



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

LUCAS DE LIMA FARIAS

**RESPOSTA OLFATIVA DO POLINIZADOR *Apis mellifera* A GENÓTIPOS DE
MELOEIRO (*Cucumis melo*) NÃO ATRATIVOS À MOSCA-MINADORA
(*Liriomyza sativae*)**

FORTALEZA

2023

LUCAS DE LIMA FARIAS

RESPOSTA OLFATIVA DO POLINIZADOR *Apis mellifera* A GENÓTIPOS DE
MELOEIRO (*Cucumis melo*) NÃO ATRATIVOS À MOSCA-MINADORA
(*Liriomyza sativae*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Zootecnia.
Área de concentração: Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas.
Coorientadora: Dra. Nivia da Silva Dias-Pini.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

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

- F238r Farias, Lucas de Lima.
Resposta olfativa do polinizador *apis mellifera* a genótipos de meloeiro (*cucumis melo*) não atrativos à mosca-minadora (*liriomyza sativae*) / Lucas de Lima Farias. – 2023.
48 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas.
Coorientação: Profa. Dra. Nivia da Silva Dias-Pini.
1. *Apis mellifera*. 2. compostos voláteis. 3. *Cucumis melo*. 4. *Liriomyza sativae*. 5. polinização. I. Título.
CDD 636.08
-

LUCAS DE LIMA FARIAS

RESPOSTA OLFATIVA DO POLINIZADOR *Apis mellifera* A GENÓTIPOS DE
MELOEIRO (*Cucumis melo*) NÃO ATRATIVOS À MOSCA-MINADORA
(*Liriomyza sativae*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Zootecnia. Área de concentração: Ciências Agrárias.

Aprovada em: 14/07/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Tigressa Helena Soares Rodrigues
Universidade Federal do Ceará (UVA)

Dra. Ariane Morgana Leal Soares
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Najla Maria e Luiz Carlos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas e à Pesquisadora Dra. Nivia da Silva Dias-Pini pela excelente orientação e acompanhamento durante todo o curso e desenvolvimento do projeto.

Às doutoras participantes da banca examinadora, Tigressa Helena Soares Rodrigues e Ariane Morgana Leal Soares, pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

A todos os funcionários da Embrapa Agroindústria Tropical e do Setor de Abelhas da UFC, cujas colaborações para a execução deste trabalho foram indispensáveis.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFC e a todos os seus servidores e funcionários, cujo empenho profissional foi essencial para a realização das atividades curriculares.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação e aos amigos do Laboratório de Entomologia da Embrapa Agroindústria Tropical por toda a colaboração, sabedoria e companhia compartilhadas durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

Especialmente, aos meus pais Najla Maria de Lima Farias e Luiz Carlos Lima Farias por todo o esforço e sacrifício na missão de prover sempre as melhores condições possíveis para mim e para minha irmã Luiza de Lima Farias, motivo pelo qual são os pilares fundamentais na minha construção como pessoa e o meu porto seguro em todos os momentos desafiadores de minha vida. A minha namorada, Sharon Gomes Ribeiro, que além de fornecer contribuição técnica indispensável para a realização deste trabalho, tem sido minha fiel companheira, melhor amiga e inestimável suporte desde a minha graduação e sempre nos momentos em que eu mais precisei. Muito obrigado.

RESUMO

A abelha africanizada (*Apis mellifera*) é o principal polinizador do meloeiro (*Cucumis melo* L.) no Brasil, uma cultura agrícola de grande importância para o país. No entanto, a atratividade dessas abelhas para as flores do meloeiro difere em função de compostos orgânicos voláteis (COV's) emitidos pelas plantas. A seleção de genótipos que emitem COV's repelentes que atribuem resistência a pragas têm sido apontada como uma alternativa ao uso de agrotóxicos, mas pode afetar também a polinização da cultura ao repelir as abelhas polinizadoras. Portanto, este trabalho teve como objetivo investigar e selecionar genótipos de meloeiro apontados como resistentes a praga da mosca-minadora (*Liriomyza sativae* spp.) por meio da emissão de COV's repelentes, mas que não o sejam para as abelhas polinizadoras. O estudo foi feito por meio da identificação dos compostos orgânicos voláteis presentes nas flores masculinas e hermafroditas dos genótipos de melão CNPH 06-1047-343, CNPH 11-1071-43 e CNPH 06-1047-341, com características de resistência à praga, tomando como base os híbridos comerciais não repelentes Goldex e Imperial 45. Além disso, avaliou-se a resposta olfativa de *A. mellifera* aos voláteis constituintes dos melões estudados com a utilização de olfatômetro em "Y". Oito compostos voláteis foram identificados nas flores dos melões, sendo quatro desses em comum com ambos os gêneros de flor. Em ambos os gêneros das flores, α -Pino e Limoneno foram os compostos mais frequentes, porém apenas houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os genótipos em relação à intensidade desses compostos dominantes nas flores masculinas, em que o genótipo CNPH 06-1047-341 se destacou por se diferenciar de todos os outros melões apresentando a maior intensidade de Limoneno, além de ter apresentado uma das maiores intensidades de α -Pino, nesse caso não diferindo de Goldex nem de CNPH 06-1047-343. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) na frequência de entrada de *A. mellifera* nos braços do olfatômetro entre os híbridos e genótipos de melão e o controle, ou entre os híbridos e genótipos de melão. No tempo de permanência, as abelhas foram mais atraídas pelo controle do que pelos voláteis dos melões, e entre os melões, os genótipos não diferiram do híbrido Goldex nem do híbrido Imperial 45, com exceção de CNPH 06-1047-341, que foi menos atrativo que o Imperial 45. Os resultados sugerem que, devido à intensa presença de α -Pino e Limoneno em uma possível alta concentração, bem como à ausência de uma maior variedade de compostos atrativos em sua composição volátil, o genótipo CNPH 06-1047-341, além de repelir *L. sativae* spp., não se mostra atrativo para o polinizador. Não obstante, os genótipos CNPH 06-1047-343 e CNPH 11-1071-43, por não diferirem dos híbridos comerciais em relação à atratividade de *A.*

mellifera são materiais que podem ser utilizados, pois, apesar de repelirem a praga, aparentemente ainda são atrativos para o polinizador. Esses resultados devem ser considerados em programas de melhoramento genético e produção de variedades comerciais.

Palavras-chave: *Apis mellifera*; compostos voláteis; *Cucumis melo*; *Liriomyza sativae*; polinização; respostas olfativas.

ABSTRACT

The Africanized honeybee (*Apis mellifera*) is the main pollinator of melon (*Cucumis melo* L.) in Brazil, an agricultural crop of great importance for the country. However, the attractiveness of these bees to melon flowers differs depending on the volatile organic compounds (VOCs) emitted by the plants. The selection of genotypes that emit repellent VOCs that attribute resistance to pests has been suggested as an alternative to the use of pesticides but can also affect crop pollination by repelling pollinating bees. Therefore, this work aimed to investigate and select melon genotypes identified as resistant to the leaf miner fly (*Liriomyza sativae* spp.), but not to their pollinator. The study was carried out by identifying the volatile organic compounds present in the male and hermaphrodite flowers of the melon genotypes CNPH 06-1047-343, CNPH 11-1071-43 and CNPH 06-1047-341, with characteristics of resistance to the pest, based on the non-repellent commercial hybrids Goldex and Imperial 45. In addition, the olfactory response of *A. mellifera* to the volatile constituents of the studied melons was evaluated using a “Y” olfactometer. Eight volatile compounds were identified in melon flowers, four of which are common to both flower genera. In both flower genera, α -Pinene and Limonene were the most frequent compounds, but there was only a significant difference ($p < 0.05$) between the genotypes in relation to the intensity of these dominant compounds in male flowers. The genotype CNPH 06-1047-341 stood out for being different from all other melons, presenting the highest intensity of Limonene, in addition to having one of the highest intensities of α -Pinene, in this case not differing from Goldex or CNPH 06-1047-343. There was no significant difference ($p > 0.05$) in the frequency of entry of *A. mellifera* into the olfactometer arms between hybrids and melon genotypes and the control, or between hybrids and melon genotypes. In the permanence time experiments, the bees were more attracted by the control than by the volatiles of the melons, and among the melons, the genotypes did not differ from the hybrid Goldex or the hybrid Imperial 45, except for CNPH 06-1047-341, which was less attractive than Imperial 45. The results suggest that due to the intense presence of α -Pinene and Limonene in a possible high concentration, as well as the absence of a greater variety of attractive compounds in its volatile composition, the genotype CNPH 06-1047-341, in addition to repelling *L. sativae* spp., is not attractive to the pollinator. Nevertheless, the CNPH 06-1047-343 and CNPH 11-1071-43 genotypes, as they do not differ from commercial hybrids in terms of attractiveness to *A. mellifera*, are materials that can be used because despite repelling the pest, they are apparently still attractive to the pollinator. These results

should be considered in genetic improvement programs and production of commercial varieties.

Keywords: *Apis mellifera*; volatile compounds; *Cucumis melo*; *Liriomyza sativae*; pollination; olfactory responses.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 — Multiplicação de plantas e obtenção de espécimes de *Apis mellifera*: a. bandeja para produção de mudas contendo substrato e sementes dos melões; b. mudas de melão em casa de vegetação; c. coleta de abelhas para experimento de olfatometria..... 22
- Figura 2 — Amostras para análise de COV's: a. flor do gênero masculino; b. flor do gênero hermafrodita; c. amostras em preparo para análise em CG-EM..... 23
- Figura 3 — Sistema de olfatometria: a. visão geral do sistema; b. detalhe do ramo da planta acondicionado no saco de poliéster em contraste com outro saco contendo o controle; c. abelha transitando no olfatômetro em "Y" 24
- Figura 4 — Boxplots com os resultados significativos do teste de ANOVA para compostos voláteis presentes em flores hermafroditas dos dois híbridos, Goldex (GLX) e Imperial 45 (CA), e dos três genótipos de melão (341, 343 e 43) (*Cucumis melo* L.): a. p-cymeno; b. p-xileno; c. limoneno..... 29
- Figura 5 — Boxplots com os resultados significativos do teste de ANOVA para compostos voláteis presentes em flores masculinas dos dois híbridos, Goldex (GLX) e Imperial 45 (CA), e dos três genótipos de melão (341, 343 e 43) (*Cucumis melo* L.): a. limoneno; b. α -pineno; c. α -fencheno; d. sabineno..... 30
- Figura 6 — Análise das componentes principais (PCA) para compostos voláteis das flores masculinas dos dois híbridos, Goldex (GLX) e Imperial 45 (CA), e dos três genótipos de melão (341, 343 e 43) (*Cucumis melo* L.)..... 32
- Figura 7 — Análise multivariada de mínimos quadrados parciais discriminante (PLS-DA) para compostos voláteis das flores masculinas dos dois híbridos, Goldex (GLX) e Imperial 45 (CA), e dos três genótipos de melão (341, 343 e 43) (*Cucumis melo* L.)..... 34
- Figura 8 — Mapa de calor acoplado à dendrograma para compostos orgânicos voláteis das flores masculinas dos dois híbridos, Goldex (GLX) e

Imperial 45 (CA), e dos três genótipos de melão (341, 343 e 43) (*Cucumis melo* L.).....

35

Figura 9 — Comparação da frequência de entrada de *A. mellifera* nos braços do olfatômetro entre dois híbridos, Goldex (GLX) e Imperial 45 (CA), e os três genótipos de melão (341, 343 e 43) (*Cucumis melo* L.): a. voláteis dos melões versus o ar (controle); b. voláteis dos genótipos versus voláteis do híbrido Goldex (GLX); c. voláteis dos genótipos versus voláteis do híbrido comercial Imperial 45 (CA).....

36

Figura 10 — Comparação do tempo de permanência de *A. mellifera* nos braços do olfatômetro entre dois híbridos, Goldex (GLX) e Imperial 45 (CA), e os três genótipos de melão (341, 343 e 43) (*Cucumis melo* L.): a. voláteis dos melões versus o ar (controle); b. voláteis dos genótipos versus voláteis do híbrido Goldex (GLX); c. voláteis dos genótipos versus voláteis do híbrido comercial imperial 45 (CA).....

37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 —	Composição química volátil (%) dos compostos orgânicos de flores masculinas (M) e hermafroditas (H) dos dois híbridos comerciais, Goldex (GLX) e Imperial 45 (CA), e dos três genótipos de melão (<i>Cucumis melo</i> L.) CNPH 06-1047-343 (343), CNPH 06-1047-341 (341) e CNPH 11-1071-43 (43) por HS-SPME/CG-EM.....	27
Tabela 2 —	Média e desvio padrão do percentual de frequência (número de entradas) de <i>A. mellifera</i> nos braços do olfatômetro para os três bioensaios realizados.....	36
Tabela 3 —	Tempo de permanência médio (min), total e desvio padrão de <i>A. mellifera</i> nos braços do olfatômetro em cada bioensaio avaliado.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância
CAR/PDMS	Divinylbenzene/Carboxen/Polydimethylsiloxane
CG-EM	Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massa
COV's	Compostos Orgânicos Voláteis
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Inc	Incorporado
PC1	Componente Principal 1
PC2	Componente Principal 2
PCA	Análise de Componentes Principais
PLS-DA	Análise de Mínimos Quadrados Parciais - Discriminante
SOLF	Sistema de Gerenciamento de Resultados para Bionsaíes de Olfatometria
SPME	Microextração em Fase Sólida

LISTA DE SÍMBOLOS

- ® Marca Registrada
- > Maior que
- < Menor que
- % Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	HIPÓTESES	19
3	OBJETIVOS	20
3.1	Objetivos específicos	20
4	METODOLOGIA	21
4.1	Sítio experimental e obtenção de espécimes	21
4.2	Extração e identificação de compostos orgânicos voláteis	22
4.3	Bioensaios de olfatometria	23
4.4	Análises estatísticas	25
4.4.1	<i>Quimiometria</i>	25
4.4.2	<i>Olfatometria</i>	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1	Identificação dos compostos	27
5.2	Bioensaios de olfatometria	35
6	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

A polinização é um processo crucial para o meio ambiente e para a agricultura, pois é responsável pela reprodução das plantas com flores por meio da relação mutualística que existe entre as espécies vegetais e os polinizadores, tais como as abelhas, vespas, borboletas e mariposas. Nesse processo, é assegurada a transferência de pólen do órgão reprodutor masculino (androceu) para o órgão reprodutor feminino (gineceu) das flores, possibilitando a fertilização e a consequente produção de sementes e frutos (WU *et al.*, 2022). As plantas com flores são essenciais para a manutenção da biodiversidade e da estabilidade dos ecossistemas (BRITAIN *et al.*, 2013), já que fornecem alimentos, habitats e uma ampla gama de outros recursos para inúmeras espécies na natureza (BRAVO-MONROY, 2017).

A proporção das espécies vegetais que são polinizadas por animais parte de uma média de 78% em zonas temperadas e chega a 94% em regiões tropicais (OLLERTON; DUSHOFF; TARRANT, 2011), com destaque para as abelhas, cuja importância ecológica no que diz respeito à manutenção da fauna e flora, tanto silvestre quanto cultivada, vêm sendo bastante reconhecida (DEVKOTA, 2020).

Na agricultura, ou seja, nas espécies cultivadas, a polinização é necessária para a produção em escala comercial em muitas culturas e em sua maioria é realizada através de insetos polinizadores como as abelhas, cuja atividade de polinização apresenta a capacidade de melhorar a frutificação, a qualidade dos frutos, à produção de sementes e, por fim, o valor de mercado das colheitas (KLATT *et al.*, 2014; KLEIN *et al.*, 2020). Essas vantagens da polinização contribuem para o avigoramento da produção de culturas polinizadas por animais, tornando tanto os países desenvolvidos quanto os que estão em desenvolvimento dependentes de populações de polinizadores para a produção de culturas economicamente importantes (MULI *et al.*, 2014).

Devido a isso, estima-se um valor econômico de 518 bilhões de dólares por ano relacionado à polinização realizada por abelhas nas plantas entomófilas (CHAIKA; LISOVYY; MINIAILO, 2021) devido a sua capacidade de aumentar a produtividade nessas culturas agrícolas e de contribuir, consequentemente, para o fornecimento de nutrientes necessários à segurança nutricional e alimentar de populações (TONI; AVOHOU; DJOSSA, 2021). Um exemplo disso é dado pelo meloeiro (*Cucumis melo*), que se beneficia dos serviços de polinização realizados pelas abelhas na forma de eficientes resultados produtivos da

cultura que podem ser expressos, por exemplo, por um aumento do volume do pericarpo do fruto, de seu tamanho, peso e número de sementes (AZMI; SEMBOK; HATTA 2022).

O meloeiro é uma cultura cuja domesticação estima-se ter ocorrido a cerca de quatro mil anos, tendo o continente africano como provável centro de origem (PITRAT; HANELT; HAMMER, 2000). Hoje é um dos cultivos mais importantes pertencentes à família das cucurbitáceas não apenas economicamente, mas também devido a seus valores nutricionais e medicinais, visto que é fonte de fitoquímicos naturais, como polifenóis, carotenoides, dentre outros componentes biologicamente ativos que possuem uma influência positiva na saúde e bem-estar humano, tais como os tocoferóis, fosfolipídios e esteróis que são encontrados em suas sementes (SAHIN *et al.*, 2022).

A cultura do melão é explorada comercialmente tanto em climas temperados como em regiões subtropicais e tropicais no mundo todo, com uma produção mundial anual de aproximadamente 28,6 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2021) e é também muito valiosa para o Brasil, especialmente para a região Nordeste, a qual concentra 82% da produção brasileira (497.778,54 toneladas), numa área plantada de 23.946 hectares (IBGE, 2021).

As plantas de melão têm a característica de serem andromonóicas (AZPIAZU *et al.*, 2020), podendo apresentar flores masculinas, femininas e hermafroditas que dependem da polinização por abelhas para produzir frutos em altos rendimentos (FERNANDES *et al.*, 2019). Isso porque ao forragear em busca de recursos florais como pólen (fonte de proteína) e néctar (fonte de energia), as abelhas terminam por realizar a polinização (RIBEIRO, 2012; FREE, 1993). Essa produção em altos rendimentos do meloeiro, decorrente do avigoramento da produtividade que está atrelado à eficiente polinização da cultura, pode contribuir até mesmo com a redução dos impactos ambientais devido a diminuição da necessidade de expansão da área cultivada (FERNANDES *et al.*, 2023), o que torna bastante atrativa e contribui para explicar a utilização de abelhas melíferas no processo produtivo desse cultivo, com destaque para *Apis mellifera* (HOZ, 2007; REYES-CARRILLO *et al.*, 2007).

Apis mellifera tem como provável centro de origem a região do Oriente Próximo, de onde migrou e se dispersou para a África e Europa (MADRAS-MAJEWSKA; SKONIECZNA, 2019), sendo hoje uma das espécies animais mais amplamente distribuídas no mundo, habitando todos os continentes exceto a Antártica (FULLER *et al.*, 2015). É uma das abelhas mais utilizadas em programas de polinização de cultivos devido a sua alta eficiência que se traduz em um avigoramento produtivo até mesmo em espécies vegetais que independem da polinização para a formação de frutos, como no caso da cultura do pepino (NICODEMO *et al.*, 2013). Ela também é bastante utilizada em outras culturas cucurbitáceas,

como no meloeiro (MCGREGOR; TODD, 1952; KEOGH; ROBINSON; MULLINS, 2010), na qual muitos produtores realizam a introdução de colmeias de *A. mellifera* nos cultivos com vistas a otimizar a produção de frutos (AZPIAZU *et al.*, 2020), embora o meloeiro não seja uma espécie muito atrativa para essa abelha (FREE, 1993; FERNANDES *et al.*, 2020).

A maior eficiência de atração para as flores ocorre quando são combinados os sinais químicos olfativos com os estímulos visuais (RIFFEL; COSTA, 2015), isso porque as abelhas polinizadoras podem ser atraídas tanto pelos compostos orgânicos voláteis (COV's) presentes nas flores, como também pelas características morfológicas destes órgãos nas plantas, a exemplo da coloração do conjunto floral (ou contraste cromático) (RACHERSBERGER; CORDEIRO; SCHÄFFLER, 2019). Estas características florais são percebidas pelas abelhas em distâncias maiores ao passo que o tamanho das flores é levado em conta por estes polinizadores quando a curtas distâncias em uma tentativa de prever as recompensas florais (néctar e pólen, por exemplo) (ORTIZ *et al.*, 2020).

Em relação aos compostos orgânicos voláteis, que são metabólitos orgânicos secundários naturalmente secretados pelas plantas e que desempenham papéis importantes na comunicação e sinalização das plantas (KUTTY; MISHRA, 2023), sua composição química é responsável por conferir diferentes odores à planta, podendo torná-las potencialmente atrativas ou não aos insetos polinizadores. Isso porque o aroma é utilizado pelos insetos como fonte de informações que estão associadas à localização e ao reconhecimento das flores, bem como à quantidade e a qualidade de recursos florais (DUDAREVA; PICHERSKY, 2006). No caso da cultura do melão, os COV's produzidos pelas flores das plantas, principalmente os da família dos terpenos e ésteres, apresentam importância fisiológica e contribuem fortemente para a composição dos aromas florais e, portanto, possuem um papel fundamental na atratividade dos polinizadores da cultura, especialmente das abelhas (SILVA *et al.*, 2018). Isso foi também verificado por Fernandes *et al.*, (2019), que observou relações entre os compostos voláteis produzidos pelas flores do meloeiro e o número de visitas florais de *A. mellifera*, apontando que as diferenças de atratividade ou repelência podem estar relacionadas com diferenças qualitativas dos COV's emitidos pelas flores de melão. Essa comprovação é reforçada pelo fato que a produção de néctar, outro fator importante para atratividade do polinizador, é um fator determinante apenas na escolha entre os diferentes gêneros florais, mas não entre as flores de diferentes tipos de meloeiros (FERNANDES *et al.*, 2023).

Estudos de interações inseto-plantas mostram que compostos orgânicos voláteis geralmente também influenciam nas atividades de locomoção, agregação e localização do hospedeiro tanto para herbívoros quanto para predadores e parasitoides destes (LORETO *et*

al., 2014; UNSICKER; KUNERT; GERSHENZON, 2009). Isso acontece porque as plantas, ao serem atacadas por organismos-praga, podem modificar seus COV's como modo de defesa para repelir o agente causador do dano e comunicar-se com as demais plantas visando atrair os inimigos naturais (RIFFEL; COSTA, 2015). Portanto, essa incidência de patógenos e/ou artrópodes-praga apresenta potencial para afetar também as interações polinizador-planta (LUNDIN *et al.*, 2013; PONZIO *et al.*, 2016).

A mosca-minadora *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) é uma praga-chave do meloeiro (COSTA-LIMA; SILVA; PARRA, 2015) que pode ser encontrada em todos os continentes (praga cosmopolita). Ela possui esse nome popular devido ao fato de construir galerias no parênquima foliar, forma pela qual a praga exerce sua alimentação, causando danos mecânicos nas folhas parasitadas que se assemelham a “minas”. Essa ação promove uma decorrente redução da área fotossinteticamente ativa e consequentes prejuízos no desenvolvimento da planta e na obtenção do produto final (fruto) que, além de subdesenvolvido, apresentará baixo teor de sólidos solúveis totais (°Brix), reduzindo drasticamente a qualidade da produção (NOGUEIRA *et al.*, 2019).

Uma das formas de atenuar o ataque de *L. sativae* em sistemas produtivos de melão poderia ser a utilização de plantas resistentes, ou seja, menos preferidas e/ou menos afetadas pelo inseto-praga (CELIN *et al.*, 2018). Essa preferência ou não do inseto-praga pode ser decorrente das características morfológicas, fisiológicas ou químicas, tais como a presença de barreiras físicas, como tricomas (SILVA *et al.*, 2018), e também a produção de compostos químicos que impedem ou inibem a alimentação e reprodução do inseto, a exemplo dos COV's. Esses compostos podem atuar causando o efeito de antixenose que consiste na repelência do artrópode-praga e contribuir, dessa forma, com a redução dos danos causados à cultura pela peste. Oliveira (2017) e Vasconcelos (2020) constataram alguns genótipos (CNP 06-1047-343, CNP 06-1047-341 e CNP 11-1071-43) pouco atrativos à praga, sendo assim materiais genéticos de grande potencial para utilização em programas de melhoramento vegetal.

Com tudo isso em vista, mostra-se como algo potencialmente vantajoso a possibilidade de se conseguir unir características químicas de resistência à praga com características químicas de atratividade aos polinizadores em um mesmo genótipo. Isso levaria à diminuição de incidência da praga-chave na cultura e consequentemente a utilização de produtos químicos dispendiosos e potencialmente prejudiciais para os insetos polinizadores, ao mesmo tempo em que se favorece o processo de forrageamento destes e

promovendo, desta forma, uma eficiente polinização e conseqüente avigoramento da produtividade da lavoura.

Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar se os compostos voláteis liberados pelos genótipos de melão CNPH 06-1047-343, CNPH 11-1071-43 e CNPH 06-1047-341, pouco atrativos à *L. sativae*, interferem também ou não na atratividade de *A. mellifera*, polinizador da cultura, possibilitando-se realizar a seleção de genótipos que apresentem atratividade para o polinizador e ao mesmo tempo repelência para a praga.

2 HIPÓTESES

Os voláteis dos três genótipos de melão CNPH 06-1047-343, CNPH 11-1071-43 e CNPH 06-1047-341 afetam negativamente a atratividade para *Apis mellifera*.

Os voláteis dos três genótipos de melão CNPH 06-1047-343, CNPH 11-1071-43 e CNPH 06-1047-341 não interferem na atratividade para *Apis mellifera*.

Os voláteis de apenas um ou dois dos três genótipos de melão CNPH 06-1047-343, CNPH 11-1071-43 e CNPH 06-1047-341 afeta(m) negativamente a atratividade para *Apis mellifera*.

3 OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo investigar a influência dos compostos orgânicos voláteis liberados pelos genótipos de melão CNPH 06-1047-343, CNPH 11-1071-43 e CNPH 06-1047-341, pouco atrativos à *L. sativae*, na atratividade de *A. mellifera* tomando como padrões os híbridos comerciais Goldex e Imperial 45, visando tornar possível a seleção de genótipos que, apesar de repelirem a praga, sejam atrativos para o polinizador.

3.1 Objetivos específicos

I) Identificar e semiquantificar os compostos orgânicos voláteis presentes das flores masculinas e hermafroditas dos genótipos CNPH 06-1047-343, CNPH 11-1071-43 e CNPH 06-1047-341 e dos híbridos Goldex e Imperial 45 com uso da técnica de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas;

II) Analisar a resposta olfativa de *A. mellifera* aos voláteis dos melões avaliados por meio de bioensaios de olfatometria;

III) Selecionar genótipos que, apesar de serem repelentes para *L. sativae*, não o sejam para *A. mellifera*.

4 METODOLOGIA

4.1 Sítio experimental e obtenção de espécimes

O experimento foi realizado nos laboratórios de Entomologia, Laboratório Multiusuário de Química e Produtos Naturais e em casa de vegetação da Embrapa Agroindústria Tropical, todos localizados na cidade de Fortaleza, CE (-3.752747762575724, -38.57562940497796).

Os acessos de meloeiro CNPH 06-1047-343, CNPH 11-1071-43 e CNPH 06-1047-341 foram obtidos por meio do Programa de Melhoramento Genético conduzido pela Embrapa Hortaliças (Brasília, DF) e pertencem, respectivamente, aos seguintes tipos de meloeiro: charentais, amarelo e charentais. Os seguintes híbridos comerciais da cultura do melão foram obtidos em loja agropecuária: Goldex (melão amarelo) e Imperial 45 (melão cantaloupe), ambos com a característica de serem susceptíveis à praga e, no que tange à atratividade para *A. mellifera*, o Imperial 45 sendo bem atrativo para o polinizador por ser do tipo cantaloupe e Goldex medianamente atrativo por ser do tipo amarelo (FERNANDES *et al.*, 2019; 2020).

Para a realização dos bioensaios, fez-se necessário o cultivo de uma quantidade adequada de plantas de melão. Para isso, realizou-se o plantio de sementes em bandejas sementeiras plásticas com uma mistura de substrato para produção de mudas e vermiculita (1:1) (Figura 1a), as quais permaneceram no Laboratório de Entomologia nas condições de 25 ± 3 °C e $70 \pm 10\%$ UR até a emergência das plântulas, quando foram então acondicionados em casa de vegetação. Decorridos 10 dias, as plântulas foram transplantadas para vasos plásticos contendo 500mL da formulação de areia, substrato para produção de mudas e húmus-de-minhoca (3:2:1), onde foram irrigadas diariamente e mantidas até floração (Figura 1b). Os espécimes de *A. mellifera* foram obtidos das colônias do Setor de Abelhas do Departamento de Zootecnia do CCA\UFC, de onde foram transportadas até o Laboratório de Entomologia visando à execução dos testes de olfatometria (Figura 1c).

Figura 1 — Multiplicação de plantas e obtenção de espécimes de *Apis mellifera*: a. bandeja para produção de mudas contendo substrato e sementes dos melões; b. mudas de melão em casa de vegetação; c. coleta de abelhas para experimento de olfatometria.



Fonte: Elaborada pelo autor

4.2 Extração e identificação de compostos orgânicos voláteis

Com aproximadamente 30 dias após a emergência das plântulas para flores masculinas (Figura 2a) e 60 para flores hermafroditas (Figura 2b), as flores (órgãos atrativos de interesse para os polinizadores) desses dois gêneros, únicos em comum para todos os tipos de melão, foram extraídas em casa de vegetação com o auxílio de pinça e luvas de nitrila para evitar a contaminação das amostras e acondicionadas em frascos de vidro tipo vials de 20 mL, sendo então levados para análise em laboratório (Figura 2c). Por questões de manutenção de padrão, a coleta de flores foi realizada sempre por volta de 07:30h e 08:30 horas da manhã.

Os COV's das flores de cada um dos híbridos e genótipos de melão estudados foram extraídos por meio da utilização do método analítico de SPME em *headspace*, de acordo com a metodologia de Silva *et al.*, (2018), no Laboratório Multiusuário de Química de Produtos Naturais da Embrapa Agroindústria Tropical. Utilizou-se o sistema de cromatografia gasosa, modelo CG7890B (*Agilent Technologies Spain, S.L.*, Madrid, Espanha), acoplado ao espectrômetro de massas, modelo 5977A MSD (*Agilent Technologies Spain, S.L.*, Madrid, Espanha).

As análises foram feitas em triplicatas, consistindo cada repetição de três flores no caso das flores masculinas e de duas flores para o caso das hermafroditas, sendo os voláteis qualificados e semi-quantificados por meio da utilização dos valores absolutos da área de cada pico do espectro de massas obtidos no CG-EM e dos Índices de Kovats calculados, por meio do uso de série homóloga de alcanos (C7-C30), comparando com os índices presentes na biblioteca NIST 2.0 2012 (*National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Md, EUA*) e na literatura.

Figura 2 — Amostras para análise de COV's: a. flor do gênero masculino; b. flor do gênero hermafrodita; c. amostras em preparo para análise em CG-EM.



Fonte: Elaborada pelo autor

4.3 Bioensaios de olfatométria

As respostas olfativas foram avaliadas com a utilização de um olfatômetro do tipo “Y” de acrílico, material transparente com 2 cm de diâmetro interno, arena inicial com 10 cm e bifurcado em dois “braços menores” de 8 cm de comprimento cada (Figura 3c), em laboratório e sob condições climáticas controladas (25 ± 3 °C e $70 \pm 10\%$ UR), de acordo com metodologia adaptada de Saraiva *et al.* (2023) e Pires (2015).

A resposta do inseto foi observada durante o tempo de 5 minutos, de acordo com metodologia de Pires (2015), e era considerada toda vez que o este ultrapassava a demarcação de limitação da área de não influência dos voláteis. Era levado em conta o número de entradas e tempo de permanência (min) de *A. mellifera* em cada um dos braços do olfatômetro.

Para oferecer os voláteis aos espécimes de *A. mellifera*, um ramo com cerca de 30 cm de comprimento para cada planta, contendo folhas e flores masculinas – que apresentaram

diferenças significativas quanto aos seus COV's predominantes – foi isolado com sacos de poliéster (Figura 3b). Para arraste do ar foi utilizado uma bomba com fluxo de 0,3 L/min, filtro de carvão ativado para purificação do ar, e condução deste por mangueiras de silicone até o orifício de entrada no braço do olfatômetro (Figura 3a). As abelhas *A. mellifera* foram liberadas uma por vez no tubo principal do olfatômetro, contra o fluxo de ar que carregava as fontes de odores.

Figura 3 — Sistema de olfatometria: a. visão geral do sistema; b. detalhe do ramo da planta acondicionado no saco de poliéster em contraste com outro saco contendo o controle; c. abelha transitando no olfatômetro em "Y".



Fonte: Elaborada pelo autor

Os bioensaios foram divididos em três grupos: Bioensaio I) Melões x Ar: em um braço do olfatômetro foram liberados voláteis dos genótipos de meloeiro resistentes (CNPH 06-1047-343, CNPH 11-1071-43 e CNPH 06-1047-341) e dos híbridos comerciais Goldex e Imperial 45, um por vez, sendo cada melão um tratamento, e no outro braço apenas ar puro como tratamento controle, utilizando 4 plantas para cada melão avaliado e 10 abelhas para cada planta avaliada, totalizando cinco tratamentos com 40 repetições cada.

Bioensaio II) Híbrido Goldex (comercial) x genótipos resistentes: nestes bioensaios, um braço do olfatômetro continha os voláteis dos genótipos resistentes (CNPH 06-1047-343, CNPH 11-1071-43 e CNPH 06-1047-341) e no outro braço os voláteis do híbrido Goldex, utilizando 4 plantas para cada melão avaliado e 10 abelhas para cada planta avaliada, totalizando três tratamentos com 40 repetições para cada.

Bioensaio III) Híbrido Imperial 45 x genótipos resistentes: nestes bioensaios, um braço do olfatômetro continha os voláteis dos genótipos (CNPH 06-1047-343, CNPH 11-1071-43 e CNPH 06-1047-341) e no outro braço os voláteis do híbrido Imperial 45, utilizando 4 plantas para cada melão avaliado e 10 abelhas para cada planta avaliada, totalizando três tratamentos com 40 repetições para cada.

A frequência e o tempo de permanência da *A. mellifera* nos diferentes braços do olfatômetro foram contabilizados utilizando o software SOLF (Sistema de Gerenciamento de Resultados para Biossaos de Olfatometria) versão 7.0.

4.4 Análises estatísticas

4.4.1 Quimiometria

Os dados de área absoluta obtidos a partir da análise de COV's foram submetidos a análises estatísticas utilizando linguagem R por meio do operador *MetaboAnalyst 5.0* (<https://www.metaboanalyst.ca/>), de acordo com protocolo interno da Embrapa Agroindústria Tropical.

Para a análise univariada, foram aplicados testes de análise de variância (ANOVA) seguidos de análise *post-hoc*, tanto para flores masculinas quanto para flores hermafroditas. As análises multivariadas foram realizadas apenas para as flores do sexo masculino, em virtude dos resultados observados na análise univariada, utilizando a Análise de Componentes Principais (PCA) e Análise de Mínimos Quadrados Parciais - Discriminante (PLS-DA). Além disso, a análise de agrupamento foi realizada através da construção de um dendrograma hierárquico integrado a um mapa de calor. Essas análises permitiram a identificação de diferenças significativas entre as amostras. Todas as análises estatísticas foram realizadas com um nível de significância de $p < 0,05$.

4.4.2 Olfatometria

A frequência de entrada e o tempo de permanência de *A. mellifera* nos braços do olfatômetro foram analisadas conforme metodologia descrita por Saraiva *et al.*, (2023). O número de entradas nos braços contendo voláteis dos genótipos de melão ou ar, para cada

indivíduo de *A. mellifera* observado, foi comparado utilizando teste Qui-quadrado X^2 ($\alpha=0,05$) a partir do software estatístico SAS (SAS INSTITUTE INC., 2014), com fração esperada de 50%.

As médias do tempo de permanência dos indivíduos em cada braço do olfatômetro foram submetidas a teste-*t* ($p < 0,05$), sendo os braços com voláteis de genótipos comparados entre si e com os braços contendo apenas ar puro. Para tanto, foi utilizada linguagem R com pacote estatístico "*stats*" (R CORE TEAM, 2022).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Identificação dos compostos

Oito compostos orgânicos voláteis foram identificados nas flores masculinas e hermafroditas dos híbridos e genótipos de meloeiro. Desses, quatro eram comuns para ambos os gêneros de flor (α -Pineno, α -Fencheno, Sabineno, Limoneno), três foram identificados apenas nas flores hermafroditas (p-Xileno, p-Cimeno, Benzaldeído) e um deles apenas nas flores masculinas (α -Tujeno) (Tabela 1).

Em relação às flores hermafroditas, α -Pineno e Limoneno foram os compostos mais presentes nas flores dos melões avaliados, ao contrário de p-Xileno e p-Cimeno, cuja presença foi identificada apenas no híbrido Goldex (Tabela 1).

Tabela 1 — Composição química volátil (%) dos compostos orgânicos de flores masculinas (M) e hermafroditas (H) dos dois híbridos comerciais, Goldex (GLX) e Imperial 45 (CA), e dos três genótipos de melão (*Cucumis melo* L.) CNPH 06-1047-343 (343), CNPH 06-1047-341 (341) e CNPH 11-1071-43 (43) por HS-SPME/CG-EM.

IR	Composto	Melões									
		GLX		CA		343		341		43	
		M	H	M	H	M	H	M	H	M	H
890	p-Xylene	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
925	α -Thujene	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
929	α -Pinene	90.7	70.2	60.1	100.0	69.0	45.0	39.4	66.0	66.1	43.7
942	α -Fenchene	0.7	0.0	0.0	0.0	0.5	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0
960	Benzaldehyde	0.0	20.6	0.0	0.0	0.0	28.1	0.0	0.0	0.0	30.3
975	Sabinene	5.9	0.0	3.7	0.0	4.2	1.1	0.0	0.0	10.7	8.6
1022	p-Cymene	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1027	Limonene	2.6	3.1	36.3	0.0	26.4	22.8	60.6	34.0	23.2	17.4

IR: Índice de Retenção aproximado

Fonte: Elaborada pelo autor

A maioria dos compostos orgânicos encontrados faz parte do grupo químico dos terpenos, com exceção do Benzaldeído que pertence aos aldeídos aromáticos, sendo as flores hermafroditas aquelas que apresentaram a maior diversidade de voláteis, algo também observado no trabalho de Fernandes *et al.*, (2019).

Terpenos são compostos produzidos por plantas por meio de terpenos sintases (TPS's) e podem desempenhar um importante papel defensivo contra patógenos e herbívoros, bem como na atração de polinizadores, como abelhas e borboletas (NIEUWENHUIZEN *et al.*, 2009; NIEUWENHUIZEN *et al.*, 2013; PEÑUELAS *et al.*, 2014; ASGHARIAN *et al.*,

2016; ELGUEA-CULEBRAS *et al.*, 2017; JIRABANJONGJIT *et al.*, 2021; WANG *et al.*, 2021), pois são responsáveis pelo aroma característico das flores. Eles também atraem até mesmo insetos que são vetores de doenças, como mosquitos transmissores da dengue (SIMAS *et al.*, 2009).

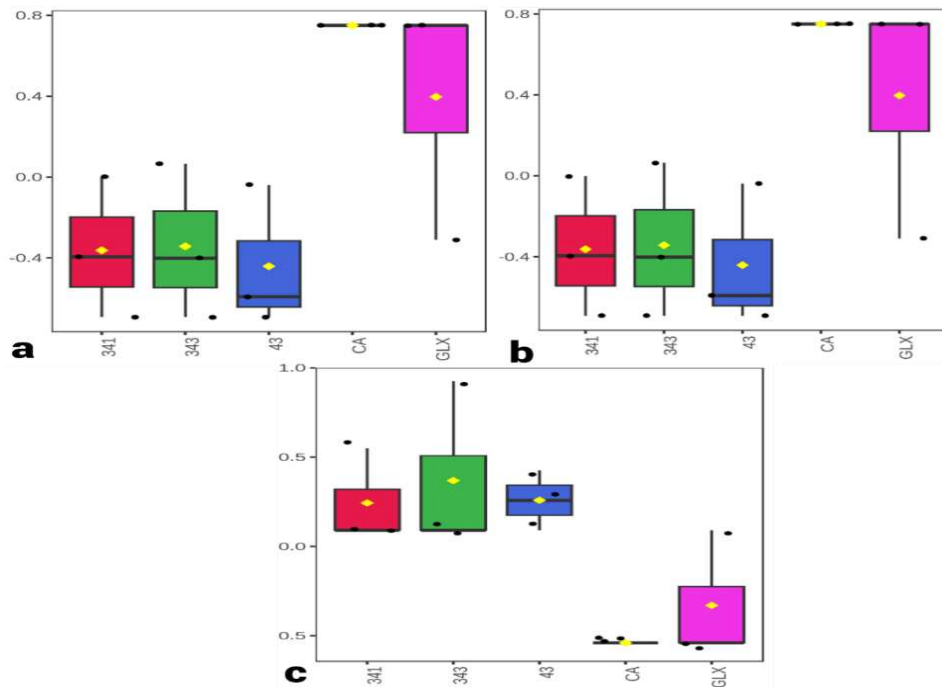
Os compostos mais presentes em ambos os sexos das flores analisadas foram α -Pineno e Limoneno, sendo o α -Pineno conhecidamente repelente para abelhas enquanto o Limoneno está positivamente correlacionado com a atração desses polinizadores (FERNANDES *et al.*, 2019). Limoneno, α -Thujeno, Sabineno e Benzaldeído também apresentam a característica de ser atrativos para *A. mellifera*, enquanto α -Fencheno tem ocorrência relatada como volátil de defesa em espécies vegetais atacadas por pragas, estando associado à atração de inimigos naturais (SULLIVAN *et al.*, 2000; FERNANDES *et al.*, 2019; GALMÁN *et al.*, 2021).

Os compostos identificados somente nas flores hermafroditas, p-Xyleno e p-Cymeno, têm sua ocorrência descrita em diversas espécies vegetais (WU *et al.*, 2022; FERNANDES *et al.*, 2007), mas apenas p-Xyleno ocorre como composto volátil atrativo para outro himenoptera (*Vespa velutina*) (COUTO *et al.*, 2014). p-Cymene, por sua vez, apenas tem resposta positiva em ensaios de extensão de probóscide condicionada em *A. mellifera* (BLIGHT *et al.*, 1997). Porém, como Fernandes *et al.*, (2019) identificaram uma correlação positiva de atratividade para *A. mellifera* com um composto similar (o-Cymeno), pode-se inferir que p-Cymeno possivelmente pode agir como atrativo para o polinizador.

Apesar do composto volátil α -Pineno ter sido um dos compostos dominantes na composição floral das flores hermafroditas, entre os melões avaliados não foram observadas diferenças estatísticas significativas quanto a sua intensidade, sugerindo pouca ou nenhuma diferenciação quanto aos melões testados em relação à preferência de *A. mellifera* no que diz respeito às flores hermafroditas. O teste ANOVA seguido pelo teste *post-hoc Tukey's HSD* indicou diferenças significativas apenas nas quantidades de p-Cymeno, p-Xyleno e Limoneno entre os grupos testados para as flores hermafroditas (Figuras 4a a 4c).

As diferenças mais significativas foram observadas entre os grupos Imperial 45 - CNPH 06-1047-341, Imperial 45 - CNPH 06-1047-343 e Imperial 45 - CNPH 11-1071-43 para p-Cymeno e p-Xyleno (Figuras 4a e 4b), com as menores intensidades sendo observadas nos genótipos CNPH 11-1071-43, CNPH 06-1047-341 e CNPH 06-1047-343, enquanto a diferença significativa na intensidade de Limoneno foi observada somente no grupo Imperial 45 - CNPH 06-1047-343, no qual o Imperial 45 foi o melão estatisticamente com a menor intensidade do composto (Figura 4c).

Figura 4 — Boxplots com os resultados significativos do teste de ANOVA para compostos voláteis presentes em flores hermafroditas dos dois híbridos, Goldex (GLX) e Imperial 45 (CA), e dos três genótipos de melão (341, 343 e 43) (*Cucumis melo* L.): a. p-cymeno; b. p-xileno; c. limoneno.



Fonte: Gerado por *MetaboAnalyst 5.0*

Tanto a presença de p-Xileno e p-Cymeno, que se deu apenas em uma replicata amostrada, quanto à diferenciação do híbrido Imperial 45 para os demais melões em relação ao Limoneno – por não ter sido identificado tal composto em suas replicatas – pode ser explicado por diferenças na sensibilidade analítica entre os grupos ou por fatores experimentais. Tais diferenças podem estar nas condições de coleta de amostras, preparação de amostras ou procedimentos de análise que podem ter influenciado a detecção desses compostos, tendo em vista que os voláteis florais são frequentemente inconsistentes ao longo do tempo, local e método de coleta até mesmo para amostras colhidas em um mesmo momento (WU *et al.*, 2022).

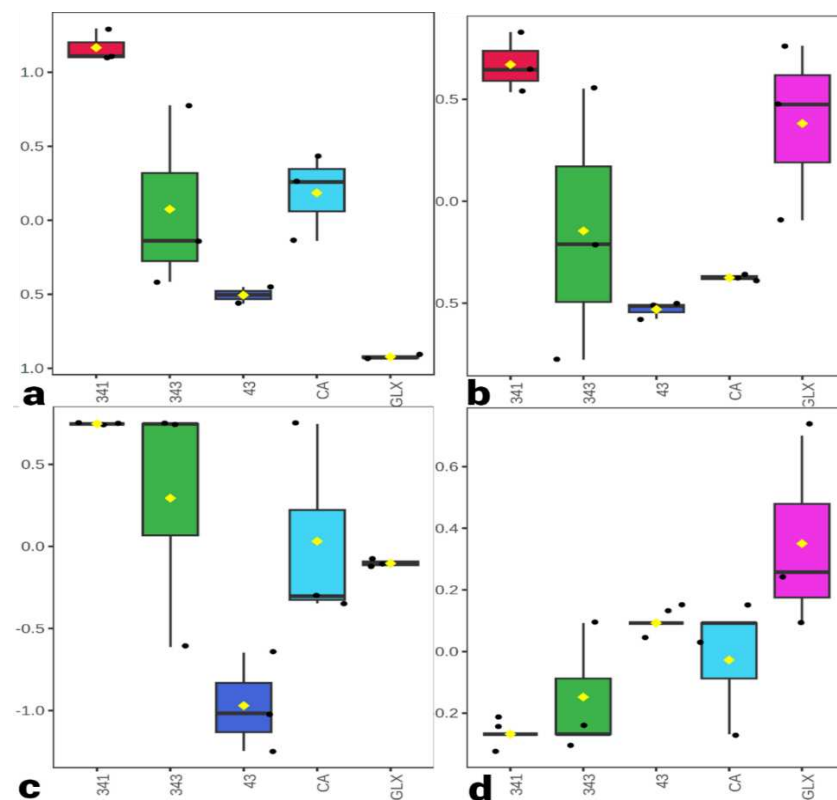
O fato de flores hermafroditas apresentarem maior número de compostos atrativos para abelhas em sua composição volátil, observado também por Fernandes *et al.*, (2019), pode estar associada a maior preferência de *A. mellifera* por flores hermafroditas em detrimento das masculinas do meloeiro (KILL *et al.*, 2012; 2014; FERNANDES *et al.*, 2023). Os resultados indicam que, apesar da preferência estar associada a fatores culturais (técnicas de plantio e tratos da cultura, por exemplo) e morfológicos, o perfil químico das flores relacionado com

“misturas chaves” de compostos voláteis também pode influenciar ativamente nas respostas comportamentais dos insetos (BRUCE; PICKETT, 2011).

Como não foram observadas diferenças significativas entre os melões avaliados em relação aos compostos voláteis dominantes nas flores hermafroditas, principalmente no que tange ao α -Pineno (repelente para abelhas), o mesmo procedimento foi realizado com as flores masculinas que, presentes nas plantas de melão em uma quantidade que pode chegar a ser até 10 vezes maior que as flores hermafroditas (SIQUEIRA *et al.*, 2011), podem ser causa de diferenciação entre melões na atratividade da cultura para o polinizador.

No que tange às flores masculinas, α -Pineno e Limoneno estavam presentes em todos os melões avaliados e correspondiam, em média, a 94,8% da composição de compostos orgânicos voláteis identificados para cada híbrido e genótipo de melão (Tabela 1). Diferenças significativas foram observadas entre os melões para os compostos Limoneno, α -Pineno, α -Fencheno e Sabineno (Figuras 5a a 5d).

Figura 5 — Boxplots com os resultados significativos do teste de ANOVA para compostos voláteis presentes em flores masculinas dos dois híbridos, Goldex (GLX) e Imperial 45 (CA), e dos três genótipos de melão (341, 343 e 43) (*Cucumis melo* L.): a. limoneno; b. α -pineno; c. α -fencheno; d. sabineno.



Para o Limoneno, o genótipo CNPH 06-1047-341 se diferenciou de todos os outros melões apresentando uma maior intensidade desse composto, enquanto a menor foi observada em Goldex, o qual diferiu estatisticamente do outro híbrido e dos genótipos (Figura 5a). Esse composto, apesar de estar correlacionado positivamente com a atração de *A. mellifera* (FERNANDES *et al.*, 2019), apresenta também ocorrências na literatura como sendo sem efeito na atração (DELETRE *et al.*, 2022), sendo repelente (SHOWLER; HARLIEN; LÉON, 2019; TU; QIN, 2017; ZHANG *et al.*, 2004) e com propriedades inseticidas e tóxicas para outros insetos (WANG *et al.*, 2015), dependendo de sua concentração (SONG *et al.*, 2017). Logo, ainda que os compostos tenham sido apenas semi-quantificados, o fato do genótipo CNPH 06-1047-341 ter diferido de todos os outros melões por ter apresentado a maior intensidade de Limoneno sugere que este composto possa atuar, no genótipo, diferentemente de sua função que é conhecidamente atrativa para *A. mellifera*, ou seja, repelindo-a.

A Figura 5b mostra que o composto volátil α -Pineno, por sua vez, não diferenciou significativamente entre Imperial 45 e CNPH 11-1071-43, mas estes se diferenciaram do CNPH 06-1047-341, o qual apresentou a maior intensidade do composto, entretanto não diferiu de Goldex e nem de CNPH 06-1047-343. Há evidência de um possível maior potencial de repelência para *A. mellifera* existente nos genótipos CNPH 06-1047-341, CNPH 06-1047-343 e no híbrido Goldex devido à maior intensidade de α -Pineno em suas composições (com destaque para CNPH 06-1047-341), visto que o composto repele esse polinizador (FERNANDES *et al.*, 2019). Além disso, α -Pineno apresenta diversas ocorrências na literatura sobre sua capacidade de repelência para outros insetos (JI *et al.*, 2021; SUN *et al.*, 2020; YI *et al.*, 2019), sendo capaz até mesmo de inibir o comportamento alimentar e de alterar a microbiota intestinal destes artrópodes (XU *et al.*, 2016).

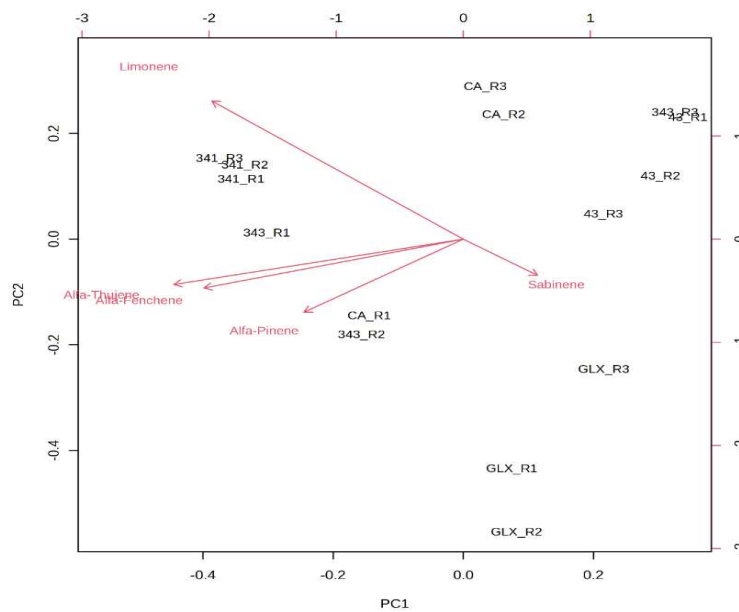
Ainda sobre α -Pineno, como não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre o híbrido Imperial 45 e o genótipo CNPH 11-1071-43, ambos estariam equiparados com as menores intensidades do composto repelente, sinalizando que CNPH 11-1071-43 é potencialmente atrativo para as abelhas. Isso porque ele não se diferenciou do Imperial 45 em termos de composto repelente e também levando em conta que Imperial 45 é um melão do tipo Cantaloupe, que para *A. mellifera*, é um dos tipos de melão com a maior atratividade (KIILL *et al.*, 2016; FERNANDES *et al.*, 2020), correlacionada também com a sua composição volátil (FERNANDES *et al.*, 2019).

O composto α -Fencheno, por sua vez, diferiu significativamente em CNPH 06-1047-341 e CNPH 06-1047-343 em comparação com o CNPH 11-1071-43, este

apresentando a menor intensidade, mas os outros melões não diferiram entre si (Figura 5c). Já o composto volátil Sabineno foi diferente entre os genótipos CNPH 06-1047-341 e o híbrido Goldex, este com a maior intensidade do composto dentre os melões, sendo que o outro híbrido e os outros genótipos não diferiram entre si (Figura 5d).

Devido à maior diferença entre os compostos dominantes estar nas flores masculinas, foi realizada Análise de Componentes Principais (PCA), onde se observou que apenas o composto Sabineno apresentava valores positivos na primeira componente principal (PC1), enquanto os demais (α -Pinenos, α -Tujeno, α -Fencheno e Limoneno) estavam localizados em valores negativos da mesma componente, sendo o composto volátil Limoneno o que mais tem influência de forma positiva na segunda componente (PC2) (Figura 6).

Figura 6 — Análise das componentes principais (PCA) para compostos voláteis das flores masculinas dos dois híbridos, Goldex (GLX) e Imperial 45 (CA), e dos três genótipos de melão (341, 343 e 43) (*Cucumis melo* L.).



Fonte: Gerado por *MetaboAnalyst* 5.0

A relação inversa entre os compostos Sabineno e Limoneno observada na análise de PCA, pela (Figura 6), evidencia a possibilidade de comportamentos opostos dos compostos voláteis quanto à repelência e atratividade, já que as triplicatas de CNPH 06-1047-341 se encontraram mais fortemente agrupadas numa correlação positiva com Limoneno e, conseqüentemente, mais opostas a Sabineno, que é atrativo para o polinizador (FERNANDES *et al.*, 2019).

α -Tujeno e α -Fencheno mostraram-se bem correlacionados, ambos mais próximos de α -Pinenos do que dos outros compostos, e os genótipos Goldex e CA

apresentaram pontuações diferentes nas componentes principais, indicando variação entre as suas triplicatas. O *biplot* gerado permitiu a identificação de grupos distintos de amostras (Figura 6).

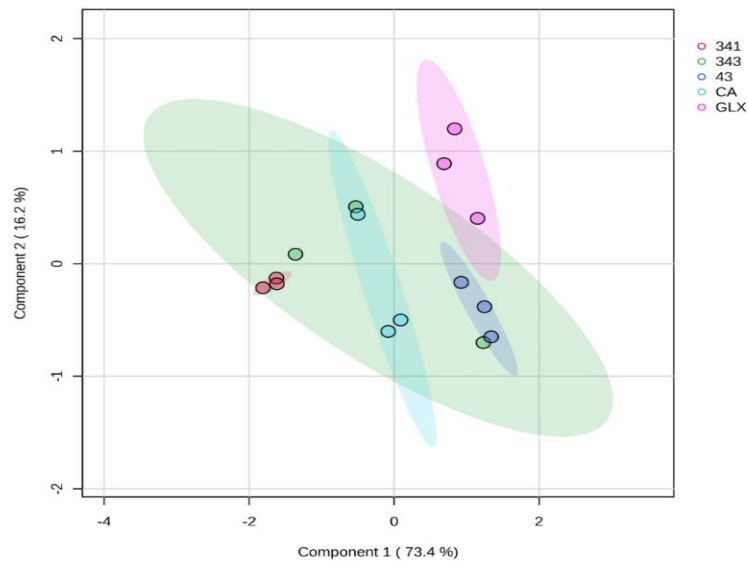
Novamente é possível perceber o genótipo CNPH 06-1047-341 como próximo de uma composição volátil menos atrativa e/ou repelente à *A. mellifera*, pois α -Fencheno é um composto que está associado à defesa de plantas atacadas por pragas (SULLIVAN *et al.*, 2000) que pode, inclusive, ser subproduto da isomerização de α -Pinoeno (DZIEDZICKA; SULIKOWSKI; RUGGIERO-MIKOŁAJCZYK, 2016). Esse volátil está presente em várias espécies vegetais, como nas de *Helichrysum* sp. (SAJJADI; JAFARI; NADERIAN, 2009), planta cujo óleo essencial apresenta atividade inseticida (BENELLI *et al.*, 2018), podendo ocorrer até mesmo como composto dominante em seu perfil volátil (CAVALLI *et al.*, 2006), e não a toa foi o composto mais correlacionado com α -Pinoeno na análise de PCA, como pode ser observado pelo menor ângulo entre os dois compostos (Figura 6).

Por outro lado, CNPH 11-1071-43 segue em sentido oposto ao apresentar similaridade de perfil volátil com o híbrido Imperial 45, pertencente a um tipo de melão conhecidamente atrativo para o polinizador, inclusive com a presença de composto volátil que se correlaciona positivamente com a atração da abelha (*Sabineno*) (FERNANDES *et al.*, 2019) e apresentando as menores intensidades de α -Fencheno. Considerando a maior intensidade de α -Fencheno em CNPH 06-1047-341 e CNPH 06-1047-343, é possível notar uma maior similaridade volátil entre esses dois genótipos como é apontada na análise de PLS-DA (Figura 7) e no mapa de calor (Figura 8).

Com a análise PLS-DA, foi observado que a PC1, principalmente influenciada por α -Thujeno, α -Pinoeno, α -Fencheno e Limoneno, representa 73,4% da variabilidade dos dados, enquanto a PC2, com influência do α -Pinoeno e do Limoneno, representa 16,2% da variação do conjunto de dados (Figura 7). Logo, as duas componentes principais correspondem a 89,6% da variabilidade total do conjunto de dados.

Os genótipos de melão apresentam diferentes padrões de distribuição no espaço de duas dimensões definido pelas duas componentes principais, agrupando os genótipos CNPH 06-1047-341 e CNPH 06-1047-343 como semelhantes, enquanto os genótipos CNPH 11-1071-43, Imperial 45 e Goldex formam um grupo separado, conforme resultado obtido pela PLS-DA (Figura 7).

Figura 7 — Análise multivariada de mínimos quadrados parciais discriminante (PLS-DA) para compostos voláteis das flores masculinas dos dois híbridos, Goldex (GLX) e Imperial 45 (CA), e dos três genótipos de melão (341, 343 e 43) (*Cucumis melo* L.).

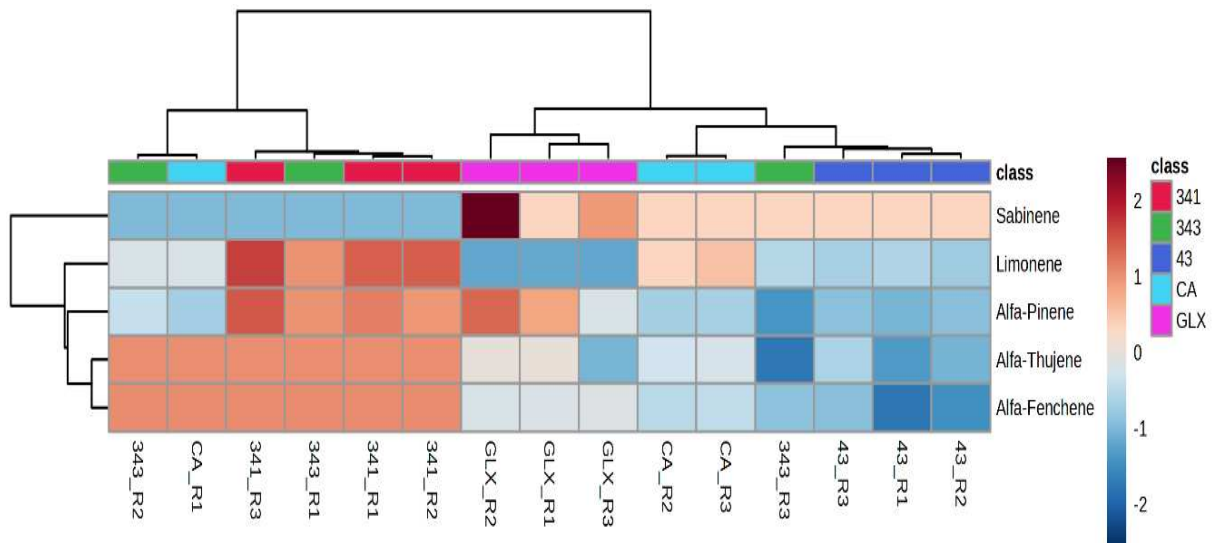


Fonte: Gerado por *MetaboAnalyst 5.0*

Nota-se também na Figura 7 que as triplicatas de cada genótipo estão próximas umas das outras, exceto a triplicata 343, indicando, no geral, uma consistência e menor variabilidade biológica dentro de cada genótipo do que entre os genótipos, que pode ser observado no *plot* de gráfico 2D, onde é possível observar uma clara separação entre os grupos de genótipos.

As observações são confirmadas no mapa de calor apresentado na (Figura 8), no qual se constata visualmente a divisão em dois grandes grupos, destacando proximidade entre CNPH 06-1047-341 e CNPH 06-1047-343 e, no que diz respeito aos compostos orgânicos, percebendo α -Thujeno e α -Fencheno como sendo pertencentes a um pequeno grupo diferente do grande grupo principal.

Figura 8 — Mapa de calor acoplado à dendrograma para compostos orgânicos voláteis das flores masculinas dos dois híbridos, Goldex (GLX) e Imperial 45 (CA), e dos três genótipos de melão (341, 343 e 43) (*Cucumis melo* L.)



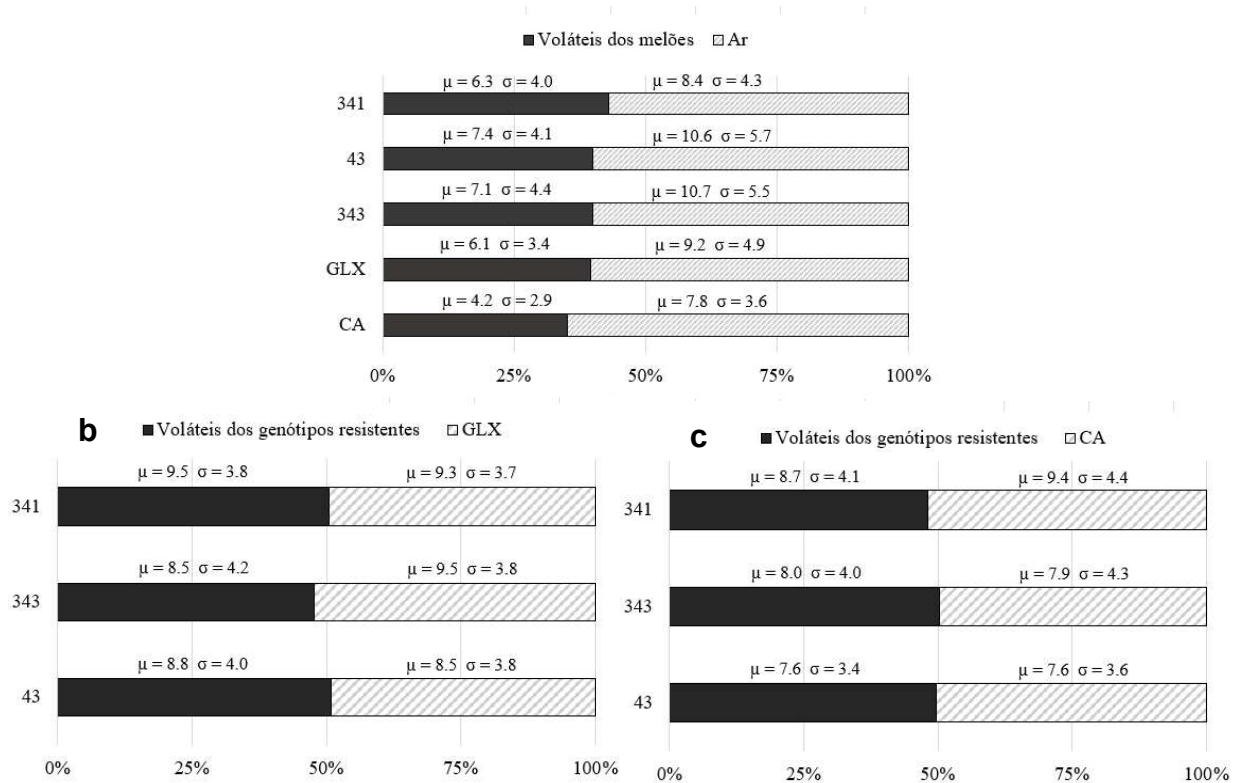
Fonte: Gerado por *MetaboAnalyst* 5.0

5.2 Bioensaios de olfatométrica

Para nenhum dos três grupos de bioensaios realizados houve diferença significativa ($p > 0,05$) na média de frequência de entrada de *A. mellifera* nos braços do olfatômetro. Durante o Bioensaio I (Figura 9a), a frequência de entrada da *A. mellifera* apresentou média em torno de 60,52% nos braços do olfatômetro contendo ar puro, contrastando com uma frequência média de 39,48% nos braços contendo os voláteis dos melões avaliados (Tabela 2). Contudo, não foi observada diferença significativa ($p > 0,05$) quanto à frequência de entrada das abelhas *A. mellifera* dentre as combinações individuais de Melões x Ar.

Tanto para o Bioensaio II (Figura 9b), quanto para o Bioensaio III (Figura 9c), as frequências observadas se encontraram em torno de 50%, tanto para os híbridos quanto para genótipos resistentes (Tabela 2). Os resultados evidenciam que não houve diferença significativa entre as condições avaliadas em cada bioensaio ($p > 0,05$).

Figura 9 — Comparação da frequência de entrada de *A. mellifera* nos braços do olfatômetro entre dois híbridos, Goldex (GLX) e Imperial 45 (CA), e os três genótipos de melão (341, 343 e 43) (*Cucumis melo* L.): a. voláteis dos melões versus o ar (controle); b. voláteis dos genótipos versus voláteis do híbrido Goldex (GLX); c. voláteis dos genótipos versus voláteis do híbrido comercial Imperial 45 (CA).



Fonte: Elaborada pelo autor

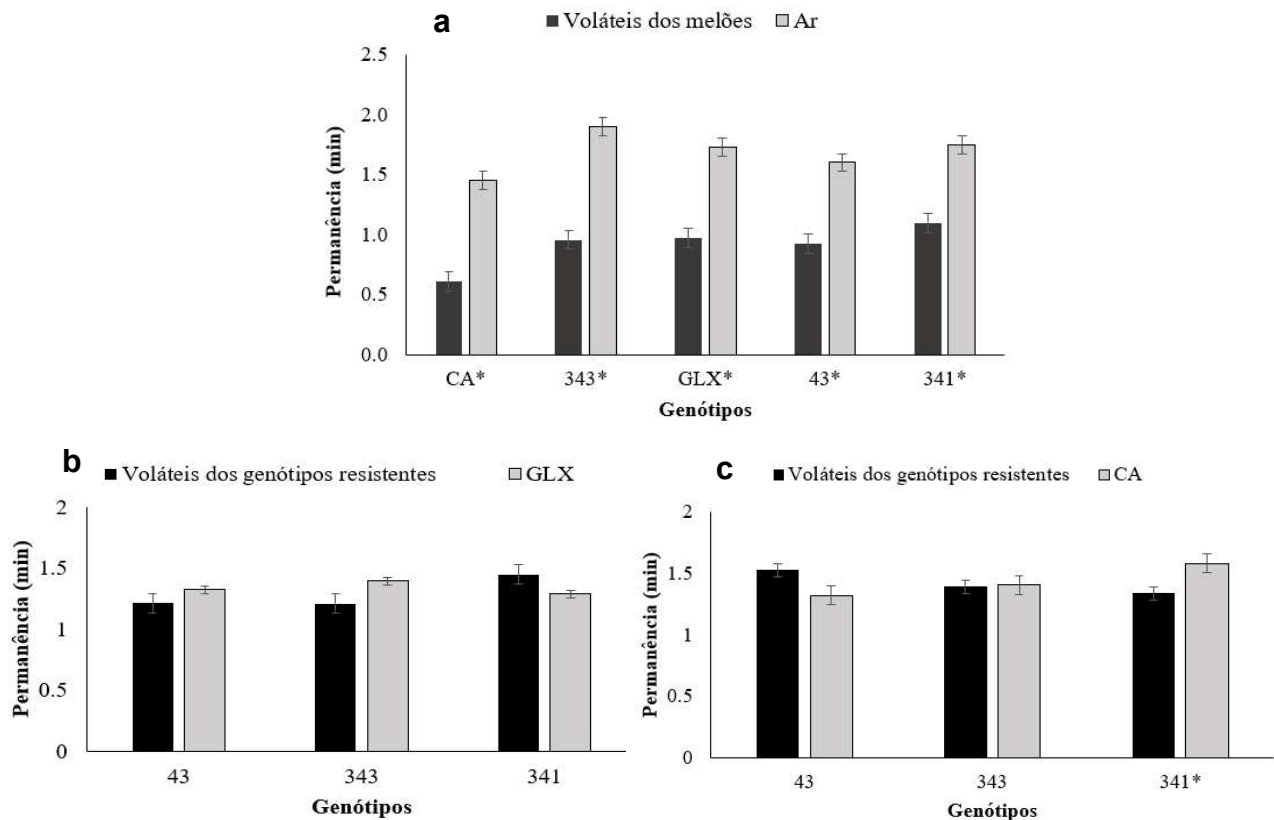
Tabela 2 — Média e desvio padrão do percentual de frequência (número de entradas) de *A. mellifera* nos braços do olfatômetro para os três bioensaios realizados.

Descritivo	Frequência de entrada (%) da <i>A. mellifera</i> nos braços do olfatômetro					
	Bioensaio I (5 tratamentos)		Bioensaio II (3 tratamentos)		Bioensaio III (3 tratamentos)	
	Melões	Ar	Genótipos resistentes	Goldex	Genótipos resistentes	Imperial 45
Média	39.48	60.52	49.67	50.33	49.37	50.63
Desvio padrão	2.82	2.82	1.80	1.80	1.17	1.17

Fonte: Elaborada pelo autor

No que diz respeito aos bioensaios para o tempo de permanência, todas as comparações entre os melões e o ar puro (Bioensaio I) apresentaram diferenças estatisticamente significativas em todas as comparações (p -valor < 0.05), como mostra a (Figura 10a).

Figura 10 — Comparação do tempo de permanência de *A. mellifera* nos braços do olfatômetro entre dois híbridos, Goldex (GLX) e Imperial 45 (CA), e os três genótipos de melão (341, 343 e 43) (*Cucumis melo* L.): a. voláteis dos melões versus o ar (controle); b. voláteis dos genótipos versus voláteis do híbrido Goldex (GLX); c. voláteis dos genótipos versus voláteis do híbrido comercial imperial 45 (CA).



Fonte: Elaborada pelo autor

O resultado indica que há evidências estatísticas de diferença significativa no tempo de permanência das abelhas, dada pela preferência destas pelo ar puro, com permanência média de 1,69 minutos, em relação aos híbridos e genótipos de melão, cuja permanência média foi de 0,92 minutos (Tabela 3). Apesar de não existir diferença significativa na frequência de entrada de *A. mellifera* (Figuras 9a a 9c), o fato de as abelhas se mostrarem mais atraídas pelo ar do que pelos voláteis dos melões, ao analisar o tempo de permanência nos braços do olfatômetro (Figura 10a), demonstra pouca atratividade da cultura para o polinizador, assim como relatado por Fernandes *et al.*, (2019; 2020). Essa pouca atratividade para *A. mellifera* em condições de campo pode ser devido a uma série de fatores (quantidade e qualidade do néctar, competição por plantas silvestres, etc.), mas pode também decorrer de alguma característica química da cultura que porventura age como repelente para a abelha, como ocorre com o néctar presente nas plantas da cultura do abacate (AFIK *et al.*, 2014) e, no caso da cultura do melão, os COV's emitidos pelas suas flores (FERNANDES *et*

al., 2019). No caso dos melões estudados na presente pesquisa (em laboratório), fatores de campo não estão presentes e, provavelmente a pouca atratividade pode se dever a alguma característica química que estaria ligada aos COV's. Isso porque tanto para flores masculinas quanto para flores hermafroditas, 65% da composição volátil é de α -Pinene (Tabela 1), um composto com reconhecida capacidade de repelência para vários insetos (JI *et al.*, 2021; SUN *et al.*, 2020; YI *et al.*, 2019) e, principalmente neste caso, para *A. mellifera* (FERNANDES *et al.*, 2019).

Tabela 3 — Tempo de permanência médio (min), total e desvio padrão de *A. mellifera* nos braços do olfatômetro em cada bioensaio avaliado.

Descritivo	Permanência (min) da <i>A. mellifera</i> nos braços do olfatômetro					
	Bioensaio I (5 tratamentos)		Bioensaio II (3 tratamentos)		Bioensaio III (3 tratamentos)	
	Melões	Ar	Genótipos resistentes	Goldex	Genótipos resistentes	Imperial 45
Média	0,92	1,69	1,29	1,33	1,37	1,49
Desvio padrão	0,52	0,66	0,55	0,51	0,45	0,71
Permanência total	183,20	337,67	154,70	160,19	110,58	120,90

Fonte: Elaboração própria.

No Bioensaio II (Figura 10b), nenhuma das comparações entre o híbrido e os genótipos apresentou diferenças estatisticamente significativas, cuja permanência média da *A. mellifera* foi de 1,33 e 1,29 minutos, respectivamente com p -valor > 0.05 em todas as comparações (Tabela 3). O resultado aponta ausência de evidências estatísticas de diferença significativa no tempo de permanência das abelhas entre esses grupos.

Por fim, no Bioensaio III (Figura 10c), apenas a comparação entre o genótipo CNPH 06-1047-341 e o híbrido Imperial 45 apresentou diferença estatisticamente significativa (p -value $< 0,05$), com permanência de 1,58 minutos no braço do olfatômetro tratado com este último. O que demonstra que a *A. mellifera* apresenta preferência significativa pelo híbrido comercial Imperial 45 em relação ao genótipo CNPH 06-1047-341.

Apesar da pequena diferença de tempo (0,24 min), a resposta fornece indício que pode vir a corroborar observações realizadas a respeito do perfil volátil de CNPH 06-1047-341, cujas características mais se aproximaram de uma capacidade de repelência do que de atratividade para *A. mellifera*, em comparação com os híbridos e com os outros genótipos avaliados.

Sendo assim, os resultados sugerem que, além de repelir *L. sativae* spp., o genótipo CNPH 06-1047-341 não parece ser atrativo para o polinizador devido à intensa presença de α -Pino e de Limoneno, este em uma possível alta concentração comparado aos

outros melões testados, bem como à ausência de uma maior variedade de compostos atrativos em sua composição volátil. De fato, esse genótipo pertence ao tipo Charentais que segundo Fernandes *et al.*, (2020) é pouco visitado, significativamente menos que os tipos Cantaloupe e Amarelo, aos quais os híbridos comerciais do presente estudo pertencem. No entanto, os genótipos CNPH 06-1047-343 e CNPH 11-1071-43 são materiais vantajosos de serem utilizados uma vez que não diferem dos híbridos comerciais em termos de atratividade de *A. mellifera*, especialmente CNPH 06-1047-343 que é do tipo Charentais, e, por isso, ainda parecem ser atrativos para o polinizador, algo a ser considerado nos programas de melhoramento vegetal e na produção comercial de variedades de plantas.

6 CONCLUSÃO

Dentre os três genótipos testados, CNPH 06-1047-341, apesar de repelir *L. sativae* spp., não se mostra atrativo para *A. mellifera*, provavelmente devido à intensa presença de α -Pino e Limoneno em uma possível alta concentração, bem como à ausência de uma maior variedade de compostos atrativos ao polinizador em sua composição volátil. Não obstante, os genótipos CNPH 06-1047-343 e CNPH 11-1071-43, por não diferirem dos híbridos comerciais em relação à atratividade de *A. mellifera*, são materiais que podem ser utilizados nesse cultivo, pois apesar de repelirem a praga, aparentemente ainda são atrativos para o polinizador. Essas descobertas devem ser consideradas para aprimorar programas de melhoramento de melão e otimizar a produção de variedades comerciais da cultura que sejam repelentes a *L. sativae* spp. sem perder a atratividade para o polinizador.

REFERÊNCIAS

- AFIK, Ohad; DELAPLANE, Keith S.; SHAFIR, Sharoni; MOO-VALLE, Humberto; QUEZADA-EUÁN, J. Javier G. Nectar minerals as regulators of flower visitation in stingless bees and nectar hoarding wasps. **Journal of Chemical Ecology**, v. 40, n. 5, p. 476-483, 2014.
- ASGHARIAN, Parina; AFSHAR, Farina Heshmati; ASNAASHARI, Solmaz; MOGHADDAM, Sedigheh Bamdad; DELAZAR, Abbas. The seasonal variations of the chemical composition of essential oil obtained from *Scrophularia frigida*. **Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products**, v.11, n.1, p. e29742, 2016.
- AZMI, Wahizatul Afzan; SEMBOK, Wan Zaliha; HATTA, Muhammad Firdaus Mohd. **A Review on the Pollination Services by Stingless Bees, *Heterotrigona itama* (Hymenoptera; Apidae; Meliponini), on Some Important Crops in Malaysia**. Recent Advances in Global Meliponiculture. IGI Global. [s.l.]: [s.n.]. p.41-52, 2022.
- AZPIAZU, Celeste; MEDINA, Pilar; ADÁN, Ángeles; SÁNCHEZ-RAMOS, Ismael; ESTAL, Pedro del; FERERES, Alberto; VIÑUELA, Elisa. The Role Of Annual Flowering Plant Strips On a Melon Crop In Central Spain. Influence On Pollinators And Crop. **Insects**, v.11, n.1, p.66, 2020.
- BENELLI, Giovanni; PAVELA, Roman; RAKOTOSAONA, Rianasoambolanoro; RANDRIANARIVO, Emmanuel; NICOLETTI, Marcello; MAGGI, Filippo. Chemical composition and insecticidal activity of the essential oil from *Helichrysum faradifani* endemic to Madagascar. **Natural Product Research**, v. 32, n.14, p. 1690-1698, 2018.
- BLIGHT, Margaret M.; MÉTAYER, Martine Le; DELÈGUE, Minh-Hà Pham; PICKETT, John A.; MARION-POLL, Frédéric; WADHAMS, Lester J. Identification of floral volatiles involved in recognition of oilseed rape flowers, *Brassica napus* by honeybees, *Apis mellifera*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 23, p. 1715-1727, 1997.
- BRAVO-MONROY, Liliana G. Towards a More Holistic Approach To Pollination. **Agricultural Research and Technology. Open Access Journal**, v.3, n.5, 2017.
- BRITAIN, Clarie; WILLIAMS, Neal; KREMEN, Clarie; KLEIN, Alexandra-Maria. Synergistic effects of non-*Apis* bees and honey bees for pollination services. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 280, n. 1754, p. 20122767, 2013.
- BRUCE, Toby J. A.; PICKETT, Jonh A. Perception of plant volatile blends by herbivorous insects—finding the right mix. **Phytochemistry**, v.72, n.13, p. 1605-1611, 2011.
- CAVALLI, Jean-François; TOMI, Félix; BERNARDINI, Antoine-François; CASANOVA, Joseph. Chemical variability of the essential oil of *Helichrysum faradifani* Sc. Ell. from Madagascar. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 21, n.1, p. 111-114, 2006.
- CELIN, Elaine Facco; OLIVEIRA, Nádylla Régis Xavier de; SILVA, Francisco Davi da; OLIVEIRA, Valter Rodrigues; ARAGAO, Fernando Antonio Souza de. A915.34.01.08 – melon line resistant to leafminer (*Liriomyza sativae*). **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 18, n. 2, p. 215-220, 2018.

CHAIKA, V.; LISOVYY, M.; MINIAILO, N. V. Ecological and Economic Assessment of Ecosystem Services on the Example of Pollinating Insects. **Journal Biological Systems: Theory and Innovation**, v.2, n.12, 2021.

COSTA-LIMA, Tiago Cardoso da; SILVA, Alessandra de Carvalho; PARRA, José Roberto Postali. **Moscas-minadoras do gênero *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae): aspectos taxonômicos e biologia**. Documentos 268. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015, 35p.

COUTO, Antoine; MONCEAU, Karine; BONNARD, Olivier; THIÉRY, Denis; SANDOZ, Jean-Christophe. Olfactory attraction of the hornet *Vespa velutina* to honeybee colony odors and pheromones. **PLoS One**, v. 9, n.12, p. e115943, 2014.

DELETRE, Emilie; MATU, Francis Kiamba; MURUNGI, Lucy Kananu; MOHAMED, Samira. Repellency Potential of Tomato Herbivore-Induced Volatiles Against the Greenhouse Whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*)(Hemiptera: Aleyrodidae). **Journal of Economic Entomology**, v.115, n.2, p. 565-572, 2022.

DEVKOTA, Kedar. Beekeeping: Sustainable Livelihoods and Agriculture Production In Nepal. *In*: RANZ, Ramón Eduardo Rebolledo. **Modern Beekeeping - Bases for Sustainable Production**. [s.l.]: [s.n.].202p. 2020.

DUDAREVA, Natalia; PICHERSKY, Eran. **Biology of Floral Scent**. Boca Raton: CRC Taylor & Francis. p. 408-414, 2006.

DZIEDZICKA, Anna; SULIKOWSKI, Bogdan; RUGGIERO-MIKOŁAJCZYK, Malgorzata. Catalytic and physicochemical properties of modified natural clinoptilolite. **Catalysis Today**, v.259, p. 50-58, 2016.

ELGUEA-CULEBRAS, Gonzalo Ortiz de; SÁNCHEZ-VIOQUE, Raúl; BERRUGA, Maria Isabel; HERRAIZ-PENALVER, David; SANTANA-MÉRIDAS, Omar. Antifeedant effects of common terpenes from Mediterranean aromatic plants on *Leptinotarsa decemlineata*. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.17, n.2, p.475-485, 2017.

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Crops and livestock products**. (2023). Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 21 jun. 2023.

FERNANDES, Francisco M.; FIGUEIREDO, A. Cristina; BARROSO, José G.; PEDRO, Luís G.; WILCOCK, Christopher C.; CARVALHO, Miguel A. A. Pinheiro de. Volatiles of the inflorescences of the Madeiran Orchids, *Goodyera macrophylla* Lowe and *Gennaria diphylla* (Link) Parl. and Their Role in Pollination. **Natural Product Communications**, v.2, n.4, 2007.

FERNANDES, Nayanny de Sousa; SILVA, Francisca Aliny N.; ARAGÃO, Fernando Antonio Souza de; ZOCOLO, Guilherme Julião; FREITAS, Breno Magalhães. Volatile organic compounds role in selective pollinator visits to commercial melon types. **Journal of Agricultural Science**, v.11, n.3, p.93-108, 2019.

FERNANDES, Nayanny de Sousa; PINTO, Gercy Soares; ZOCOLO, Guilherme Julião; ARAGÃO, Fernando Antonio Souza de; FREITAS, Breno Magalhães. *Apis mellifera*

discrimination between flowers of commercial types of melon and implications to crop pollination. **Revista Ciência Agronômica**, v.51, n.2, p. e20196851, 2020.

FERNANDES, Nayanny S.; LUZ, Lícia R.; ALVES FILHO, Elenilson G.; ARAGÃO, Fernando Antonio S. de; ZOCCOLO, Guilherme J.; FREITAS, Breno M. Differences in the Chemical Composition of Melon (*Cucumis melo* L.) Nectar Explain Flower Gender Preference by Its Pollinator, *Apis mellifera*. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.34, n.7, p.976-986, 2023.

FREE, John B. **Insect Pollination of Crops**. 2 ed. Londres: Academic Press. 1993. 684p.

FULLER, Zachary L.; NIÑO, Elina L.; PATCH, Harland M.; BEDOYA-REINA, Oscar C.; BAUMGARTEN, Tracey; MULI, Elliud; MUMOKI, Fiona; RATAN, Aakrosh; MCGRAW, John; FRAZIER, Maryann; MASIGA, Daniel; SCHUSTER, Stephen; GROZINGER, Christina M.; MILLER, Webb. Genome-wide analysis of signatures of selection in populations of African honey bees (*Apis mellifera*) using new web-based tools. **BMC Genomics**, v.16, n.518, p.1-18, 2015.

GALMÁN, Andrea; ABDALA-ROBERTS, Luis; WARTALSKA, Pola; COVELO, Felisa; RÖDER, Gregório; SZENTECZKI, Mark A.; MOREIRA, Xoaquín; RASMANN, Sérgio. Elevational gradients in constitutive and induced oak defences based on individual traits and their correlated expression patterns. **Oikos**, v.130, n.3, p.396-407, 2021.

HOZ, Juan Carlos Di Trani de la. Visita de abejas (*Apis mellifera*, Hymenoptera: Apoidea) a flores de melón *Cucumis melo* (Cucurvitaceae) en Panamá. **Revista de Biología Tropical**, v.55, n.2, p. 677-680, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção de Melão**. (2021). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/melao/br>. Acesso em: 09 mai. 2021.

JI, Tianliang; XU, Zhi; JIA, Qingchen; WANG, Guirong; HOU, Youming. Non-palm plant volatile α -pinene is detected by antenna-biased expressed odorant receptor 6 in the *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae). **Frontiers in Physiology**, v.12, p.701545, 2021.

JIRABANJONGJIT, Awapa; TRAIPEM, Paweena; SANDO, Tomoki; STEWART, Alyssa B. Pollination and floral biology of a rare morning glory species endemic to Thailand, *Argyreia siamensis*. **Plants**, v.10, n.11, p.2402, 2021.

KEOGH, Robert C.; ROBINSON, Anthony; MULLINS, Ian. **Pollination Aware: Raising the Profile of an Undervalued Service**. Rural Industries Research and Development Corporation. [s.l.]: RIRDC, 2010.

KIILL, Lúcia Helena Piedade; COELHO, Márcia de Sousa; SIQUEIRA, Kátia Maria Medeiros; RIBEIRO, Márcia de Fátima; COSTA, Nivaldo Duarte; FERNANDES, Nayanny de Sousa; SILVA, Tamires Almeida da. Relationship of floral morphology and biology of yellow melon hybrids with the attractiveness of pollinators. **Magistra**, Cruz das Almas, v.24, p.143-149, dez. 2012.

KIILL, Lúcia Helena Piedada; FEITOZA, Edsângela de Araújo; SIQUEIRA, Kátia Maria Medeiros de; RIBEIRO, Márcia de Fátima; SILVA, Eva Mônica Sarmiento da. Evaluation of floral characteristics of melon hybrids (*Cucumis melo* L.) in pollinator attractiveness. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.38, n.2, p.e-531, 2016.

KIILL, Lúcia Helena Piedada; SIQUEIRA, Kátia Maria Medeiros de; COELHO, Márcia de Sousa; SILVA, Tamires A.; GAMA, Diego R. S.; ARAÚJO, Diego C. S.; PEREIRA NETO, Joaquim. Frequency and foraging behavior of *Apis mellifera* in two melon hybrids in Juazeiro, state of Bahia, Brazil. *In: Anais... Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.86, n.4, p.2049-2055, 2014.

KLATT, Björn K.; HOLZSCHUH, Andrea; WESTPHAL, Catrin; CLOUGH, Yann; SMIT, Inga; PAWELZIK, Elke; TSCHARNTKE, Teja. Bee Pollination Improves Crop Quality, Shelf Life and Commercial Value. **Proceedings of the Royal Society B**, v.281, p.1-8, 2014.

KLEIN, Alexandra-Maria; FREITAS, Breno M.; BOMFIM, Isac G. A.; BOREUX, Virginie; FORNOFF, Felix; OLIVEIRA, Mikail O. **A Polinização Agrícola por Insetos no Brasil: Um Guia para Fazendeiros, Agricultores, Extensionistas, Políticos e Conservacionistas**. Freiburg: Albert-Ludwigs University Freiburg, Nature Conservation and Landscape Ecology, 2020.

KUTTY, Nithya N.; MISHRA, Manasi. Dynamic Distress Calls: Volatile Info Chemicals Induce and Regulate Defense Responses During Herbivory. **Frontiers in Plant Science**, v.14, p.1135000, 2023.

LIU, Jinjia; ZHANG, Jiangchao; SHEN, Jinshan; ZHAO, Huiting; MA, Weihua; JIANG, Yusuo. Differences in EAG Response and Behavioral Choices between Honey Bee and Bumble Bee to Tomato Flower Volatiles. **Insects**, v.13, n.11, p.987, 2022.

LORETO, Francesco; DICKE, Marcel; SCHNITZLER, Jörg-Peter; TURLINGS, Ted C. J. Plant volatiles and the environment. **Plant, Cell & Environment**, v.37, n.8, p.1905-1908, 2014.

LUNDIN, Ola; SMITH, Henrik G.; RUNDLÖF, Maj; BOMMARCO, Riccardo. When ecosystem services interact: crop pollination benefits depend on the level of pest control. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 280, p. 1-6, 2013.

MADRAS-MAJEWSKA, Beata; SKONIECZNA, Łucja. Origin and Protection of Middle-European bees in Europe. **Medycyna Weterynaryjna**, v.75, n.11, p.643-651, 2019.

MALTA, Altamiro Oliveira de; OLIVEIRA, Vinicius Evangelista Alves de; ALMEIDA, Dácio Jerônimo de; SANTOS, Aline da Silva. Crescimento do meloeiro em diferentes substratos. **Revista Sítio Novo**, v. 1, p. 238-246, 2017.

MCGREGOR, S. E.; TODD, Frank E. Cantaloup production with honey bees. **Journal of Economic Entomology**, v.45, n.1, p.43-47, 1952.

MULI, Elliud; PATCH, Harland; FRAZIER, Maryann; FRAZIER, James; TORTO, Baldwin; BAUMGARTEN, Tracey; KILONZO, Joseph; KIMANI, James Ng'ang'a; MUMOKI, Fiona; MASIGA, Daniel; TUMLINSON, James; GROZINGER, Christina. Evaluation of the

Distribution and Impacts of Parasites, Pathogens, and Pesticides on Honey Bee (*Apis Mellifera*) Populations In East Africa. **PLoS ONE**, v.9, n.4, p. e94459, 2014.

NICODEMO, Daniel; MALHEIROS, Euclides Braga; JONG, David de; COUTO, Regina Helena Nogueira. Enhanced Production of Parthenocarpic Cucumbers Pollinated With Stingless Bees and Africanized Honey Bees In Greenhouses. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.6, p.3625-3634, 2013.

NIEUWENHUIZEN, Niels J.; GREEN, Sol A.; CHEN, Xiuyin; BAILLEUL, Estelle J. D.; MATICH, Adam J.; WANG, Mindy Y.; ATKINSON, Ross G. Functional genomics reveals that a compact terpene synthase gene family can account for terpene volatile production in apple. **Plant Physiology**, v.161, n.2, p.787-804, 2013.

NIEUWENHUIZEN, Niels J.; WANG, Mindy Y.; MATICH, Adam J.; GREEN, Sol A.; CHEN, Xiuyin; YAU, Yar-Khing; BEUNING, Lesley L.; NAGEGOWDA, Dinesh A.; DUDAREVA, Natalia; ATKINSON, Ross G. Two terpene synthases are responsible for the major sesquiterpenes emitted from the flowers of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). **Journal of Experimental Botany**, v.60, n.11, p.3203-3219, 2009.

NOGUEIRA, Carlos Henrique Feitosa; BARROS, Reginaldo; COSTA LIMA, Tiago Cardoso; OLIVEIRA, Valter Rodrigues; CARNEIRO NETO, Thiago Francisco de Souza. Método de amostragem larval de *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) em meloeiro. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.9, n.1, p.75-79, 2019.

OLIVEIRA, Josielma Monteiro de. **Resistência de genótipos de meloeiro à mosca-minadora, *Liriomyza sativae* Blanchard (DIPTERA: AGROMYZIDAE)**. 2017. 53f. Dissertação (Mestrado em Agonomia/Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agonomia/Fitotecnia, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

OLLERTON, Jeff; WINFREE, Rachael; TARRANT, Sam. How Many Flowering Plants Are Pollinated By Animals?. **Oikos**, v.3, n.120, p.321-326, 2011.

ORTIZ, Pedro L.; FERNÁNDEZ-DÍAZ, Pilar; PAREJA, Daniel; ESCUDERO, Marcial; ARISTA, Montserrat. Do Visual Traits Honestly Signal Floral Rewards At Community Level?. **Functional Ecology**, v.2, n.35, p.369-383, 2020.

PEÑUELAS, Josep; FARRÉ-ARMENGOL, Gerard; LLUSIA, Joan; GARGALLO-GARRIGA, Albert; RICO, Laura; SARDANS, Jordi; TERRADAS, Jaume; FILELLA, Iolanda. Removal of floral microbiota reduces floral terpene emissions. **Scientific Reports**, v.4, n.1, p.6727, 2014.

PIRES, Patrícia Daniela da Silva. **Comunicação química mediada por voláteis envolvidos na atratividade e repelência de abelhas africanizadas, *Apis mellifera* L.(Hymenoptera: Apidae)**. 2015. 72p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, 2015.

PITRAT, M.; HANELT, P.; HAMMER, K. Some comments on infraspecific classification of cultivars of melon. **Acta Horticulturae**, v.510, n.510, p.29-36, 2000.

PONZIO, Camille; CASCONI, Pasquale; CUSUMANO, Antonino; WELDEGERGIS, Berhane T.; FATOUROS, Nina E.; GUERRIERI, Emilio; DICKE, Marcel; GOLDS, Rieta. Volatile-mediated foraging behaviour of three parasitoid species under conditions of dual insect herbivore attack. **Animal Behaviour**, v.111, p.197-206, 2016.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [s.l.]:[s.n.].2022.

RACHERSBERGER, Melanie; CORDEIRO, Guaraci D.; SCHÄFFLER, Irmgard; DÖTTERL, Stefan. Honeybee pollinators use visual and floral scent cues to find apple (*Malus domestica*) flowers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.67, n.48, p.13221-13227, 2019.

REYES-CARRILLO, José Luis; EISCHEN, Frank A.; CANO-RIOS, Pedro; RODRIGUEZ-MARTINEZ, Rafael; NAVA CAMBEROS, Urbano. Pollen collection and honey bee forager distribution in cantaloupe. **Acta Zoológica Mexicana**, v.23, n.1, p.29-36, 2007.

RIBEIRO, M. F. Polinização do Meloeiro (*Cucumis melo*). In: Anais... **Anais da III Semana dos Polinizadores: Palestras e Resumos**, p.110-122, 2012.

RIFFEL, Alessandro; COSTA, J. G. **Os voláteis de plantas e o seu potencial para a agricultura**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju. 2015, 48 p.

SAHIN, Ecenur; EREM, Erenay; GÜZEY, Melihanur; KESEN, Minem Sena; CIHAT, Gelado Necattin; OZMEN, Duygu; TOKER, Omer Said; CAKMAK, Hulya. High Potential Food Wastes: Evaluation of Melon Seeds as Spreadable Butter. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.46, n.10, p.e16841, 2022.

SAJJADI, S. Ebrahim; JAFARI, A.; NADERIAN, M. Chemical composition of the essential oil of *Helichrysum oligocephalum*. **Chemistry of Natural Compounds**, v.45, p.269-271, 2009.

SARAIVA, Wenner Vinicius Araújo; MONTEIRO, Neville Vieira; DIAS-PINI, Nívia da Silva; VASCONCELOS, Jéssica Fontes; ALVES FILHO, Elenilson de Godoy; MELO, José Wagner da Silva; MACEDO, Vitor Hugo Maués; MACIEL, Gabriela Priscila de Sousa; SOUSA NETO, Eduardo Pereira de. *Chrysoperla externa* (Hagen)(Neuroptera, Chrysopidae) is a good candidate for predation of *Aleurodicus cocois* (Curtis)(Hemiptera: Aleyrodidae) in cashew crop. **Arthropod-Plant Interactions**, v.17, n.1, p.99-110, 2023.

SAS INSTITUTE INC. **SAS® OnDemand for Academics**: User's Guide. 2014. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://my.liuc.it/MatSup/2014/A84271/SasEnterpriseGuideStudent.pdf. Acesso em: 27out. 2023.

SHOWLER, Allan T.; HARLIEN, Jessica L.; LÉON, Adalberto A. Perez de. Effects of laboratory grade limonene and a commercial limonene-based insecticide on *Haematobia irritans irritans* (Muscidae: Diptera): deterrence, mortality, and reproduction. **Journal of Medical Entomology**, v.56, n.4, p.1064-1070, 2019.

SILVA, Francisca Aliny Nunes; SILVA, Alexander Alves da; FERNANDES, Nayanny de Sousa; RODRIGUES, Tigressa Helena Soares; CANUTO, Kirley Marques; NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira do; BRITO, Edy Sousa de; ARAGÃO, Fernando Antonio Souza de; FREITAS, Breno Magalhães; ZOCOLO, Guilherme Julião. Evaluation of headspace solid-phase microextraction gas chromatography–mass spectrometry for the characterization of volatile organic compounds from Melon (*Cucumis melo* L.) flowers. **Chromatographia**, v.81, p.1231-1239, 2018.

SILVA, Francisco Edivino Lopes; COSTA, Ewerton Marinho; ARAÚJO, Elton Lucio. Does the High Density of Trichomes Influence the Parasitism of *Liriomyza Sativae* by *Opius scabriventris* on Melon Cultivars?. **Arquivo do Instituto Biológico**, Macaíba, v.85, p. e0302017, 2018.

SIMAS, Naomi Kato; LIMA, Elisangela da Costa; CONCEIÇÃO, Sheila da Rocha; KUSTER, Ricardo Machado; OLIVEIRA FILHO, Alfredo Martins de; LAGE, Celso Luiz Salgueiro. Produtos naturais para o controle da transmissão da dengue: atividade larvicida de *Myroxylon balsamum* (óleo vermelho) e de terpenóides e fenilpropanóides. **Química Nova**, v.27, n.1, p.46-49, 2004.

SIQUEIRA, Kátia Maria Medeiros de; KILL, Lúcia Helena Piedade; GAMA, Diego Rangel da Silva; ARAÚJO, Diego César dos Santos; COELHO, Márcia de Souza. Comparação do padrão de floração e de visitação do meloeiro do tipo amarelo em Juazeiro-BA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, p.473-478, out. 2011.

SONG, Beizhou; LIANG, Yinping; LIU, Sizhou; ZHANG, Linfeng; TANG, Guangbo; MA, Teng; YAO, Yuncong. Behavioral responses of *Aphis citricola* (Hemiptera: Aphididae) and its natural enemy *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) to non-host plant volatiles. **Florida Entomologist**, v.100, n.2, p.411-421, 2017.

SOUSA, Raimundo Maciel; AGUIAR, Odaci de Sousa; FREITAS, Breno Magalhães; SILVEIRA NETO, Antonio Abreu; PEREIRA, Tadeu Fladner Costa. Requerimentos de polinização do meloeiro (*Cucumis melo* L.) no município de Acaraú-CE-Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.1, p.238-242, 2009.

SULLIVAN, Brian T.; PETTERSSON, Eva M.; SELTMANN, Katja C.; BERISFORD, C. Wayne. Attraction of the bark beetle parasitoid *Roptrocercus xylophagorum* (Hymenoptera: Pteromalidae) to host-associated olfactory cues. **Environmental Entomology**, v.29, n.6, p.1138-1151, 2000.

SUN, Jiansheng; FENG, Yixi; WANG, Yang; LI, Jigang; ZOU, Kexing; LIU, Hong; HU, Yichao; XUE, Yun; YANG, Longyan; DU, Shushan; WU, Yan. α -pinene, caryophyllene and β -myrcene from *Peucedanum terebinthaceum* essential oil: Insecticidal and repellent effects on three stored-product insects. **Records of Natural Products**, v.14, n.3, p.177-189, 2020.

TONI, Hermann Cyr; AVOHOU, Armand; DJOSSA, Bruno Agossou. Contribution of Animal Pollination To Food Nutrient Production In Benin-west Africa. **The Journal of Basic and Applied Zoology**, v.82, n.46, 2021.

TU, Hongtao; QIN, Yuchuan. Repellent effects of different celery varieties in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype Q. **Journal of Economic Entomology**, v.110, n.3, p.1307-1316, 2017.

UNSICKER, Sybille B.; KUNERT, Grit; GERSHENZON, Jonathan. Protective perfumes: the role of vegetative volatiles in plant defences against herbivores. **Current Opinion in Plant Biology**, v.12, n.4, p.479-485, 2009.

VASCONCELOS, Jéssica Fontes. **Mecanismos químicos de resistência em meloeiro à moscaminadora, *Liriomyza sativae* Blanchard 1938 (Diptera: Agromyzidae)**. 2020. 56f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

WANG, Da-Cheng; QIU, Da-Ren; SHI, Li-Na; PAN, Hong-Yu; LI, Ya-Wei; SUN, Jin-Zhu; XUE, Ying-Jie; WEI, Dong-Sheng; LI, Xiang; ZHANG, Ya-Mei; QIN, Jian-Chun. Identification of insecticidal constituents of the essential oils of *Dahlia pinnata* Cav. against *Sitophilus zeamais* and *Sitophilus oryzae*. **Natural Product Research**, v.29, n.18, p.1748-1751, 2015.

WANG, Qian-Qian; ZHU, Meng-Jia; YU, Xia; BI, Yuan-Yang; ZHOU, Zhuang; CHEN, Ming-Kun; CHEN, Jiating; ZHANG, Diyang; AI, Ye; LIU, Zhong-Jian; LAN, Siren. Genome-wide identification and expression analysis of terpene synthase genes in *Cymbidium faberi*. **Frontiers in Plant Science**, v.12, 2021.

WU, Shuo; LIU, Jizhan; LEI, Xiaojie; ZHAO, Shengyi; LU, Jiajun; JIANG, Yingxing; XIE, Bin Bin; WANG, Ming. Research Progress on Efficient Pollination Technology of Crops. **Agronomy**, v.12, n.11, p.2872, 2022.

XU, Letian; SHI, Zhanghong; WANG, Bo; LU, Min; SUN, Jianghua. Pine defensive monoterpene α -pinene influences the feeding behavior of *Dendroctonus valens* and its gut bacterial community structure. **International Journal of Molecular Sciences**, v.17, n.11, p.1734, 2016.

YI, Xin; SHI, Song; WANG, Peidan; CHEN, Yaoyao; LU, Qiqi; WANG, Tianyi; ZHOU, Xiaofan; ZHONG, Guohua. Characterizing potential repelling volatiles for “push-pull” strategy against stem borer: a case study in *Chilo auricilius*. **BMC Genomics**, v.20, n.751, p.1-12, 2019.

ZHANG, Mao-Xin; LING, Bing; CHEN, Shao-Ying; LIANG, Guang-Wen; PANG, Xiong-Fei. Repellent and oviposition deterrent activities of the essential oil from *Mikania micrantha* and its compounds on *Plutella xylostella*. **Insect Science**, v.11, n.1, p.37-45, 2004.