ^a	55,05 \pm 21,99 ^a	31,01 \pm 18,50 ^a	36,93 \pm 13,76 ^a
5. DMNT	5,14 \pm 1,72 ^b	34,71 \pm 7,45 ^a	487,77 \pm 184,92 ^a	225,46 \pm 111,84 ^a
6. Salicilato de metila	18,71 \pm 4,65 ^a	46,41 \pm 15,75 ^a	43,19 \pm 24,96 ^a	67,20 \pm 36,28 ^a
7. Indol	6,14 \pm 1,10 ^b	21,14 \pm 10,06 ^{ba}	16,77 \pm 9,34 ^{ba}	123,38 \pm 98,78 ^a
8. Ciclosativeno	28,25 \pm 3,06 ^b	85,69 \pm 19,79 ^a	58,50 \pm 10,70 ^a	65,13 \pm 16,29 ^a
9. Acetato de geranila	5,87 \pm 3,41 ^a	11,52 \pm 3,59 ^a	3,06 \pm 1,49 ^a	7,98 \pm 1,59 ^a
10. (E)-Cariofileno	6,29 \pm 1,43 ^b	58,26 \pm 11,45 ^a	9,40 \pm 2,48 ^b	42,50 \pm 13,20 ^a
11. Geranilacetona	7,17 \pm 2,13 ^a	25,09 \pm 13,95 ^a	17,16 \pm 7,85 ^a	3,83 \pm 1,83 ^a
12. (E)- β -farneseno	9,21 \pm 2,04 ^a	11,65 \pm 2,29 ^a	5,95 \pm 1,82 ^a	12,50 \pm 5,09 ^a
13. α -Humuleno	6,23 \pm 1,46 ^b	18,23 \pm 6,43 ^a	0,00 \pm 0,00 ^c	10,65 \pm 3,37 ^{ab}
14. δ -Cadineno	3,17 \pm 0,24 ^a	7,59 \pm 1,66 ^a	6,05 \pm 1,25 ^a	5,39 \pm 1,21 ^a
15. TMTT	2,97 \pm 2,28 ^b	22,57 \pm 5,27 ^a	0,00 \pm 0,00 ^c	15,33 \pm 3,80 ^a
48-72 h (ng / 24h)				
Compostos	Controle	Herb	DMNT	DMNT + Herb
1. Mirceno	19,92 \pm 6,63 ^a	12,40 \pm 1,69 ^a	13,67 \pm 9,11 ^a	11,40 \pm 1,46 ^a
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	27,84 \pm 12,66 ^a	19,32 \pm 3,98 ^a	8,33 \pm 1,77 ^a	15,32 \pm 4,69 ^a
3. (E)-Ocimeno	7,05 \pm 1,92 ^a	14,90 \pm 5,92 ^a	1,28 \pm 1,37 ^a	7,92 \pm 3,27 ^a
4. (RS)-Linalol	20,85 \pm 6,14 ^a	24,86 \pm 2,90 ^a	9,83 \pm 5,31 ^a	26,02 \pm 9,79 ^a
5. DMNT	6,91 \pm 3,50 ^b	23,99 \pm 2,52 ^b	398,35 \pm 142,66 ^a	163,94 \pm 88,15 ^a
6. Salicilato de metila	32,61 \pm 14,22 ^a	41,67 \pm 6,65 ^a	9,12 \pm 4,52 ^b	52,92 \pm 20,11 ^a
7. Indol	13,20 \pm 5,95 ^b	9,42 \pm 3,72 ^b	2,02 \pm 1,05 ^b	252,35 \pm 151,10 ^a
8. Ciclosativeno	42,17 \pm 11,02 ^a	80,72 \pm 21,09 ^a	37,26 \pm 9,76 ^a	76,56 \pm 9,57 ^a
9. Acetato de geranila	4,23 \pm 1,27 ^a	9,48 \pm 1,74 ^a	2,48 \pm 1,29 ^a	9,91 \pm 1,39 ^a
10. (E)-Cariofileno	21,35 \pm 5,16 ^b	45,49 \pm 12,84 ^{ba}	4,54 \pm 1,72 ^b	68,87 \pm 16,72 ^a
11. Geranilacetona	20,71 \pm 5,96 ^a	12,85 \pm 4,39 ^a	10,44 \pm 5,84 ^a	4,23 \pm 1,56 ^a
12. (E)- β -farneseno	18,01 \pm 5,11 ^a	8,36 \pm 2,14 ^a	4,09 \pm 2,07 ^b	11,68 \pm 3,42 ^a
13. α -Humuleno	6,19 \pm 1,73 ^a	13,13 \pm 2,83 ^a	4,02 \pm 2,49 ^a	10,60 \pm 2,24 ^a
14. δ -Cadineno	10,18 \pm 2,68 ^a	6,62 \pm 1,40 ^a	3,47 \pm 1,24 ^a	5,38 \pm 0,99 ^a
15. TMTT	10,15 \pm 2,63 ^b	15,26 \pm 2,06 ^a	0,00 \pm 0,00 ^c	17,13 \pm 2,31 ^a
72-96 h (ng / 24h)				
Compostos	Controle	Herb	DMNT	DMNT + Herb
1. Mirceno	17,10 \pm 8,00 ^a	10,66 \pm 1,65 ^a	12,35 \pm 8,05 ^a	11,87 \pm 1,90 ^a
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	32,19 \pm 15,85 ^a	15,69 \pm 4,23 ^a	23,48 \pm 13,23 ^a	15,38 \pm 3,37 ^a

3. (E)-Ocimeno	8,97 ± 1,91 ^a	1,79 ± 1,96 ^a	0,00 ± 0,00 ^a	8,45 ± 3,64 ^a
4. (RS)-Linalol	31,79 ± 10,00 ^a	11,13 ± 5,94 ^a	16,91 ± 8,06 ^a	31,41 ± 5,97 ^a
5. DMNT	9,17 ± 4,35 ^b	13,89 ± 3,11 ^b	390,55 ± 178,55 ^a	237,00 ± 160,04 ^a
6. Salicilato de metila	34,16 ± 15,18 ^a	24,06 ± 5,15 ^a	30,16 ± 21,93 ^a	69,04 ± 23,44 ^a
7. Indol	16,91 ± 8,04 ^a	56,16 ± 28,69 ^a	1,37 ± 1,00 ^b	322,67 ± 177,20 ^a
8. Ciclosativeno	31,89 ± 8,68 ^b	76,08 ± 26,65 ^a	23,79 ± 4,54 ^b	80,66 ± 15,07 ^a
9. Acetato de geranila	4,59 ± 1,02 ^a	10,11 ± 2,47 ^a	1,91 ± 0,88 ^b	12,33 ± 2,18 ^a
10. (E)-Cariofileno	10,11 ± 3,01 ^b	34,59 ± 11,56 ^a	3,90 ± 1,03 ^c	75,38 ± 23,30 ^a
11. Geranilacetona	13,68 ± 5,60 ^a	32,06 ± 22,82 ^a	9,62 ± 5,39 ^a	8,97 ± 3,01 ^a
12. (E)-β-farneseno	16,14 ± 8,09 ^a	13,54 ± 3,43 ^a	5,97 ± 5,65 ^a	9,10 ± 1,25 ^a
13. α-Humuleno	15,23 ± 4,93 ^a	11,57 ± 3,75 ^a	1,79 ± 1,91 ^a	12,31 ± 3,68 ^a
14. δ-Cadineno	5,20 ± 0,98 ^a	10,03 ± 2,44 ^a	4,01 ± 0,84 ^a	7,20 ± 0,83 ^a
15. TMTT	10,03 ± 2,37 ^b	18,14 ± 6,60 ^a	0,00 ± 0,00 ^c	21,75 ± 1,48 ^a

Valores médios (± EPM) calculados a partir de oito amostras para cada período avaliado (24-48, 48-72 e 72-96 h) obtidas na aeração das plantas de milho depois do início do tratamento. Médias seguidas pela mesma letra dentro da linha em cada período avaliado não são estatisticamente diferentes. TMTT ((E, E)-4,8,12-trimetiltrideca-1,3,7,11-tetraeno), DMNT ((E)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno).

Tabela 17. Análise estatística de compostos voláteis liberados de plantas de milho expostas ao DMNT e submetidas a diferentes tratamentos nos intervalos de 24-48, 48-72 e 72-96 h. Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de deviance (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. C: controle; H: herbivoria de *Dichelops melacanthus*; D: DMNT; DH: DMNT + herbivoria de *D. melacanthus*.

DMNT	(24-48 h)	CONTRASTES					
		ANODEV	C vs H	C vs D	C vs DH	H vs D	H vs DH
1. Mirceno	$X^2=3,17$, $p=0,364$	-	-	-	-	-	-
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=6,32$, $p=0,096$	-	-	-	-	-	-
3. (E)-Ocimeno	$X^2=848,41$, $p<0,001$	$t=1,92$, $p=0,065$	$t=-4,08$, $p<0,001$	$t=-4,08$, $p<0,001$	$t=-4,08$, $p<0,001$	$t=-4,08$, $p<0,001$	$t=163,58$, $p<0,001$
4. (RS)-Linalol	$X^2=5,51$, $p=0,137$	-	-	-	-	-	-
5. DMNT	$X^2=34,54$, $p<0,001$	$t=3,26$, $p<0,001$	$t=4,35$, $p<0,001$	$t=3,95$, $p<0,001$	$t=1,9$, $P=0,067$	$t=1,12$, $P=0,271$	$t=-0,9$, $P=0,374$
6. Salicilato de metila	$X^2=1,18$, $p=0,756$	-	-	-	-	-	-
7. Indol	$X^2=9,22$, $p<0,05$	$t=1,36$, $p=0,186$	$t=1,17$, $p=0,251$	$t=2,72$, $p<0,05$	$t=-0,22$, $p=0,825$	$t=-1,46$, $p=0,155$	$t=-1,74$, $p=0,093$
8. Ciclosativeno	$X^2=15,39$, $p<0,01$	$t=3,76$, $p<0,001$	$t=2,54$, $p<0,05$	$t=2,78$, $p<0,01$	$t=-1,31$, $p=0,201$	$t=-1,07$, $p=0,294$	$t=0,25$, $p=0,805$
9. Acetato de geranila	$X^2=7,81$, $p=0,050$	-	-	-	-	-	-
10. (E)-Cariofileno	$X^2=19,70$, $p<0,001$	$t=3,5$, $p<0,01$	$t=2,76$, $p=0,456$	$t=2,76$, $p<0,05$	$t=-2,93$, $p<0,01$	$t=-1,00$, $p=0,325$	$t=2,11$, $p<0,05$
11. Geranilacetona	$X^2=7,61$, $p=0,054$	-	-	-	-	-	-
12. (E)-β-farneseno	$X^2=4,72$, $p=0,193$	-	-	-	-	-	-
13. α-Humuleno	$X^2=2128,1$, $p<0,001$	$t=2,35$, $p<0,05$	$t=-8,88$, $p<0,001$	$t=0,87$, $p=0,391$	$t=-8,88$, $p<0,001$	$t=-1,54$, $p=0,135$	$t=8,88$, $p<0,001$

14. δ -Cadineno	$X^2=6,46$, $p=0,090$	-	-	-	-	-	-
15. TMTT	$X^2=240,11$, $p<0,001$	$t=2,28$, $p<0,05$	$t=-2,93$, $p<0,01$	$t=2,18$, $p<0,05$	$t=-2,93$, $p<0,01$	$t=-0,28$, $p=0,777$	$t=2,93$, $p<0,01$

DMNT	(48-72 h)	CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs D	C vs DH	H vs D	H vs DH	D vs IH
1. Mirceno	$X^2=3,48$, $p=0,322$	-	-	-	-	-	-
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=2,58$, $p=0,460$	-	-	-	-	-	-
3. (E)-Ocimeno	$X^2=6,20$, $p=0,102$	-	-	-	-	-	-
4. (RS)-Linalol	$X^2=6,21$, $p=0,101$	-	-	-	-	-	-
5. DMNT	$X^2=23,09$, $p<0,001$	$t=2,65$, $p<0,05$	$t=3,51$, $p<0,01$	$t=3,33$, $p<0,01$	$t=1,59$, $p=0,124$	$t=1,22$, $p=0,233$	$t=-0,41$, $p=0,685$
6. Salicilato de metila	$X^2=10,47$, $p<0,05$	$t=0,81$, $p=0,425$	$t=-2,09$, $p<0,05$	$t=0,56$, $p=0,579$	$t=-2,69$, $p<0,05$	$t=0,25$, $p=0,801$	$t=-2,52$, $p<0,05$
7. Indol	$X^2=18,44$, $p<0,001$	$t=-0,03$, $p=0,976$	$t=-2,03$, $p<0,05$	$t=1,75$, $p=0,091$	$t=-2,01$, $p<0,05$	$t=1,77$, $p=0,088$	$t=2,78$, $p<0,01$
8. Ciclosativeno	$X^2=9,26$, $p<0,05$	$t=-1,76$, $p=0,089$	$t=-0,38$, $p=0,708$	$t=2,09$, $p=0,046$	$t=-2,13$, $p<0,05$	$t=0,34$, $p=0,738$	$t=-2,45$, $p<0,05$
9. Acetato de geranila	$X^2=11,47$, $p<0,01$	$t=1,42$, $p=0,166$	$t=-1,42$, $p=0,173$	$t=1,5$, $p=0,144$	$t=-2,49$, $p<0,05$	$t=0,09$, $p=0,926$	$t=2,54$, $p<0,05$
10. (E)-Cariofileno	$X^2=24,53$, $p<0,001$	$t=0,93$, $p=0,362$	$t=-3,01$, $p<0,01$	$t=1,41$, $p=0,168$	$t=-3,60$, $p<0,01$	$t=0,51$, $p=0,614$	$t=-3,88$, $p<0,001$
11. Geranilacetona	$X^2=6,20$, $p=0,102$	-	-	-	-	-	-
12. (E)- β -farneseno	$X^2=10,23$, $p<0,05$	$t=-0,81$, $p=0,424$	$t=-2,66$, $p=0,012$	$t=-0,40$, $p=0,695$	$t=-2,09$, $p<0,05$	$t=-0,42$, $p=0,676$	$t=2,4$, $p<0,05$
13. α -Humuleno	$X^2=6,82$, $p=0,077$	-	-	-	-	-	-
14. δ -Cadineno	$X^2=7,32$, $p=0,062$	-	-	-	-	-	-
15. TMTT	$X^2=8918,3$, $p<0,001$	$t=2,47$, $p<0,05$	$t=-18,08$, $p<0,001$	$t=2,95$, $p<0,01$	$t=-18,08$, $p<0,001$	$t=0,50$, $p=0,624$	$t=18,08$, $p<0,001$

DMNT	(72-96 h)	CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs D	C vs DH	H vs D	H vs DH	D vs IH
1. Mirceno	$X^2=2,45$, $p=0,483$	-	-	-	-	-	-
2. Acetato de (Z)-3-hexenila	$X^2=1,70$, $p=0,635$	-	-	-	-	-	-
3. (E)-Ocimeno	$X^2=94,48$, $p<0,001$	$t=-1,56$, $p=0,130$	$t=-1,66$, $p<0,01$	$t=-0,34$, $p=0,733$	$t=-1,86$, $p<0,01$	$t=1,47$, $p=0,154$	$t=1,86$, $p<0,01$
4. (RS)-Linalol	$X^2=4,62$, $p=0,201$	-	-	-	-	-	-
5. DMNT	$X^2=17,52$, $p<0,001$	$t=1,31$, $p=0,200$	$t=3,11$, $p<0,01$	$t=2,91$, $p<0,01$	$t=2,28$, $p<0,05$	$t=2,01$, $p<0,05$	$t=-0,32$, $p=0,749$
6. Salicilato de metila	$X^2=4,77$, $p=0,189$	-	-	-	-	-	-
7. Indol	$X^2=17,95$, $p<0,001$	$t=0,43$, $p=0,670$	$t=-2,15$, $p<0,05$	$t=1,27$, $p=0,216$	$t=-2,28$, $p<0,05$	$t=0,99$, $p=0,332$	$t=2,47$, $p<0,05$

8. Ciclosativeno	$X^2=17,89,$ $p<0,001$	$t =2,46,$ $p<0,05$	$t=-0,54,$ $p=0,594$	$t =2,69,$ $p<0,05$	$t =-3,10,$ $p<0,01$	$t=0,25,$ $p=0,806$	$t =3,34,$ $p<0,01$
9. Acetato de geranila	$X^2=11,69,$ $p<0,01$	$t=0,13,$ $p=0,897$	$t =-2,01,$ $p<0,05$	$t=1,15,$ $p=0,262$	$t =-2,13,$ $p<0,05$	$t=1,08,$ $p=0,290$	$t =2,78,$ $p<0,01$
10. (E)-Cariofileno	$X^2=35,79,$ $p<0,001$	$t =2,42,$ $p<0,05$	$t =-2,28,$ $p<0,05$	$t =2,66,$ $p<0,05$	$t =4,28,$ $p<0,001$	$t=0,31,$ $p=0,758$	$t =4,45,$ $p<0,001$
11. Geranilacetona	$X^2=0,73,$ $p=0,864$	-	-	-	-	-	-
12. (E)- β -farneseno	$X^2=5,54,$ $p=0,136$	-	-	-	-	-	-
13. α -Humuleno	$X^2=6,23,$ $p=0,100$	-	-	-	-	-	-
14. δ -Cadineno	$X^2=2,49,$ $p=0,476$	-	-	-	-	-	-
15. TMTT	$X^2=7845,8,$ $p<0,001$	$t =2,64,$ $p<0,05$	$t =-16,92,$ $p<0,001$	$t =3,40,$ $p<0,01$	$t =-16,92,$ $p<0,001$	$t=0,83,$ $p=0,412$	$t =16,92,$ $p<0,001$

CAPÍTULO III

Influência dos voláteis de milho induzidos por herbivoria na defesa direta de plantas coespecíficas e sua ação sobre o percevejo *Dichelops melacanthus* (Hemiptera: Pentatomidae)

RESUMO: As plantas se defendem dos herbívoros usando uma variedade de estratégias, incluindo a produção de metabólitos secundários não voláteis, que agem na defesa direta. Em plantas de milho, os benzoxazinoides atuam influenciando negativamente vários herbívoros. Objetivou-se neste capítulo avaliar se plantas atacadas pelo percevejo *Dichelops melacanthus*, expostas ou não aos voláteis de plantas induzidos por herbivoria (VPIHs), têm as concentrações de benzoxazinoides alteradas; e verificar se o percevejo *D. melacanthus* é afetado por diferentes concentrações de benzoxazinoides. Para isto, foi avaliada a produção de benzoxazinoides em plantas de milho do genótipo Sintetico Spodoptera expostas aos seguintes VPIHs: (*RS*)-linalol, (*E*)- β -farneseno, acetato de (*E*)-2-hexenila, acetato de (*Z*)-3-hexenila, (*E*)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno (DMNT) e indol. Plantas sadias foram expostas a estes voláteis por 24 h. Após esse período, as plantas ficaram em repouso por uma hora. Em seguida, receberam ou não fêmeas de *D. melacanthus* e, após 96 h de herbivoria, foram submetidas a uma extração líquido-líquido. Os extratos obtidos foram analisados por CLAE com detector UV e por CLAE-EM. Para avaliar se as plantas submetidas aos voláteis tiveram sua defesa direta ativada quando expostas ou não aos VPIHs, foram oferecidas como alimento para adultos de *D. melacanthus*. As seguintes variáveis foram medidas: fertilidade, fecundidade, longevidade e sobrevivência. A herbivoria de *D. melacanthus* aumentou os níveis de benzoxazinoides em plantas de milho, porém plantas expostas aos compostos voláteis sintéticos (*E*)-2-acetato de hexenila, (*E*)- β -farneseno e DMNT sofreram uma redução de aproximadamente 50% na quantidade dos benzoxazinoides produzidos, sendo o DIMBOA-Glc o composto mais suprimido. Os benzoxazinoides não estão diretamente relacionados com defesa direta de plantas de milho contra o herbívoro *D. melacanthus*; mas, a exposição das plantas aos VPIHs afetou negativamente a biologia reprodutiva de fêmeas de *D. melacanthus*.

PALAVRAS-CHAVE: benzoxazinoides, defesa direta, barriga-verde, *Zea mays*.

ABSTRACT: Plants defend themselves against herbivores using a variety of strategies, including the production of non-volatile secondary metabolites, which act in their direct defense. In maize plants, benzoxazinoids act negatively influencing several herbivores. The objective of this chapter was to evaluate whether maize plants attacked by the stink bug *Dichelops melacanthus*, exposed or not exposed to synthetic herbivore-induced plant volatiles (VPIHs), alter benzoxazinoid concentrations and to verify whether the stink bug *D. melacanthus* is affected by different concentrations of benzoxazinoids. For this, the production of benzoxazinoids in maize plants from the genotype Sintetico Spodoptera were exposed to the following VPIHs: (*RS*)-linalool, (*E*)- β -farnesene, (*E*)-2-hexenyl acetate, (*Z*)-3-hexenyl acetate, (*E*)-4,8-dimethyl-1,3,7-nonatriene (DMNT), and indole. Healthy plants were exposed to these volatiles for 24 h. After this period, the plants rested for one hour. Then, they received or not females *D. melacanthus* and after 96 h of herbivory they were submitted to a liquid-liquid extraction. The extracts were analyzed by HPLC with UV detector and by HPLC-MS. To assess whether plants subjected to volatiles had their direct defense activated, plants exposed or not to VPIHs, were offered as food for adults of *D. melacanthus*. The following variables were measured: fertility, fecundity, longevity, and survival. *D. melacanthus* herbivory increased

benzoxazinoid levels in maize plants; however, plants exposed to synthetic volatile compounds (*E*)-2-hexenyl acetate, (*E*)- β -farnesene, and DMNT had a reduction of approximately 50% in the amount of benzoxazinoids, with DIMBOA-Glc being the most suppressed compound. Benzoxazinoids are not directly related to the direct defense of maize plants against the herbivore *D. melacanthus*; however, the exposure of plants to HPVPs negatively affected the reproductive biology of females of *D. melacanthus*.

KEYWORDS: benzoxazinoids, direct defense, green belly bug, *Zea mays*.

1 INTRODUÇÃO

As plantas se defendem dos herbívoros usando uma variedade de estratégias, incluindo a produção de metabólitos secundários voláteis e/ou não voláteis, que agem tanto na defesa indireta como na defesa direta. Em plantas de milho, os benzoxazinoides (BXDs) são uma classe importante de compostos relacionados às defesas químicas contra insetos e patógenos (GLAUSER et al., 2011). Os BXDs são produzidos no citoplasma e armazenados no vacúolo como glicosídeos, apresentando baixa toxicidade nesta forma (WOUTERS et al., 2016). Após a ruptura da estrutura celular, por injúria de herbivoria ou ataque de patógenos, os glicosídeos entram em contato com β -glucosidases e são hidrolisados em agluconas, as quais apresentam maior toxicidade para os herbívoros (FREY et al., 2009; TZIN et al., 2017).

Há na literatura muitos estudos que mostram efeitos adversos dos BXDs em insetos, por exemplo, ao se alimentar de folhas de milho com alta concentração de BXDs, a lagarta *Ostrinia nubilalis* apresenta resistência à alimentação relacionada à inibição de proteases digestivas (ROBINSON et al., 1978; CAMPOS et al., 1988) provocada pelo alimento. A partir desses resultados foi conduzida uma série de cruzamentos entre híbridos de milho que apresentavam concentrações elevadas de BXDs, visando obter híbridos comerciais com altos teores destes compostos (BARRY et al., 1991). No entanto, muitos herbívoros desenvolveram mecanismos para superar os efeitos negativos dos BXDs, incluindo excreção, insensibilidade ao local alvo e desintoxicação por meio de conjugação e decomposição (HECKEL, 2014; STAHL et al., 2018). Por exemplo, *Diabrotica virgifera virgifera*, uma praga importante na cultura do milho, é resistente aos BXDs e usa esses compostos como pistas para localização de sua planta hospedeira. Além disso, também sequestra e converte os BXDs, os quais passam a atuar como mecanismos para sua própria defesa contra nematoides entomopatogênicos (ROBERT et al., 2012).

Em plantas de milho, os BXDs estão distribuídos em células do parênquima (MASSARDO et al., 1994), no mesófilo foliar (ARGANDOÑA; CORCUERA, 1985) e no apoplasto (AHMAD et al., 2011). Os percevejos são insetos sugadores e podem escapar da

maior toxicidade dos BXDs, uma vez que seus hábitos alimentares minimizam a ruptura dos tecidos vegetais. No entanto, esses insetos inserem seu estilete na fonte nutricional que passa por regiões de acúmulo de BXDs, as quais podem ser afetadas pelos glicosídeos benzoxazinoides. Recentemente, estudos relataram que o percevejo *Dichelops melacanthus* se alimenta principalmente de células do xilema e do parênquima de plantas de milho (LUCINI; PANIZZI 2016). Portanto, embora esses insetos não provoquem a mesma severidade na destruição de tecidos vegetais que os insetos mastigadores, eles também podem ser expostos diretamente aos BXDs ao se alimentarem.

Como classe de metabólitos especializados relacionados à defesa, os BXDs são frequentemente considerados fitoanticipinas, compostos que são produzidos constitutivamente pelas plantas, mesmo na ausência de uma ameaça iminente (ZHOU et al., 2018). No entanto, o acúmulo e a diversidade das moléculas podem variar em resposta a vários fatores, tais como estresses abióticos (temperatura, seca, deficiência de nitrogênio, fotoperíodo, intensidade da luz e radiação ultravioleta) (NIEMEYER, 2009) e bióticos (ataque de fungos e insetos) (HUFFAKER et al., 2011; GUO et al., 2017). Além disso, é possível elevar o teor de BXDs através da suplementação exógena de indutores. A aplicação exógena de ácido jasmônico (AJ) em plantas de milho induz a acumulação de HDMBOA-Glc (OIKAWA et al., 2002). Vários métodos bióticos de indução também foram relatados, incluindo a exposição a fungos (AHMAD et al., 2011; OIKAWA et al., 2004), bactérias (WALKER et al., 2012) e insetos (AHMAD et al., 2011; OIKAWA et al. 2004). No entanto, pouco se sabe sobre os efeitos dos voláteis de plantas induzidos pela herbivoria (VPIHs) na produção dos BXDs, (FREY et al., 2009, NIEYEMER, 2009), e, conseqüentemente, na defesa direta de plantas de milho.

Diante disso, os objetivos desta pesquisa foram: i) avaliar se plantas de milho atacadas pelo percevejo *D. melacanthus* tem os níveis de BXDs alterados, ii) investigar se plantas de milho expostas a VPIHs sintéticos aumentam os níveis de BXDs; e iii) verificar se diferentes níveis de BXDs afetam a longevidade, fecundidade, fertilidade e sobrevivência de adultos do percevejo *D. melacanthus*.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os insetos e as plantas utilizados nos experimentos foram obtidos e mantidos como descrito no Capítulo I.

2.1 Preparação das plantas

Esse experimento foi realizado para avaliar se há diferença na produção de BXDs em plantas de milho do genótipo “Sintético Spodoptera” expostas ou não aos VPIHs de *D. melacanthus*. Os compostos selecionados foram: (*RS*)-linalol, (*E*)- β -farneseno, DMNT, (*E*)-2-acetato de hexenila, (*Z*)-3-acetato de hexenila, e indol. Na primeira fase (doação dos compostos), as plantas foram expostas aos voláteis sintéticos individualmente (como descrito anteriormente no item 2 do Capítulo II; Figura 1 deste capítulo). Na segunda fase, as plantas que receberam os compostos voláteis foram submetidas aos seguintes tratamentos: i) dois percevejos fêmeas de *D. melacanthus* (VPIHs + Herb) e ii) sem nenhum tratamento subsequente (VPIHs). Após 96 h da exposição aos voláteis, foi feita a extração dos BXDs. Foram conduzidas oito replicatas para cada tratamento. Além destes tratamentos, avaliou-se o controle total que consistia em plantas que não receberam voláteis e nem sofreram herbivoria (Controle) e plantas que só foram submetidas à herbivoria (Herb).

Figura 1. Sistema de doação dos compostos voláteis sintéticos e coleta de voláteis (aeração) do Laboratório de Semioquímicos–Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen), Brasília, DF.



Fonte: Própria

2.2 Extração dos Benzoxazinoides

Após a exposição das plantas aos voláteis e o subsequente tratamento com a herbivoria ou não do percevejo *D. melacanthus*, o material foliar de cada tratamento foi macerado sob nitrogênio líquido com auxílio de um cadinho e pestilo de porcelana. Após a maceração, obteve-se um pó fino, do qual 100 mg foi separado e submetido a extração com 5 mL de solução metanol + ácido acético 1%. As amostras foram agitadas por 10 min à temperatura ambiente em banho de ultrassom. Em seguida, a fase orgânica foi transferida para outro frasco de vidro

e a solução de extração foi adicionada mais duas vezes ao material vegetal e novamente agitada por 10 min à temperatura ambiente. As fases orgânicas foram combinadas e concentradas até aproximadamente 1 mL usando um evaporador rotativo. Depois disso, a fase orgânica combinada foi centrifugada a 6,300 rpm por 20 min. O sobrenadante foi coletado, filtrado através de um filtro de seringa com membrana de PTFE hidrofílica (25 mm de diâmetro x 0,45 µm de poros Millex Millipore) e o extrato obtido foi submetido à análise por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) (VILLAGRASA et al., 2006).

2.3 Análise química de benzoxazinoides

Uma alíquota de 10 µL de cada extrato foi injetada e analisada por CLAE (Flexar, Perkin Elmer) equipado com bomba quaternária e detector de matriz de fotiodo. As análises por CLAE foram realizadas usando uma coluna analítica de fase reversa C18 (4,6 mm de diâmetro x 150 mm de comprimento e filme de 3 µm). As análises foram realizadas utilizando um gradiente composto por dois solventes: (A) água deionizada + ácido acético a 0,025% e (B) metanol:isopropanol:ácido acético (95:5:0,025). O gradiente inicial foi 90% de A e 10% de B por 1 min, alterado para 50% de A aos 11 min, retornando à condição inicial com 20 min. A taxa de fluxo do solvente foi de 0,65 mL/min, a temperatura do forno foi mantida a 25 ° C e o tempo total de corrida foi de 32 min. Os comprimentos de onda de 262 e 282 nm foram monitorados durante as análises. Para a quantificação, utilizou-se o método do padrão externo, sendo construída uma curva de calibração com soluções sintéticas de MBOA nas concentrações de 0,001, 0,003, 0,0045, 0,0075, 0,015, 0,03, 0,045 mg/mL (Anexo Figura 1). A área correspondente ao composto foi calculada e aplicada à equação da reta da curva de calibração para estimar a concentração de todos os compostos na amostra. Todos os padrões foram preparados usando metanol (97% grade HPLC, Supelco). O composto MBOA (97%) foi adquirido da Sigma Aldrich.

2.4 Aspectos biológicos de *D. melacanthus*

Para este experimento, as plantas de milho foram submetidas a diferentes tratamentos: a) plantas expostas aos VPIHs e submetidas ao tratamento de herbivoria de *D. melacanthus* (VPIH + Herb) e b) plantas submetidas ao tratamento de herbivoria de *D. melacanthus*, utilizadas como controle (Herb).

Após a exposição aos compostos, as plantas VPIH+Herb ficaram sem nenhum tipo de tratamento por 1 h. Em seguida, um casal de adultos de *D. melacanthus* foi colocado em cada

planta dos dois tratamentos. Os insetos usados nos experimentos estavam sexualmente maduros, com 8 a 10 dias após a muda final. Foram conduzidas 25 repetições para cada tratamento. Para evitar a fuga dos insetos, as plantas foram envolvidas por sacos de plástico de polietileno microperfurados durante todo o experimento. Os parâmetros biológicos avaliados foram: longevidade (início da fase adulta até a morte do inseto), fecundidade (nº de ovos/fêmea), fertilidade (nº de ninfas/fêmea) e sobrevivência. As plantas foram trocadas a cada quatro dias e as avaliações foram feitas diariamente até a morte do inseto. As plantas foram colocadas em uma arena formada por uma base de madeira (40 cm de diâmetro) com seis sulcos (7 cm de diâmetro), onde os vasos foram encaixados. Para a cobertura das plantas, utilizou-se um cesto de plástico (38 cm de diâmetro x 90 cm de altura) forrado com um plástico transparente (Figura 2).

Figura 2. Arenas utilizadas para a avaliação dos parâmetros biológicos de *Dichelops melacanthus* no Laboratório de Semioquímicos–Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen), Brasília, DF.



2.5 Análises estatísticas

A quantidade total e individual dos BXDs produzidos em cada tratamento foi analisada usando Modelos Lineares Generalizados (MLG), com distribuição Gama e função de ligação inversa, seguida de análise de deviança (ANODEV). Quando as análises mostraram efeitos significativos dos tratamentos, as médias foram comparadas usando análises de contraste no programa estatístico R 2.13.0 (R Development Core Team, 2009). Para avaliar a influência de todos os compostos nos tratamentos, a Análise de Componentes Principais (ACP) foi aplicada usando a matriz de variância e covariância no software PAST (v.3.10).

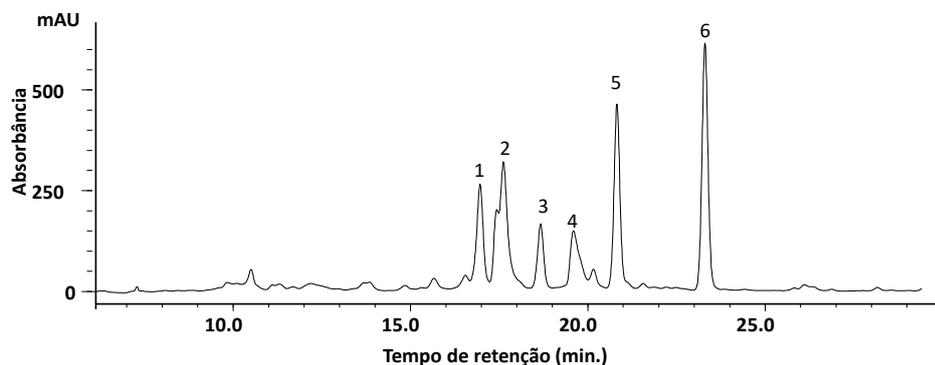
Os parâmetros biológicos de *D. melacanthus* foram analisados utilizando MLG com distribuição de Poisson e função de ligação Log. Para avaliar a sobrevivência de *D. melacanthus*, foi utilizado o método de Kaplan-Meier que estima o tempo médio de sobrevivência (MST) e compara as curvas de sobrevivência pelo teste de Log-Rank. Para avaliar os dados referentes ao número de posturas e de ovos no experimento foram feitas análise de variância (ANOVA) e comparação das médias pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas usando o programa estatístico R 2.13.0 (R Development Core Team, 2009).

3. RESULTADOS

3.1 Análise química dos benzoxazinoides

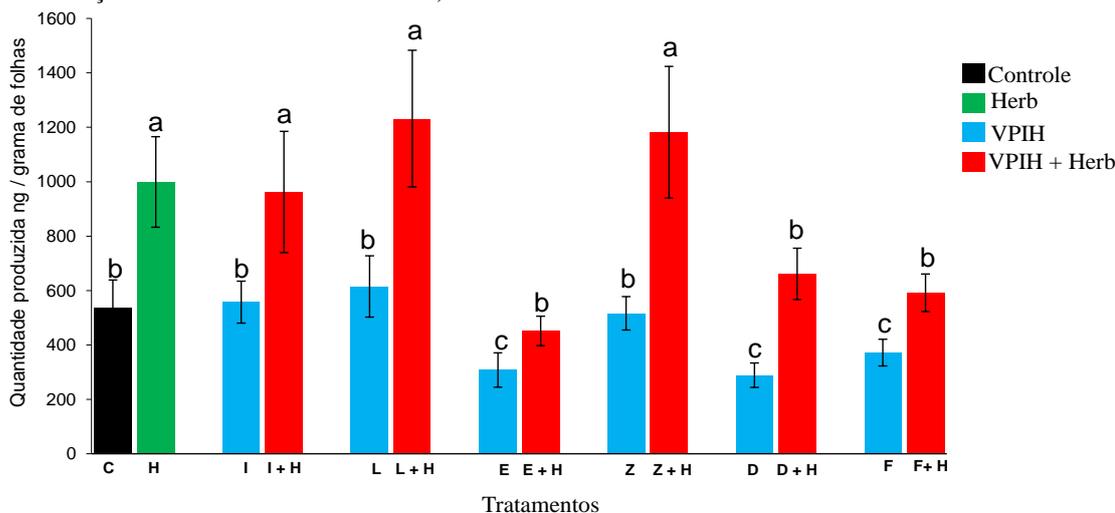
Para verificar se a exposição das plantas de milho aos VPIHs sintéticos altera os níveis de benzoxazinoides, as plantas foram submetidas às análises químicas quantitativa e qualitativa. As benzoxazinonas HMBOA-glc, DIMBOA-glc, HMBOA, DIMBOA, HDMBOA-glc e a benzoxazolinona MBOA foram identificadas para todos os tratamentos avaliados (Figura 3).

Figura 3. Perfil químico dos extratos de plantas de milho do genótipo Sintético Spodoptera. 1. HMBOA-Glc, 2. DIMBOA-Glc, 3. HMBOA, 4. DIMBOA, 5. HDMBOA-GLC, 6. MBOA.



Quando se avaliou a quantidade total dos benzoxazinoides produzidos pelas plantas submetidas aos diferentes tratamentos, observou-se que as plantas submetidas à herbivoria de *D. melacanthus* (Herb) produziram quantidade maior de benzoxazinoides, comparado às plantas controle (Figura 4) (estatística Anexo Tabela 1). Plantas com injúria do percevejo, expostas ou não ao indol, (*RS*)-linalol e acetato de (*Z*)-3-hexenila produziram maior quantidade de benzoxazinoides comparadas a plantas controle e plantas VPIH (estatística Anexo Tabela 1). Já as plantas expostas aos VPIHs acetato de (*E*)-2-hexenila, (*E*)- β -farneseno e DMNT apresentaram uma supressão na produção dos benzoxazinoides totais comparadas com as plantas controle ou VPIH + Herb (Figura 4) (Estatística Anexo Tabela 1).

Figura 4. Quantidade total de benzoxazinoides (ng/g de folhas) em plantas de milho submetidas a diferentes tratamentos: Controle (C): plantas sem injúria; Herb (H): plantas submetidas à herbivoria provocada por fêmeas de *Dichelops melacanthus*; VPIH: plantas expostas aos compostos sintéticos (I= Indol; L= (*RS*)-Linalol; Z= acetato de (*Z*)-3-hexenila; E= acetato de (*E*)-2-hexenila; D= DMNT e F= (*E*)- β -farneseno); VPIH+ Herb: plantas expostas ao composto sintético + herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra não diferiram significativamente entre si. (MLG, distribuição Gama e análise de contraste).



Fonte: Própria.

A análise MLG dos compostos BXDs individuais em plantas expostas ou não ao composto indol mostrou que houve diferença estatística para HMBOA-Glc ($X^2 = 12,058$, $gl = 3$, $p = 0,007$), HMBOA ($X^2 = 243,85$, $gl = 3$, $p < 0,001$), DIMBOA ($X^2 = 8,77$, $gl = 3$, $p = 0,032$), HDMBOA-Glc ($X^2 = 22,617$, $gl = 3$, $p < 0,001$) e MBOA ($X^2 = 7,977$, $gl = 3$, $p = 0,046$), exceto para o composto DIMBOA-Glc ($X^2 = 2,561$, $gl = 3$, $p = 0,464$) (Figura 5). Plantas submetidas à herbivoria de *D. melacanthus* expostas (Indol + Herb) ou não ao composto indol (Indol) produziram maiores quantidades de HDMBOA-Glc quando comparadas a plantas que não receberam herbivoria (Figura 5) (estatística Anexo Tabela 2). O HMBOA-Glc apresentou maiores quantidades em plantas Herb quando comparadas a plantas Controle e plantas Indol

(Figura 5) (estatística Anexo Tabela 2). Plantas Controle produziram menor quantidade dos compostos HMBOA e DIMBOA comparadas aos demais tratamentos (Figura 5) (estatística Anexo Tabela 2). O MBOA foi quantificado em maiores quantidades em plantas Indol + Herb quando comparadas com plantas Controle ($t = 2,17$, $gl = 28$; $P = 0,038$) (Figura 5).

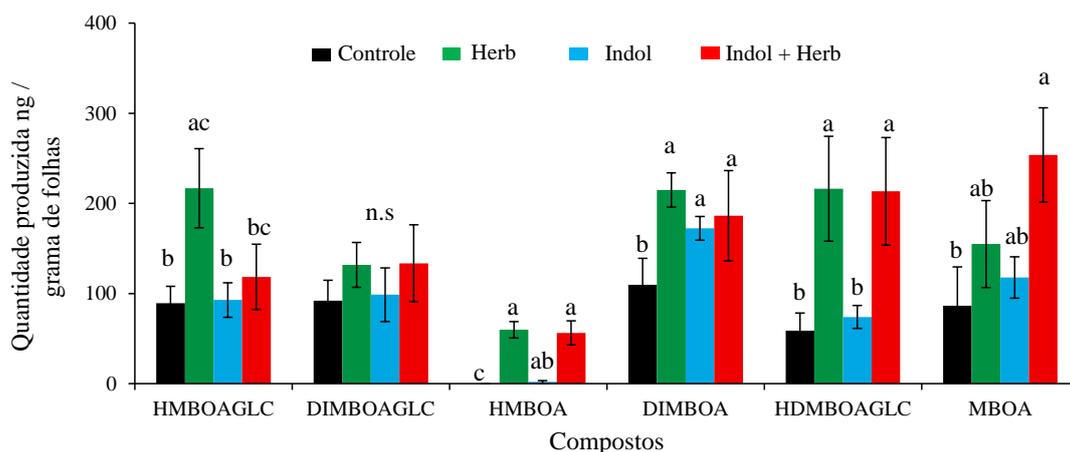
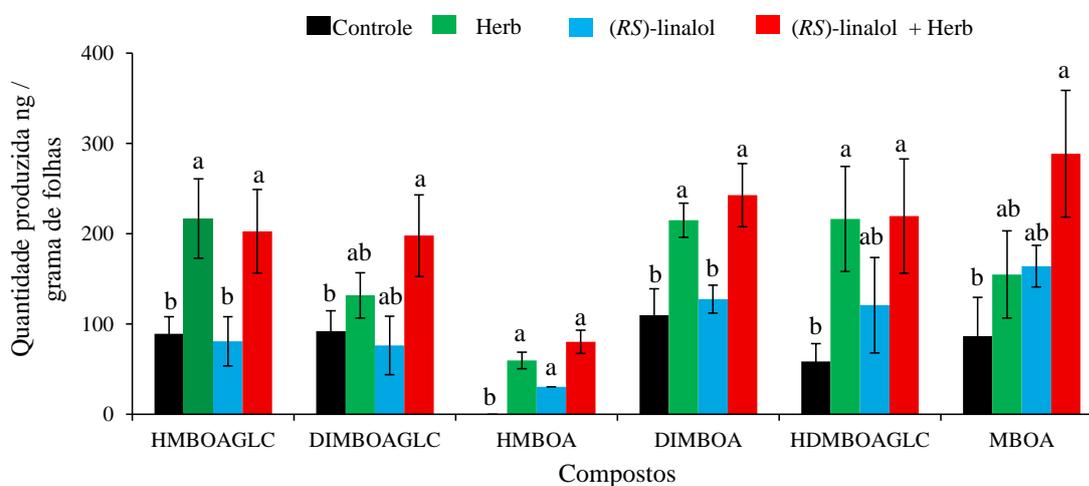


Figura 5. Quantidade média de benzoxazinoides (ng/g de folhas) em plantas de milho expostas ao composto indol submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: plantas submetidas à herbivoria provocada por fêmeas de *Dichelops melacanthus*; Indol: plantas expostas ao composto sintético; Indol + Herb: plantas expostas ao composto sintético + herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. n.s. = não significativo. (MLG, distribuição Gama e análise de contraste).

Fonte: Própria.

Quando se analisou os compostos individuais de plantas expostas ou não ao composto (*RS*)-linalol, foi observada diferença estatística para todos os compostos analisados: HMBOA-Glc ($X^2 = 14,155$, $gl = 3$, $p = 0,002$), DIMBOA-Glc ($X^2 = 7,850$, $gl = 3$, $p = 0,049$), HMBOA ($X^2 = 6659,6$, $gl = 3$, $p < 0,001$), DIMBOA ($X^2 = 17,402$, $gl = 3$, $p < 0,001$), HDMBOA-Glc ($X^2 = 10,977$, $gl = 3$, $p = 0,011$) e MBOA ($X^2 = 9,668$, $gl = 3$, $p = 0,021$) (Figura 6). As plantas (*RS*)-linalol+ Herb apresentaram níveis maiores dos compostos HDMBOA-Glc e DIMBOA comparado às plantas Controle (Figura 6) (estatística Anexo Tabela 3). Plantas Controle apresentaram níveis menores do composto HMBOA comparadas aos demais tratamentos (Figura 6) (estatística Anexo Tabela 3). O HDMBOA-Glc, o DIMBOA-Glc e o MBOA foram quantificados em maiores quantidades em plantas (*RS*) linalol + Herb quando comparadas com plantas Controle (Figura 6) (estatística Anexo Tabela 3).

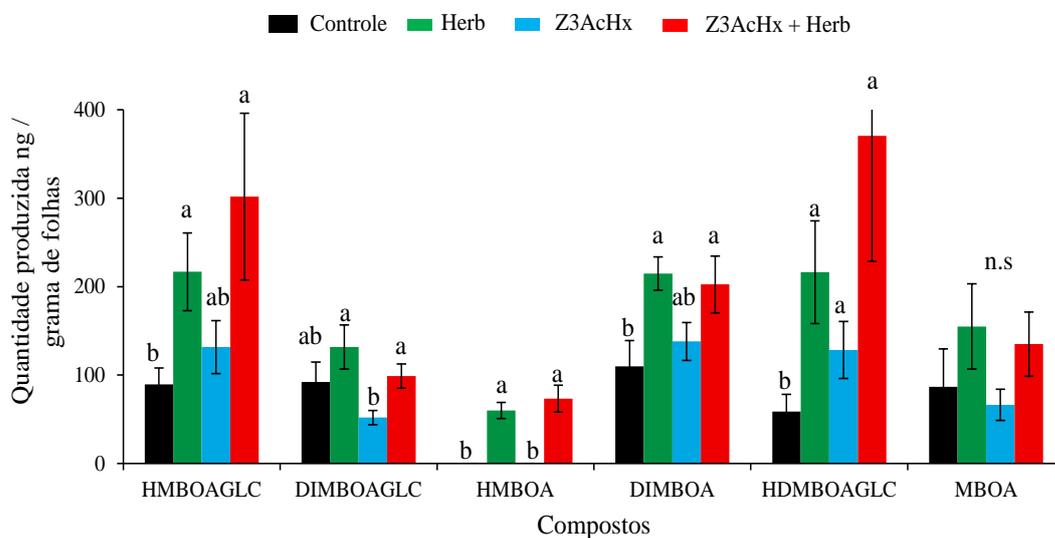
Figura 6. Quantidade média de benzoxazinoides (ng/g de folhas) em plantas de milho expostas ao composto (*RS*)-linalol e submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: plantas submetidas à herbivoria provocada por 2 fêmeas de *Dichelops melacanthus*; (*RS*)-linalol: plantas expostas ao composto sintético; (*RS*)-linalol + Herb: plantas expostas ao composto sintético + herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. (MLG, distribuição Gama e análise de contraste).



Fonte: Própria.

Ao analisar os compostos BXDs individuais das plantas expostas ou não ao composto acetato de (*Z*)-3-hexenila (*Z3AcHx*), constatou-se que houve diferença estatística para HMBOA-Glc ($X^2 = 17,569$, $gl = 3$, $p < 0,001$), DIMBOA-Glc ($X^2 = 12,571$, $gl = 3$, $p = 0,005$), HMBOA ($X^2 = 5187,8$, $gl = 3$, $p < 0,001$), DIMBOA ($X^2 = 12,255$, $gl = 3$, $p = 0,006$), HDMBOA-Glc ($X^2 = 16,504$, $gl = 3$, $p < 0,001$), exceto para MBOA ($X^2 = 4,727$, $gl = 3$, $p = 0,192$) (Figura 7). Plantas *Z3AcHx* + Herb produziram maiores quantidades de HMBOA comparada às plantas Controle e Plantas *Z3HAcHx*, mas produziram a mesma quantidade que plantas Herb (Figura 7) (estatística Anexo Tabela 4). Os compostos DIMBOA, HDMBOA-Glc e HMBOA-Glc foram quantificados em níveis mais baixos em plantas Controle comparadas às plantas Herb e *Z3AcHx* + Herb (Figura 7) (estatística Anexo Tabela 4). Plantas *Z3AcHx* tiveram a produção de DIMBOA-Glc suprimida quando comparadas com plantas Herb e *Z3AcHx* + Herb (Figura 7) (estatística Anexo Tabela 4).

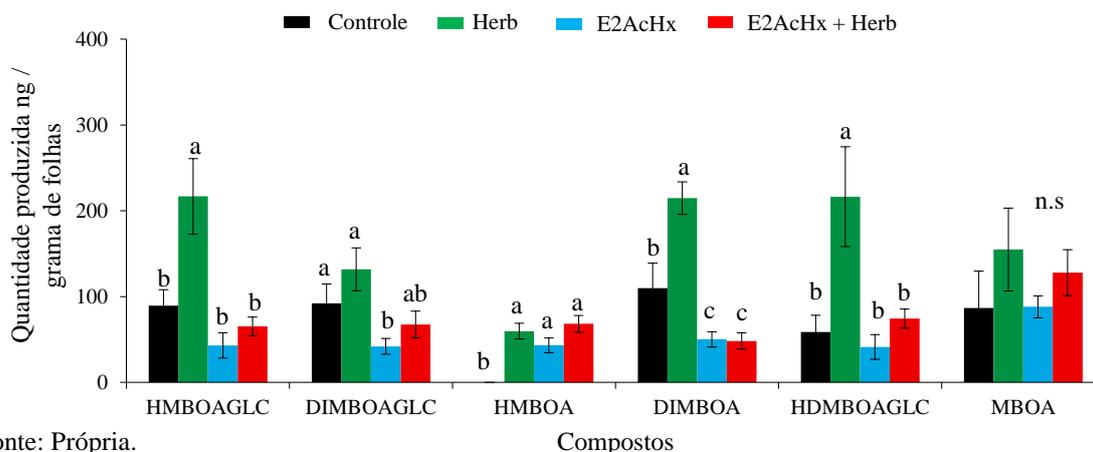
Figura 7. Quantidade média de benzoxazinoides (ng/g de folhas) em plantas de milho expostas ao composto acetato de (Z)-3-hexenila e submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: plantas submetidas à herbivoria provocada por fêmeas de *Dichelops melacanthus*; Z3AcHx: plantas expostas ao composto sintético; Z3AcHx + Herb: plantas expostas ao composto sintético + herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. n.s. = não significativo. (MLG, distribuição Gama e análise de contraste).



Fonte: Própria.

A análise MLG dos compostos BXDs individuais mostrou que houve diferença estatística para HMBOA-Glc ($X^2 = 29,001$, $gl = 3$, $p < 0,001$), DIMBOA-Glc ($X^2 = 15,196$, $gl = 3$, $p < 0,01$) HMBOA ($X^2 = 1644,4$, $gl = 3$, $p < 0,001$), DIMBOA ($X^2 = 41,09$, $gl = 3$, $p < 0,001$), HDMBOA-Glc ($X^2 = 25,417$, $gl = 3$, $p < 0,001$) exceto para o composto MBOA ($X^2 = 3,993$, $gl = 3$, $P = 0,262$) (Figura 8). Plantas Herb produziram maiores quantidades de HMBOA-Glc, DIMBOA e HDMBOA-Glc (Figura 8) comparadas aos demais tratamentos (estatística Anexo Tabela 5). Plantas E2AcHx e E2AcHx +Herb apresentaram níveis mais baixos do composto DIMBOA comparadas aos demais tratamentos (Figura 8) (estatística Anexo Tabela 5). O HMBOA foi quantificado em menores quantidades em plantas Controle quando comparadas aos demais tratamentos (Figura 8) (estatística Anexo Tabela 5).

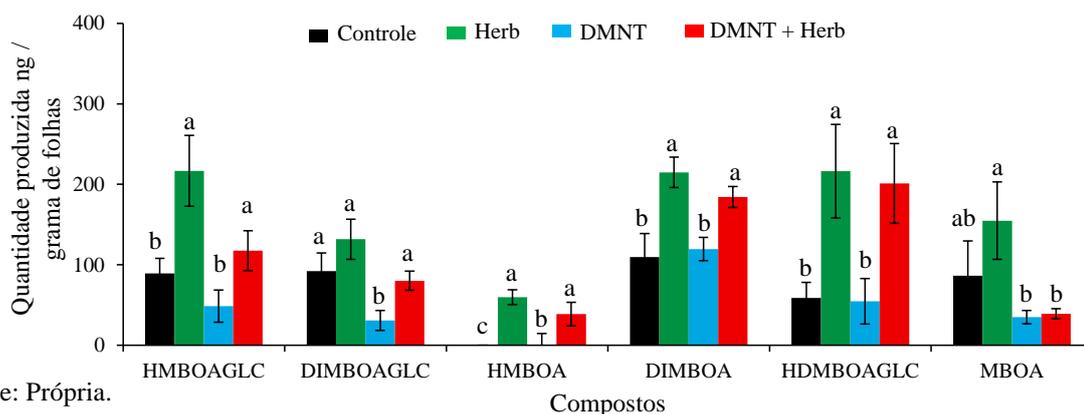
Figura 8. Quantidade média de benzoxazinoides (ng/grama de folhas) em plantas de milho expostas ao composto acetato de (*E*)-2-hexenila e submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: plantas submetidas à herbivoria provocada por fêmeas de *Dichelops melacanthus*; E2AcHx: plantas expostas ao composto sintético; E2AcHx + Herb: plantas expostas ao composto sintético + herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. n.s. = não significativo. (MLG, distribuição Gama e análise de contraste).



Fonte: Própria.

Quando se analisou os compostos individuais de plantas expostas ou não ao composto DMNT, constatou-se diferença estatística para todos os compostos analisados: HMBOA-Glc ($X^2 = 20,721$, $gl = 3$, $p < 0,001$), DIMBOA-Glc ($X^2 = 27,663$, $gl = 3$, $p < 0,001$), HMBOA ($X^2 = 2060,4$, $gl = 3$, $p < 0,001$), DIMBOA ($X^2 = 16,405$, $gl = 3$, $p < 0,001$), HDMBOA-Glc ($X^2 = 23,565$, $gl = 3$, $p < 0,001$) e MBOA ($X^2 = 15,662$, $gl = 3$, $p < 0,001$) (Figura 9). As plantas Herb e DMNT+Herb tiveram maior quantidade dos compostos HDMBOA-Glc, DIMBOA, HMBOA e HMBOA-Glc (Figura 9) (estatística anexo tabela 6). O DIMBOA-Glc foi quantificado em níveis mais baixos em plantas DMNT comparadas aos demais tratamentos (estatística anexo tabela 6). Plantas DMNT e DMNT +Herb apresentaram quantidades menores do composto MBOA comparadas às plantas Herb (Figura 9) (estatística Anexo Tabela 6).

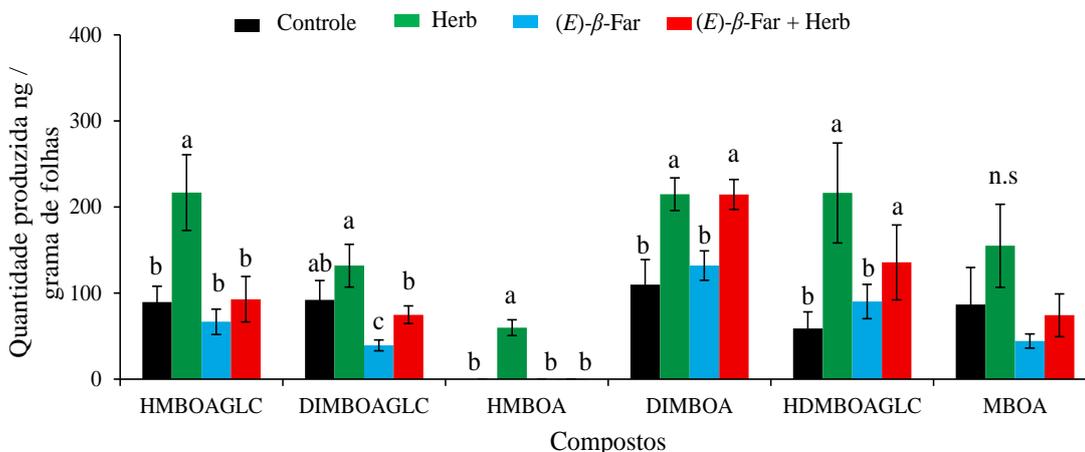
Figura 9. Quantidade média de benzoxazinoides produzidos ng/grama de folhas em plantas de milho expostas ao composto DMNT submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: plantas submetidas à herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*; DMNT: plantas expostas ao composto sintético; DMNT + Herb: plantas expostas ao composto sintético + herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada período não diferiram significativamente entre si. (MLG, distribuição Gamma e análise de contraste).



Fonte: Própria.

Quando se analisou os compostos individuais de plantas expostas ou não ao composto (*E*)- β -Farneseno, constatou-se diferença estatística para HMBOA-Glc ($X^2 = 17,993$, $gl = 3$, $p < 0,001$), DIMBOA-Glc ($X^2 = 20,074$, $gl = 3$, $p < 0,001$), HMBOA ($X^2 = 213,72$, $gl = 3$, $p < 0,001$), DIMBOA ($X^2 = 16,57$, $gl = 3$, $p < 0,001$), HDMBOA-Glc ($X^2 = 13,91$, $gl = 3$, $p = 0,003$), exceto para o composto MBOA ($X^2 = 7,42$, $gl = 3$, $p = 0,059$) (Figura 10). Os compostos HMBOA-Glc e HMBOA foram quantificados em níveis superiores em plantas Herb comparadas aos demais tratamentos (Figura 10) (estatística Anexo Tabela 7). Plantas Controle e E β Far apresentaram quantidades menores de DIMBOA e HDMBOA-Glc comparadas às plantas Herb e E β Far + herb (Figura 10) (estatística Anexo Tabela 7). O DIMBOA-Glc foi suprimido em plantas E β Far comparadas aos demais tratamentos (Figura 10) (estatística Anexo Tabela 7).

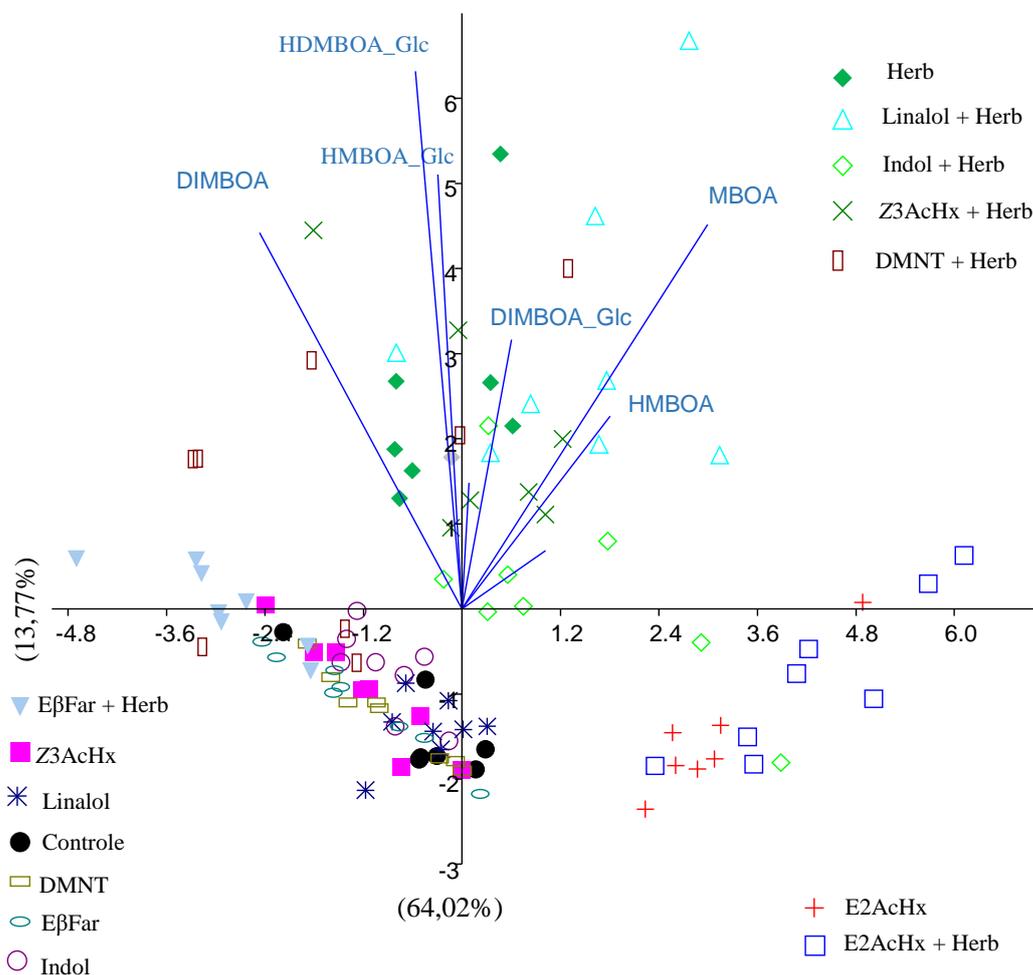
Figura 10. Quantidade média de benzoxazinoides (ng/grama de folhas) em plantas de milho expostas ao composto (*E*)- β -farneseno e submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: plantas submetidas à herbivoria provocada por fêmeas de *Dichelops melacanthus*; E β Far: plantas expostas ao composto sintético; E β Far + Herb: plantas expostas ao composto sintético + herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*. Médias seguidas pela mesma letra não diferiram significativamente entre si. ns = não significativo. (MLG, distribuição Gama e análise de contraste).



Fonte: Própria.

Para avaliar a influência de cada um dos BXDs nos tratamentos foi aplicada uma análise multivariada, a análise de componentes principais (ACP), comparando todos os tratamentos. A ACP mostrou uma separação das plantas com injúria de herbivoria do percevejo expostas ou não aos VPIHs dos outros tratamentos, exceto para plantas submetidas ao composto (*E*)-2-acetato de hexenila que não separaram das plantas não injuriadas e das plantas E β Far + herb que ficaram agrupadas com a planta sem herbivoria. Os dois primeiros componentes da ACP explicaram mais de 77% da variabilidade dos dados (Figura 11).

Figura 11. Análise de componentes principais (ACP) indicando as diferenças na composição de benzoxazinoides em plantas de milho submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas sem injúria; Herb: plantas submetidas à herbivoria provocada por fêmeas de *Dichelops melacanthus*; Nome do composto: plantas expostas ao composto sintético; Nome do composto + herb: plantas expostas ao composto sintético + herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*. Compostos: Z3AcHx: acetato de (Z)-3-hexenila; E2AcHx: acetato de (Z)-2-hexenila; DMNT: (E)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno; EβFar: (E)-β-farneseno.



Fonte: Própria.

3.2 Aspectos biológicos de *D. melacanthus*

O tempo mediano de sobrevivência (TMS) corresponde ao momento em que 50% da população estaria morta. Os valores de TMS estimados pela análise de sobrevivência de Kaplan-Meier foram de 23 dias, para fêmeas de *D. melacanthus* que se alimentaram em plantas não expostas aos VPIHs e de 17, 20, 19, 19, 17 e 16 dias, para plantas expostas aos VPIHs indol, (*RS*)-linalol, acetato de (Z)-3-hexenila, acetato de (E)-2-hexenila, (E)-β-farneseno e DMNT, respectivamente (Tabela 1). Pela sobreposição dos intervalos de confiança deste

parâmetro, não há indicação de diferença entre os tratamentos. Além disso, considerando o período completo do experimento (50 dias), observa-se que houve diferença entre os tratamentos nas curvas de sobrevivência de fêmeas de *D. melacanthus* somente quando a comparação foi feita entre fêmeas que se alimentaram em plantas expostas ao (*E*)- β -farneseno, em relação às que se alimentaram de plantas não expostas, pelo teste Log-Rank ($X^2=5,2$; $P=0,02$) (Tabela 1; Figura 12).

Tabela 1. Sobrevivência (mediana), em dias, de fêmeas de *Dichelops melacanthus* ao longo de 50 dias de vida alimentadas em plantas expostas a compostos voláteis sintéticos. Valores de p foram associados à comparação das curvas de sobrevivência pelo teste Log-Rank.

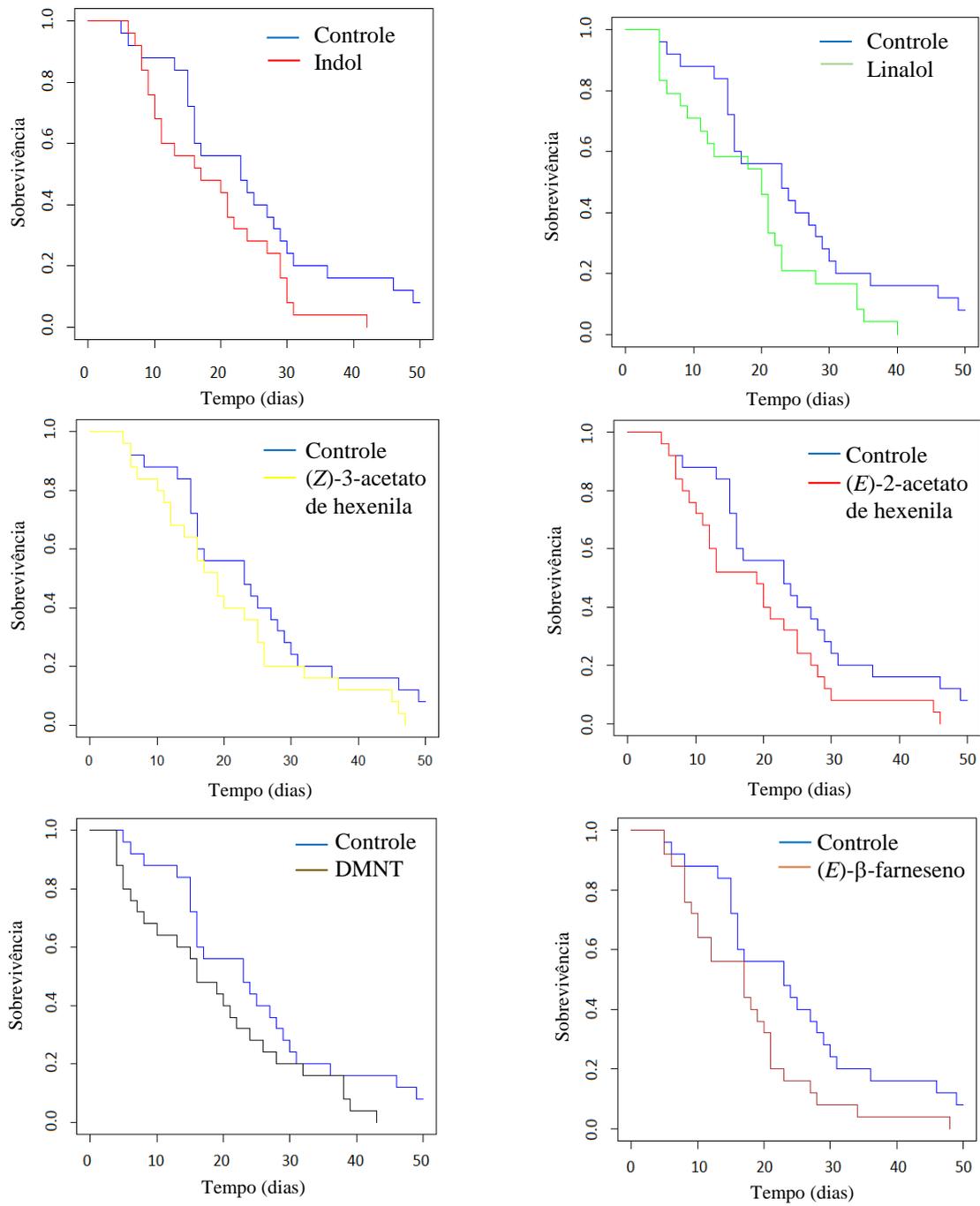
Tratamentos	Mediana (TMS) ¹	Teste Log-Rank ²		
Controle ³	23 (16-30)			
Indol	17 (11-27)	Controle	Indol	$p = 0,07$
(<i>RS</i>)-linalol	20 (12-23)	Controle	(<i>RS</i>)-linalol	$p = 0,06$
Acetato de (<i>Z</i>)-3-hexenila	19 (14-26)	Controle	Acetato de (<i>Z</i>)-3-hexenila	$p = 0,2$
Acetato de (<i>E</i>)-2-hexenila	19 (12-25)	Controle	Acetato de (<i>E</i>)-2-hexenila	$p = 0,06$
(<i>E</i>)- β -farneseno	17 (10-21)	Controle	(<i>E</i>)- β -farneseno	$p = 0,02$
DMNT	16 (10-26)	Controle	DMNT	$p = 0,1$

¹Tempo mediano de sobrevivência e intervalos de confiança ($\alpha=0,05$), estimados pelo método de Kaplan-Meier.

²Valores de p associados à comparação pareada das curvas de sobrevivência de *D. melacanthus* entre plantas expostas ou não aos VPIHs, pelo χ^2 do teste de Log-Rank.

³Plantas de milho não expostas ao VPIHs.

Figura 12. Curva de sobrevivência de adultos de *Dichelops melacanthus* (fêmeas) ao longo de 50 dias de alimentação com plantas de milho sadias (Controle) e plantas expostas aos compostos voláteis sintéticos.



Fonte: Própria.

Para machos de *D. melacanthus*, os valores de TMS estimados pela análise de sobrevivência de Kaplan-Meier foram de 16, 15, 19,5, 18, 17, 23 e 20 dias, respectivamente, para insetos que se alimentaram em plantas não expostas aos VPIHs e em plantas expostas aos compostos indol, (*RS*)-linalol, acetato de (*Z*)-3-hexenila, acetato de (*E*)-2-hexenila, (*E*)- β -farneseno e DMNT (Tabela 2). Pela sobreposição dos intervalos de confiança deste parâmetro, não há indicação de diferença entre os tratamentos que mostre qual deles é menos favorável ao percevejo. Na comparação de curvas, considerando o período completo do experimento (50 dias), observa-se que não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 2; Figura 13).

Tabela 2. Sobrevivência (mediana), em dias, de machos de *Dichelops melacanthus* ao longo de 50 dias de vida alimentadas em plantas expostas a compostos voláteis sintéticos. Valores de *p* foram associados à comparação das curvas de sobrevivência pelo teste Log-Rank.

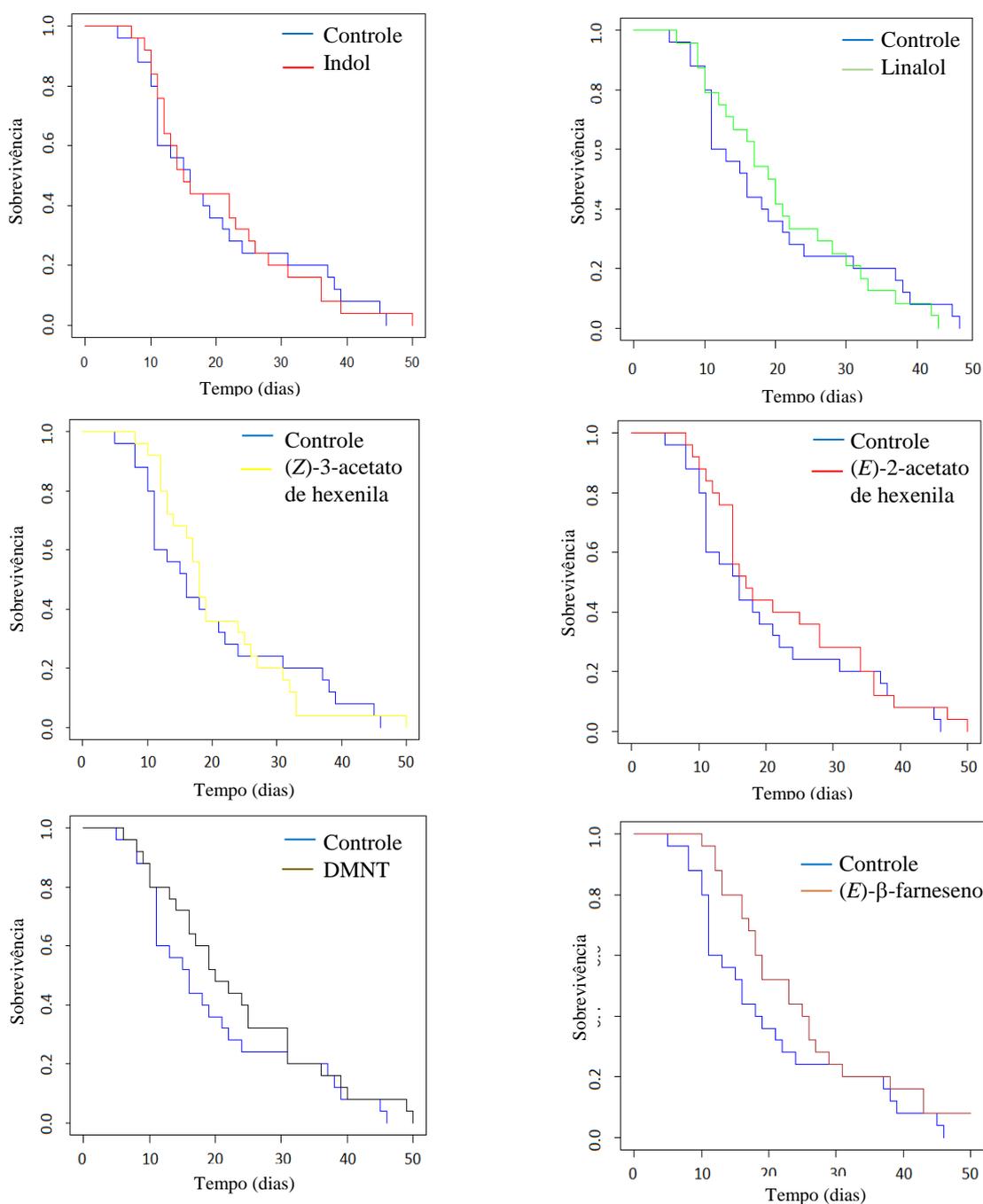
Tratamentos	Mediana (TMS) ²	Teste Log-Rank		
Controle ³	16 (11-24)			
Indol	15 (12-26)	Controle	Indol	<i>p</i> =0,9
(<i>RS</i>)-linalol	19,5 (16-28)	Controle	(<i>RS</i>)-linalol	<i>p</i> =0,9
Acetato de (<i>Z</i>)-3-hexenila	18 (16-26)	Controle	Acetato de (<i>Z</i>)-3-hexenila	<i>p</i> =0,8
Acetato de (<i>E</i>)-2-hexenila	17 (15-34)	Controle	Acetato de (<i>E</i>)-2-hexenila	<i>p</i> =0,4
(<i>E</i>)- β -farneseno	23 (18-29)	Controle	(<i>E</i>)- β -farneseno	<i>p</i> =0,1
DMNT	20 (16-31)	Controle	DMNT	<i>p</i> =0,3

¹ Tempo mediano de sobrevivência e intervalos de confiança ($\alpha=0,05$), estimados pelo método de Kaplan-Meier.

²Valores de *p* associados à comparação pareada das curvas de sobrevivência de *D. melacanthus* entre plantas expostas ou não aos VPIHs, pelo χ^2 do teste de Log-Rank.

³Plantas de milho não expostas aos VPIHs.

Figura 13. Curva de sobrevivência de adultos de *Dichelops melacanthus* (machos) ao longo de 50 dias de alimentação com plantas de milho expostas aos compostos voláteis sintéticos.

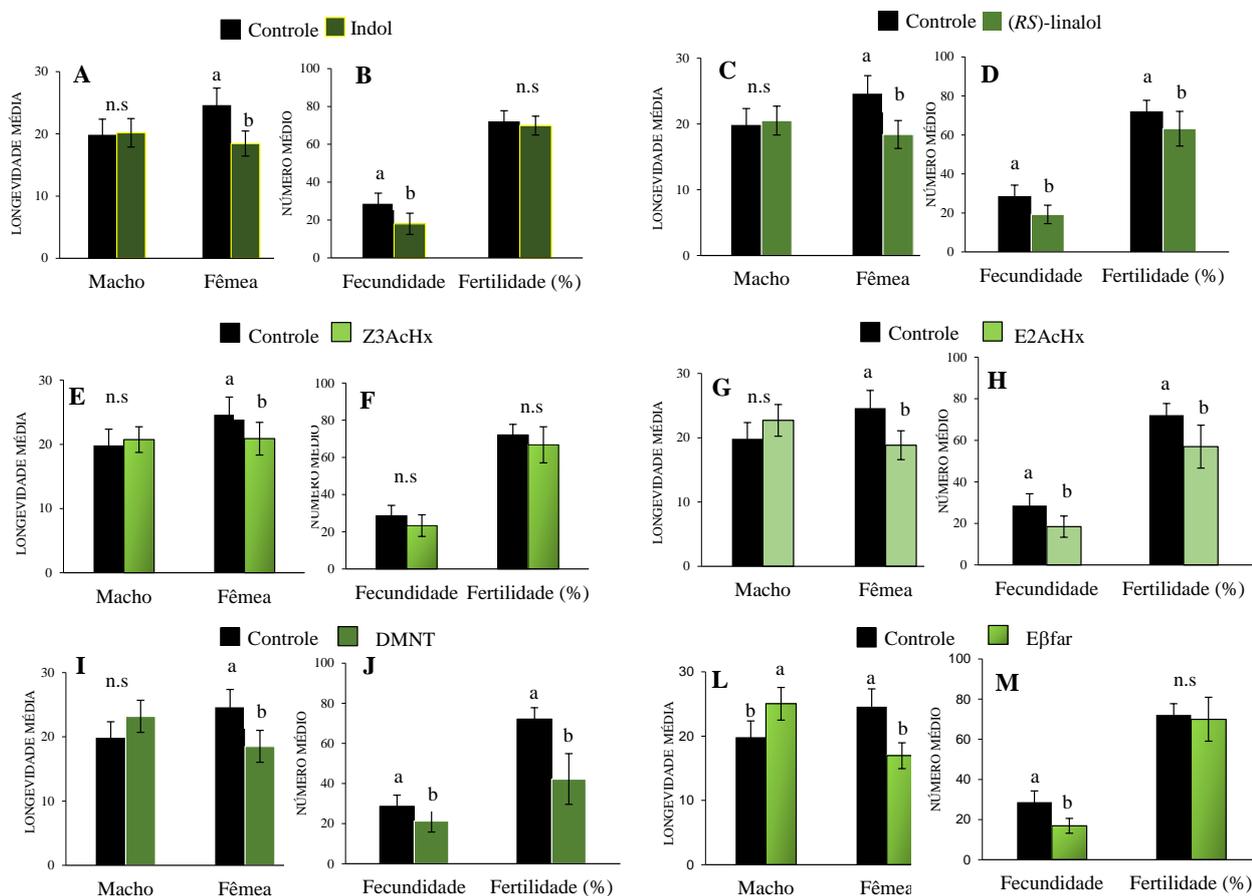


Fonte: Própria.

A longevidade de machos não foi afetada pela exposição de plantas de milho ao indol ($X^2 = 3,436$, $gl = 1$, $p = 0,065$); (*RS*)-linalol ($X^2 = 0,630$, $gl = 1$, $p = 0,427$); acetato de (*Z*)-3-hexenila ($X^2 = 1,266$, $gl = 1$, $p = 0,260$); acetato de (*E*)-2- de hexenila ($X^2 = 0,614$; $gl = 1$; $p = 0,804$) e DMNT ($X^2 = 0,3176$; $gl = 1$; $p = 0,573$), mas em plantas expostas ao (*E*)-β-farneseno

a longevidade foi maior ($X^2 = 4,946$; $gl = 1$; $p = 0,026$), sugerindo favorecer esse aspecto biológico em machos de *D. melacanthus* (Figuras 14 A, C, E, G, I, L). No entanto, todos os compostos afetaram significativamente a longevidade das fêmeas ((indol $X^2 = 30,814$; $gl = 1$; $p < 0,001$; (*RS*)-linalol $X^2 = 17,727$; $gl = 1$; $p < 0,001$; acetato de (*Z*)-3- hexenila ($X^2 = 6,941$; $gl = 1$; $p < 0,008$); acetato de (*E*)-2- de hexenila ($X^2 = 6,941$; $gl = 1$; $p < 0,008$); DMNT ($X^2 = 17,067$; $gl = 1$; $p < 0,001$) e (*E*)- β -farneseno ($X^2 = 31,279$; $gl = 1$; $p < 0,001$) (Figuras 14 A, C, E, G, I, L). Fêmeas alimentadas em plantas tratadas com acetato de (*Z*)-3-hexenila ($X^2 = 0,062$; $gl = 1$; $P = 0,802$) não apresentaram diferença significativa na fecundidade quando comparadas com as fêmeas alimentadas nas plantas controle (Figuras 14 F, M). Já as plantas tratadas com os outros compostos, a fecundidade das fêmeas foi negativamente afetada produzindo significativamente menos ovos comparado às fêmeas que se alimentaram nas plantas controle (indol ($X^2 = 10,122$; $gl = 1$; $p < 0,001$); (*RS*)-linalol ($X^2 = 4,488$; $gl = 1$; $p = 0,034$; acetato de (*E*)-2- de hexenila ($X^2 = 25,715$; $gl = 1$; $p < 0,001$); DMNT ($X^2 = 25,715$; $gl = 1$; $p < 0,001$) (Figuras 14 B, D, H, J). Quando se avaliou a fertilidade, não houve diferença significativa no número de ninfas para fêmeas alimentadas nas plantas tratadas com os compostos indol ($X^2 = 0,630$; $gl = 1$; $p = 0,427$), acetato de (*Z*)-3- de hexenila ($X^2 = 3,083$; $gl = 1$; $p = 0,079$) e (*E*)- β -farneseno ($X^2 = 0,418$; $gl = 1$; $p = 0,517$) em relação ao número de ninfas provenientes das posturas de fêmeas alimentadas nas plantas sem exposição aos compostos (Controle) (Figuras 14 B, F, M). Já as fêmeas alimentadas nas plantas expostas aos compostos (*RS*)-linalol ($X^2 = 6,941$; $gl = 1$; $p = 0,008$), acetato de (*E*)-2- de hexenila ($X^2 = 47,632$; $gl = 1$; $p < 0,001$) e DMNT ($X^2 = 9,966$; $gl = 1$; $p = 0,001$), produziram um menor número de ninfas quando comparado às fêmeas que se alimentaram nas plantas não expostas aos compostos (Figuras 14 D, H, J).

Figura 14. Aspectos biológicos de *Dichelops melacanthus* alimentados em plantas de milho submetidas a diferentes tratamentos. Controle: plantas não expostas aos compostos sintéticos; Plantas expostas aos compostos: Z3AcHx: acetato de (Z)-3-hexenila; E2AcHx: acetato de (Z)-2-hexenila; DMNT: (E)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno; Eβfar: (E)-β-farneseno. Barras da variável seguidas pela mesma letra não diferiram significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Fonte: Própria.

4 DISCUSSÃO

Como uma classe de metabólitos especializados relacionados à defesa, os BXDs são constitutivamente produzidos pelas plantas de milho, mesmo na ausência de ameaça iminente. No entanto, foi demonstrado que a herbivoria pode induzir maior produção desses compostos (KÖHLER et al., 2015; TZIN et al., 2017); como encontrado aqui, foi observado que plantas com injúria de *D. melacanthus*, expostas ou não aos VPIHs, produziram maior quantidade total de BXDs em plantas expostas aos compostos (RS)-linalol, acetato de (Z)-3-hexenila e indol.

Constatou-se também que a aplicação exógena de (*E*)-2-acetato de hexenila, (*E*)- β -farneseno e DMNT ocasionou uma redução da quantidade total dos BXDs para o tratamento VPIHs, isso pode ter ocorrido devido ao estresse abiótico causado pela exposição das plantas a esses compostos. Há relatos na literatura que sugerem que diversos estresses como temperatura, seca, deficiência de nitrogênio, fotoperíodo, intensidade da luz e radiação ultravioleta podem regular a produção de benzoxazinoides na planta (NIEMEYER, 2009).

Alterações dinâmicas no conteúdo dos BXDs foram observadas; plantas não expostas aos VPIHs que posteriormente receberam a herbivoria foram induzidas a produzir maiores níveis de DIMBOA, HMBOA-glc, HMBOA, e HDMBOA-glc. Oikawa et al. (2004) obtiveram resultados semelhantes ao inocularem fungos e infestarem plantas de milho com *Mythimna separata*. Foi verificado que houve indução do composto HDMBOA-glc, no entanto, constataram também que houve diminuição nos níveis de DIMBOA-glc. A alteração nos níveis desses compostos pode afetar diretamente os organismos envolvidos no sistema, tanto o percevejo estudado aqui, como outros herbívoros que atacam o milho. Alguns herbívoros, como *Spodoptera frugiperda*, conseguem detoxificar os BXDs (MAAG et al., 2014) e estes não possuem efeito deletério na biologia da espécie. Contudo, há pesquisas que mostram que o composto DIMBOA é eficaz contra insetos sugadores, como o pulgão (AHMAD et al., 2011; MEIHLS et al., 2013), e quando adicionado a dietas artificiais reduz a sobrevivência, a reprodução e a alimentação dos pulgões (CAMBIER et al., 2000). Além disso, plantas de trigo tratadas com ácido jasmônico apresentam concentrações elevadas de DIMBOA, inibindo o desenvolvimento do sugador *Sitobion avenae* (YIN et al., 2005).

A exposição de plantas de milho aos compostos (*E*)-2-acetato de hexenila, (*E*)- β -farneseno e DMNT ocasionou a supressão do composto DIMBOA-glc, o principal benzoxazinoide em partes aéreas do milho (CAMBIER et al., 2000). Esses três compostos têm estruturas químicas bem diferentes e rotas metabólicas distintas. O primeiro é produzido na rota metabólica das lipoxigenases e os outros dois são de origem terpênica. Assim, não agiram diretamente na rota de biossíntese de produção dos BXDs que é a rota do ácido chiquímico. É interessante notar que esses três compostos também suprimiram a produção de COVs pela planta de milho (Capítulo II), de forma a ter um efeito de “desligamento” das principais vias dos metabólitos secundários. Resultados semelhantes foram encontrados por Oikawa et al. (2001; 2002) quando trataram plantas de milho e trigo com ácido jasmônico. Foi observado uma diminuição nos níveis de DIMBOA-Glc e um aumento correspondente em HDMBOA-Glc, onde foi detectada a atividade de S-adenosil-l-metionina: DIMBOA-Glc 4-

Ometiltransferase que catalisa a conversão de DIMBOA-Glc em HDMBOA-Glc, sugerindo a conversão do DIMBOA-Glc em HDMBOA-Glc por metilação.

Quando se avaliou a produção total de BXDs das plantas de milho expostas ao (*RS*)-linalol, acetato de (*Z*)-3-hexenila e indol não se observou um aumento significativo dos benzoxazinoides, mostrando que os compostos por si só não afetam sua produção, nem quando se comparou as plantas expostas aos VPIHs e na sequência submetidas à herbivoria, o que mostra que há indução da produção, mas não ocorre o efeito do estado de alerta. O aumento observado se deve somente a indução provocada pela herbivoria dos insetos. No entanto, quando se avaliou os BXDs individualmente, houve indução do DIMBOA em plantas expostas ao indol e do HDMBOA-Glc nas plantas expostas ao acetato de (*Z*)-3-hexenila.

Ao tratar as plantas com alguns compostos, como o (*E*)- β -farneseno, houve um efeito negativo na sobrevivência, na longevidade e na fecundidade das fêmeas comparando os mesmos parâmetros nas plantas controle, que não receberam o composto. Esse composto, no geral, suprimiu a produção dos BXDs, e particularmente do composto DIMBOA-Glc com 96 h de herbivoria. Nossos resultados indicam que os efeitos observados na sobrevivência, na longevidade e na reprodução das fêmeas podem não estar relacionados diretamente com os níveis de BXDs nas plantas de milho, mas com a exposição aos VPIHs, afetando a reprodução das fêmeas de *D. melacanthus*. Os resultados obtidos neste capítulo e também no Capítulo II sugerem que o sesquiterpeno (*E*)- β -farneseno tem um efeito negativo no desenvolvimento das fêmeas do percevejo *D. melacanthus*, uma vez que elas não preferiram as plantas expostas a este composto no olfatômetro em Y (Capítulo II), e também apresentaram menor sobrevivência nas plantas expostas a esse composto. Apesar de as plantas terem sido deixadas descansar por 24 h antes do início dos experimentos, para justamente tentar evitar a influência residual dos COVs nos insetos, pelos resultados obtidos, no caso do (*E*)- β -farneseno, esse tempo não foi suficiente, e esse composto parece realmente afetar o percevejo. Mais estudos estão sendo conduzidos para avaliar o efeito desse sesquiterpeno sobre o percevejo *D. melacanthus*.

O percevejo *D. melacanthus* alimenta-se principalmente do xilema nas plantas de milho, usando essa planta como fonte para se manter hidratado, até que ocorra a presença das plantas hospedeiras preferenciais, como a soja. Apesar de não se ter observado uma relação direta dos benzoxazinoides com o efeito negativo das plantas de milho no desenvolvimento de *D. melacanthus*, ainda não se pode afirmar que estes compostos não estão relacionados com o baixo desempenho observado nos percevejos. Estudos prévios mostraram que ninfas de *D. melacanthus* não sobrevivem nas plântulas de milho (SMANIOTTO, 2015). Smaniotto (2015) também mostrou que adultos (machos e fêmeas) tem baixo desempenho em plântulas de milho,

com uma longevidade média de $14,6 \pm 2,07$ dias para as fêmeas e $19,8 \pm 2,33$ para os machos. Esses valores são inferiores aos obtidos neste capítulo, onde para fêmeas foi de $27 \pm 3,92$ dias e machos, $4,68 \pm 3,25$ dias. No trabalho conduzido por Samniotto (2015), a alimentação dos percevejos *D. melacanthus* foi em plântulas de milho com 20 cm de altura, e houve efeito significativo na reprodução das fêmeas e não foi observada nenhuma oviposição. Em ambos os trabalhos, os percevejos foram mantidos de forma muito similar usando uma dieta natural composta de vagem de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e frutos de ligustro (*Ligustrum lucidum* Ait.) mantidos em câmara de criação a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 10\%$ U.R. e fotofase de 14 h, e o tempo de desenvolvimento e o tamanho das plantas utilizadas foi aproximadamente o mesmo. Assim, as diferenças observadas nos dois trabalhos podem estar relacionadas às diferentes variedades de milho, que podem ter efeitos distintos em *D. melacanthus*. Observou-se ainda que os machos de *D. melacanthus* não foram afetados pelos tratamentos, não mostrando nenhum efeito negativo na sobrevivência e longevidade. Durante os experimentos, tanto machos quanto fêmeas ficavam de cabeça para baixo no caule da planta na posição típica de alimentação (PANIZZI; LUCINI, 2019), indicando que ambos se alimentaram das plantas. As diferenças observadas no desenvolvimento de machos e fêmeas podem estar relacionadas com a maior necessidade energética das fêmeas.

A aplicação exógena de indutores químicos pode promover alterações tanto no perfil de COVs quanto na composição dos compostos não voláteis, como os benzoxazinoides. Ainda não se tem a compreensão completa dos mecanismos moleculares adjacentes às alterações no perfil químico da planta e as consequências ecológicas envolvidas neste processo. Do ponto de vista da planta, as respostas induzidas tendem a ser menos custosas se os herbívoros forem sensíveis a características das plantas antes de serem atacadas, por exemplo, por um fator de repelência. Essas respostas podem ocorrer antes de os herbívoros entrarem em contato com a planta hospedeira. Por exemplo, as plantas emitem diferentes COVs dependendo das condições de estresse a que forem submetidas, tais como a herbivoria, a aplicação exógena de elicitores químicos e a temperatura, e os herbívoros usam esses perfis de voláteis como pistas para escolher locais para oviposição (DE MORAES et al., 2001). Portanto, estudos posteriores com testes de preferência (com e sem escolha) devem ser feitos para verificar se as fêmeas de *D. melacanthus* tem seu comportamento afetado pela mistura volátil emitida por plantas expostas aos VPIHs são necessários.

5. CONCLUSÕES

A herbivoria de *D. melacanthus* aumenta as concentrações de benzoxazinoides em plantas de milho “genótipo SS”. Há uma alteração no conteúdo dos benzoxazinoides em plantas expostas aos compostos voláteis sintéticos acetato de (*E*)-2-hexenila, (*E*)- β -farneseno e DMNT, reduzindo aproximadamente 50% da quantidade produzida, sendo o DIMBOA-Glc o composto mais suprimido. Os benzoxazinoides não estão diretamente relacionados com a defesa direta das plantas de milho contra o herbívoro *D. melacanthus*, mas a exposição das plantas aos VPIHs afeta negativamente o desenvolvimento desse percevejo.

ANEXO - CAPÍTULO III

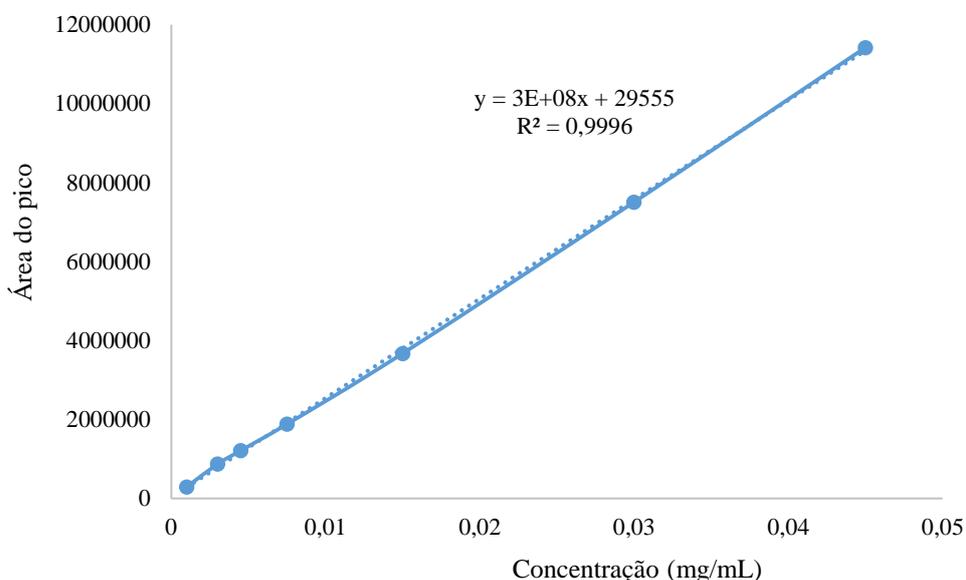


Figura 1. Curva de calibração com soluções sintéticas do composto MBOA.

Tabela 1. Análise estatística da quantidade total de benzoxazinoides produzidos ng / grama de folhas em plantas de milho submetidas a diferentes tratamentos: Controle (C): plantas sem injúria; Herb (H): plantas submetidas a herbivoria provocada por fêmeas de *D. Melacanthus*; V: plantas expostas ao composto sintético Indol; (RS)-Linalol; acetato de (Z)-3-hexenila (Z3AcHx); acetato de (E)-2-hexenila (E2AcHx); DMNT e (E)-β-farneseno ((E)-β-farn)); V+H: plantas expostas ao composto sintético + herbivoria provocada por fêmeas de *D. melacanthus*.

VPIHs	Contrastes						
	ANODEV	C vs H	C vs V	C vs (V+H)	H vs V	H vs (V+H)	V vs (V +H)
Indol	$X^2= 11,483$, $p= 0,009$	$t= 2,38$, $p= 0,024$	$t= 0,16$, $p= 0,874$	$t= 2,29$, $p= 0,030$	$t= -2,25$, $p= 0,032$	$t= -0,15$, $p= 0,879$	$t= 2,16$, $p= 0,040$
(RS)-linalol	$X^2= 17,699$, $p < 0,001$	$t= 2,50$, $p= 0,018$	$t= 0,60$, $p= 0,555$	$t= 3,22$, $p= 0,003$	$t= -2,00$, $p= 0,045$	$t= 0,88$, $p= 0,388$	$t= 2,79$, $p= 0,009$
Z3AcHx	$X^2= 21,391$, $p < 0,001$	$t= 2,55$, $p= 0,016$	$t= 0,18$, $p= 0,860$	$t= 3,16$, $p= 0,003$	$t= -2,69$, $p= 0,012$	$t= 0,72$, $p= 0,476$	$t= 3,29$, $p= 0,002$
E2AcHx	$X^2= 30,395$, $p < 0,001$	$t= 2,72$, $p= 0,011$	$t= -2,38$, $p= 0,024$	$t= -0,82$, $p= 0,418$	$t= -4,19$, $p < 0,001$	$t= -3,34$, $p= 0,002$	$t= 1,07$, $p= 0,101$
DMNT	$X^2= 32,528$, $p < 0,001$	$t= 2,70$, $p= 0,011$	$t= -2,74$, $p= 0,010$	$t= 0,98$, $p= 0,334$	$t= -4,57$, $p < 0,001$	$t= -1,86$, $p= 0,073$	$t= 3,47$, $p= 0,001$
(E)-β-farn	$X^2= 25,154$, $p < 0,001$	$t= 2,91$, $p= 0,007$	$t= -1,83$, $p= 0,078$	$t= 0,50$, $p= 0,621$	$t= -4,23$, $p < 0,001$	$t= -2,50$, $p= 0,018$	$t= 2,28$, $p= 0,030$

Tabela 2. Análise estatística de compostos benzoxazinoides liberados de plantas de milho expostas ao indol e submetidas a diferentes tratamentos Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de variância (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. C: controle; H: herbivoria de *Dichelops melacanthus*; I: indol; IH: indol + herbivoria de *D. melacanthus*.

Indol		CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs I	C vs IH	H vs I	H vs IH	I vs IH
HMBOA-Glc	$X^2=12,058$, $p=0,007$	$t=2,61$, $p=0,014$	$t=0,52$, $p=0,605$	$t=1,23$, $p=0,227$	$t=-2,28$, $p=0,030$	$t=-1,73$, $p=0,095$	$t=0,74$, $p=0,464$
DIMBOA-Glc	$X^2=2,561$, $p=0,464$	-	-	-	-	-	-
HMBOA	$X^2=243,85$, $p<0,001$	$t=2,57$, $p=0,022$	$t=2,33$, $p=0,022$	$t=2,19$, $p=0,022$	$t=-2,34$, $p=0,026$	$t=-0,10$, $p=0,920$	$t=2,33$, $p=0,027$
DIMBOA	$X^2=8,771$, $p=0,032$	$t=1,88$, $p=0,015$	$t=-11,59$, $p=0,027$	$t=1,55$, $p=0,037$	$t=-0,78$, $p=0,439$	$t=-0,51$, $p=0,613$	$t=0,28$, $p=0,781$
HDMBOA-Glc	$X^2=22,61$, $p<0,001$	$t=2,89$, $p<0,001$	$t=0,92$, $p=0,365$	$t=2,87$, $p<0,001$	$t=-2,45$, $p=0,020$	$t=-0,04$, $p=0,969$	$t=2,43$, $p=0,022$
MBOA	$X^2=7,97$, $p=0,046$	$t=1,48$, $p=0,149$	$t=0,97$, $p=0,339$	$t=2,17$, $p=0,038$	$t=-0,61$, $p=0,544$	$t=1,08$, $p=0,291$	$t=1,57$, $p=0,127$

Tabela 3. Análise estatística de compostos benzoxazinoides liberados de plantas de milho expostas ao (RS)-linalol e submetidas a diferentes tratamentos Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de variância (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. C: controle; H: herbivoria de *Dichelops melacanthus*; L: (RS)-linalol; LH: (RS)-linalol + herbivoria de *D. melacanthus*.

(RS)-linalol		CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs L	C vs LH	H vs L	H vs LH	L vs LH
HMBOA-Glc	$X^2=14,155$, $p=0,002$	$t=2,77$, $p=0,009$	$t=1,19$, $p=0,244$	$t=2,64$, $p=0,013$	$t=-1,93$, $p=0,063$	$t=-0,22$, $p=0,048$	$t=1,76$, $p=0,089$
DIMBOA-Glc	$X^2=7,850$, $p=0,049$	$t=1,48$, $p=0,150$	$t=1,46$, $p=0,155$	$t=2,45$, $p=0,020$	$t=-0,02$, $p=0,982$	$t=1,24$, $p=0,225$	$t=1,26$, $p=0,217$
HMBOA	$X^2=6659,6$, $p<0,001$	$t=9,66$, $p<0,001$	$t=8,65$, $p<0,001$	$t=9,66$, $p<0,001$	$t=-9,66$, $p<0,001$	$t=1,98$, $p=0,057$	$t=9,66$, $p<0,001$
DIMBOA	$X^2=17,402$, $p<0,001$	$t=2,98$, $p=0,005$	$t=1,61$, $p=0,118$	$t=3,31$, $p=0,002$	$t=-1,64$, $p=0,041$	$t=0,51$, $p=0,615$	$t=2,08$, $p=0,046$
HDMBOA-Glc	$X^2=10,97$, $p=0,011$	$t=2,23$, $p=0,034$	$t=1,44$, $p=0,160$	$t=2,24$, $p=0,033$	$t=-1,31$, $p=0,200$	$t=0,03$, $p=0,975$	$t=1,34$, $p=0,192$
MBOA	$X^2=9,66$, $p=0,021$	$t=1,45$, $p=0,157$	$t=0,92$, $p=0,364$	$t=2,26$, $p=0,031$	$t=-0,63$, $p=0,531$	$t=1,29$, $p=0,206$	$t=1,76$, $p=0,089$

Tabela 4. Análise estatística de compostos benzoxazinoides liberados de plantas de milho expostas ao acetato de (Z)-3-hexenila e submetidas a diferentes tratamentos. Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de variância (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. C: controle; H: herbivoria de *Dichelops melacanthus*; Z: acetato de (Z)-3-hexenila; ZH: acetato de (Z)-3-hexenila + herbivoria de *D. melacanthus*.

Acetato de (Z)-3-hexenila		CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs Z	C vs ZH	H vs Z	H vs ZH	Z vs ZH
HMBOA-Glc	$X^2=17,569$, $p<0,001$	$t=2,54$, $p<0,016$	$t=1,48$, $p=$ 0,151	$t=3,04$, $p<$ 0,01	$t=-1,42$, $p= 0,166$	$t=0,97$, $p=$ 0,340	$t=2,19$, $p<0,05$
DIMBOA-Glc	$X^2=12,571$, $p= 0,005$	$t=1,77$, $p=$ 0,087	$t=-1,60$, $p=0,121$	$t=0,77$, $p=$ 0,450	$t=-3,01$, $p= 0,005$	$t=-1,07$, $p= 0,294$	$t=2,25$, $p=$ 0,032
HMBOA	$X^2=5187,8$, $p< 0,001$	$t=8,28$, $p< 0,001$	$t=0,00$, $p=1$	$t=8,28$, $p<$ 0,001	$t=-8,28$, $p< 0,001$	$t=1,18$, $p=$ 0,248	$t=8,28$, $p< 0,001$
DIMBOA	$X^2=12,255$, $p= 0,006$	$t=2,80$, $p= 0,009$	$t=1,39$, $p=0,176$	$t=2,64$, $p=$ 0,013	$t=-1,67$, $p=0,105$	$t=-0,23$, $p= 0,817$	$t=1,46$, $p=0,154$
HDMBOA-Glc	$X^2=16,504$, $p< 0,001$	$t=2,84$, $p= 0,008$	$t=2,11$, $p=$ 0,044	$t=2,82$, $p= 0,008$	$t=-1,35$, $p= 0,187$	$t=-0,05$, $p= 0,958$	$t=1,31$, $p=$ 0,201
MBOA	$X^2=4,727$, $p=0,192$	-	-	-	-	-	-

Tabela 5. Análise estatística de compostos benzoxazinoides liberados de plantas de milho expostas ao acetato de (E)-2-hexenila e submetidas a diferentes tratamentos. Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de variância (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. C: controle; H: herbivoria de *Dichelops melacanthus*; Z: acetato de (E)-2-hexenila; ZH: acetato de (E)-2-hexenila + herbivoria de *D. melacanthus*.

Acetato de (E)-2-hexenila		CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs E	C vs EH	H vs E	H vs EH	E vs EH
HMBOA-Glc	$X^2=29,001$, $p<0,001$	$t=2,48$, $p=$ 0,019	$t=1,92$, $p=$ 0,065	$t=-0,52$, $p=0,604$	$t=-3,35$, $p= 0,002$	$t=-2,76$, $p= 0,010$	$t=1,5$, $p=0,144$
DIMBOA-Glc	$X^2=15,196$, $p= 0,001$	$t=1,45$, $p=0,158$	$t=-2,16$, $p= 0,032$	$t=-0,54$, $p=0,594$	$t=-3,03$, $p< 0,01$	$t=-1,89$, $p=0,068$	$t=1,75$, $p=0,091$
HMBOA	$X^2=1644,4$, $p< 0,001$	$t=6,57$, $p< 0,001$	$t=6,57$, $p<$ 0,001	$t=6,57$, $p<$ 0,001	$t=-2,03$, $p=0,051$	$t=0,61$, $p=$ 0,544	$t=2,56$, $p= 0,016$
DIMBOA	$X^2=41,09$, $p< 0,001$	$t=2,47$, $p= 0,019$	$t=-2,42$, $p= 0,022$	$t=-2,17$, $p= 0,038$	$t=-3,82$, $p< 0,001$	$t=-3,70$, $p< 0,001$	$t=0,33$, $p=0,744$
HDMBOA-Glc	$X^2=25,417$, $p< 0,001$	$t=2,66$, $p= 0,012$	$t=-0,94$, $p=0,355$	$t=0,86$, $p=0,398$	$t=2,97$, $p=$ 0,006	$t=2,24$, $p=$ 0,033	$t=1,67$, $p=$ 0,105
MBOA	$X^2=3,993$, $p=0,262$	-	-	-	-	-	-

Tabela 6. Análise estatística de compostos benzoxazinoides liberados de plantas de milho expostas ao DMNT e submetidas a diferentes tratamentos. Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de variância (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. C: controle; H: herbivoria de *Dichelops melacanthus*; D: DMNT; DH: DMNT + herbivoria de *D. melacanthus*.

DMNT		CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs D	C vs DH	H vs D	H vs DH	D vs IH
HMBOA-Glc	$X^2=20,721$, $p<0,001$	$t=2,50$, $p=0,018$	$t=-1,33$, $p=0,193$	$t=1,16$, $p=0,257$	$t=-3,14$, $p=0,003$	$t=-1,67$, $p=0,105$	$t=2,25$, $p=0,032$
DIMBOA-Glc	$X^2=27,663$, $p<0,001$	$t=1,77$, $p=0,087$	$t=-3,07$, $p=0,004$	$t=-0,02$, $p=0,985$	$t=-3,98$, $p<0,001$	$t=-1,79$, $p=0,085$	$t=3,06$, $p=0,004$
HMBOA	$X^2=2060,4$, $p<0,001$	$t=5,25$, $p<0,001$	$t=0,00$, $p=1$	$t=5,25$, $p<0,001$	$t=-5,25$, $p<0,001$	$t=-1,54$, $p=0,135$	$t=5,25$, $p<0,001$
DIMBOA	$X^2=16,405$, $p<0,001$	$t=3,20$, $p=0,003$	$t=0,97$, $p=0,338$	$t=2,69$, $p=0,011$	$t=-2,45$, $p=0,020$	$t=-0,69$, $p=0,498$	$t=1,86$, $p=0,072$
HDMBOA-Glc	$X^2=23,565$, $p<0,001$	$t=2,72$, $p=0,011$	$t=0,10$, $p=0,924$	$t=2,64$, $p=0,013$	$t=-2,68$, $p=0,012$	$t=-0,19$, $p=0,849$	$t=2,6$, $p=0,014$
MBOA	$X^2=15,662$, $p<0,001$	$t=1,50$, $p=0,146$	$t=-1,59$, $p=0,123$	$t=-1,39$, $p=0,174$	$t=-2,46$, $p=0,020$	$t=-2,36$, $p=0,25$	$t=0,26$, $p=0,796$

Tabela 7. Análise estatística de compostos benzoxazinoides liberados de plantas de milho expostas ao (*E*)- β -Farneseno e submetidas a diferentes tratamentos. Análise estatística usando modelos lineares generalizados seguida por análise de variância (ANODEV) e análise de contraste com 95% de nível de confiança. C: controle; H: herbivoria de *Dichelops melacanthus*; F: (*E*)- β -Farneseno; FH: (*E*)- β -Farneseno + herbivoria de *D. melacanthus*.

(E)- β -Farneseno		CONTRASTES					
Compostos	ANODEV	C vs H	C vs F	C vs IF	H vs F	H vs FH	F vs FH
HMBOA-Glc	$X^2=17,993$, $p<0,001$	$t=2,65$, $p=0,013$	$t=-0,49$, $p=0,624$	$t=0,53$, $p=0,599$	$t=-2,92$, $p=0,006$	$t=-2,32$, $p=0,028$	$t=1,01$, $p=0,321$
DIMBOA-Glc	$X^2=20,074$, $p<0,001$	$t=1,77$, $p=0,088$	$t=-2,46$, $p=0,020$	$t=-0,28$, $p=0,781$	$t=-3,59$, $p=0,001$	$t=-2,00$, $p=0,054$	$t=2,25$, $p=0,032$
HMBOA	$X^2=2137,4$, $p<0,001$	$t=13,93$, $p<0,001$	$t=0,00$, $p=1$	$t=0,00$, $p=1$	$t=-13,93$, $p<0,001$	$t=-13,93$, $p<0,001$	$t=0,00$, $p=1$
DIMBOA	$X^2=16,57$, $p<0,001$	$t=3,08$, $p=0,004$	$t=1,34$, $p=0,190$	$t=3,08$, $p=0,004$	$t=-2,01$, $p=0,054$	$t=-0,01$, $p=0,993$	$t=2,00$, $p=0,055$
HDMBOA-Glc	$X^2=13,91$, $p<0,01$	$t=2,69$, $p=0,011$	$t=1,31$, $p=0,199$	$t=2,09$, $p=0,046$	$t=-1,97$, $p=0,058$	$t=-1,16$, $p=0,256$	$t=1,02$, $p=0,315$
MBOA	$X^2=7,420$, $p=0,059$	-	-	-	-	-	-

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Os resultados indicam que a injúria por herbivoria do percevejo *D. melacanthus* altera o perfil químico dos compostos voláteis (Capítulo I) e não-voláteis (Capítulo III) das plantas de milho do genótipo Sintético Spodoptera, aumentando a liberação de voláteis atrativos ao inimigo natural *T. podisi* no período inicial do ataque (24-48 h), servindo como sinal químico para localização do hospedeiro. Em um sistema ideal, é importante que as plantas apresentem características atrativas aos inimigos naturais, mas não aos herbívoros, como foi verificado nesse sistema milho- *D. melacanthus*- *T. podisi*, onde o percevejo não utiliza as informações químicas da planta para a localização do hospedeiro. Estudos posteriores poderão ser feitos para verificar quais recursos visuais, olfativos ou gustativos são utilizados pela praga.

O tratamento exógeno com COVs induzidos por herbivoria selecionados suprimiram a produção de alguns compostos orgânicos voláteis. Houve uma alteração no perfil químico das plantas expostas aos compostos (*RS*)-linalol e (*E*)- β -farneseno, porém essa alteração não foi atrativa ao parasitoide *T. podisi* (Capítulo II), diferindo do que foi demonstrado no Capítulo I, em que *T. podisi* foi atraído para plantas injuriadas pelo percevejo. Houve menor atração dos percevejos, uma vez que estes tiveram sua resposta alterada quando expostos aos odores de milho tratado com (*E*)- β -farneseno. Estudos de campo devem ser conduzidos para avaliar se o composto muda o nível da população dos percevejos em áreas com plantas tratadas com este composto.

É interessante ressaltar que o composto (*E*)- β -farneseno se apresenta como potencial mediador nas interações do sistema milho- *D. melacanthus*- *T. podisi*, visto que suprimiu a produção dos voláteis totais, alterando a resposta do percevejo, e reduziu também a produção de compostos não voláteis ,ocasionando a diminuição do principal benzoxazinoide em partes aéreas de milho (DIMBOA-glc), o que pode ter resultado na menor taxa de sobrevivência de fêmeas de *D. melacanthus*. Estudos posteriores com testes de preferência (com e sem escolha) para o percevejo barriga-verde com extratos desse composto em diferentes concentrações devem ser feitos para verificar um possível efeito residual do composto em plantas expostas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRAWAL, A. A.; FISHBEIN, M. Plant defense syndromes. **Ecology**, v.87, n.7, p.132-149, 2006.

AGROFIT. **Ministério da pecuária e abastecimento**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em 27 abril 2020.

AHMAD, S.; VEYRAT, N.; GORDON-WEEKS, R.; ZHANG, Y.; MARTIN, J.; SMART, L.; TON, J. Benzoxazinoid metabolites regulate innate immunity against aphids and fungi in maize. **Plant Physiology**, v.157, p.317-327, 2011.

ALBORN, H. T.; TURLINGS, T. C. J.; JONES, T. H.; STENHAGEN, G.; LOUGHRIN, J. H.; TUMLINSON, J. H. An Elicitor of Plant Volatiles from Beet Armyworm Oral Secretion. **Science**, v.276, p.945- 949, 1997.

ARIMURA, G.; OZAWA, R.; NISHIOKA, T.; BOLAND, W.; KOCH, T.; KÜHNEMANN, F.; TAKABAYASHI, J. Herbivore-induced volatiles induce the emission of ethylene in neighboring lima bean plants. **The Plant Journal**, v.29, n.1, p.87-98, 2002.

ARIMURA, G.; OZAWA, R.; SHIMODA, T.; NISHIOKA, T.; BOLAND, W.; TAKABAYASHI, J. Herbivory-induced volatiles elicit defence genes in lima bean leaves. **Nature**, v.406, n.6795, p.512–515, 2000.

ARIMURA, G. I.; KOPKE, S.; KUNERT, M.; VOLPE, V.; DAVID, A.; BRAND, P.; DABROWSKA, P.; MAFFEI, M. E.; BOLAND, W. Effects of feeding *Spodoptera littoralis* on lima bean leaves: IV. Diurnal and nocturnal damage differentially initiate plant volatile emission. **Plant Physiology**, v.146, n.3, p.965-973, 2008.

ARIMURA, G.-I.; MATSUI, K.; TAKABAYASHI, J. Chemical and Molecular Ecology of Herbivore-Induced Plant Volatiles: Proximate Factors and Their Ultimate Functions. **Plant and Cell Physiology**, v.50, n.5, p.911–923, 2009.

ARGANDOÑA, V. H; CORCUERA, L. J. Distribution of hydroxamic acids in *Zea mays* tissues. **Phytochemistry**, v.24, n.1, p.177–178, 1985.

BAILEY, B. A.; LARSON, R. L. Hydroxamic acid glycosyltransferases from maize seedlings. **Plant Physiology**, v.90, n.3, p.1071–1076, 1989.

BALDWIN IT, SCHULTZ JC. Rapid changes in tree leaf chemistry induced by damage: evidence for communication between plants. **Science**, v.221, n.4607, p.277–279, 1983.

BALLHORN, D. J.; KAUTZ, S.; LION, U.; HEIL, M. Trade-offs between direct and indirect defences of lima bean (*phaseolus lunatus*). **Journal of Ecology**, v.96, n.5, p.971–980, 2008.

BARI, R.; JONES, J. D. Role of plant hormones in plant defence responses. **Plant molecular biology**, v.69, n.4, p.473–488, 2009.

BARRY, D.; DARRAH, L. L. Effect of research on commercial hybrid maize resistance to European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal Chernical Ecology**, v.84, n.3, p.1053–1059, 1991.

BERENBAUM, M. Adaptive significance of midgut pH in larval Lepidoptera. **The American Naturalist**, v.115, n.1, p.138–146, 1980.

BERGAMASCHI, H; WHEELER, T. R.; CHALLINOR, A. J.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Maize yield and rainfall on different spatial and temporal scales in Southern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.5, p.603–613, 2007.

BERNARDI, D.; SALMERON, E.; HORIKOSHI, R. J.; BERNARDI, O.; DOURADO, P. M.; CARVALHO, R. A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P; OMOTO, C. Cross-Resistance between Cry1 Proteins in Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) May Affect the Durability of Current Pyramided Bt Maize Hybrids in Brazil. **PLoS ONE**, v.10, n.10, p.1–15, 2015.

BIANCO, R.; BETIOL, B. Jr. Estratégias de manejo do percevejo barriga-verde. **Revista Safratec**, v.3, p.26–30, 2017. Disponível em: <
<https://www.yumpu.com/pt/document/view/59870682/revista-safratec-edicao-n-3-2017-web>>. Acesso em: 11 fev. 2020.

BIANCO, R. O percevejo barriga-verde no milho e no trigo em plantio direto. **Revista de Plantio Direto**, v.89, p.46–49, 2005.

BIANCO, R. Ocorrência e manejo de pragas em plantio direto. In: PEIXOTO, R.T.G.; AHRENS, D.C.; SAMAHA, M.J. (Ed.). *Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável*. Ponta Grossa: IAPAR, 1997. p.238-244.

BLASSIOLI-MORAES, M. C.; BORGES, M.; MICHEREFF, M.F.F.; MAGALHÃES, D. M.; LAUMANN, R. A. Semiochemicals from plants and insects on the foraging behavior of Platygastriidae egg parasitoids. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.51, n.5, p.454-464, 2016.

BLASSIOLI-MORAES, M. C.; MICHEREFF, M. F. F.; MAGALHÃES, D. M.; MORAIS, S. D.; HASSEMER, M. J.; LAUMANN, R. A.; BORGES, M. Influence of constitutive and induced volatiles from mature green coffee berries on the foraging behaviour of female coffee berry borers, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). **Arthropod-Plant Interactions**, v.1, p.1-10, 2018.

BLASSIOLI-MORAES, M. C., LAUMANN, R. A., MICHEREFF, M. F. F.; BORGES, M. Semiochemicals for Integrated Pest Management. In: S. VAZ Jr. (ed.), **Sustainable Agrochemistry**, 2019. Cap. 3, p. 85-112.

BOGGIA, L.; SGORBINI, B.; BERTEA, C. M.; CAGLIERO, C.; BICCHI, C.; MAFFEI, M. E.; RUBIOLO, P. Direct Contact-Sorptive Tape Extraction coupled with Gas Chromatography-Mass Spectrometry to reveal volatile topographical dynamics of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) upon herbivory by *Spodoptera littoralis* Boisd. **BMC Plant Biology**, v.15, n.1, p.1-13, 2015.

BONAVENTURE, G. Perception of insect feeding by plants. **Plant Biology**, v.14, n.6 p.872–80, 2012.

BOYKO, A.; KATHIRIA, P.; ZEMP, F. J.; YAO, Y.; POGRIBNY, I.; KOVALCHUK, I. Transgenerational changes in the genome stability and methylation in pathogen-infected plants. **Nucleic Acids Research**, v.35, n.5, p.1714–1725, 2007.

BORGES, A. A.; JIMÉNEZ-ARIAS, D.; EXPÓSITO-RODRÍGUEZ, M.; SANDALIO, L. M.; PÉREZ, J. A. Priming crops against biotic and abiotic stresses: MSB as a tool for studying mechanisms. **Frontiers in Plant Science**, v.5, p.1-4, 2014.

BRASILAGRO. **Brasil ocupará lugar de destaque na produção de milho, mas terá desafios**. 2019. Disponível em: < <https://www.brasilagro.com.br/conteudo/brasil-ocupa-lugar-de-destaque-na-producao-de-milho-mas-terá-desafios.html> > Acesso em: 05 mar. 2020.

BRUCE, T. J. A.; PICKETT, J. A. Perception of plant volatile blends by herbivorous insects – Finding the right mix. **Phytochemistry**, v.72, n.13, p.1605–1611, 2011.

BUENO, A. F.; BORTOLLOTO, O. C.; POMARI FERNANDES, A.; FRANÇA-NETO, J. B. Assessment of a more conservative stink bug economic threshold for managing stink bugs in Brazilian soybean production. **Crop Protection**, v.71, p.132–137, 2015.

CAMBIER, V.; HANCE, T.; DE HOFFMANN, E. Non-injured maize contains several 1,4-benzoxazin-3-one related compounds but only as glucoconjugates. *Phytochem. Anal.* 1999, 10, 119-126.

CAMBIER, V.; HANCE, T.; DE HOFFMANN, E. Variation of DIMBOA and related compounds content in relation to the age and plant organ in maize. **Phytochemistry**, v.53, n.2, p.223–229, 2000.

CAMPOS, F.; ATKINSON, J. T.; AMASON, B. J. R.; PHILOGENE, P.; MORAND, N. H.; TIMMINS, G. Toxicity and toxicokinetics of 6-methoxybenzoxazolinone (MBOA) in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hiibner). **Journal Chemical Ecology**, v.14, n.3, p.989-1002, 1988.

CAMPOS-SORIANO, L.; GOMEZ-ARIZA, J.; BONFANTE, P.; SAN SEGUNDO, B. A rice calcium-dependent protein kinase is expressed in cortical root cells during the presymbiotic phase of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **BMC Plant Biology**, v.11, n.1, p.1-14, 2011.

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA). **Mensuração econômica da incidência de pragas e doenças no Brasil: uma aplicação para as culturas de soja, milho e algodão**. 2019. 12p. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_EstudoPragaseDoencas_Parte%201.pdf>. Acesso em: 07 fev. 2020.

CERVANTES-GÁMEZ, R. G.; BUENO-IBARRA, M. A.; CRUZ-MENDÍVIL, A.; CALDERÓN-VÁZQUEZ, C. L.; RAMÍREZ-DOURIET, C. M, et al. Arbuscular mycorrhizal symbiosis-induced expression changes in *Solanum lycopersicum* leaves revealed by RNA-seq analysis. **Plant Molecular Biology Reporter**, v.34, n.1, p89–102, 2015.

CHEN, G.; KLINKHAMER, P. G. L.; ESCOBAR-BRAVO, R.; LEISS, K. A. Type VI glandular trichome density and their derived volatiles are differently induced by jasmonic acid in developing and fully developed tomato leaves: implications for thrips resistance. **Plant Science**, v.276, p.87–98, 2018.

CHEN, M. Inducible direct plant defense against insect herbivores: a review. **Insect Science**, v.15, n.2, p.101–114, 2008.

CHESNAIS, Q.; AMELINE, A.; DOURY, G.; LE ROUX, V.; COUTY, A. Aphid parasitoid mothers don't always know best through the whole host selection process. **PloS one**, v.10, n.8, p.1-16, 2015.

CHIESA, A. C. M.; SISMEIRO, M. N. S.; PASINI, A.; ROGGIA, S. Tratamento de sementes para manejo do percevejo-barriga-verde na cultura de soja e milho em sucessão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.4, p.301–308, 2016.

CHOCOROSQUI, V. R.; PANIZZI, A. R. Impact of cultivation systems on *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) population and damage and its chemical control on wheat. **Neotropical Entomology**, v.33, n.4, p.487–492, 2004.

CHOCOROSQUI, V. R. *Bioecologia de Dichelops (Diceræus) melacanthus (Dallas, 1851) (Heteroptera: pentatomidae), danos e controle em soja, milho e trigo no norte do paraná.* 2001. Tese (Doutorado em ciências biológicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CLAVIJO MCCORMICK, A.; UNSICKER, S. B.; GERSHENZON, J. The specificity of herbivore-induced plant volatiles in attracting herbivore enemies. **Trends in Plant Science**, v.17, n.5, p.303–310, 2012.

CORDEIRO, A; PEREZ, J.; GUAZSELLI, M. J. Impactos potenciais da tecnologia terminator na produ o agrícola: depoimentos de agricultores brasileiros. dez. 2007. Disponível em:<[http://www.biodiversidadla.org/Documentos/Impactos-potenciais-da Technologie-Terminator-na-producao-agricola-depoimentos-de-agricultores brasileiros](http://www.biodiversidadla.org/Documentos/Impactos-potenciais-da-Technologie-Terminator-na-producao-agricola-depoimentos-de-agricultores-brasileiros)>. Acesso em: 13 abril de 2020.

CORRÊA-FERREIRA B.S.; MOSCARDI F. Seasonal occurrence and host spectrum of egg parasitoids associated with soybean stink bugs. **Biological Control**, v.5, p.196-202, 1995.

CNA. Confedera o da agricultura e Pecuária do Brasil. **PIB do Agronegócio**. Disponível em:<https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/boletins/PIB-CNA-02-novembro_11fev2020.pdf>. Acesso em:23 fev. 2020.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da safra de grãos**. Disponível em:<<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 11 fev. 2020.

CONRATH, U.; BECKERS, G. J. M.; FLORS, V.; GARCÍA-AGUSTÍN, P.; JAKAB, J. Priming: getting ready for battle. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v.19, n.10, p.1062–1071, 2006.

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MACHADO, J. R. A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. 2019. Milho: caracterização e desafios tecnológicos. Brasília: Embrapa. (Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2).

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; PANIZZI, A. R. 1999. Percevejos da soja e seu manejo. Embrapa Soja, Londrina. 45p. (Circular Técnica, 24).

COPOLOVICI, L.; KANNASTE, A.; REMMEL, T.; VISLAP, V.; NIINEMETS, U. Volatile Emissions from *Alnus glutinosa* Induced by Herbivory are Quantitatively Related to the Extent of Damage. **Journal of Chemical Ecology**, v.37, n.1, p.18-28, 2011.

CORTESERO, A. M.; STAPEL, J. O.; LEWIS, W. J. Understanding and manipulating plant attributes to enhance biological control. **Biological Control**, v.17, n.1, p.35–49. 2000.

CROSARIOL NETTO, J.; MICHELOTTO, M. D.; GRIGOLLI, J. F. J.; GALLI, J. A.; PIROTTA, M. Z.; BUSOLI, A. C. Danos causados por *Dichelops melacanthus* (Heteroptera: pentatomidae) em híbridos de milho convencionais e transgênicos. **Bioscience Journal**, v.31, n.4, p.1092-1101, 2015.

CRUZ, I.; BIANCO, R.; REDOAN, A. C. M. Potential risk of losses in maize caused by *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae) in Brazil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.3, p.386-397, 2016.

CUI, W.; WANG, B.; GUO, M.; LIU, Y.; JACQUIN-JOLY, E.; YAN, S.; WANG, G. A receptor-neuron correlate for the detection of attractive plant volatiles in *Helicoverpa assulta* (Lepidoptera: Noctuidae). **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v.97, p.31–39, 2018.

D'ALESSANDRO, M.; BRUNNER, V.; VON MÉREY, G.; TURLINGS, T. C. J. Strong attraction of the parasitoid *Cotesia marginiventris* towards minor volatile compounds of maize. **Journal of Chemical Ecology**, v.35, n.9, p.999-1008, 2009.

DAFOE, N. J.; HUFFAKER, A.; VAUGHAN, M. M.; DUEHL, A. J.; TEAL, P. E.; SCHMELZ, E. A. Rapidly induced chemical defenses in maize stems and their effects on short-term growth of *Ostrinia nubilalis*. **Journal of Chemical Ecology**, v.37, n.9, p.984–991, 2011.

DAFOE, N. J.; THOMAS, J. D.; SHIRK, P. D.; LEGASPI, M. E.; VAUGHAN, M. M.; HUFFAKER, A.; SCHMELZ, E. A. European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) induced responses enhance susceptibility in maize. **PLoS One**, v.8, n.9, p. 1-18, 2013.

DEGRANDE, P. E.; VIVAN, L. M. Pragas da soja. In: YUYAMA, M. M.; SUZUKI, S.; CAMACHO, S. A. (Ed.). *Boletim de pesquisa de Soja*. Rondonópolis: Fundação MT, 2010. p.152-215.

DE LANGE, E. S.; LAPLANCHE, D.; GUO, H.; XU, W.; VLIMANT, M.; ERB, M.; TON, J.; TURLINGS, T. C. J. *Spodoptera frugiperda* Caterpillars Suppress Herbivore-Induced Volatile Emissions in Maize. **J Chem Eco**, v.46, p.344-360, 2020.

DELPHIA, C. M.; MESCHER, M. C.; DE MORAES, C. M. Induction of Plant Volatiles by Herbivores with Different Feeding Habits and the Effects of Induced Defenses on Host-Plant Selection by Thrips. **Journal of Chemical Ecology**, v.33, n.5, p.997–1012, 2007.

DE MORAES, C. M.; LEWIS, W. J.; PARÉ, P. W.; ALBORN, H. T.; TUMLINSON, J. H. Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids. **Nature**, v.393, n. 6685, p.570–573, 1998.

DE MORAES, C. M.; MESCHER, M. C.; TUMLINSON, J. H. Caterpillar induced nocturnal plant volatiles repel conspecific females. **Nature**, v.410, n.6828, p.577–580, 2001.

DE BRUIJN, W. J. C.; VINCKEN, J.P.; DURAN, K.; GRUPPEN, H. Mass Spectrometric Characterization of Benzoxazinoid Glycosides from Rhizopus-Elicited Wheat (*Triticum aestivum*) Seedlings. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.64, n.32, 6267–6276, 2016.

DEGEN, T.; DILLMANN, C.; MARION-POLL, F.; TURLINGS TCJ. High genetic variability of herbivore-induced volatile emission within a broad range of maize inbred lines. **Plant Phys**, v.135, p.1928–1938, 2004.

DI, C.; NING, C.; HUANG, L-Q; WANG, C-Z. Design of larval chemical attractants based on odorant response spectra of odorant receptors in the cotton bollworm. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v.84, p.48–62, 2017.

DIAS, A. M.; PAREJA, M.; LAIA, M.; BLASSIOLI-MORAES, M. C.; BORGES, M.; LAUMANN, R. A. Attraction of *Telenomus podisi* to volatiles induced by *Euschistus heros* in three different plant species. **Arthropod-Plant Interactions**, v.10, n.5, p.419–428, 2016.

DICKE, M. Evolution of induced indirect defense of plants. In: TOLLRIAN, R.; HARVELL, C. D. (Ed.). *The Ecology and Evolution of Inducible Defenses*. Princeton: University Press, 1999. p.62-88.

DICKE, M. Are herbivore-induced plant volatiles reliable indicators of herbivore identity to foraging carnivorous arthropods? **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.91, n.1, p.131-142, 1999.

DICKE, M.; DE BOER, J. G.; HOFTE, M.; ROCHA-GRANADOS, M. C. Mixed blends of herbivore-induced plant volatiles and foraging success of carnivorous arthropods. **Oikos**, v.101, n.1, p.38–48, 2003.

DICKE, M.; VAN LOON, J. J. A. Multitrophic effects of herbivore-induced plant volatile in an evolutionary context. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.97, p.237–249, 2000.

DOEBLEY, J. F. Molecular evidence for gene flow among *Zea* species. **BioScience**, v.40, n.6, p.443-448, 1990.

DONG, F.; FU, X.; WATANABE, N.; SU, X.; YANG, Z. Recent Advances in the Emission and Functions of Plant Vegetative Volatiles. **Molecules**, v.21, n.2, p.1-10, 2016.

DOUGLAS, A. E. The nutritional physiology of aphids. **Adv Insect Physiol**, v.31, p.73-140, 2003.

DUDAREVA N.; NEGRE F.; NAGEGOWDA, D. A.; ORLOVA, I. Plant volatile; recent advance and future perspectives. **Plant Science**. v.25, n.5, p.417-440, 2006.

DUDAREVA, N.; KLEMPIEN, A.; MUHLEMANN, J. K.; KAPLAN, I. Biosynthesis, function and metabolic engineering of plant volatile organic compounds. **New Phytologist**, v.198, n.1, p.16- 32, 2013.

DUDAREVA, N.; NEGRE, F.; NAGEGOWDA, D. A.; ORLOVA, I. Plant volatile; recent advance and future perspectives. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.25, n.5, p.417-440, 2006.

DUARTE, M. M.; AVILA, C. J.; SANTOS, V. Danos e nível de dano econômico do percevejo barriga-verde na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.14, n. p.291–299, 2015.

ERB, M.; VEYRAT, N.; ROBERT, C. A.; XU, H.; FREY, M.; TON, J.; TURLINGS, T. C. J. Indole is an essential herbivore-induced volatile priming signal in maize. **Nature Communications**, v.6, n.1, p.1-10, 2015.

EL-SAYED, A. M.; KNIGHT, A.L.; BYERS, J. A.; JUDD, G. J. R.; SUCKLING, D. M. Caterpillar-induced plant volatiles attract conspecific adults in nature. **Scientific Reports**, v.6, n.1, p.1-14, 2016.

ENGELBERTH, J.; ALBORN, H. T.; SCHMELZ, E. A.; TUMLINSON, J. H. Airborne signals prime plants against insect herbivore attack. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.101, n.6, p.1781–1785, 2004.

FARAG, M. A.; FOKAR, M.; ZHANG, H. A.; ALLEN, R. D.; PARE, P. W. (Z)-3-Hexenol induces defense genes and downstream metabolites in maize. **Planta**, v.220, p.900-909, 2005.

FARAG, M. A.; PARÉ, P. W. C6-Green leaf volatiles 464 trigger local and systemic VOC emissions in tomato. **Phytochemistry**, v.61, n.5, p.545-554, 2002.

FERRY, N.; EDWARDS, M. G.; GATEHOUSE, J. A.; GATEHOUSE, A. M. Plant–insect interactions: molecular approaches to insect resistance. **Current Opinion in Biotechnology**, v.15, n.2, p.155–161, 2004.

FAOSTAT Food Agriculture Organization of the United Nations. 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 06 fev. 2020.

FARIAS, J. R.; ANDOW, D. A.; HORIKOSHI, R. J.; SORGATTO, R. J.; FRESIA, P.; SANTOS, A. C.; OMOTO, C. Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Crop Prot**, v.64, p.150-158, 2014.

FREUNDLICH, G. E; FROST, C. Variable costs of eavesdropping a green leaf volatile on two plant species in a common garden experiment. **bioRxiv**, 2018.

FREY, M.; SCHULLEHNER, K.; DICK, R.; FIESSELMANN, A.; GIERL, A. Benzoxazinoid biosynthesis, a model for evolution of secondary metabolic pathways in plants. **Phytochemistry**, v.70, p.1645–1651, 2009.

FROST, C. J.; APPEL, M.; CARLSON, J. E.; DE MORAES, C. M.. MESCHER, M. C.; SCHULTZ, J. C. Within-plant signalling via volatiles overcomes vascular constraints on systemic signalling and primes responses against herbivores. **Ecology Letters**, v.10, n.6, p.490-498, 2007.

FROST, C. J.; MESCHER, M. C.; CARLSON, J. E.; DE MORAES, C. M. Plant defense priming against herbivores: getting ready for a different battle. **Plant Physiology**, v.146, n.3, p.818–824, 2008.

FÜRSTENBERG-HÄGG, J.; ZAGROBELNY, M.; BAK, S. Plant Defense against Insect Herbivores. **International Journal of Molecular Sciences**, v.14, n.5, p.10242–10297, 2013.

GALINAT, W. C. The origin of maize. **Annual Review of Genetics**, Palo Alto, v. 5, p. 447-478, 1971.

GASQUES, J. G.; SOUZA, G. DA S.; BASTOS, E. T. Tendências do agronegócio brasileiro para 2017-2030. In: RODIGUES, R. (Org.). *Agro é paz: análises e propostas para o Brasil alimentar o mundo*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, 2018. p. 31-68.

GIRON, D.; HUGUET, E.; STONE, G. N.; BODY, M. Insect-induced effects on plants and possible effectors used by galling and leaf-mining insects to manipulate their host-plant. **Journal of Insect Physiology**, v.84, p.70–89, 2016.

GIRON-CALVA, P. S.; MOLINA-TORRES, J.; HEIL, M. Volatile dose and exposure time impact perception in neighboring plants. **Journal of Chemical Ecology**, v.38, n.2, p.226-228, 2012.

GLAZEBROOK, J. Contrasting mechanisms of defense against biotrophic and necrotrophic pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, v.43, n.1, p.205-227, 2005.

GLAUSER, G; MARTI, G; VILLARD, N; DOYEN, G. A; WOLFENDER, J. L; TURLINGS, T. C. J; ERB, M. Induction and detoxification of maize 1,4-benzoxazin-3-ones by insect herbivores. **The Plant Journal**, v.68, n.5, p.901–11, 2011.

GOMES, E. C.; HAYASHIDA, R.; BUENO, A. F. *Dichelops melacanthus* and *Euschistus heros* injury on maize: Basis for re-evaluating stink bug thresholds for IPM decisions. **Crop Protection**, V.130, p.1-8, 2020.

GOINGUENÉ, S.; DEGEN, T.; TURLINGS, T. C. J. Variability in herbivore-induced odour emissions among maize cultivars and their wild ancestors. **Chemoecology**, v.11, p.9–16, 2001.

GÓNGORA, C. E.; TAPIAS, J.; JARAMILLO, J.; MEDINA, R.; GONZALEZ, S.; CASANOVA, BENAVIDES, P. Evaluation of Terpene-Volatile Compounds Repellent to the Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Chemical Ecology**, v.46, n.9, p.881-890, 2020.

GUO, J.; GUO, J.; HE, K.; BAI, S.; ZHANG, T.; ZHAO, J.; WANG, Z. Physiological responses induced by *Ostrinia furnacalis* (Lepidoptera: Crambidae) feeding in maize and their effects on *O. furnacalis* performance. **J Econ Ent**, v.110, n.2, p.739-747, 2017.

- HAHLBROCK, K.; BEDNAREK, P.; CIOLKOWSKI, I.; HAMBERGER, B.; HEISE, A.; LIEDGENS, H.; TAN, J. Non-self recognition, transcriptional reprogramming, and secondary metabolite accumulation during plant/pathogen interactions. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.100, n. 2, p.14569–14576, 2003.
- HARE, J. D. Ecological Role of Volatiles Produced by Plants in Response to Damage by Herbivorous Insects. **Annual Review of Entomology**, v.56, n.1, p.161–180, 2011.
- HATANO E.; SAVEER, A. M.; BORRERO-ECHEVERRY F.; STRAUCH, M.; ZAKIR, A.; BENGTSSON, M.; IGNELL, R.; ANDERSON, P.; BECHER, P. G.; WITZGALL, P.; DEKKER, T. A herbivore induced plant volatile interferes with host plant and mate location in moths through suppression of olfactory signalling pathways. **BMC Biology**, v.13, n.1, p.1-15, 2015.
- HARMON, A. C.; GRIBSKOV, M.; HARPER, J. F. CDPKs: a kinase for every Ca²⁺ signal? **Trends Plant Science**, v.5, n.4, p.154–159, 2000.
- HARRIS, C. R. Factors influencing the effectiveness of soil insecticides. **Annual Review of Entomology**, v.17, p.177–198, 1972.
- HECKEL, D. G. Insect detoxification and sequestration strategies. In: Annual Plant Reviews Volume 47: Insect-Plant Interactions, C. Voelckel, G. Jander, Eds. Wiley Blackwell, Chichester, UK, 2014. p. 77–114.
- HEIL, M. Herbivore-induced plant volatiles: targets, perception and unanswered questions. **New Phytologist**, v.204, n.2, p.297–306, 2014.
- HEIL, M.; KARBAN, R. Explaining evolution of plant communication by airborne signals. **Trends in Ecology & Evolution**, v.25, n.3, p.137–144, 2010.
- HILKER, M.; FATOUROS, N. E. Plant responses to insect egg deposition. **Annual Review Entomology**, v.60, n.1, p.493–515, 2015.
- HILKER, M.; MEINERS, T. How do plants “notice” attack by herbivorous arthropods? **Biological Review**, v.85, n.2, p.267–280, 2010.
- HILKER, M., MCNEIL, J. Chemical and behavioral ecology in insect parasitoids: how to behave optimally in a complex odorous environment. In: WAJNBERG, E.; BERNSTEIN, C.;

VAN ALPHEN, J. J. M. (Ed.). *Behavioral ecology of insect parasitoids*. Oxford: Blackwell Publishing. 2008, p. 92–112.

HILKER, M.; MEINERS, T. Early Herbivore Alert: Insect Eggs Induce Plant Defense. **Journal of Chemical Ecology**, v.32, n.7, p.1379–1397, 2006.

HILKER, M.; SCHWACHTJE, J.; BAIER, M., BALAZADEH, S.; BAURLE, I.; GEISELHARDT, S.; HINCHA, D. K.; KUNZE, R.; MUELLER-ROEBER, B.; RILLIG, M. G.; ROLFF, J.; et al. Priming and memory of stress responses in organisms lacking a nervous system. **Biological Reviews**, v.91, n.14, p.1118-1133, 2015.

HOWE, G. A.; JANDER G. Plant immunity to insect herbivores. **Annual Review Plant Biology**, v.59, n.1, p.41–66, 2008.

HORI, K. Z. Possible causes of disease symptoms resulting from the feeding of phytophagous Heteroptera. In: SCHAEFER, C.W & PANIZZI, A.R. (Ed.). *Heteroptera of Economic Importance*. Boca Raton: CRC Press, 2000, p. 10-35.

HUFFAKER, A.; DAFOE, N. J.; SCHMELZ, E. A. ZmPep1, an ortholog of Arabidopsis elicitor peptide 1, regulates maize innate immunity and enhances disease resistance. **Plant Physiology**, v.155, n.3, p.1325-1338, 2011.

HUFFAKER, A.; PEARCE, G.; VEYRAT, N.; ERB, M.; TURLINGS, T. C. J.; SARTOR, R.; SCHMELZ, E. A. Plant elicitor peptides are conserved signals regulating direct and indirect antiherbivore defense. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.110, n.14, p.5707–5712, 2013.

HULTEN, V. M.; PELSER, M.; VAN LOON, L. C.; PIETERSE, C. M.; TON J. Costs and benefits of priming for defense in *Arabidopsis*. **PNAS**, v.103, n.14, p.5602–5607, 2006.

IBGE. Censo Agropecuário 2017. Agricultura Familiar. Resultados definitivos. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/pdf/estabelecimentos.pdf> Acesso em: 28 fev. 2020.

IDALGO, T. D. N.; SANT'ANA, J.; REDAELLI, L. R.; PIRES, P. D. da S. Parasitismo de ovos de *Tibraca limbativentris* Stål (Hemiptera: Pentatomidae) em lavoura de arroz irrigado, Eldorado do Sul, RS. **Arquivos Do Instituto Biológico**, v.80, n.4, p.453–456, 2013.

JIN H. Endogenous small RNAs and antibacterial immunity in plants. **FEBS Letters**, v.582, n.18, p.2679–2684, 2008.

JUNG, H. W.; TSCHAPLINSKI, T. J.; WANG, L.; GLAZEBROOK, J.; GREENBERG, J. T. Priming in systemic plant immunity. **Science**, v.324, n.5923, p.89–91, 2009.

KARBAN, R.; AGRAWAL, A. A. Herbivore offense. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v.33, p.641–664, 2002.

KALOSHIAN, I. Gene-for-gene disease resistance: bridging insect pest and pathogen defense. **Journal of Chemical Ecology**, v.30, n.12, p.2419–2438, 2004.

KALSKE, A.; SHIOJIRI, K.; UESUGI, A.; SAKATA, Y.; MORRELL, K.; KESSLER, A. Insect Herbivory Selects for Volatile-Mediated Plant-Plant Communication. **Current Biology**, v.29, p. 3128–3133, 2019.

KARBAN, R.; WETZEL, W.C.; SHIOJIRI, K.; ISHIZAKI, S.; RAMIREZ, S.R.; BLANDE, J.D. Deciphering the language of plant communication: volatile chemotypes of sagebrush. **New Phytol**, v.204, n.2, p.380–385, 2014.

KAPPERS, I. F.; VERSTAPPEN, F. W. A.; LUCKERHOFF, L. L. P.; BOUWMEESTER, H. J.; DICKE, M. Genetic Variation in Jasmonic Acid- and Spider Mite-Induced Plant Volatile Emission of Cucumber Accessions and Attraction of the Predator *phytoseiulus persimilis*. **Journal of Chemical Ecology**, v.36, n.5, p.500–512, 2010.

KESSLER, A.; BALDWIN, I. T. Plant responses to insect herbivory: the emerging molecular analysis. **Annu Rev Plant Biol**, v.53, p.299– 328, 2002.

KESSLER, A.; BALDWIN, I.T. Defensive function of herbivore induced plant volatile emissions in nature. **Science**, v.291, p.2141–2144, 2001.

KNUDSEN, G. K.; NORLI, H. R.; TASIN, M. The Ratio between Field Attractive and Background Volatiles Encodes Host-Plant Recognition in a Specialist Moth. **Frontiers in Plant Science**, v.8, p.1-11, 2017.

KOGAN, M. Integrated pest management: Historical perspectives and contemporary development. **Annual Review of Entomology**, v.43, p.243-270, 1998.

KÖHLER, A.; MAAG, D.; VEYRAT, N.; GLAUSER, G.; WOLFENDER, J.L.; TURLINGS, T.C.; ERB, M. Within-plant distribution of 1,4-benzoxazin-3-ones contributes to herbivore niche differentiation in maize. **Plant Cell Environ**, v.38, v.6, p. 1081-1093, 2015.

KOKUBO, Y.; NISHIZAKA, M.; UBE, N.; YABUTA, Y.; TEBAYASHI, S.I.; UENO, K.; ISHIHARA, A. Distribution of the tryptophan pathway-derived defensive secondary metabolites gramine and benzoxazinones in Poaceae. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v.81, n.3, p.431-440, 2016.

KOST, C.; HEIL, M. Herbivore-induced plant volatiles induce an indirect defence in neighbouring plants. **The Journal of Ecology**, v.94, n.3, p. 619-628, 2006.

LARSEN, E.; CHRISTENSEN, L. P. Simple method for large scale isolation of the cyclic arylhydroxamic acid DIMBOA from maize (*Zea mays* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, p.2556-2558, 2000.

LAUMANN, R. A.; MORAES, M. C. B.; SILVA, J. P.; VIEIRA, A. M. C.; SILVEIRA, S. DA; BORGES, M. Egg parasitoid wasps as natural enemies of the neotropical stink bug *Dichelops melacanthus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.5, p.442-449, 2010.

LEIGHTON, V.; NIEMEYER, H. M.; JONSSON, L. M. V. Substrate specificity of a glucosyltransferase and an N-hydroxylase involved in the biosynthesis of cyclic hydroxamic acids in Gramineae. **Phytochemistry**, v.36, n.4, p.887-892, 1994.

LEITNER, M.; BOLAND, W.; MITHOFER, A. Direct and indirect defences induced by piercing-sucking and chewing herbivores in *Medicago truncatula*. **New Phytologist**, v.167, n.2, p.597-606, 2005.

LIN, C.; SHEN, B.; XU, Z.; KÖLLNER, T. G.; DEGENHARDT, J.; DOONER, H. Characterization of monoterpene synthase gene tps 26, the ortholog of a gene induced by insect herbivory in maize. **Plant Physiology**, v.146, n.3, p.940-951, 2008.

LUCCHI, A.; LONI, A.; GANDINI, L. M.; SCARAMOZZINO, P.; IORIATTI, C.; RICCIARDI, R.; SHEARER, P. W. Using herbivore-induced plant volatiles to attract lacewings, hoverflies and parasitoid wasps in vineyards: achievements and constraints. **Bulletin of Insectology**, v.70, n.2, p.273-282, 2017.

LUCINI, T.; RICARDO PANIZZI, A. Feeding Behavior of the Stink Bug *Dichelops melacanthus* (Heteroptera: Pentatomidae) on Maize Seedlings: An EPG Analysis at Multiple Input Impedances and Histology Correlation. **Annals of the Entomological Society of America**, v.0, n.0, p.1-12, 2016.

MAAG, D.; DALVIT, C.; THEVENET, D.; KÖHLER, A.; WOUTERS, F. C.; VASSÃO, D. G.; ... GLAUSER, G. 3- β -d-Glucopyranosyl-6-methoxy-2-benzoxazolinone (MBOA-N-Glc)

is an insect detoxification product of maize 1,4-benzoxazin-3-ones. **Phytochemistry**, v.102, p.97–105, 2014.

MAAG, D.; ERB, M.; KOLLNER, T.; GERSHENZON, J. Defensive weapons and defense signals in plants: some metabolites serve both roles. **BioEssays**, v.37, n.2, p.167-174, 2015.

MAAG, D.; KÖHLER, A.; ROBERT, C. A.; FREY, M.; WOLFENDER, J. L.; TURLINGS, T. C.; ERB, M. Highly localized and persistent induction of *BXI*-dependent herbivore resistance factors in maize. **The Plant Journal**, v.88, n.6, p.976-991, 2016.

MAFFEI, M. E.; MITHÖFER, A.; BOLAND, W. Before gene expression: early events in plant–insect interaction. **Trends in Plant Science**, v.12, n.7, p.310–316, 2007.

MAFFEI, M. E. Sites of synthesis, biochemistry and functional role of plant volatiles. **South African Journal of Botany**, v.76, n.4, p.612-631, 2010.

MAGALHÃES, D. M.; BORGES, M.; LAUMANN, R. A.; WOODCOCK, C. M.; PICKETT, J. A.; BIRKETT, M. A.; BLASSIOLI-MORAES, M. C. Influence of Two Acyclic Homoterpenes (Tetranorterpenes) on the Foraging Behavior of *Anthonomus grandis* Boh. **Journal of Chemical Ecology**, v.42, n.4, p.305–313, 2016.

MAGALHÃES, D. M.; DA SILVA, I. T. F. A.; BORGES, M.; LAUMANN, R. A.; BLASSIOLI-MORAES, M. C. *Anthonomus grandis* aggregation pheromone induces cotton indirect defence and attracts the parasitic wasp *Bracon vulgaris*. **Journal of Experimental Botany**, v.70, n.6, p.1891-1901, 2019.

MARTORANA, L.; BRODUER, J.; CRISTINA, M.; AGRO, A.; COLAZZA, S.; PERI, E. Egg parasitoid exploitation of plant volatiles induced by single or concurrent attack of a zoophyte phagous predator and an invasive phyto phagous pest. **Scientific Report**, v.9, n.18956, p.1-8, 2019.

MANFREDI-COIMBRA, S.; SILVA, J. J.; CHOCOROSQUI, V. R.; PANIZZI, A. R. Danos do percevejo barriga-verde *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) em trigo. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1243–1247, 2005.

MASSARDO, F.; ZUNIGA, G. E.; PEREZ, L. M.; CORCUERA, L. J. Effects of hydroxamic acids on electron transport and their cellular location in corn. **Phytochemistry**, v.35, n.4, p.873-876, 1994.

MATSUI, K. Green leaf volatiles: Hydroperoxide lyase pathway of oxylipin metabolism. **Current Opinion in Plant Biology**, v.9, n.3, p.274–280, 2006.

MATSUI, K.; SUGIMOTO, K.; MANO, J. I.; OZAWA, R.; TAKABAYASHI, J. Differential Metabolisms of Green Leaf Volatiles in Injured and Intact Parts of a Wounded Leaf Meet Distinct Ecophysiological Requirements. **Plos One**, v.7, n.4, p.1-10, 2012.

MAUCH-MANI, B.; BACCELLI, I.; LUNA, E.; FLORS, V. Defense Priming: An Adaptive Part of Induced Resistance. **Annual Review of Plant Biology**, v.68, n.1, p.485–512, 2017.

MEIHLS, L. N.; HANDRICK, V.; GLAUSER, G.; BARBIER, H.; KAUR, H.; HARIBAL, M. M.; LIPKA, A. E.; GERSHENZON, J.; BUCKLER, E. S.; ERB, M.; KOLLNER, T. G.; JANDER, G. Natural variation in maize aphid resistance is associated with 2,4-dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3 one glucoside methyltransferase activity. **Plant Cell**, v.25, n.6, p.2341–2355, 2013.

MACHADO, R. D. C. D. M.; SANT'ANA, J.; BLASSIOLI-MORAES, M. C.; LAUMANN, R. A.; BORGES, M. Herbivory-induced plant volatiles from *Oryza sativa* and their influence on chemotaxis behaviour of *Tibraca limbativentris* stal. (Hemiptera: Pentatomidae) and egg parasitoids. **Bulletin of Entomological Research**, v.104, n.3, p.347-356, 2014.

MICHEREFF, M. F. F.; LAUMANN, R. A.; BORGES, M.; MICHEREFF-FILHO, M.; DINIZ, I. R.; FARIAS NETO, A. L.; MORAES, M. C. B. Volatiles Mediating a Plant-Herbivore-Natural Enemy Interaction in Resistant and Susceptible Soybean Cultivars. **Journal of Chemical Ecology**, v.37, n.3, p.273–285, 2011.

MICHEREFF, M. F. F. *Interações Químicas no Sistema Soja – percevejo Euschistus heros (Hemiptera: pentatomidae) - parasitoide de Ovos Telenomus podisi (Hymenoptera: Scelionidae)*. 2011. Tese (Doutorado em Biologia Animal) - Universidade de Brasília, Distrito Federal.

MIRANDA, R. A. Uma história de sucesso da civilização. **A Granja**, v.74, n.829, p.24-27, 2018.

MICHEREFF, M. F. F.; MAGALHÃES, D. M.; HASSEMER, M. J.; LAUMANN, R. A.; ZHOU, J.-J.; RIBEIRO, P. E. DE A.; ... BLASSIOLI-MORAES, M. C. Variability in herbivore-induced defence signalling across different maize genotypes impacts significantly on natural enemy foraging behaviour. **Journal of Pest Science**, v.92, p.723-736, 2019.

MORAES, M. C. B.; LAUMANN, R. A.; PIRES, C. S. S.; SUJII, E. R.; BORGES, M. 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*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.115, n.1, p.227-237, 2005.

MORAES, M. C. B.; PAREJA, M.; LAUMANN, R. A.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; BORGES, M. Response of the parasitoid *Telenomus podisi* to induced volatiles from soybean damaged by stink bug herbivory and oviposition. **J Plant Interac**, v.3, n.2, p.1742–1756, 2008.

MORAES, M.C.B.; LAUMANN, R.A.; PAREJA, M.; SERENO, F.T.P.S.; MICHEREFF M.F.F.; BIRKETT, M.A.; PICKETT, J.A.; BORGES, M. Attraction of the stink bug egg parasitoid *Telenomus podisi* to defence signals from soybean activated by treatment with *cis*-jasmone. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.131, n.2, p.178-188, 2009.

NAGASHIMA, A.; HIGAKI, T.; KOEDUKA, T.; ISHIGAMI, K.; HOSOKAWA, S.; WATANABE, H.; MATSUI, K.; HASEZAWA, S.; TOUHARA, K. Transcriptional regulators involved in responses to volatile organic compounds in plants. **Journal of Biological Chemistry**, v.294, n.7, p.1-27, 2019.

NAVA, D.E.; NACHTIGAL, G. F. Controle biológico no Sul do Brasil. **Revista de Controle Biológico**, v.1, p.15-18, 2010.

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**, v.57, n.5, p.1677–1696, 2009.

OGRAN, A.; CONNER, J.; AGRAWAL, A. A.; BARAZANI, O. Evolution of phenotypic plasticity: genetic differentiation and additive genetic variation for induced plant defense in wild arugula *Eruca sativa*. **Journal of Evolutionary Biology**, v.00, p.1-10, 2019.

OIKAWA, A.; ISHIHARA, A.; HASEGAWA, M.; KODAMA, O.; IWAMURA, H. Induced accumulation of 2-hydroxy-4,7-dimethoxy-1,4-benzoxazin-3-one glucoside (HDMBOA-Glc) in maize leaves. **Phytochemistry**, v.56, n.7, p.669–675, 2001.

OIKAWA, A.; ISHIHARA, A.; IWAMURA, H. Induction of HDMBOA-Glc accumulation and DIMBOA-Glc 4-O-methyltransferase by jasmonic acid in poaceous plants. **Phytochemistry**, v.61, n.3, p.331–337, 2002.

OLUWAFEMI, S.; DEWHIRST, S. Y.; VEYRAT, N.; POWERS, S.; BRUCE, T. J. A.; CAULFIELD, J. C.; BIRKETT, M. A. Priming of Production in Maize of Volatile Organic Defence Compounds by the Natural Plant Activator *cis*-Jasmone. **PLoS ONE**, v.8, n.6, p.1-7, 2013.

OSEI-OWUSU, J.; VUTS, J.; CAULFIELD, J. C.; WOODCOCK, C. M.; WITHALL, D. M.; HOOPER, A. M.; ... BIRKETT, M. A. Identification of Semiochemicals from Cowpea, *Vigna unguiculata*, for Low-input Management of the Legume Pod Borer, *Maruca vitrata*. **Journal of Chemical Ecology**, v.46, p.288–298, 2020.

OZAWA, R.; ARIMURA, G.; TAKABAYASHI, J.; SHIMODA, T.; NISHIOKA, T. Involvement of jasmonate- and salicylate-related signaling pathways for the production of specific herbivore-induced volatiles in plants. **Plant Cell Physiology**, v.41, n. 4, p.391–398, 2000.

PACHECO, D. J. P.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. Parasitismo de *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae) em populações de percevejos pragas da soja. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.29, n.2, p.295–302, 2000.

PASCHOLD, A.; HALITSCHKE, R.; BALDWIN, I. T. Using 'mute' plants to translate volatile signals. **Plant Journal**, v.45, n.2, p.275-291, 2006.

PANIZZI, A. R.; BUENO, A. F.; SILVA, F. A. C. Insetos que atacam vagens e grãos. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. *Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-pragas*. Brasília: Embrapa, 2012. p.335–420.

PANIZZI, A. R.; AGOSTINETTO, A.; LUCINI, T.; SMANIOTTO, L. F.; PEREIRA, P. R. V. S. 2015. Manejo integrado dos percevejos barriga-verde, *Dichelops* spp. em trigo. Embrapa Trigo, Passo Fundo (Documentos, 114).

PANIZZI, R.; LUCINI, T. Body position of the stink bug *Dichelops melacanthus* (Dallas) during feeding from stems of maize seedlings. **Brazilian Journal of Biology**, v.79, n.2, p.304-310, 2019.

PANIZZI, A. R.; LUCINI, T. What happened to *Nezara viridula* (L.) in the Americas? Possible reasons to explain populations decline. **Neotropical Entomology**, v.45, n.6, p.619–628. Nov. 2016.

PANIZZI, A. R. Wild hosts of pentatomidae: ecological significance and role and their pest status on crops. **Annu Rev Entomol**, v.42, n.1, p.99–122, 1997.

PASTOR, V.; LUNA, E.; MAUCH-MANI, B.; TON, J.; FLORS, V. Primed plants do not forget. **Environmental and Experimental Botany**, v.94, p.46–56, 2012.

PEIFFER, M.; TOOKER, J. F.; LUTHE, D. S.; FELTON, G. W. Plants on early alert: glandular trichomes as sensors for insect herbivores. **New Phytologist**, v.184, n.3, p.644–656, 2009.

PEÑAFLORES, M. F. G. V.; ERB, M.; MIRANDA, L. A.; WERNEBURG, A. G.; BENTO, J. M. S. Herbivore-Induced Plant Volatiles Can Serve as Host Location Cues for a Generalist and a Specialist Egg Parasitoid. **Journal of Chemical Ecology**, v.37, n.12, p.1304–1313, 2011.

PEÑAFLORES, M. F. G. V.; BENTO, J. M. S. Herbivore-induced plant volatiles to enhance biological control in agriculture. **Neotropical Entomology**, v.42, n.4, p.331-343, 2013.

PENTZOLD, S.; ZAGROBELNY, M.; ROELSGAARD, P. S.; MOLLER, B.; BAK, S. The multiple strategies of an insect herbivore to overcome plant cyanogenic glucoside defence. **PLoS ONE**, v.9, n.3, p.1-8, 2014.

PEREIRA, P. R. V. S.; TONELLO, L. S.; SALVADORI, J. R. 2007. Caracterização das fases de desenvolvimento e aspectos da biologia do percevejo-barriga-verde *Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851). Embrapa Trigo, Passo Fundo. (Comunicado Técnico, 214).

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. 2020. Sementes de Milho: nova safra, novas cultivares e contínua a dominância dos transgênicos. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas (Documentos, 251).

PICHERSKY, E.; NOEL, J. P.; DUDAREVA, N. Biosynthesis of plant volatiles: nature's diversity and ingenuity. **Science**, v.311, n.5762, p.808-811, 2006.

PICKETT, J. A.; WOODCOCK, C. M.; MIDEGA, C. A.; KHAN, Z. R. Push–pull farming systems. **Current Opinion in Biotechnology**, v.26, p.125–132, 2014.

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

PINTO-ZEVALLOS, D. M.; STRAPASSON, P.; ZARBIN, P. H. G. Herbivore-induced volatile organic compounds emitted by maize: Electrophysiological responses in *Spodoptera frugiperda* females. **Phytochemistry Letters**, v.16, p.70–74, 2016.

PRICE, P.W. Insect ecology. 3^o ed. New York: John Wiley & Sons, 874p. 1997.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2009. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing. ISBN 3- 900051-07-0. <<http://www.R-project.org>>.

RASMANN, S.; DE VOS, M.; CASTEEL, C. L.; TIAN, D. L.; HALITSCHKE, R.; SUN, J. Y.; AGRAWAL, A. A.; FELTON, G. W.; JANDER, G. Herbivory in the previous generation primes plants for enhanced insect resistance. **Plant Physiology**, v.158, n. 854-863, 2012.

RASMANN, S.; PELLISSIER, L.; DEFOSSEZ, E.; JACTEL, H.; KUNSTLER, G. Climate-driven change in plant–insect interactions along elevation gradients. **Functional Ecology**, v.28, p.46–54, 2014.

REIMANN, J. E.; BYERRUM, R. U. Studies on the biosynthesis of 2, 4-dihydroxy-7-methoxy-2H-1, 4-benzoxazin-3-one. **Biochemistry**, v.3, n.6, p.847–851, 1964.

REYMOND, P.; BODENHAUSEN, N.; POECKE, M. P.; KRISHNAMURTHY, V.; DICKE, M.; FARMER, E. A Conserved Transcript Pattern in Response to a Specialist and a Generalist Herbivore. **The Plant Cell Online**, v.16, n.11, p.3132–3147, 2004.

RHOADES, D. F. Responses of Alder and Willow to Attack by Tent Caterpillars and Webworms: Evidence for Pheromonal Sensitivity of Willows. **Plant resistance to insects**, p.55–68, 1983.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. 1993. How a corn plant develops. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 26 p. (Special Report, 48).

RIFFEL, C. T.; PRANDO, H. F.; BOFF, M. I. C. First record of *Telenomus podisi* (Ashmead) and *Trissolcus urichi* (Crawford) (Hymenoptera: Scelionidae) Parasitizing eggs of the Rice Stem Bug, *Tibraca limbativentris* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae), in Santa Catarina, Brazil. **Neotropical Entomology**, v.39, n.3, p.447–448, 2010.

ROBERT, C. A. M.; VEYRAT, N.; GLAUSER, G.; MARTI, G.; DOYEN, G. R.; VILLARD, N.; ERB, M. A specialist root herbivore exploits defensive metabolites to locate nutritious tissues. **Ecology Letters**, v.15, n.1, p.55–64, 2012.

ROBINSON, J. F.; KLUN, J. A.; BRINDLEY, T. A. European corn borer: a non-preference mechanism of leaf feeding resistance and its relationship to 1,4-benzoxazin-3-one concentration in dent corn tissue. **Journal of Economic Entomology**, v.71, n.3, p: 461–465, 1978.

RODRIGUEZ-SAONA, C.; CRAFTS-BRANDNER, S. J.; CANAS, L. A. Volatile emissions triggered by multiple herbivore damage: beet armyworm and whitefly feeding on cotton plants. **Journal of Chemical Ecology**, V.29, p.2539–2550, 2003.

RODRIGUEZ-SAONA, C. R.; RODRIGUEZ-SAONA, L. E.; FROST, C. J. Herbivore-induced volatiles in the perennial shrub, *Vaccinium corymbosum*, and their role in inter-branch signaling. **Journal of Chemical Ecology**, v.35, n.2, p.163-175, 2009.

ROSTÁS, M.; EGGERT, K. Ontogenic and spatio-temporal patterns of induced volatiles in *Glycine max* in the light of the optimal defence hypothesis. **Chemoecology**, v.18, n.1, p.29-38, 2008.

ROZA-GOMES, M. F.; SALVADORI, J. R.; PEREIRA, P. R. V. S.; PANIZZI, A. R. Injúrias de quatro espécies de percevejos pentatomídeos em plântulas de milho. **Ciência Rural**, v.41, n.7, p.1115–1119, 2011.

SAKAMOTO, Y.; TAKEHIKO, I. H.; MAKI N, I.; HITOSHI, O.; TOSHIO, K.; KOICHI, G. Effects of Fipronil on Non-target Ants and Other Invertebrates in a Program for Eradication of the Argentine Ant, *Linepithema humile*. **Sociobiology**, v.66, n.2, p.227-238, 2019.

SALAMINA, B. A. Z.; PARRA, J. R. P. Capacidade de dispersão de *Trichogramma pretiosum* Riley, para o controle de *Anticarsia gemmatalis* Hübner, em soja. **Scientia Agricola**, v.55, p.133-137, 1998.

SARAIVA, N. B.; PREZOTO, F.; FONSECA, M. DAS G.; BLASSIOLI-MORAES, M. C.; BORGES, M.; LAUMANN, R. A.; AUAD, A. M. The social wasp *polybia fastidiosuscula* Saussure (Hymenoptera: Vespidae) uses herbivore-induced maize plant volatiles to locate its prey. **Journal of Applied Entomology**, v.141, n.8, p.620–629, 2017.

SCHUMAN, M. C.; BALDWIN, I. T. The layers of plant responses to insect herbivores. **Annual Review of Entomology**, v.61, n.1, p.373–394, 2016.

SCHMELZ, E. A.; ALBORN, H. T.; BANCHIO, E.; TUMLINSON, J. H. Quantitative relationships between induced jasmonic acid levels and volatile emission in *Zea mays* during *Spodoptera eXigua* herbivory. **Planta**, v.216, n.4, p.665–673, 2003.

SHIKANO, C.; ROSA, C.-W.; TAN, G.W.; FELTON, G. W. Tritrophic interactions: microbe-mediated plant effects on insect herbivores. **Annual Review of Phytopathology**, v.55, p.313-331, 2017.

SHIOJIRI, K.; OZAWA, R.; TAKABAYASHI, J. Plant volatiles, rather than light, determine the nocturnal behavior of a caterpillar. **PLOS Biology**, v.4, n.6, e164, 2006.

SHINYA, T.; HOJO, Y.; DESAKI, Y.; CHRISTELLER, J. T.; OKADA, K.; SHIBUYA, N.; GALIS, I. Modulation of plant defense responses to herbivores by simultaneous recognition of different herbivore-associated elicitors in rice. **Scientific Reports**, v.6, n.1, p 1-13, 2016.

SHULL, G. H. The composition of a field of maize. **Journal of Heredity**, v.4, p.296-301, 1908.

SILVA, J. J. *Flutuação populacional e dados biológicos de Dichelops melacanthus (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae) em plantas*. 2009. 45f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

SILVA, J. J.; VENTURA, M. U.; SILVA, F. A. C.; PANIZZI, A. R. Population dynamics of *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) on host plants. **Neotropical Entomology**. v.42, n.2, p.141-145, 2013.

SILVEIRA, T. A.; SANCHES, P. A.; ZAZYCKI, L. C. F.; COSTA-LIMA, T. C.; CABEZAS-GUERRERO, M. F.; FAVARIS, A. P.; GOULART, H. F.; BENTO, J. M. S.; SANTANA, A. E. G. Phloem-feeding herbivory on flowering melon plants enhances attraction of parasitoids by shifting floral to defensive volatiles. **Arthropod-Plant Interactions**, v.12, p.751-760, 2018.

SMANIOTTO, L. F.; PANIZZI, A. R. Interactions of selected species of stinkbugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) from leguminous crops with plants in the Neotropics. **Florida Entomologist**, v.98, n.1, p. 7-17, 2015.

SMANIOTTO, L. F. *Biologia e interação com plantas associadas dos percevejos barriga-verde, Dichelops furcatus (F., 1775) e Dichelops melacanthus (Dallas, 1851) (Hemiptera: Heteroptera: pentatomidae)*. 2015. Tese (Doutorado em ciências biológicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SMITH, C.M.; BOYKA, E. The molecular bases of plant resistance and defense responses to aphid feeding: current status. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.122, n.1, p.1-16, 2006.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORSO, I. C.; OLIVEIRA, J. J.; MOSCARDI, F.; PANIZZI, A. R.; BUENO, A. F.; HIROSE, E. 2010. Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja. Embrapa Soja, Londrina. (Documentos, 269).

STAHL, E.; HILFIKER, O.; REYMOND, P. Plant-arthropod interactions: Who is the winner? **The Plant Journal**, v.93, n.4, p.703–728, 2018.

STENBERG, J. A.; HEIL, M.; AHMAN, I.; BJORKMAN, C. Optimizing crops for biocontrol of pests and disease. **Trends in Plant Science**, v.20, n.11, 698-712, 2015.

SUN Y-L, DONG J-F, NING C.; DING, P-P.; HUANG, L-Q.; SUN, J-L.; WANG, C.-Z. An odorant receptor mediates the attractiveness of cis-jasmone to *Campoletis chlorideae*, the endoparasitoid of *Helicoverpa armigera*. **Insect Molecular Biology**, v.28, n.1, p.23-34, 2019.

SUN, X-L.; WANG, G-C.; GAO, Y.; ZHANG, X-Z.; XIN, Z-J.; CHEN, Z-M. Volatiles emitted from tea plants infested by *Ectropis obliqua* larvae are attractive to conspecific moths. **Journal of Chemical Ecology**, v.40, n.10, p.1080–1089, 2014.

TAGUTI, E.A.; GONÇALVES, J.; ADENEY DE FREITAS BUENO, A. F.; SUELHEN THAIS MARCHIORO, S. T. *Telenomus podisi* parasitism on *Dichelops melacanthus* and *podisus nigrispinus* eggs at different temperature. **Florida Entomologist**, v.102, n.3 p.607-613, 2019.

TURLINGS, T. C. J. TUMLINSON, J. H.; LEWIS, W.J. Exploitation of herbivore induced plant odors by host-seeking parasitic wasps. **Science**, v.250, n.4985, p.1251–1253, 1990.

TURLINGS, T. C., LOUGHRIN, J. H., MCCALL, P. J., ROSE, U. S., LEWIS, W. J., & TUMLINSON, J. H. How caterpillar-damaged plants protect themselves by attracting parasitic wasps. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.92, n.10, p.4169–4174, 1995.

TURLINGS, T. C.; LENGWILER, U. B.; BERNASCONI, M. L.; WECHSLER, D. Timing of induced volatile emissions in maize seedlings. **Planta**, v.207, n.1, 146-152, 1998.

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.

TZIN, V.; HOJO, Y.; STRICKLER, S. R.; BARTSCH, L. J.; ARCHER, C. M.; AHERN, K. R.; ... JANDER, G. Rapid defense responses in maize leaves induced by *Spodoptera eXigua* caterpillar feeding. **Journal of Experimental Botany**, v.68, n.16, p.4709–4723 2017.

ULHOA, L. A.; BARRIGOSI, J. A. F.; BORGES, M.; LAUMANN, R. A.; BLASSIOLI-MORAES, M. C. Differential induction of volatiles in rice plants by two stink bug species influence behaviour of conspecifics and their natural enemy *Telenomus podisi*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.1, p.eea.12869-10, 2020.

USDA. United States Department of Agriculture. **World agricultural production**. Disponível em: <<https://www.fas.usda.gov/data/world-agricultural-production>>. Acesso em: 11 fev. 2020.

VAN HULTEN, M.; M. PELSER, L. C; VAN LOON, C. M. J.; PIETERSE, J. Costs and benefits of priming for defense in Arabidopsis. **PNAS**, v.103, n.14, p.5602-5607, 2006.

VEGA, F. E.; SIMPKINS, A.; MIRANDA, J.; HAMLY, J. M.; INFANTE, F.; CASTILLO, A.; WAKARCHUK, D.; COSSÊ, A. A potential repellent against coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). **Journal of Insect Science**, v.17, n.6, p.1–9, 2017.

VET, L. E. M.; DICKE, M. Ecology of Infochemical use by Natural Enemies in a Tritrophic Context. **Annual Review of Entomology**, v.37, n.1, p.141–172, 1992.

VEYRAT, N.; ROBERT, C. A. M.; TURLINGS, T. C. J.; ERB, M. Herbivore intoxication as a potential primary function of an inducible volatile plant signal. **Journal of Ecology**, v.104, n.2, p.591–600, 2016.

VIEIRA, C. R.; BLASSIOLI-MORAES, M. C.; BORGES, M.; SUJII, E. R.; LAUMANN, R. A. Cis-Jasmone indirect action on egg parasitoids (Hymenoptera: Scelionidae) and its application in biological control of soybean stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae). **Biological Control**, v.64, n.1, p.75–82, 2013.

VILLAGRASA, M.; GUILLAMÓN, M.; LABANDEIRA, A.; TABERNER, A.; ELJARRAT, E.; BARCELÓ, D. Benzoxazinoid Allelochemicals in Wheat: Distribution among Foliage, Roots, and Seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54, n.4, p.1009–1015, 2006.

VINSON, S.B. The behavior of parasitoids. In: KERTUT, G.A.; GILBERT, L.I. (Ed.). *Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology*. New York: Pergamon Press, 1985. p.417-469.

VOGT, T. Phenylpropanoid biosynthesis. **Molecular plant**, v.3, n.1, p.2-20, 2010.

VON MÉREY, G. E.; VEYRAT, N.; LANGE, E. DE.; DEGEN, T.; MAHUKU, G.; VALDEZ, R. L.; D'ALESSANDRO, M. Minor effects of two elicitors of insect and pathogen resistance on volatile emissions and parasitism of *Spodoptera frugiperda* in Mexican maize fields. **Biological Control**, v.60, n.1, p.7–15, 2012.

VON RAD, U.; HUTTL, R.; LOTTSPREICH, F.; GIERL, A.; FREY, M. Two glucosyltransferases are involved in detoxification of benzoxazinoids in maize. **The Plant Journal**, v.28, n.6, p.633-642, 2001.

WALLING, L. L. The myriad plant responses to herbivores. **J Plant Growth Regul**, v.19, p.195–216, 2000.

WALKER, V.; COUILLEROT, O.; VON FELTEN, A.; BELLVERT, F.; JANSA, J.; MAURHOFER, M.; BALLY, R.; MOENNE-LOCCOZ, Y.; COMTE, G. Variation of secondary metabolite levels in maize seedling roots induced by inoculation with *Azospirillum*, *Pseudomonas* and *glomus* consortium under field conditions. **Plant and Soil**, v.356, n.1, p.151-163, 2012.

WAN, J.; DUNNING, M.; BENT, A. Probing plant-pathogen interactions and downstream defense signaling using DNA microarrays. **Functional & Integrative Genomics**, v.2, n.6, p.259–273, 2002.

WAR, A. R.; PAULRAJ, M. G.; AHMAD, T.; BUHROO, A. A.; HUSSAIN, B.; IGNACIMUTHU, S.; SHARMA, H. C. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. **Plant Signaling & Behavior**, v.7, n.10, p.1306–1320, 2012.

WILKES, G. H. Maize: Domestication, racial evolution and spread. In: HARRIS, D. R.; HILLMAN, G. C. (Org.). *Foraging and Farming: The Evolution of plant Exploitation*. Unwin Hyman. London. 1989. p. 441–455.

WORDELL FILHO, J. A.; RIBEIRO, L. P.; CHIARADIA, L. A.; MADALÓZ, J. C.; NESI, C. N. 2016. Pragas e doenças do milho: diagnose, danos e estratégias de manejo. Florianópolis: Epagri. 82p. (Boletim Técnico, 170).

WOUTERS F.C., REICHEL T M., GLAUSER G., BAUER E., ERB M., GERSHENZON J., VASSÃO D.G. Reglucosylation of the benzoxazinoid DIMBOA with inversion of stereochemical configuration is a detoxification strategy in lepidopteran herbivores. **Angewandte Chemie International Edition**, v.53, p.11320–11324, 2014.

WOUTERS, F. C.; GERSHENZON, J.; VASSÃO, D. G. Benzoxazinoids: Reactivity and modes of action of a versatile class of plant chemical defenses. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.27, p.1379-1397, 2016.

YE, M.; VEYRAT, N.; XU, H.; HU, L.; TURLINGS, T. C. J.; ERB, M. An herbivore-induced plant volatile reduces parasitoid attraction by changing the smell of caterpillars. **Science Advances**, v.4, n.5, p.1-8, 2018.

YIN, J.; CHEN, J.; CAO, Y.; LI, K.; HU, Y.; SUN, J. Wheat resistance induced by exogenous chemicals to the wheat aphid, *Sitobion avenae* (F.) and the oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker). **Acta Entomologica Sinica**, v.48, n.5, p.718-724, 2005.

ZANGERL, A. R. Evolution of induced plant responses to herbivores. **Basic and Applied Ecology**, v.4, n.1, p.91-103, 2003.

ZARBIN, P. H. G.; RODRIGUES, M. A. C. M.; LIMA, E. R. Feromônios de insetos: tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. **Química Nova**, v.32, n.3, p.722-731, 2009.

ZHANG, L.; LU, G.; HUANG, X.; GUO, H.; SU, X.; HAN, L.; CHENG, H. Overexpression of the caryophyllene synthase gene GhTPS1 in cotton negatively affects multiple pests while attracting parasitoids. **Pest Management Science**, 2019.

ZHOU, W.; LOZANO-TORRES, J. L.; BLILOU, I.; ZHANG, X.; ZHAI, Q.; SMANT, G.; LI, C.; SCHERES, B. A Jasmonate Signaling Network Activates Root Stem Cells and Promotes Regeneration. **Cell**, v.177, p.942-956, 2019.

ZHOU, S.; RICHTER, A.; JANDER, G. Beyond Defense: Multiple Functions of Benzoxazinoids in Maize Metabolism. **Plant and Cell Physiology**, v.59, n.8, p.1528-1537, 2018.