



RENORBIO

Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia

Influência dos compostos voláteis comuns ao feromônio sexual e aos frutos hospedeiros no comportamento reprodutivo de machos de *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae)

Claudinete dos Santos Silva

Maceió-AL

2022

CLAUDINETE DOS SANTOS SILVA

Influência dos compostos voláteis comuns ao feromônio sexual e aos frutos hospedeiros no comportamento reprodutivo de machos de *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, da Rede Nordeste de Biotecnologia-RENORBIO, ponto focal Alagoas, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Biotecnologia, Area de concentração: Biotecnologia em Recursos Naturais.

Orientadora:
Profª Dra. Ruth Rufino do Nascimento

Maceió-AL

2022

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos – CRB-4 – 2062

S586i Silva, Claudinete dos Santos.

Influência dos compostos voláteis comuns ao feromônio sexual e aos frutos hospedeiros no comportamento reprodutivo de machos de *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae) / Claudinete dos Santos Silva. – 2022.

87 f. : il. color.

Orientadora: Ruth Rufino do Nascimento.

Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Química e Biotecnologia. RENORBIO. Maceió, 2022.

Bibliografia: f. 60-69.

Apêndices: f. 70-87.

1. *Anastrepha obliqua*. 2. Controle de pragas. 3. Compostos voláteis. 4. Insetos – Comunicação. 5. I. Título.

CDU: 547: 632.9

CLAUDINETE DOS SANTOS SILVA

Influência dos compostos voláteis comuns ao feromônio sexual e aos frutos hospedeiros no comportamento reprodutivo de machos de *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Rede Nordeste de Biotecnologia – RENORBIO, Ponto Focal Alagoas, Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutora em Biotecnologia, Área de Concentração: Biotecnologia em Recursos Naturais.

Aprovada em: 09/12/2022.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 RUTH RUFINO DO NASCIMENTO
Data: 16/12/2022 09:07:54-0300
Verifique em <https://verificador.id.br>

Profa. Dra. Ruth Rufino do Nascimento
Orientadora - Universidade Federal de Alagoas - UFAL

Documento assinado digitalmente
 ADRIANA DE LIMA MENDONÇA
Data: 14/12/2022 18:41:40-0300
Verifique em <https://verificador.id.br>

Profa. Dra. Adriana de Lima Mendonça
Universidade Tiradentes – UNIT Alagoas

Documento assinado digitalmente
 FABIANE CAXICO DE ABREU GALDINO
Data: 13/11/2022 15:15:27-0300
Verifique em <https://verificador.id.br>

Profa. Dra. Fabiane Caxico de Abreu Galdino
Universidade Federal de Alagoas - UFAL

Documento assinado digitalmente
 FRANCIS SOARES GOMES
Data: 15/12/2022 08:31:56-0300
Verifique em <https://verificador.id.br>

Prof. Dr. Francis Soares Gomes
Universidade Federal de Alagoas - UFLA

Profa. Dra. Iara Sordi Joachim Bravo
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Documento assinado digitalmente
 IARA SORDI JOACHIM BRAVO
Data: 22/12/2022 09:58:15-0300
Verifique em <https://verificador.id.br>

 JOAO GOMES DA COSTA
Data: 15/12/2022 20:13:07-0300
Verifique em <https://verificador.id.br>

Prof. Dr. João Gomes da Costa
EMBRAPA-AL

Aos meus pais Maria Aparecida e Manoel Severo (in memoriam) por serem sempre meu refúgio, minha fortaleza e minha inspiração.

Dedico

A minha família, em especial meu irmão Valério, e ao meu esposo Paulo Seixas, pelo apoio, incentivo, carinho e companheirismo.

Ofereço

Prefiram a minha instrução à prata, e o conhecimento ao ouro puro, pois a sabedoria é mais preciosa do que rubis; nada do que vocês possam desejar compara-se a ela.

Provérbios 8:10-11

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela saúde, pela perseverança e pela coragem de trilhar esse caminho tão desafiador.

As agências de fomento Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) pela concessão da bolsa de Doutorado.

A Prof^a Adriana de Lima Mendonça, pelo convite para fazer parte dessa família tão especial, pela orientação, pela dedicação e pelo carinho.

A Professora Ruth Rufino do Nascimento, pelo acolhimento, pelo carinho, pelo apoio, pela dedicação, pela orientação e, principalmente, por nunca ter desistido de mim. Minha eterna gratidão.

Aos companheiros de laboratório Nathaly Costa de Aquino, Luana Lima Ferreira, Raphael de Farias Tavares, Jeinny Christine Gomes, Regivaldo dos Santos Melo, Rafael Augusto Nobrega Tavares, Jéssica de Lima, Cristiane Canuto, Rita de Cássia Correia, Camila Chicuta, Maxdouglass dos Santos, Pedro Thales e Weslany Rocha pela amizade, companheirismo, orientação, apoio durante a execução do trabalho e por tornarem essa caminhada mais leve.

Ao técnico José Joubert de Alencar Gonçalves por toda a ajuda durante as coletas de materiais, pelo apoio e pela amizade.

A todos os professores que contribuíram para minha formação.

A toda a minha família, por sempre me apoiarem e acreditarem que este sonho era possível.

A todos os colegas que conheci durante essa jornada acadêmica.

RESUMO

A mosca das frutas *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae) representa uma das principais pragas da fruticultura mundial, visto que é um inseto polífono cuja larva se alimenta da polpa de frutos, gerando grandes prejuízos econômicos para os países produtores e exportadores. Uma ferramenta promissora para o manejo integrado desta praga é o uso de iscas a base de compostos voláteis de frutos hospedeiros combinados com o feromônio sexual de machos. Com o intuito de compreender o papel de compostos orgânicos voláteis presentes nas misturas liberadas por frutos hospedeiros e por machos virgens deste inseto-praga, em etapas distintas do comportamento reprodutivo (chamamento e cópula), o presente trabalho objetivou avaliar o efeito de formulações de misturas dos compostos comuns a mistura feromonal liberada por machos virgens de *A. obliqua* e aos frutos hospedeiros goiaba, carambola e manga na atração e no desempenho sexual de machos. Os compostos comuns a mistura feromonal e aos três frutos hospedeiros foram obtidos através de comparações de dados da literatura, onde os constituintes voláteis liberados por machos virgens de *A. obliqua* e por seus frutos hospedeiros, goiaba, manga e carambola, foram extraídos e identificados pelo uso das técnicas de aeração, cromatografia gasosa bidimensional acoplada a espectrometria de massas (CG×GC-EM) e cromatografia gasosa unidimensional acoplada à espectrometria de massas (CG-EM). Os bioensaios de atratividade foram realizados em arena de vidro de dupla escolha, e os ensaios de avaliação da performance sexual foram conduzidos apenas em arena de vidro. Os dados obtidos foram analisados pelos testes de Wilcoxon e *qui-quadrado*, respectivamente, com $p \leq 0,05$. Os resultados obtidos demonstraram que, todas as formulações derivadas dos compostos comuns a goiaba e a mistura feromonal (**M1FG**, **M2FG**, **M3FG**, **M4FG** e **M5FG**) atraíram tanto quanto a formulação da mistura do extrato de goiaba com o extrato de machos. Ao avaliar os resultados do efeito da exposição de machos a estas mesmas formulações, observou-se que, apenas a mistura **M1FG** aumentou o número de acasalamentos dos machos expostos. Para as formulações oriundas dos compostos comuns a carambola e a mistura feromonal, apenas as misturas **M2FC**, **M3FC** e **M4FC** foram atrativas para os machos. Os bioensaios de avaliação do efeito da exposição de machos mostraram que, nenhuma formulação derivada do fruto carambola influenciou o comportamento de acasalamento de machos de *A. obliqua*. Quanto aos ensaios com as formulações constituída por compostos comuns a manga e a mistura feromonal, foi observado que as misturas **M2FM**, **M3FM**, **M4FM** exerceram atratividade semelhante ao tratamento controle (mistura da aeração de manga com aeração de machos). Observou-se ainda que, a mistura **M1FM** atraiu menos do que o controle e a mistura **M5FM** exerceu maior atratividade do que o tratamento controle. O número de acasalamentos de machos expostos às misturas **M1FM**, **M2FM** e **M4FM** foi maior quando comparado aos machos não expostos. Assim, é possível concluir que, as formulações atrativas para machos de *A. obliqua*, bem como as formulações que auxiliam no aumento de sua performance sexual, apresentam grande potencial de emprego em estratégias de controle e monitoramento deste inseto-praga no campo.

Palavras-chave: tefritídeos, infoquímicos, atraentes para machos, afrodisíaco, efeito sinérgico

ABSTRACT

The fruit fly *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae) represents one of the main pests of fruit growing worldwide, since it is a polyphagous insect whose larva feeds on fruit pulp, causing great economic losses for producing and exporting countries. A promising tool for the integrated management of this pest is the use of baits based on volatile compounds from host fruits combined with the sex pheromone of males. In order to understand the role of volatile organic compounds present in the mixtures released by host fruits and by virgin males of this insect pest, in different stages of reproductive behavior (calling and copulation), this study aimed to evaluate the effect of formulations of mixtures of common compounds the pheromonal mixture released by virgin males of *A. obliqua* and the host fruits guava, carambola and mango in the attraction and sexual performance of males. The compounds common to the pheromonal mixture and to the three host fruits were obtained through comparisons of data from the literature, where the volatile constituents released by virgin males of *A. obliqua* and by their host fruits, guava, mango and carambola, were extracted and identified by the use of aeration techniques, two-dimensional gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC×GC-MS) and one-dimensional gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS). The attractiveness bioassays were performed in a double-choice glass arena, and the sexual performance evaluation tests were conducted only in a glass arena. The data obtained were analyzed by Wilcoxon and *chi*-square tests, respectively, with $p \leq 0.05$. The results showed that all formulations derived from compounds common to guava and the pheromonal mixture (M1FG, M2FG, M3FG, M4FG and M5FG) attracted as much as the formulation of the mixture of guava extract with male extract. When evaluating the results of the effect of exposing males to these same formulations, it was observed that only the M1FG mixture increased the number of matings of exposed males. For the formulations derived from the common compounds carambola and the pheromonal mixture, only the mixtures M2FC, M3FC and M4FC were attractive to males. Bioassays evaluating the effect of male exposure showed that no formulation derived from carambola fruit influenced the mating behavior of *A. obliqua* males. As for the tests with the formulations consisting of compounds common to mango and the pheromonal mixture, it was observed that the mixtures M2FM, M3FM, M4FM exerted similar attractiveness to the control treatment (mixture of mango aeration with male aeration). It was also observed that the M1FM mixture attracted less than the control and the M5FM mixture exerted greater attractiveness than the control treatment. The number of matings of males exposed to the M1FM, M2FM and M4FM mixtures was higher when compared to non-exposed males. Thus, it is possible to conclude that the formulations that are attractive to *A. obliqua* males, as well as the formulations that help to increase their sexual performance, have great potential for use in control and monitoring strategies for this insect pest in the field.

Keywords: tephritids, infochemicals, male-attractants, aphrodisiac, synergic effect

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1 - Morfologia do inseto.....	20
Figura 2 - Ciclo de vida das moscas das frutas.....	21
Figura 3 - Danos provocados em frutos de (a) carambola e (b) goiaba.....	22
Figura 4 - Classificação dos semioquímicos.....	24
Figura 5 - Comportamento de corte de moscas das frutas.....	26
Figura 6 - Etapas de identificação de semioquímicos.....	29
Figura 7 - Sistema de aeração.....	30
Figura 8 - Arena empregada em testes comportamentais.....	31

METODOLOGIA

Figura 9 - Armazenamento dos frutos infestados.....	34
Figura 10 - Manutenção dos insetos em laboratório.....	35
Figura 11 - Sistema de aeração utilizado para a coleta de voláteis dos frutos hospedeiros.....	36
Figura 12 - Preparo das formulações.....	38
Figura 13 - Ilustração da arena de dupla escolha utilizada nos bioensaios comportamentais.....	39
Figura 14 – Arena contendo insetos usados nos testes de preferência de acasalamento.....	41
Figura 15 – Casais formados durante testes de preferência de acasalamentos.....	42

RESULTADOS

Figura 16 - Atratividade de machos de <i>A. obliqua</i> para os tratamentos controle.....	43
Figura 17 - Atratividade de machos virgens de <i>A. obliqua</i> para formulações de misturas de compostos comuns a mistura feromonal e o fruto de goiaba.....	44
Figura 18 – Macho de <i>A. obliqua</i> na fonte de odor.....	45
Figura 19 - Resposta comportamental de machos virgens de <i>A. obliqua</i> para os tratamentos controle.....	46
Figura 20 - Atratividade de machos virgens de <i>A. obliqua</i> para formulações de misturas de compostos comuns a mistura feromonal e os voláteis de carambola.....	47

Figura 21 - Macho de <i>A. obliqua</i> atraído para a fonte de odor.....	47
Figura 22 - Resposta comportamental de machos de <i>A. obliqua</i> para formulações dos tratamentos controle.....	48
Figura 23 - Resposta comportamental de machos virgens de <i>A. obliqua</i> para formulações de misturas de compostos comuns a mistura feromonal e o fruto de manga.....	49
Figura 24 – Macho de <i>A. obliqua</i> pousado na fonte de odor.....	50
Figura 25 – Número médio de acasalamientos de machos expostos e machos não expostos aos voláteis de goiaba.....	51
Figura 26 – Número médio de acasalamientos de machos expostos e machos não expostos aos voláteis de manga.....	52

LISTA DE TABELAS

REVISÃO DE LITERATURA

Tabela 1 - Famílias de hospedeiros registrados para <i>Anastrepha obliqua</i> no Brasil.....	18
---	----

METODOLOGIA

Tabela 2 - Composição das diferentes misturas testadas.....	40
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1.Demanda mundial de alimentos.....	16
2.2.Fruticultura brasileira.....	16
2.3.Distribuição geográfica das espécies de moscas das frutas no território brasileiro.....	17
2.4.Descrição do ciclo de vida do inseto.....	19
2.5. Danos provocados pelas moscas das frutas.....	21
2.6.Medidas de monitoramento e controle empregadas para tefritídeos.....	22
2.7.Sinais químicos envolvidos na comunicação de insetos.....	23
2.8.Feromônios.....	25
2.9.Cairomônios.....	27
2.10. Técnicas empregadas na extração de semioquímicos.....	29
2.10.1. Técnica de aeração.....	29
2.11. Bioensaios comportamentais.....	30
2.12. Prospecção tecnológica.....	32
3. OBJETIVOS.....	33
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
4.1.Coleta e manutenção dos insetos.....	34
4.2.Obtenção de extratos de frutos hospedeiros e de machos virgens de <i>A.</i> <i>obliqua</i>	35
4.2.1. Aeração de frutos hospedeiros.....	35
4.2.2. Aeração de machos virgens de <i>A. obliqua</i>	36
4.3.Análise comparativa da composição química dos extratos de frutos hospedeiros e de machos virgens de <i>A. obliqua</i>	37
4.4.Preparo das soluções dos compostos comuns aos frutos hospedeiros e a mistura feromonal de machos de <i>A. obliqua</i>	37
4.5.Preparo das formulações das misturas de compostos comuns aos frutos hospedeiros e a mistura feromonal de machos de <i>A. obliqua</i>	38
4.6. Bioensaios comportamentais.....	39
4.6.1. Atratividade de machos virgens de <i>A. obliqua</i> para misturas de compostos comuns a mistura feromonal e os frutos hospedeiros.....	39

4.6.2. Avaliação do efeito de formulações de misturas de compostos comuns aos frutos hospedeiros e ao feromônio sexual no desempenho sexual de machos coespecíficos.....	41
4.7. Análise estatística.....	42
5. RESULTADOS.....	43
5.1. Bioensaios de atratividade.....	43
5.1.1. Atratividade de machos de <i>A. obliqua</i> para misturas de compostos comuns a mistura feromonal e ao fruto hospedeiro goiaba.....	43
5.1.2. Atratividade de machos virgens de <i>A. obliqua</i> para misturas de compostos comuns a mistura feromonal e ao fruto hospedeiro carambola.....	45
5.1.3. Atratividade de machos virgens de <i>A. obliqua</i> para misturas de compostos comuns a mistura feromonal e ao fruto hospedeiro manga.....	48
5.2. Avaliação do efeito da exposição.....	50
5.2.1. Exposição de machos de <i>A. obliqua</i> a formulações de misturas de compostos comuns ao feromônio sexual e ao fruto hospedeiro goiaba.....	50
5.2.2. Exposição a formulações de misturas de compostos comuns ao feromônio sexual e ao fruto hospedeiro manga.....	51
5.2.3. Exposição a formulações de misturas de compostos comuns ao feromônio sexual e ao fruto hospedeiro carambola.....	52
6. DISCUSSÃO.....	53
7. CONCLUSÃO.....	59
REFERÊNCIAS.....	60
8. APÊNDICE.....	70

1. INTRODUÇÃO

A demanda global por alimentos tem exigido, cada vez mais, o aumento na escala de produção por parte dos países exportadores, fazendo com que o processo produtivo seja cada vez mais dependente de agrotóxicos e fertilizantes (MELO, 2010; CASSAL *et al.*, 2014; SAATH & FACHINELLO, 2018). Estes fatores têm impactado diretamente no surgimento de vários insetos-praga, devido, basicamente, a quatro fatores: a oferta de alimento, a alta taxa reprodutiva, o hábito alimentar polífago e a ausência de inimigos naturais (ZARBIN, 2009). Estima-se que a soma das perdas diretas e indiretas causadas pelas moscas-das-frutas pode exceder a US\$ 1 bilhão por ano no mundo e a US\$ 242 milhões por ano no Brasil (DIAS-PINI *et al.*, 2022). Dentre os insetos-praga que causam maior prejuízo econômico à fruticultura mundial, estão as moscas das frutas do gênero *Anastrepha*, as quais se encontram distribuídas desde os Estados Unidos até a parte sul do continente americano (NÚÑEZ-BUENO, 1994). Neste continente, o Brasil é o país que apresenta a maior diversidade de espécies de *Anastrepha* (NORRBOM, 2004), sendo que as mais polífagas são *A. fraterculus* (Wiedemann, 1830) e *A. obliqua* (Macquart, 1835) (ZUCCHI, 2000).

A espécie *A. obliqua* (Macquart) destaca-se por sua importância econômica nas Américas, apresentando ampla distribuição nos países deste continente, com destaque para Colômbia e México (CRUZ-LÓPEZ *et al.*, 2006). No Brasil, ela é caracterizada como uma praga de restrição quarentenária associada a 70 espécies de frutos hospedeiros (ZUCCHI & MORAES, 2021). Dentre os frutos hospedeiros desta praga, destacam-se a manga (*Mangifera indica* L.), o jambo (*Jambosa* sp), a goiaba (*Psidium guajava* L.) e a carambola (*Averrhoa carambola* L.), sendo a manga, a carambola e a goiaba os frutos com maiores níveis de infestação no Estado de Alagoas (GONÇALVES, 2001).

Um dos principais modos de comunicação utilizado por tefritídeos é o químico, mediante o emprego de sinais químicos (semioquímicos) (LAW & REGNIER, 1971, LIMA-MENDONÇA *et al.*, 2014). Os semioquímicos envolvidos em interações intraespecíficas (entre organismos da mesma espécie) são classificados como feromônios e, quando agem provocando mudanças comportamentais específicas no organismo receptor, são denominados de feromônios de efeito desencadeador. Em tefritídeos estes sinais influenciam os comportamentos de atração, cópula e marcação de hospedeiros (ALUJA *et al.* 2001, LIMA-MENDONÇA *et al.*, 2014, MILET-PINHEIRO *et al.* 2015). Já os sinais químicos que medeiam interações interespecíficas (entre organismos de espécies diferentes) são denominados aleloquímicos e, dependendo das vantagens conferidas ao emissor, ao receptor ou a ambos os organismos são

denominados alomônios, cairomônios e sinomônios (WHITTAKER, 1970, NORDLUND & LEWIS, 1976, LIMA-MENDONÇA *et al.*, 2014). Nas interações entre insetos fitófagos e seus hospedeiros, os cairomônios são os sinais que afetam o comportamento reprodutivo, atuando como pistas olfativas que auxiliam os insetos na localização de sítios adequados para alimentação, acasalamento e oviposição (LANDOLT & PHILLIPS, 1997). Adicionalmente, os cairomônios podem influenciar a emissão de feromônios ou potencializar a ação destes sinais, exercendo um efeito sinérgico (LANDOLT & PHILLIPS, 1997).

Devido a sua especificidade, a identificação dos cairomônios de tefritídeos vem despertando o interesse de pesquisadores, objetivando o seu uso no controle destes insetos, seja sob a forma de atraentes para captura de insetos adultos (MALO *et al.*, 2012; SILVA, 2017) ou para aumentar a competitividade e sucesso no acasalamento de machos estéreis com fêmeas selvagens pelo uso da Técnica do Inseto Estéril [TIE] (VERA *et al.* 2013, BACHMANN *et al.*, 2015, TAVARES, 2020).

Pesquisas desenvolvidas com outras espécies de tefritídeos, inclusive *Ceratitis capitata* e *Anastrepha fraterculus*, demonstraram que compostos voláteis oriundos de óleos essenciais ou de frutos hospedeiros conferem vantagens aos machos expostos a esses odores, influenciando diretamente no comportamento reprodutivo destes insetos (LANDOLT; PHILIPS, 1997; NISHIDA *et al.*, 2000; SHELLEY; VILLALOBOS, 2004; PAPADOPOULOS *et al.*, 2001, 2006; SHELLEY *et al.*, 2008; KOULOSSIS *et al.*, 2013; FLORES *et al.*, 2011; VERA *et al.*, 2013).

No tocante aos cairomônios de frutos hospedeiros para *A. obliqua*, um estudo conduzido por MALO *et al.* (2012) demonstrou que uma mistura constituída por três compostos liberados por frutos de manga (*Mangifera indica*, variedade Amate), a saber: mirceno, α -pineno e *trans*- β -ocimeno, na mesma proporção liberada pelo fruto desencadeou atração em machos e fêmeas desta espécie. De maneira análoga, o extrato de cajá, *Spondias mombin* e uma mistura de nove ésteres presentes neste extrato eliciaram maior atração em machos e fêmeas de *A. obliqua* que o atraente alimentar (proteína hidrolisada) (CRUZ-LÓPEZ *et al* 2006, TOLEDO *et al* 2009). Aquino (2019) demonstrou que misturas distintas de compostos voláteis liberados por frutos de goiaba (*Psidium guajava*), carambola (*Averhoa carambola*) e manga (*Mangifera indica*, variedade Tommy atkins), nas proporções liberadas pelos respectivos frutos, funcionam como atraentes para fêmeas desta espécie (AQUINO, 2019, BR 10 2018 071320 5); (BR 10 2019 004541 8) e (BR 10 2018 072563 7).

Estudos anteriores demonstraram a existência de similaridade entre as misturas de voláteis liberadas por machos de *A. fraterculus*, *A. obliqua* e *C. capitata* e seus frutos hospedeiros (GONÇALVES *et al.*, 2001; AQUINO, 2019; TAVARES, 2020). Estudos

conduzidos por Aquino (2020) mostraram que, formulações contendo misturas de compostos comuns ao feromônio sexual e extratos dos frutos hospedeiros manga, goiaba e carambola exerceram atratividade em fêmeas de *A. obliqua*. Os resultados demonstraram que, todas as formulações contendo compostos bioativos de extratos de goiaba e manga foram tão atrativas quanto os respectivos extratos. Duas misturas formuladas derivadas de carambola, M3FC e M4FC, provocaram tanta atratividade quanto o extrato de carambola. Por outro lado, as misturas M1FC e M2FC desencadearam maior atratividade do que o extrato de carambola.

Considerando a importância do feromônio sexual de *A. obliqua* na atração de fêmeas e machos coespecíficos e a influência dos compostos orgânicos voláteis oriundos de frutos hospedeiros no comportamento reprodutivo (chamamento, cópula e oviposição) de moscas das frutas, bem como a ausência de dados sobre a influência dos voláteis de hospedeiros no comportamento reprodutivo de machos de *A. obliqua*, este estudo objetivou avaliar a atratividade de machos virgens de *A. obliqua* para formulações constituídas por compostos voláteis comuns ao feromônio sexual e aos frutos de carambola, goiaba e manga, com o intuito de desenvolver iscas atraentes que possam servir como ferramenta para o uso no controle deste inseto-praga.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Demanda mundial de alimentos

As projeções de crescimento populacional, do aumento do consumo *per capita*, da expansão das cidades e das restrições no uso das terras nas próximas décadas tem gerado muitos debates acerca da impossibilidade de atender às necessidades humanas por alimento. Estas projeções indicam um crescimento populacional acelerado e contínuo para as próximas décadas, elevando a demanda por alimentos (SAATH & FACHINELLO, 2018). Estimativas da ONU (2012) preveem que a população mundial em 2024 será superior a 8 bilhões de pessoas e, em 2050, superior a 9,5 bilhões.

Pelo lado da oferta de alimentos, a expansão da fronteira agrícola tem sido bastante restrita, pois a disponibilidade de áreas agrícolas está concentrada em poucos países, principalmente na América Latina e África. Além disso, países como China e EUA não possuem mais áreas novas disponíveis para a exploração agrícola (FAO, 2013). Na América Latina, o Brasil se apresenta como um dos principais produtores mundiais de alimentos e com grande potencial de expansão da oferta. Entretanto, as mais recentes preocupações ambientais e a preservação das florestas nativas têm levado ao maior controle sobre essa expansão. Diante dessas restrições sobre a expansão do uso das terras para fins agropecuário, o aumento da produtividade se apresenta como uma solução necessária para a ampliação da oferta de alimentos (SAATH & FACHINELLO, 2018).

2.2. Fruticultura brasileira

O Brasil é responsável pela terceira maior produção mundial de frutas, apresentando valores menores apenas do que a China e a Índia, com 265 milhões de toneladas e 93 milhões de toneladas, respectivamente (KIST *et al.*, 2021). A fruticultura brasileira manteve a produção de frutas superior a 40 milhões de toneladas em 2020, volume este que foi semelhante ao do ano anterior. O setor fruticultor brasileiro tem grande importância para a economia, pois é o que mais emprega dentro do agronegócio, gerando cerca de 5 milhões de empregos, correspondendo a 16% da mão de obra do setor (KIST *et al.*, 2021).

No ano de 2020, o Brasil exportou um volume recorde de frutas frescas e derivados semi-processados e processados. De acordo com a Associação Brasileira dos Produtores

Exportadores de Frutas e Derivados (Abrafrutas), o embarque foi de 1,027 milhão de toneladas, com alta de 16% em relação ao ano anterior, sendo arrecadados US\$ 875 milhões, 3% a mais que no ano de 2019 (KIST *et al.*, 2021). Em 2021, o Brasil ultrapassou a marca de US\$ 1 bilhão com as exportações de frutas, registrando uma alta de 20% em relação ao ano anterior. A manga foi o fruto que apresentou o maior volume exportado, superando os valores do ano anterior e respondendo pelos maiores valores arrecadados (KIRST *et al.*, 2022).

Em 2020, a região Nordeste exportou o maior volume de frutas do País, respondendo por 149,631 mil toneladas e US\$ 113,630 milhões, seguida pelas regiões Sudeste (US\$ 40,678 milhões) e Sul (US\$ 33,371 milhões). Devido a sua qualidade, as frutas produzidas no Brasil são muito apreciadas na Arábia Saudita, Bahrein, Emirados Árabes Unidos, China e Coreia do Sul (KIST *et al.*, 2021). Para obter várias certificações internacionais, incluindo boas práticas sustentáveis, o fruticultor passa por protocolos rígidos. Estes certificados são necessários para realizar o deslocamento de produtos que são potenciais veículos de pragas quarentenárias (PINHEIRO *et al.*, 2009; KIST *et al.*, 2021). As pragas quarentenárias estão agrupadas nas seguintes categorias: A1, que são as espécies exóticas sem registro da presença no país; e A2, que são pragas de importância econômica em potencial, já presentes no país, submetidas a programas oficiais de controle (MAPA, 2017). Dentre as pragas quarentenárias do grupo A2, as moscas das frutas da família *Tephritidae* são as que mais se destacam, uma vez que, nas últimas décadas, vem causando perdas significativa na produção de frutas. A falta de produtos registrados que sejam eficientes para o controle destes insetos praga, tem dificultado a ampliação das exportações do mercado brasileiro, evidenciando-se a necessidade de investimentos em programas de monitoramento e controle de moscas das frutas (TREICHEL *et al.*, 2016).

2.3. Distribuição geográfica das espécies de moscas das frutas no território brasileiro

Os gêneros de moscas das frutas com ampla distribuição mundial são: *Anastrepha* (Schiner, 1868), *Bactrocera* (Newman, 1834), *Ceratitis* (Wiedemann, 1824), *Dacus*, *Rhagoletis* e *Toxotrypana* (CUNHA *et al.*, 1993; ZUCCHI, 2000). No Brasil, os gêneros *Bactrocera* e *Ceratitis* estão representados por uma única espécie cada, enquanto que os gêneros *Rhagoletis* e *Anastrepha* são representados por 4 e 94 espécies, respectivamente. Dentro do gênero *Anastrepha*, as espécies *A. grandis* (Macquart), *A. fraterculus* (Wiedemann), *A. obliqua* (Macquart), *A. pseudoparallela* (Loew), *A. sororcula* (Zucchi), *A. striata* (Schiner) e *A.*

zenildae (Zucchi) apresentam importância do ponto de vista econômico (ZUCCHI, 2000). A distribuição geográfica de uma espécie está diretamente relacionada com a gama de hospedeiros que ela é capaz de utilizar como alimento. Neste sentido, a diversidade de gêneros presentes no Brasil é resultado de uma série de fatores que contribuem para o seu desenvolvimento, tais como: condições ambientais favoráveis, adaptações, interações com o hospedeiro e competição entre espécies (SELIVON, 2000). Além disso, a ampliação das áreas cultivadas com frutas, em diferentes regiões do país, contribuíram para a modificação do quadro biogeográfico das moscas das frutas no Brasil (MALAVASI, 2009).

Registros apresentados pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (EZALQ) mostram que todas as regiões brasileiras possuem espécies do gênero *Anastrepha*. Este gênero, de maior ocorrência no Brasil, é nativo das Américas, apresentando 212 espécies conhecidas, dentre as quais 128 estão presentes no território brasileiro (AGUIAR-MENEZES *et al.*, 2004; FERRARA *et al.*, 2004; LEAL *et al.*, 2009; ZUCCHI & MORAES, 2021). Dentre as espécies do gênero *Anastrepha*, as mais polífagas são *A. fraterculus*, desenvolvendo-se em 159 espécies de frutos hospedeiros, principalmente da família Myrtaceae, e *A. obliqua*, desenvolvendo-se 70 espécies de hospedeiros (**Tabela 1**), com preferência por frutos da família Anacardiaceae, na qual a manga (*Mangifera indica* L) é o fruto preferencial desta praga no Brasil (MALAVASI *et al.*, 2000; ZUCCHI, 2012; ZUCCHI & MORAES, 2021). A espécie *A. obliqua* está presente em quase todos os estados brasileiros, não havendo relatos da mesma apenas no Distrito Federal (ZUCCHI & MORAES, 2021).

Tabela 1 - Famílias de hospedeiros registrados para *Anastrepha obliqua* no Brasil

FAMÍLIAS	Nº DE ESPÉCIES
Anacardiaceae	14
Apocynaceae	02
Cactaceae	01
Celastraceae	01
Chrysobalanaceae	01
Combretaceae	01
Fabaceae	01
Hippocrateaceae	01
Malpighiaceae	05

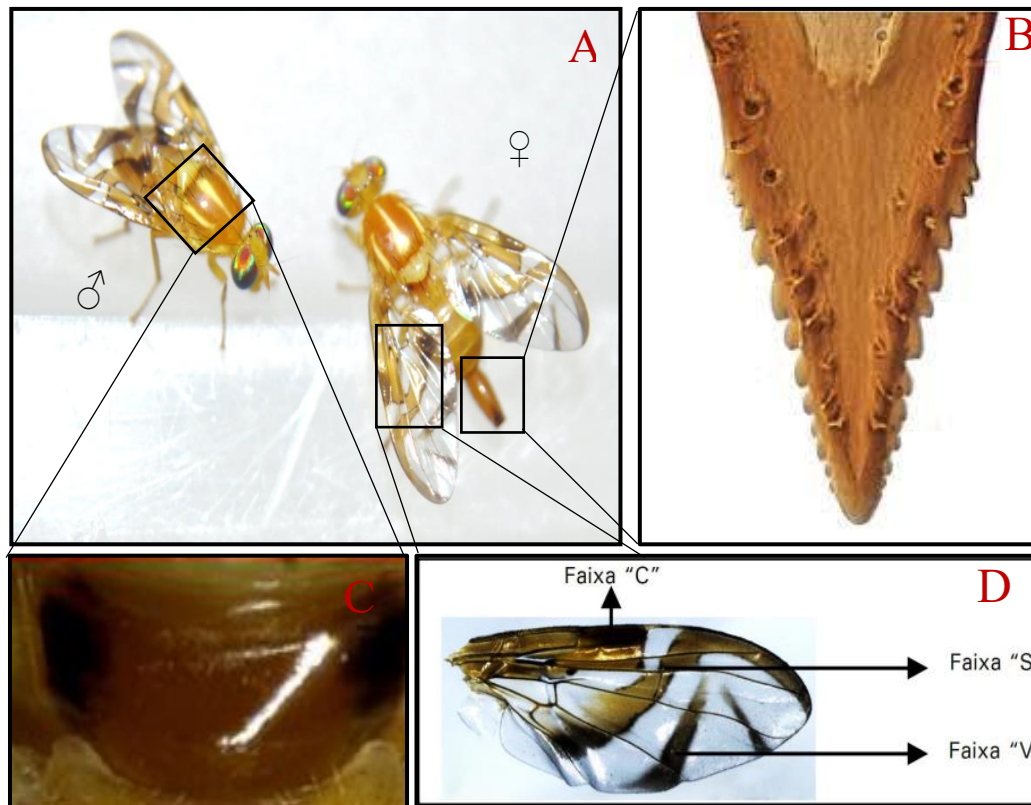
Muntingiaceae	01
Myrtaceae	28
Oxalidaceae	01
Passifloraceae	01
Rhamnaceae	01
Rosaceae	02
Rubiaceae	02
Rutaceae	04
Sapotaceae	03

Fonte: http://www.lea.esalq.usp.br/anastrepha/edita_ssp_i.php

2.4. Descrição do ciclo de vida do inseto

Para realizar a identificação taxonômica das espécies do gênero *Anastrepha*, são utilizadas análises morfométricas da cabeça, do tórax, do mesotórax, das asas e dos acúleos das fêmeas adultas (ZUCCHI, 2000). Nas espécies desse gênero, os adultos medem cerca de 15 mm de comprimento, são amarelados com tonalidades em marrons, especialmente nas regiões do abdômen, cabeça e pernas. A face dorsal do tórax apresenta-se na cor castanho amarelado com três faixas longitudinais na cor amarelo claro (ZUCCHI, 2000; WEENS *et al.*, 2001). Os machos apresentam o abdômen arredondado com seis segmentos, e nas fêmeas apresentam sete segmentos, sendo que o último segmento abdominal é modificado em um apêndice tubular, formando a bainha do ovipositor, que serve para diferenciá-la do macho (**Figura 1a e 1b**) (ALUJA, 1994; ZUCCHI, 2000a; HERNÁNDEZ-ORTIZ *et al.*; 2004, 2012). Na espécie *A. obliqua*, a face dorsal do tórax é castanho amarelada e apresenta três faixas longitudinais amarelo claras, sendo que no último segmento torácico existem duas faixas negras estreitas atrás do ponto de inserção das asas (**Figura 1c**) (ZUCCHI, 2000a). As asas apresentam três faixas distintas: a faixa “C” (costal), a faixa “S” e a faixa “V” invertido (**Figura 1d**) sendo as mesmas sombreadas de amarelo e marrom escuro (FILHO *et al.*, 2004).

Figura 1 - Morfologia do inseto.

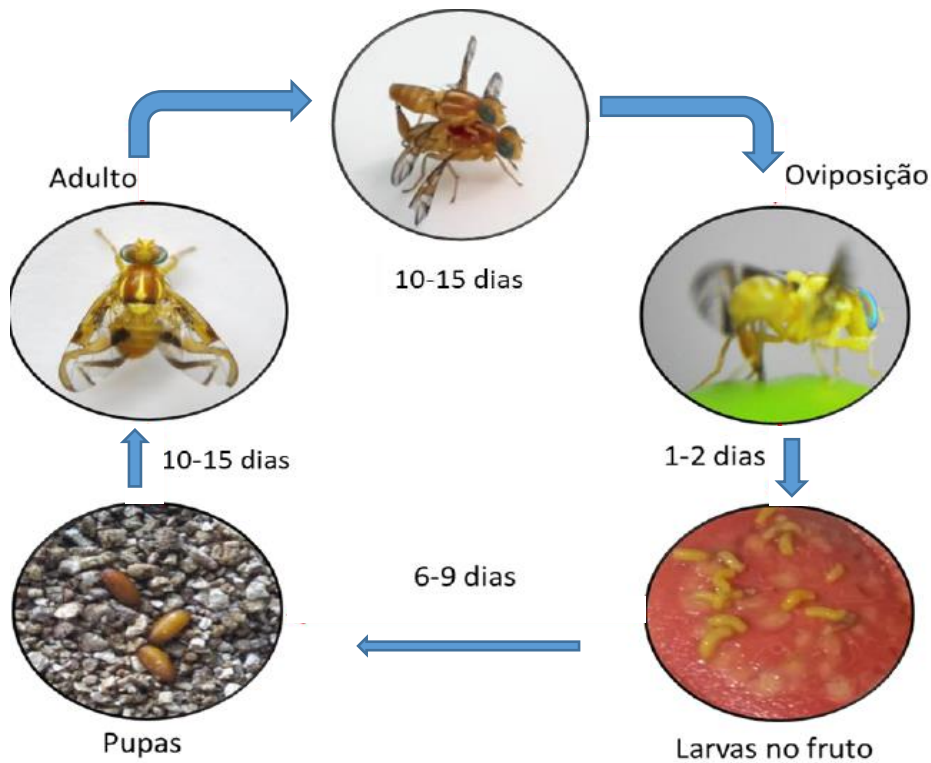


Nota: A: macho e fêmea; B: acúleo; C: mediotergito; D: asa.

Fonte: Adaptado de FARIA *et al.*, 2012; RORIZ *et al.*, 2015; TAVARES, 2016

Quanto ao ciclo de vida, as moscas das frutas apresentam metamorfose completa, passando pelos estágios de ovo, larva, pupa e adultos (**Figura 2**), se completando em aproximadamente 30 dias (FILHO *et al.*, 2004). As fêmeas utilizam frutos no estágio verde ou próximo da maturação para realizarem as puncturas. A inserção do acúleo na casca do fruto para fazer a oviposição causa danos irreversíveis nos frutos (MALAVASI, 2009). Após a oviposição, ocorre a fase de ovo que dura de 1 a 2 dias. Ao eclodirem, as larvas de coloração branca a branca-amarelada e corpo liso passam por três instares dentro do fruto, com duração de 6-9 dias. Neste período, as larvas se alimentam da polpa do fruto, produzindo galerias no seu interior (MALAVASI, 2009). Ao atingir a última fase larval, as mesmas saem dos frutos e empupam no solo a uma profundidade que varia de 2-6 cm (CARVAHO, 2000). O tempo de empupação varia de 10-15 dias e depende das condições do ambiente, tais como: temperatura e umidade do solo (MALAVASI, 2009).

Figura 2 - Ciclo de vida das moscas das frutas



Fonte: Adaptado de AQUINO, 2019

2.5. Danos provocados pelas moscas das frutas

Os danos decorrentes do ataque das moscas-das-frutas (**Figura 3**) são causados diretamente nos frutos pela fêmea adulta através da perfuração do fruto por ocasião da oviposição onde as larvas consomem a polpa do fruto provocando o apodrecimento interno, inviabilizando-os para a comercialização (FLETCHER, 1989; FILHO *et al.*, 2004). O apodrecimento dos frutos em decorrência da atividade enzimática da flora bacteriana específica do inseto causa a queda precoce do fruto constituindo assim no dano direto (NONDILLO *et al.*, 2007). Já os danos indiretos são causados por infecções secundárias provocadas por fungos e bactérias que se alojam no interior dos frutos devido as aberturas geradas em decorrência da oviposição da fêmea (CARVALHO, 2005).

Figura 3 - Danos provocados por moscas das frutas em frutos de (a) carambola e (b) goiaba



Fonte: Adaptado de AQUINO, 2019

2.6. Medidas de monitoramento e controle empregadas para tefritídeos

O monitoramento das moscas das frutas se faz necessário para constatar a sua abundância e flutuação populacional, possibilitando as ações de controle através da integração de vários métodos, uma vez que, esse conhecimento viabilizará o planejamento de estratégias de manejo mais eficazes (RONCHI-TELES, 2000; SOUZA-FILHO, 2002; CARVALHO, 2005). O aumento do consumo de frutos *in natura* exige alimentos com baixos níveis de agrotóxicos ou isentos dos mesmos, por isso, os programas de manejo integrado de pragas têm incentivado o uso de vários métodos e táticas alternativas para o controle de insetos praga (CARVALHO *et al.*, 2000). Este método é selecionado com base em parâmetros técnicos (eficácia), econômicos (maior lucro), ecotoxicológicos (preservação do meio ambiente e da saúde humana) e sociológicos (adaptáveis ao usuário) (PICANÇO, 2008).

Atualmente, o controle químico é a forma de monitoramento mais utilizada no Brasil. Tal técnica baseia-se no uso de iscas tóxicas e/ou pulverizações em cobertura total da área plantada, a partir do emprego de inseticidas organofosforados (diazinon[®], dimetoato[®], etion[®], fenitrothion[®], malation[®], mevinfós[®], fention[®] e thriclorfon[®]), os quais possuem elevada toxicidade, além de não serem seletivos aos inimigos naturais (KOVALESKI, 2003; SCOZ, 2004). Outros métodos alternativos empregados no controle de moscas-das-frutas são: o controle cultural, através do ensacamento dos frutos sadios e coleta dos frutos caídos, o controle

biológico, utilizando insetos e microrganismos benéficos e o controle genético, através da técnica do inseto estéril (TIE) (BRAGA-SOBRINHO *et al.*, 2001).

Novas estratégias de controle baseadas na utilização de substâncias voláteis presentes nos frutos hospedeiros e no feromônio sexual tem se mostrado bastante promissora no controle de tefritídeos, principalmente, por apresentar características distintas das outras formas de controle, tais como: especificidade, ausência de resíduos no ambiente, além de atuarem naturalmente no comportamento dos insetos (LANDOLT *et al.*, 1992; 1997). Este conjunto de características obedecem aos critérios da ferramenta conhecida como Manejo Integrado de Pragas (MIP), podendo ser empregada tanto no monitoramento como no controle de moscas das frutas (LANDOLT *et al.*, 1992; 1997; NARANJO *et al.*, 2015).

2.7. Sinais químicos envolvidos na comunicação de insetos

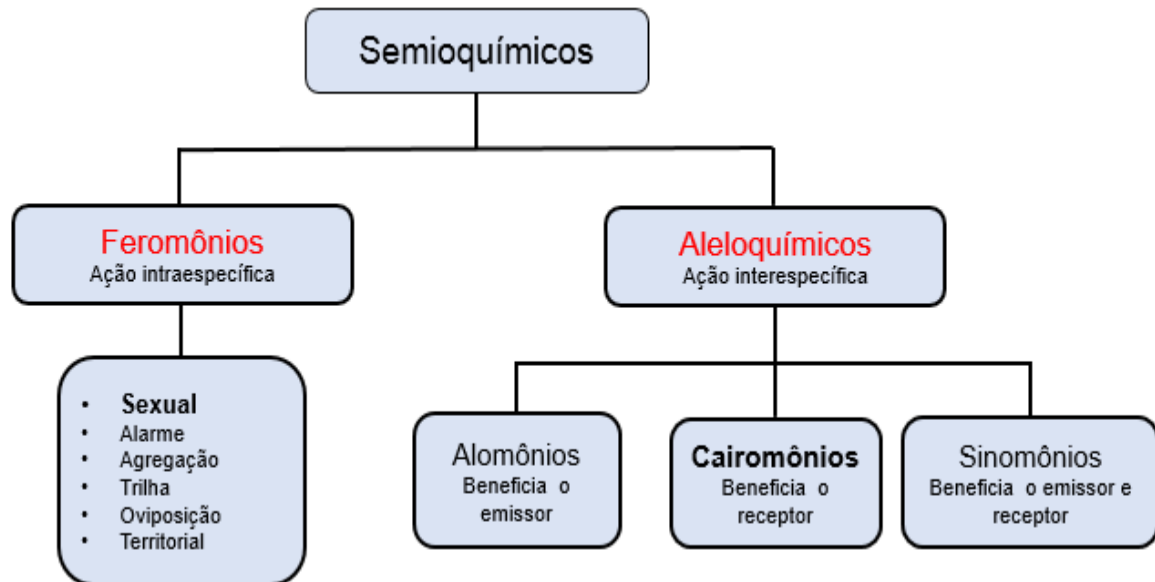
Embora os insetos normalmente utilizem sinais acústicos, visuais e tácteis no processo de comunicação com outros indivíduos ou com o ambiente a sua volta, os sinais químicos são tidos como os mais importantes mecanismos de comunicação na maioria das espécies (CORRÊA & SANT'ANA, 2001). O reconhecimento das substâncias químicas pelos insetos permite que os mesmos encontrem parceiros para o acasalamento, alimento ou presa, escolham locais para oviposição, se defendam dos predadores e organizem suas comunidades (no caso dos insetos sociais) (ZARBIN *et al.*, 2009).

Os insetos, em sua maioria, utilizam as antenas para a captação e transmissão de estímulos olfativos e mecânicos, podendo discriminar mudanças na concentração, na composição e na isomeria dos compostos envolvidos na comunicação química, conferindo a antena uma excelente especificidade e sensibilidade (MORAES, 2008).

Os compostos responsáveis pelas informações numa interação entre dois indivíduos e que provocam no receptor um comportamento ou resposta fisiológica são denominados semioquímicos (DICKE & SABELIS, 1988; VILELA & DELLA LUCIA, 2001), podendo ser classificados como aleloquímicos, se a interação for interespecífica, e feromônio quando a interação mediada é intraespecífica (WILSON & BOSSERT, 1963; NORDLUND & LEWIS, 1976) (**Figura 4**). Os feromônios são compostos produzidos e liberados pelos insetos que podem ser classificados de acordo com seu modo de ação, podendo ser preparador (quando o

efeito é lento e prolongado) ou desencadeador (quando a mudança de comportamento do receptor é instantânea) (VILELLA & DELLA LUCIA, 2001).

Figura 4 - Classificação dos semioquímicos



Fonte: Adaptado de HOWSE *et al.*, (1998)

Os feromônios desencadeadores são classificados de acordo com o tipo de comportamento que provocam, podendo agir como atraentes sexuais, marcadores de trilhas, propiciar comportamentos de agregação, alarme, dispersão, entre outros (CORRÊA & SANT'ANA, 2001). Os aleloquímicos diferenciam-se de acordo com o tipo de organismo beneficiado durante o processo de comunicação, e são divididos nas seguintes classes: cairomônios, beneficia apenas o receptor do sinal químico; alomônios, favorecem apenas o emissor do sinal químico; e sinomônios, favorecem tanto o agente emissor quanto o receptor do sinal químico (NORDLUND & LEWIS, 1976; DICKE & SABELIS, 1988).

2.8. Feromônios

A mensagem transmitida por um feromônio tem papel importante como mediador de comunicação, apresentando, em sua maioria, uma combinação de moléculas pertencentes a grupos distintos que causam reações comportamentais ou fisiológicas específicas dependendo do contexto e do receptor (COSTA, 2016; TILLMAN *et al.*, 1999; WYATT, 2014).

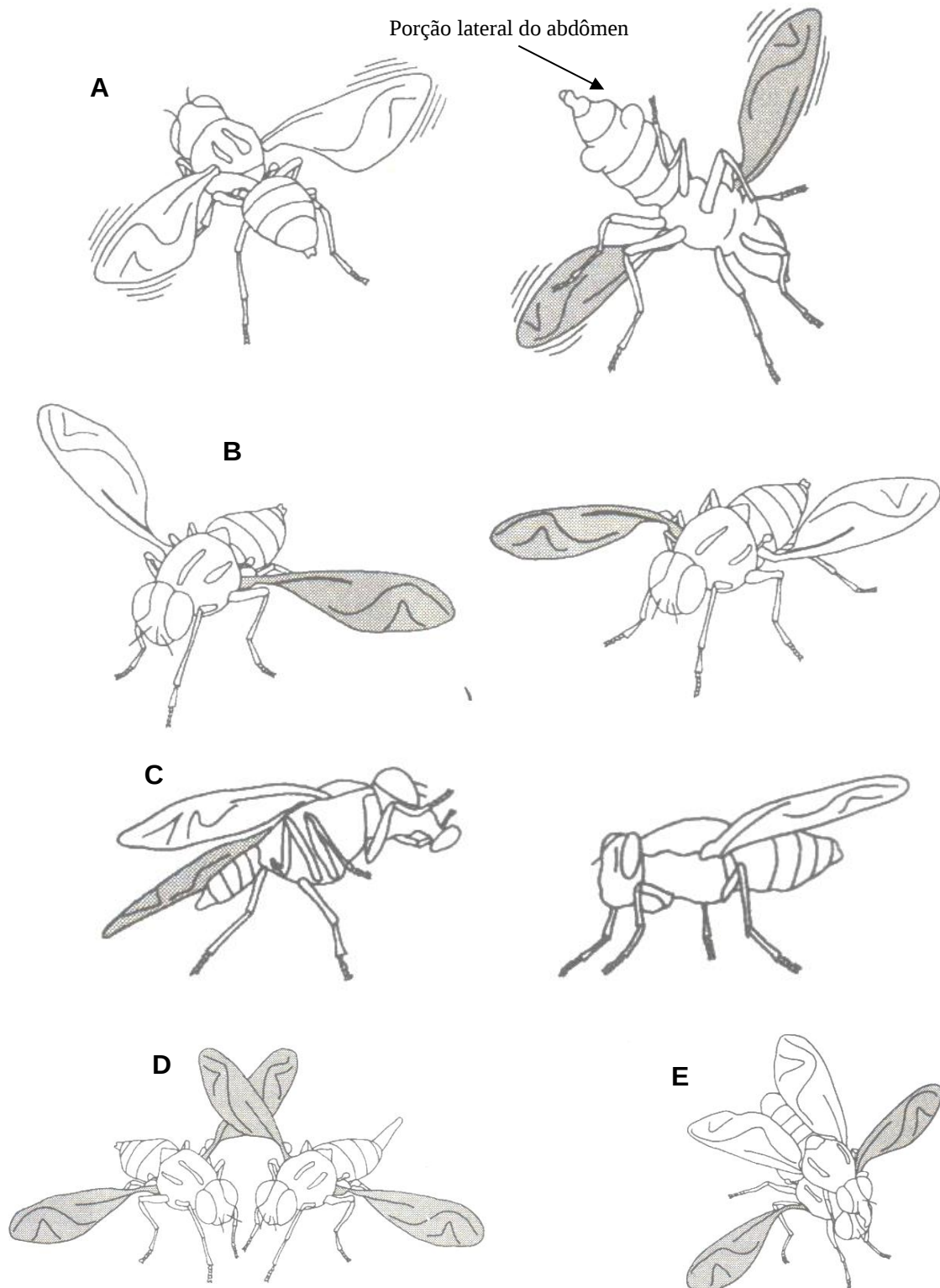
Alguns componentes do feromônio sexual já foram identificados para algumas espécies do gênero *Anastrepha*, e o uso destes compostos como atraentes já foi reportado para as seguintes espécies: *A. suspensa*, *A. ludens*, *A. obliqua* e *A. fraterculus* (NATION, 1983, 1990; BATTISTE *et al.*, 1983; ROCCA *et al.*, 1992; HEATH *et al.*, 2000; LIMA *et al.*, 2001; LÓPEZ-GUILLÉN *et al.*, 2011). Estudos conduzidos com machos de *A. obliqua* demonstraram que, durante a liberação do feromônio, são liberados componentes voláteis que atraem fêmeas e machos coespecíficos (LÓPEZ-GUILLÉN *et al.*, 2011).

Nas espécies do gênero *Anastrepha*, um macho pioneiro escolhe um determinado sítio e inicia o comportamento de chamamento e cômte, emitindo sinais químicos que atraem outros machos para o mesmo local, os quais também passam a exibir um comportamento coletivo que envolve movimentos estereotipados (**Figura 5**) e a liberação simultânea de sinais químicos, acústicos e visuais, para atrair fêmeas sexualmente receptivas, as quais, após interagirem com alguns machos do grupo, escolhem um deles para copular (SIVINSKI; BURK, 1989; SUGAYAMA; MALAVASI, 2000).

Nas espécies deste gênero, a liberação dos atraentes sexuais é feita pelos machos através da distensão lateral da cutícula abdominal na altura do terceiro ao quinto segmentos, formando bolsas que estão associadas às glândulas exócrinas pleurais. Além dessa via, as substâncias atraentes são também oriundas de secreções intestinais, as quais são liberadas no momento em que o tecido anal é evertido, apresentando uma gotícula de secreção na extremidade do abdômen e pela extensão e retração das partes bucais, que estão associadas às glândulas salivares (LANDOLT; AVERILL, 1999; NATION, 1989).

O conhecimento acerca da identidade dos feromônios é de fundamental importância para o emprego no Manejo Integrado de Pragas, uma vez que os mesmos poderão ser empregados em diferentes estratégias controle, tais como: coleta massal, confusão sexual e em armadilhas atraindo-e-mata, com o objetivo de manter os níveis populacionais abaixo do nível de danos econômicos (ARIOLI *et al.*, 2013; JONES, 2014).

Figura 5 - Comportamento de corte de moscas das frutas



Nota: **A** – Vibração das asas e eversão da porção lateral do abdômen; **B** – Movimento alternado das asas; **C** – Posição de defesa frente a outro macho; **D** – Aproximação receptiva da fêmea; **E** – Cópula.

Fonte: Adaptado de HOWSE, JONES E STEVENS (1998)

2.9. Cairomônios

As plantas hospedeiras têm papel importante no comportamento reprodutivo das moscas das frutas, visto que os voláteis produzidos por elas podem atuar como percussores do feromônio sexual de machos, mediante o consumo, absorção ou inalação, podendo ainda atuar no aumento da eficácia da atração do feromônio sexual, causando um efeito sinérgico (LANDOLT, 1997). A especificidade dos cairomônios vem despertando o interesse de pesquisadores de várias partes do mundo, visando a identificação para o uso no controle destes insetos, seja sob a forma de atraentes para captura de insetos adultos (MALO *et al.*, 2012; SILVA, 2017) ou para aumentar a competitividade e sucesso no acasalamento de machos estéreis com fêmeas selvagens pelo uso da Técnica do Inseto Estéril [TIE] (VERA *et al.* 2013, BACHMANN *et al.*, 2015, TAVARES, 2020).

Estudos conduzidos com *A. obliqua* demonstraram que seus comportamentos sexuais foram influenciados pelos voláteis liberados por diferentes frutos hospedeiros, entre eles o cajá e a manga (CRUZ-LÓPEZ *et al.*, 2006; LÓPEZ-GUILLÉN *et al.*, 2011; MALO *et al.*, 2012; REYES *et al.*, 2017). Além disso, ensaios comportamentais realizados com os voláteis destes frutos demonstraram a ação destes compostos na atratividade de machos e fêmeas desta espécie (ORTEGA-ZALETA & CABRERA-MIRELES, 1996; CRUZ-LÓPEZ, *et al.*, 2006; TOLEDO *et al.*, 2009; MALO *et al.*, 2012; LÓPEZ-LEY *et al.*, 2015). Alguns autores relataram a existência de similaridades entre a mistura feromonal liberada por machos de algumas espécies de moscas das frutas e as misturas de voláteis emanadas de seus hospedeiros (GONÇALVES *et al.*, 2001; AQUINO, 2019; TAVARES, 2020). Essa semelhança pode ser resultado do sequestro e armazenamento de compostos do fruto hospedeiro, adquiridos durante a alimentação na fase larval e na fase adulta destes insetos (ETGES *et al.*, 2006; VANÍCKOVÁ, 2012a; VANICKOVÁ *et al.*, 2012b).

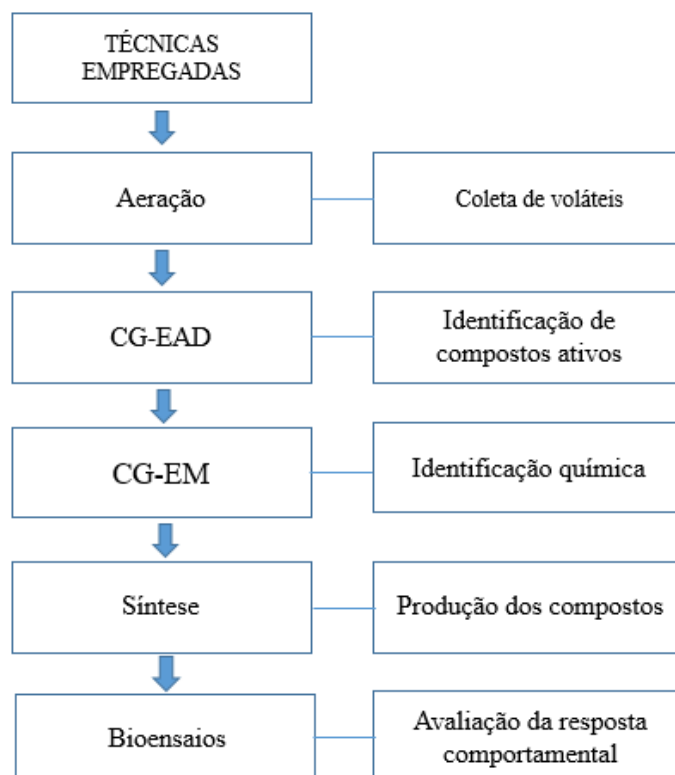
Aquino (2020) avaliou, por meio de bioensaios comportamentais em condições de laboratório, a atração de fêmeas de *A. obliqua* para formulações de misturas de compostos comuns ao feromônio sexual de machos coespecíficos e os frutos hospedeiros goiaba, manga e carambola. Os resultados mostraram que todas as formulações testadas apresentaram atratividade semelhante ou maior do que o extrato do fruto, evidenciando o potencial destas formulações para emprego em técnicas de manejo integrado deste inseto-praga.

2.10. Técnicas empregadas na extração de semioquímicos

Os métodos de extração e identificação de substâncias voláteis liberadas por insetos e plantas ou frutos hospedeiros foram relatadas por Zarbin (2009). Segundo o mesmo, a maior dificuldade encontrada para a realização desse processo está relacionada a produção dessas substâncias em baixa quantidade, além da presença de vários outros compostos inativos juntamente com os compostos ativos.

Para realizar a identificação dos semioquímicos, inicialmente estuda-se o comportamento do inseto para definir o sexo responsável pela liberação do feromônio, o horário de chamamento, o comportamento reprodutivo e os seus frutos hospedeiros preferenciais. Após a coleta destas informações, procede-se com a coleta ou extração dos voláteis liberados ou produzidos pelo emissor da mensagem química através do uso da técnica de headspace dinâmico (aeração). Em seguida, os compostos extraídos são detectados pela técnica de Cromatografia Gasosa acoplada à Eletroantenografia (CG-EAG) e identificados pela técnica de Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM). A etapa seguinte consiste na síntese ou aquisição comercial dos compostos identificados seguida dos testes comportamentais em condições de laboratório, semicampo e campo (**Figura 6**) (ZARBIN *et al.*, 1999; HOWSE *et al.*, 2013; CORRÊA & SANT'ANA, 2001).

Figura 6 - Etapas de identificação de semioquímicos

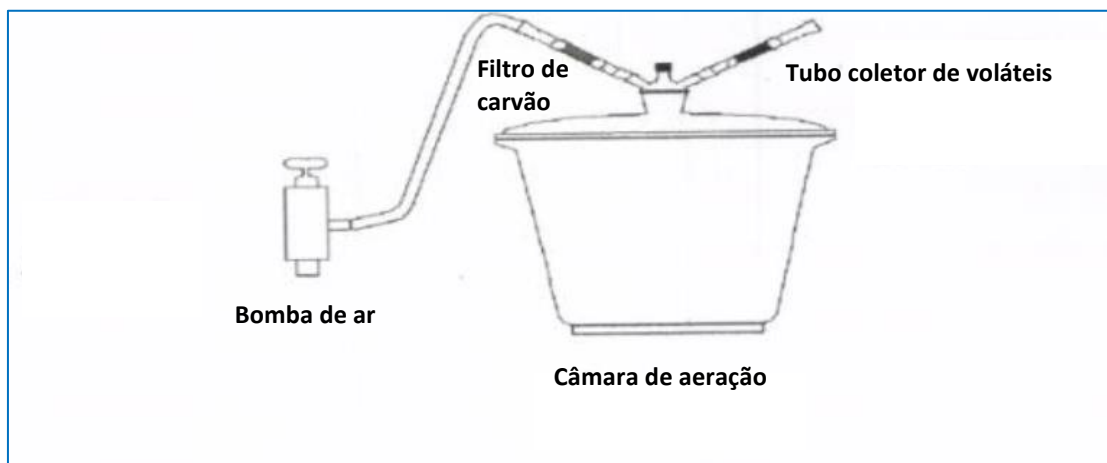


Fonte: Adaptado de AQUINO, 2019

2.10.1. Técnica de aeração

A técnica amplamente empregada na extração de substâncias voláteis oriundas de amostras complexas é conhecida como aeração ou *headspace* dinâmico e tem como princípios básicos a utilização de uma câmara de aeração, um fluxo contínuo de ar e de um material adsorvente responsável pela adsorção dos voláteis liberados pelo material biológico (**Figura 7**) (FERREIRA & CORREIA, 2001). Os adsorventes mais comumente utilizados na coleta de voláteis são o carvão ativo, polímeros porosos Porapak® (co-polímero de etilvinilbenzeno-divinilbenzeno) e Tenax® (polímero poroso de óxido de 2,6-difenil-*p*-fenileno). Estes adsorventes são mais utilizados porque adsorvem os compostos voláteis presentes em uma mistura, porém não adsorvem os gases oxigênio, nitrogênio e nem o vapor de água, os quais podem interferir nas análises posteriores (COLE, 1980; NOGUEIRA, 2002).

Figura 7 - Sistema de aeração



Fonte: Adaptado de SANTOS, 2003.

A adsorção é um processo físico que tem como base interações eletrostáticas entre grupos funcionais presentes na superfície do material adsorvente e os das moléculas dos constituintes adsorvidos (HOWSE *et al.*, 2013). Já o processo de dessorção das substâncias coletadas é realizado, na maioria das aplicações, por meio da extração com solvente (FERREIRA & CORREIA, 2001). Os solventes mais utilizados são hexano, diclorometano e éter com alto grau de pureza, pois, desta forma, aumenta o rendimento da extração e diminui o grau de impurezas no extrato (ZARBIN, 2001).

2.11. Bioensaios comportamentais

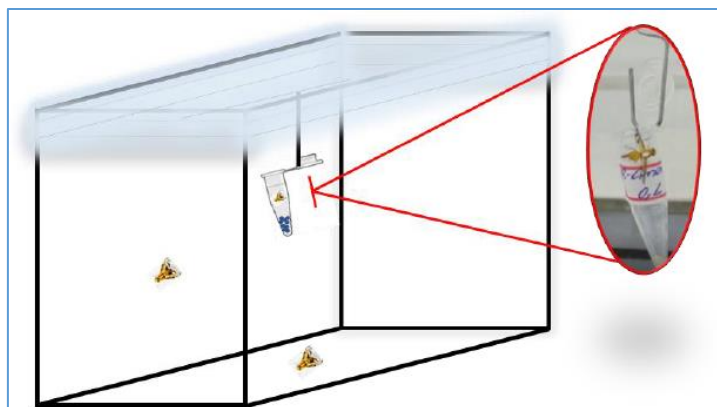
Geralmente, a atividade biológica não é comprovada através de métodos químicos. Os experimentos que investigam o papel destas substâncias em um contexto biológico, ecológico e/ou evolutivo são chamados de bioensaios. Testes demonstrando a atividade comportamental dos componentes químicos são essenciais para a compreensão de sua função e dos mecanismos comportamentais do inseto diante do estímulo químico (LAUMAN *et al.*, 2005). Os bioensaios comportamentais medem a resposta motora do inseto tanto do ponto de vista qualitativo quanto quantitativo. A resposta é quantificada pelo número de insetos que respondem a determinado estímulo e qualificada a partir das atividades comportamentais relacionadas a essa percepção (SANT'ANA; STEIN, 2001).

Ao analisar a resposta exibida por determinado inseto, observa-se normalmente o movimento de antenas eretas em forma de “V” (antenação), a elevação do pronoto (parte dorsal do primeiro segmento do tórax), a vibração das asas, o comportamento de busca, que é

observado através do voo, ou caminhada do inseto em direção à fonte (SANT'ANA; STEIN, 2001).

Os testes comportamentais podem ser realizados em laboratório, em condições seminaturais ou no campo. Em laboratório, os testes comportamentais são conduzidos com maior frequência em arenas, olfatômetros e túneis de vento, entretanto pode haver adaptações circunstanciais para determinados insetos, ou se necessário, desenvolver novos aparatos para análise dos comportamentos. A escolha mais adequada depende da biologia e do comportamento do inseto em estudo, bem como das características da amostra a ser testada (EIRAS *et al.*, 2001; GONÇALVES, 2001, PEREIRA, 2013). As arenas de vidro têm sido utilizadas em testes comportamentais com algumas espécies de moscas das frutas (MILET-PINHEIRO *et al.*, 2015). Este tipo de olfatômetro pode apresentar diferentes dimensões, permitindo o uso de mais de um inseto por repetição (**Figura 8**). O mecanismo de funcionamento dos equipamentos para bioensaios é semelhante, consistindo em um organismo teste, uma fonte de estímulo, uma arena para liberação do organismo a ser testado (desenvolvida de acordo com a espécie a ser testada) e um fluxo de ar com velocidade controlada (AQUINO, 2019).

Figura 8 - Arena empregada em testes comportamentais



Fonte: Adaptado de AQUINO, 2019

A arena de vidro é o aparato utilizado na condução de todos os experimentos propostos neste trabalho, pois permite que os insetos testados realizem seus comportamentos com maior liberdade, além de facilitar a visualização dos mesmos. Os resultados obtidos poderão contribuir para o desenvolvimento de novas ferramentas para aplicação no controle e monitoramento de insetos praga.

2.12. **Prospecção tecnológica**

A maioria dos compostos que participam da comunicação química são classificados como componentes que apresentam elevado grau de volatilidade. Este fenômeno deve-se, principalmente, a sua alta pressão de vapor, a qual está intimamente relacionada com a natureza química das substâncias e as forças intermoleculares existentes (ATKINS; LORETTA; LAVERMAN, 2012). A metodologia amplamente empregada para a liberação de compostos voláteis, durante os testes comportamentais convencionais, trata-se da impregnação de materiais poliméricos (papel de filtro, septos de borracha, bastões ou bolas de algodão) com as substâncias a serem avaliadas. Diversos artigos, de maneira geral, descrevem a utilização de materiais que comprovadamente servem como liberadores de substâncias voláteis das mais diversas fontes de odores (ROBACKER; WARFIELD; ALBACH, 1993; ROBACKER; GARCIA; BARTELT, 2000; MALO *et al.*, 2005; CRUZ-LÓPEZ *et al.*, 2006; LÓPEZ-GUILLÉN *et al.*, 2011; GONÇALVES *et al.*, 2006; JANG; RAW; CARVALHO, 2001; BACHMANN *et al.*, 2015).

O aperfeiçoamento desta técnica tem sido executado através do processo de microencapsulação em biopolímero, com a finalidade de desenvolver novos materiais que, de forma mais precisa, contribua para tornar os resultados dos bioensaios mais confiáveis, no que se refere a taxa de liberação de componentes voláteis (ZUIDAM; HEINRICH, 2010; FANG; BHANDARI, 2010; DA SILVA; BARREIRA; OLIVEIRA, 2016; SANCHEZ-REINOSO; OSORIO; HERRERA, 2017; TAVARES, 2020). A utilização da técnica de microencapsulação para a liberação de compostos voláteis atrativos para as moscas das frutas das espécies *A. fraterculus*, *A. obliqua* e *C. capitata* tem se mostrado eficiente em testes de laboratório (NASCIMENTO *et al.*, 2015; 2016; 2018a; 2018b; MILET-PINHEIRO *et al.*, 2015; TAVARES, 2020; AQUINO, 2020).

As formulações derivadas deste trabalho de tese, com atividade para machos de *A. obliqua*, apresentam grande potencial para emprego em diferentes estratégias de controle e monitoramento, dentre elas, a captura massal e a Técnica do Inseto Estéril. O uso das formulações para o monitoramento da densidade populacional da praga no campo permitirá identificar o momento exato de aplicar o inseticida, reduzindo a quantidade utilizada. Além disso, estas formulações ainda podem atuar junto com outras substâncias, tais como inseticidas químicos e inseticidas biológicos, através do método de controle “atrai e mata”, ampliando, assim, o seu poder de ação.

3. OBJETIVOS

- Objetivo Geral

Verificar o efeito dos compostos voláteis comuns ao feromônio sexual e aos frutos hospedeiros de *A. obliqua* na atração e no desempenho sexual de machos virgens.

- Objetivos Específicos

- Avaliar, por meio de bioensaios comportamentais, a atratividade de machos virgens para formulações de misturas dos compostos comuns a mistura feromonal liberada por machos virgens de *A. obliqua* e pelos frutos hospedeiros goiaba, carambola e manga;
- Verificar, por meio de bioensaios de laboratório, a influência da exposição de machos virgens de *A. obliqua* a formulações dos compostos voláteis comuns ao feromônio sexual e aos frutos hospedeiros goiaba, carambola e manga na performance sexual.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Coleta e manutenção dos insetos

As coletas dos frutos hospedeiros infestados com larvas de *A. obliqua* foram realizadas em pomares domésticos localizados nos municípios de Maceió, Branquinha e Murici, no estado de Alagoas. No laboratório de Ecologia Química, da Universidade Federal de Alagoas, os frutos infestados foram armazenados em gaiolas de isopor (44 × 35 × 25 cm) (**Figura 9**) à espera do período de emergência de machos e fêmeas. Posteriormente, os insetos adultos foram mantidos em gaiolas de vidro (30cm x 20,5cm x 16cm) e alimentados com dieta artificial rica em proteína e carboidratos (extrato de soja, açúcar, levedo de cerveja e gérmen de trigo na proporção 3:3:1:1). Foram fornecidos, ainda, água e frutos de goiaba para oviposição (**Figura 10**). Duas vezes por semana, efetuou-se a limpeza destas gaiolas e a substituição dos recipientes contendo a dieta artificial, água, e os frutos, além da coleta das moscas que emergiram dos frutos infestados no campo e dos frutos retirados das gaiolas mantidas em laboratório. A temperatura da sala de criação foi mantida em 25°C, umidade relativa de 60% e fotoperíodo de 14 horas (14h luz/10h escuro).

Figura 9 - Armazenamento dos frutos infestados



Fonte: AUTORA, 2022

Figura 10 - Manutenção dos insetos em laboratório



Fonte: AUTORA, 2021

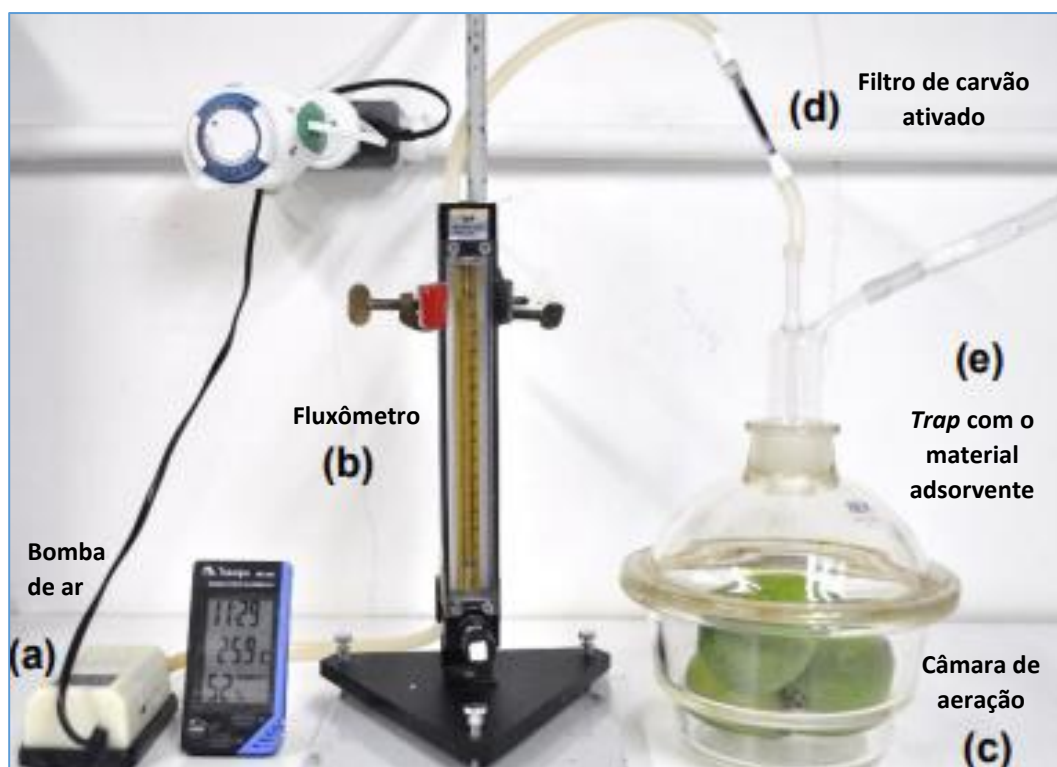
4.2. Obtenção de extratos de frutos hospedeiros e de machos virgens de *A. obliqua*

4.2.1. Aeração de frutos hospedeiros

Os frutos sadios de goiaba, carambola e manga foram coletados em pomares domésticos no Estado de Alagoas. A obtenção dos extratos com os compostos voláteis liberados pelos frutos de goiaba, carambola e manga foi realizada através do emprego da técnica de aeração. Para tanto, 250 gramas de frutos sadios de cada hospedeiro, no estágio verde, foram separadamente depositados em um dessecador de vidro (20 cm x 18 cm de altura) acoplado a um fluxo de ar contínuo que purgava as substâncias voláteis, liberadas por goiaba, carambola e manga para o polímero adsorvente Tenax® (150,0 mg de diâmetro de 60-80 mesh) (**Figura 11**). A bomba de ar (Resun® AC 2600), interligada a um fluxômetro (Supelco® 0,5 L/min), controlava a saída de ar para o dessecador. Antes de fluir através do dessecador contendo os frutos, o ar de purga foi purificado, mediante a passagem em um filtro de carvão ativo (100 mg) para remoção das impurezas. A cada período de 24 h, o tubo de vidro contendo o adsorvente foi substituído por um novo tubo e os compostos voláteis aprisionados no adsorvente foram dessorvidos com

hexano bidestilado grau HPLC (2,0 mL), sendo este volume, transferido para ampolas de vidro, as quais foram seladas e acondicionadas em freezer para posterior utilização nos ensaios de laboratório.

Figura 11 - Sistema de aeração utilizado para a coleta de voláteis dos frutos hospedeiros



Fonte: Adaptado de TAVARES, 2020

4.2.2. Aeração de machos virgens de *A. obliqua*

Para a obtenção dos extratos de machos virgens, em chamamento, de *A. obliqua* foi utilizado o procedimento de aeração descrito no item 4.2.1. Para tanto, 50 machos, com idade variando entre 10-20 dias foram colocados em um dessecador de vidro (20 cm x 18 cm de altura) e os compostos voláteis liberados pelos machos foram adsorvidos em um tubo contendo Tenax® (150 mg, com diâmetro de 60-80 mesh), o qual foi substituído a cada período de 24 h. Os compostos voláteis adsorvidos em Tenax® foram extraídos pela passagem de hexano bidestilado (2,0 mL) e os extratos obtidos foram transferidos para ampolas de vidro, que foram seladas e armazenados em freezer para uso posterior em bioensaios comportamentais.

4.3. **Análise comparativa da composição química dos extratos de frutos hospedeiros e de machos virgens de *A. obliqua*.**

A identificação química dos compostos liberados por machos virgens, em chamamento, de *A. obliqua* foi reportada por Silva (2017), e os compostos liberados por frutos de goiaba, carambola e manga também já foram descritos (Gonçalves, 2001; Santos, 2003; Aquino, 2019). As análises comparativas dos constituintes químicos do feromônio, goiaba, carambola e manga revelaram a presença de compostos comuns entre estes extratos. Quatro compostos (limoneno, α -copaeno, octanoato de etila e β -cariofileno) são comuns ao feromônio e ao extrato de goiaba. Três compostos (ocimeno, 2-hexanona e linalol) são comuns ao feromônio sexual e ao extrato de carambola. E quatro compostos (α -pineno, canfeno, sabineno e mirceno) são comuns ao feromônio sexual de machos e ao extrato de manga.

4.4. **Preparo das soluções dos componentes individuais e das misturas dos compostos comuns aos frutos hospedeiros e a mistura feromonal de machos de *A. obliqua***

As soluções dos compostos sintéticos individuais α -pineno, canfeno, sabineno, mirceno, limoneno, ocimeno, linalol, α -copaeno, β -cariofileno, 2-hexanona e octanoato de etila foram obtidas a partir do procedimento descrito a seguir. Com exceção do α -copaeno (Cedido pelo Prof. Dr. Antônio Euzébio G. Santana), os compostos utilizados no preparo das soluções, foram adquiridos comercialmente (Sigma-Aldrich, Brasil), com grau de pureza maior ou igual a 98,5%. Para a obtenção das soluções, 10 μ L dos compostos sintéticos foram transferidos para um balão volumétrico de 10 mL, completando-se o volume com hexano bidestilado (Sigma-Aldrich, grau HPLC) para a obtenção de soluções na concentração de 1,0 μ L/mL, conforme metodologia descrita em Tavares (2014, 2016). As soluções foram mantidas em freezer para, posteriormente, serem utilizadas no preparo das misturas testadas em bioensaios comportamentais.

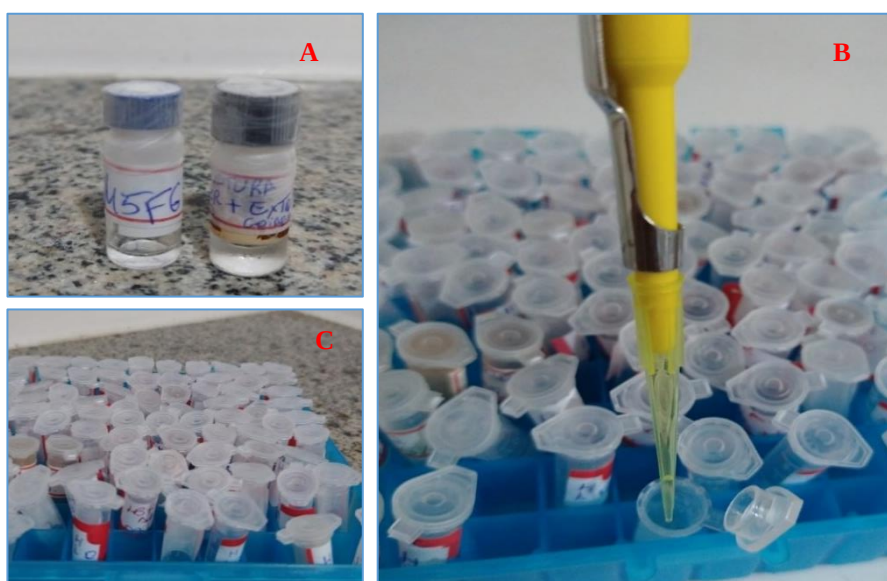
As misturas foram preparadas, no mínimo, 24 horas antes do processo de formulação. As proporções entre os compostos de cada mistura foram as mesmas encontradas nos seus respectivos extratos de frutos hospedeiros. Nas formulações das misturas contendo os compostos do fruto de goiaba, foram utilizados os seguintes compostos: limoneno, α -copaeno, octanoato de etila e β -cariofileno na proporção de 32,3:30,8:7,7:29,2, respectivamente; para as misturas do fruto de carambola, os compostos ocimeno (mistura de isômeros), 2-hexanona e

linalol na proporção 3,6:5,4:91, respectivamente; e para o fruto de manga os compostos α -pineno, canfeno, sabineno e mirceno na proporção de 14,4:1,2:1,2:83,2, respectivamente. A unidade de volume utilizada foi microlitro (μL). O volume de cada componente da mistura teve como base sua proporção. Estas proporções foram, então, multiplicadas por 10, e os valores encontrados convertidos em volume (μL). De acordo com a composição de cada mistura, utilizou-se o volume correspondente a cada composto. Estas misturas foram colocadas em vidros de 1,5 mL, tampados e lacrados com parafilme, e mantidas em freezer até utilização nos bioensaios.

4.5. Preparo das formulações das misturas de compostos comuns aos frutos hospedeiros e a mistura feromonal de machos de *A. obliqua*

As formulações das misturas dos compostos comuns aos frutos hospedeiros e ao feromônio sexual de machos de *A. obliqua* foram preparadas da seguinte maneira: 10 μL da mistura foram adsorvidos em 0,01 g do substrato biopolimérico quitosana (**Figura 12**), resultando em formulações na dose de 10 ng, a qual foi escolhida conforme resultados obtidos em ensaios comportamentais preliminares. As formulações foram mantidas em sala com temperatura controlada (25°C), por um período de 24 h, para garantir a evaporação do solvente utilizado no preparo das soluções, e posteriormente utilizadas nos bioensaios comportamentais.

Figura 12 - Preparo das formulações.



Nota: (A) misturas, (B) adsorção das misturas, (C) formulações.

Fonte: AUTORA, 2021

4.6. Bioensaios comportamentais

4.6.1. Atratividade de machos virgens de *A. obliqua* para misturas de compostos comuns a mistura feromonal e os frutos hospedeiros

Os testes de dupla escolha foram conduzidos em arena de vidro (45 cm x 30 cm x 30 cm) coberta com tecido *voil* (**Figura 13**), no horário entre as 14:00-17:00 h (horário de maior atividade dos insetos), onde dois tubos tipo eppendorf contendo uma das formulações das misturas descritas na **tabela 2** e o tratamento controle foram pendurados equidistantemente em extremidades opostas da arena. Nestes ensaios foram utilizados grupos de seis machos virgens, marcados com tinta atóxica de cores diferentes, com idade variando entre 9-15 dias. Para cada fruto hospedeiro (goiaba, carambola e manga) foram testados, ainda, dois tratamentos-controle: uma formulação constituída pela mistura do extrato do fruto com o extrato do feromônio de machos de *A. obliqua* (tratamento-controle) e o eppendorf contendo apenas o polímero adsorvente empregado no preparo das formulações (controle negativo) para avaliar se havia alguma interferência.

Figura 13 - Ilustração da arena de dupla escolha utilizada nos bioensaios comportamentais



Fonte: Laboratório de Ecologia Química-LEQ, 2018

Tabela 2: Composição das diferentes misturas testadas

Frutos Hospedeiros	Misturas Testadas (dose de 10 ng)
Manga	M1FM: α -pineno, canfeno, sabineno, mirceno
	M2FM: pineno, canfeno, sabineno
	M3FM: α -pineno, sabineno, mirceno
	M4FM: canfeno, sabineno, mirceno
	M5FM: α -pineno, canfeno, mirceno
Goiaba	M1FG: limoneno*, octanoato de etila, β -cariofileno e α -copaeno
	M2FG: limoneno*, octanoato de etila, β -cariofileno
	M3FG: limoneno*, octanoato de etila e α -copaeno
	M4FG: limoneno*, β -cariofileno e α -copaeno
	M5FG: octanoato de etila, β -cariofileno e α -copaeno;
Carambola	M1FC: ocimeno*, 2- hexanona, linalol
	M2FC: ocimeno* e 2- hexanona
	M3FC: 2- hexanona, linalol
	M4FC: ocimeno* e linalol

Nota: * - mistura de isômeros.

Fonte: AUTORA, 2021

O tempo de duração de cada repetição do bioensaio foi de 20 minutos, sendo realizadas 6 repetições para cada tratamento. Em cada repetição, o grupo contendo 6 machos virgens foi substituído por um novo grupo com o mesmo número de machos. Nestes ensaios foram observadas as respostas de machos virgens para os tratamentos testados, registrando-se os seguintes comportamentos: voo orientado, pouso e permanência na fonte de odor, os quais foram previamente caracterizados como comportamentos de atração (AQUINO, 2019). Foi contabilizado o número de vezes que o inseto exibiu cada um dos comportamentos. Os resultados obtidos foram submetidos a análise estatística.

4.6.2. Avaliação do efeito de formulações de misturas de compostos comuns aos frutos hospedeiros e ao feromônio sexual no desempenho sexual de machos coespecíficos

Os testes para verificar a influência das formulações contendo componentes previamente identificados nos extratos dos frutos hospedeiros (manga, carambola e goiaba) e no feromônio sexual de machos de *A. obliqua* em machos virgens foram delineados seguindo a metodologia geral do trabalho de Shelly (2001), com modificações. As modificações estão relacionadas, principalmente, ao substrato de liberação utilizado, ao aparato para realização dos ensaios e ao período entre a exposição e a condução dos bioensaios. Antes da realização dos testes, os machos foram separados e mantidos em gaiolas de vidro (14,8 cm x 30,0 cm x 20,3 cm), contendo recipientes distintos com dieta artificial e água. Os machos de *A. obliqua*, com idade variando de 9 a 15 dias, foram expostos as formulações descritas *no item 4.5* na dose de 10 ng. A exposição teve início às 06h00 e foi finalizada às 12h00. Após este período, a fonte de odor foi retirada e os insetos permaneceram na mesma gaiola. Nos testes de preferência de acasalamento, realizados no dia seguinte a exposição, 50 machos (25 expostos e 25 não expostos marcados com tinta atóxica) foram colocados em arenas de vidro (45 cm x 30 cm x 30 cm) juntamente com 25 fêmeas (**Figura 14**). Os casais formados foram retirados da gaiola e, ao final do teste, contabilizou-se o número de pares formados por machos expostos e por machos não expostos (**Figura 15**). As observações foram realizadas durante parte da fotofase (14h00 às 17h00) e, para cada tratamento, foram conduzidas 5 repetições do mesmo teste. Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente.

Figura 14 - Arena contendo insetos usados nos testes de preferência de acasalamento



Fonte: AUTORA, 2022

Figura 15 - Casais formados durante testes de preferência de acasalamento



Fonte: AUTORA, 2022.

4.7. Análises estatísticas

Os dados obtidos nos testes de laboratório foram primeiramente analisados com a finalidade de verificar os pressupostos paramétricos de normalidade e homogeneidade das variâncias dos resíduos pelos testes de Lilliefors e Kolmogorov-Smirnov ($p < 0.05$). Uma vez atendidos, os testes de Wilcoxon ($p < 0.05$) e *qui-quadrado* foram aplicados, respectivamente, para verificação de diferenças estatísticas significativas nas avaliações comportamentais bem como na avaliação do efeito da exposição aos voláteis na performance sexual de machos. Todas as análises estatísticas foram executadas a partir do software Originlab 8.0.

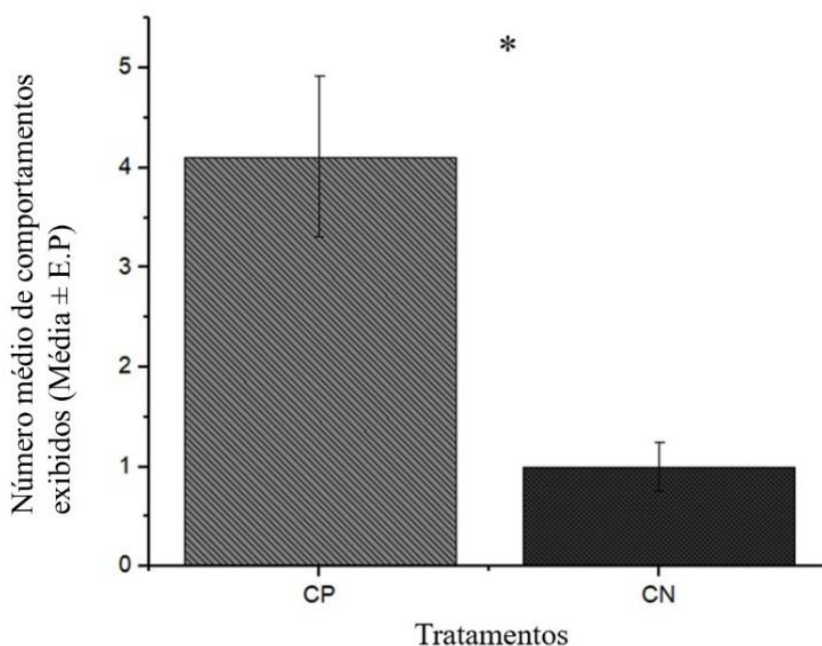
5. RESULTADOS

5.1. Bioensaios de atratividade

5.1.1. Atratividade de machos virgens de *A. obliqua* para misturas de compostos comuns a mistura feromonal e ao fruto hospedeiro goiaba.

O resultado da avaliação da atratividade de machos virgens de *A. obliqua* para os controles positivo (mistura dos extratos de voláteis de goiaba e voláteis de machos) e negativo (substrato de liberação) demonstrou maior número de comportamentos exibidos para o controle positivo, com diferença estatística significativa, quando comparado ao controle negativo ($Z_{\text{Controle}} = 3,548$) (**Figura 16**).

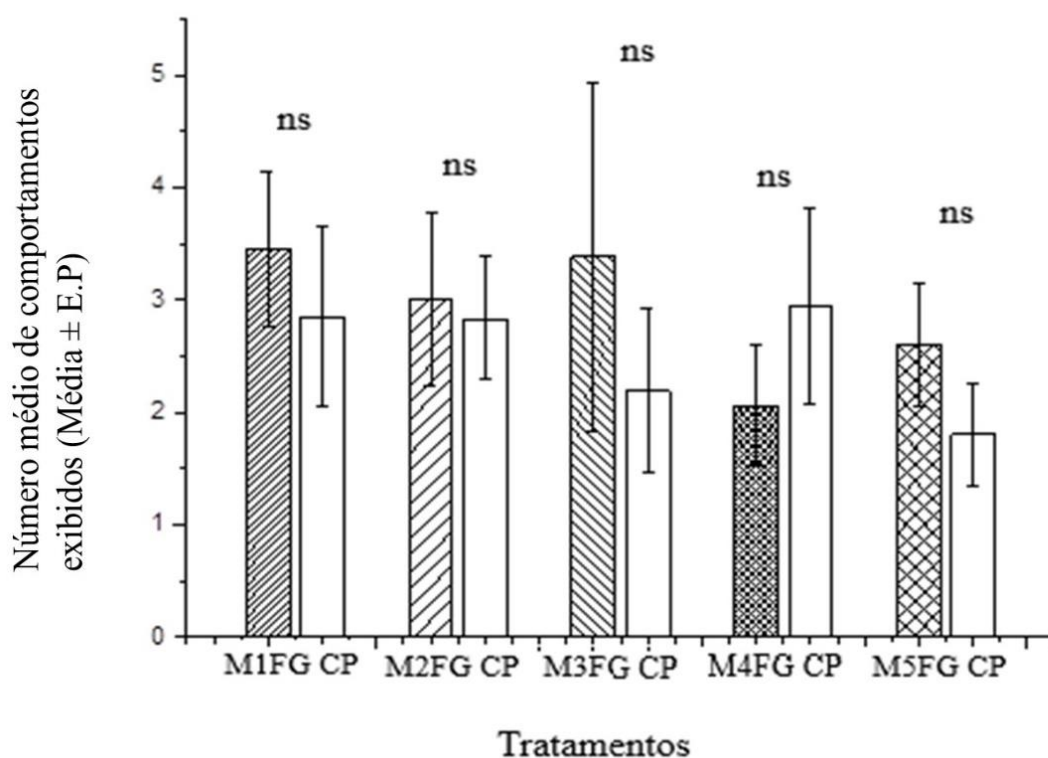
Figura 16 - Atratividade de machos de *A. obliqua* para os tratamentos controle



Nota: CP: Controle positivo (Mistura dos voláteis de machos com os voláteis de goiaba); CN: Controle negativo (Substrato de liberação quitosana); * - Indica diferença estatística significativa pelo teste de Wilcoxon ($p < 0.05$).

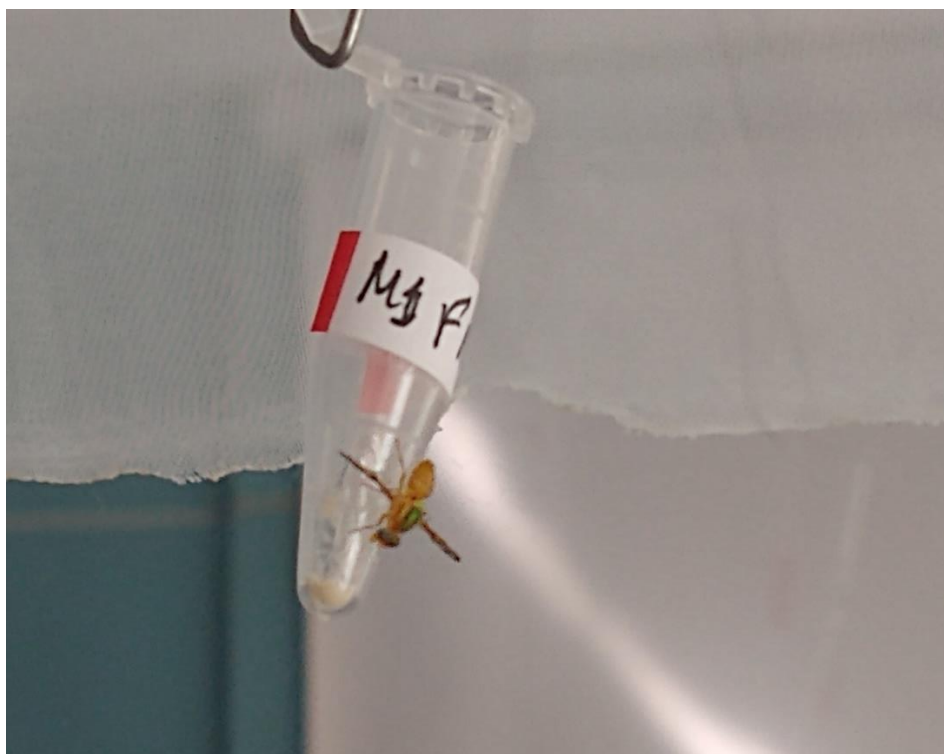
Ao analisar as respostas comportamentais de machos virgens de *A. obliqua* para as misturas **M1FG**, **M2FG**, **M3FG**, **M4FG** e **M5FG**, observou-se que as mesmas apresentaram atratividade semelhante ao tratamento controle ($Z_{M1FG} = 0,750$, $Z_{M2FG} = 0,016$, $Z_{M3FG} = 1,199$, $Z_{M4FG} = 0,807$, $Z_{M5FG} = 1,149$). Estes resultados podem ser observados nas **Figuras 17 e 18**.

Figura 17 - Atratividade de machos virgens de *A. obliqua* para formulações de misturas de compostos comuns a mistura feromonal e o fruto de goiaba



Nota: **M1FG:** limoneno, octanoato de etila, β -cariofileno e α -copaeno, na dose de 10 ng; **M2FG:** limoneno, octanoato de etila, β -cariofileno, na dose de 10 ng; **M3FG:** limoneno, octanoato de etila e α -copaeno, na dose de 10 ng; **M4FG:** limoneno, β -cariofileno e α -copaeno, na dose de 10 ng; e **M5FG:** octanoato de etila, β -cariofileno e α -copaeno, na dose de 10 ng; **CP:** Controle positivo (Mistura dos voláteis de machos e voláteis de goiaba); **ns:** Ausência de diferença estatística significativa pelo teste de Wilcoxon ($p < 0.05$).

Figura 18 - Macho de *A. obliqua* na fonte de odor.

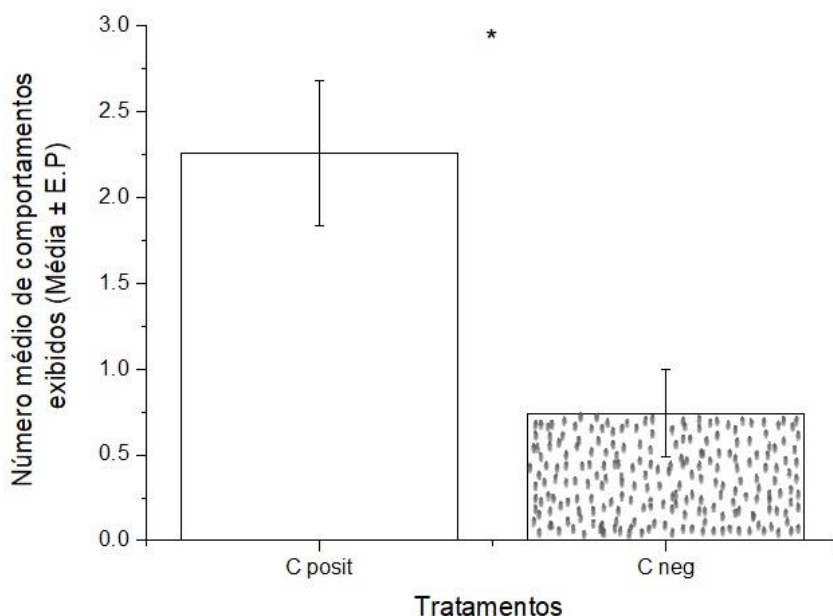


Fonte: AUTORA, 2021.

5.1.2. Atratividade de machos virgens de *A. obliqua* para misturas de compostos comuns a mistura feromonal e ao fruto hospedeiro carambola.

Nos ensaios realizados com as formulações dos tratamentos controle, derivadas dos compostos comuns a mistura feromonal e ao fruto hospedeiro carambola, observou-se que a formulação resultante da combinação dos extratos de carambola e de machos de *A. obliqua* desencadeou maior atração em machos coespecíficos que o controle negativo (substrato de liberação), com diferença estatística significativa entre os tratamentos ($Z_{\text{Controle}} = 2,862$), como pode ser visto na **figura 19**.

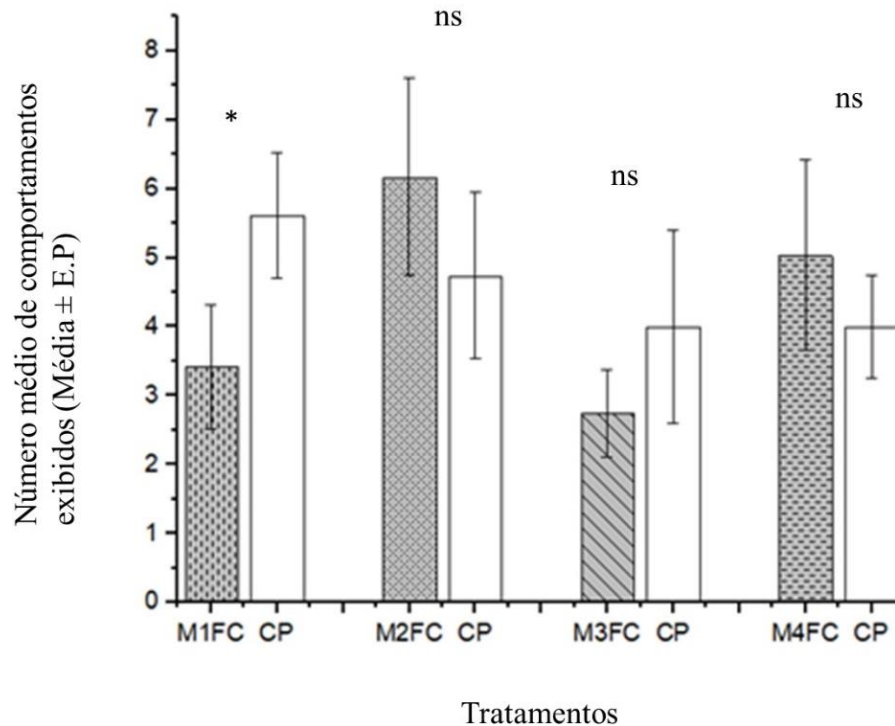
Figura 19 - Resposta comportamental de machos virgens de *A. obliqua* para os tratamentos controle



Nota: **C posit**: Controle positivo (mistura dos voláteis de machos e voláteis de carambola); **C neg**: Controle negativo (substrato de liberação quitosana); * - Indica diferença estatística significativa pelo teste de Wilcoxon ($p < 0.05$).

Os resultados dos ensaios com as formulações das misturas derivadas dos voláteis comuns ao fruto de carambola e a mistura feromonal demonstraram que os machos de *A. obliqua* foram atraídos tanto para as misturas **M2FC**, **M3FC** e **M4FC** quanto para a formulação constituída pela combinação dos extratos de carambola e de machos coespecíficos (controle positivo) ($Z_{M2FC} = 1,137$, $Z_{M3FC} = 0,167$, $Z_{M4FC} = 0,479$). Entretanto, a mistura **M1FC** eliciu menor atração em machos desta espécie do que o tratamento testemunha, com diferença significativa entre os tratamentos ($Z_{M1FC} = 2,363$), como mostram as **Figuras 20 e 21**.

Figura 20 - Atratividade de machos virgens de *A. obliqua* para formulações de misturas de compostos comuns a mistura feromonal e os voláteis de carambola



Nota: **M1FC:** ocimeno, 2- hexanona, linalol, na dose de 10 ng; **M2FC:** ocimeno e 2- hexanona, na dose de 10 ng; **M3FC:** 2- hexanona, linalol, na dose de 10 ng; **M4FC:** ocimeno e linalol, na dose de 10 ng; **CP:** Controle positivo (Mistura dos voláteis de machos e voláteis de carambola); * - Indica diferença estatística significativa pelo teste de Wilcoxon ($p < 0.05$); **ns:** Ausência de diferença estatística significativa pelo teste de Wilcoxon ($p < 0.05$).

Figura 21 – Macho de *A. obliqua* atraído para a fonte de odor.

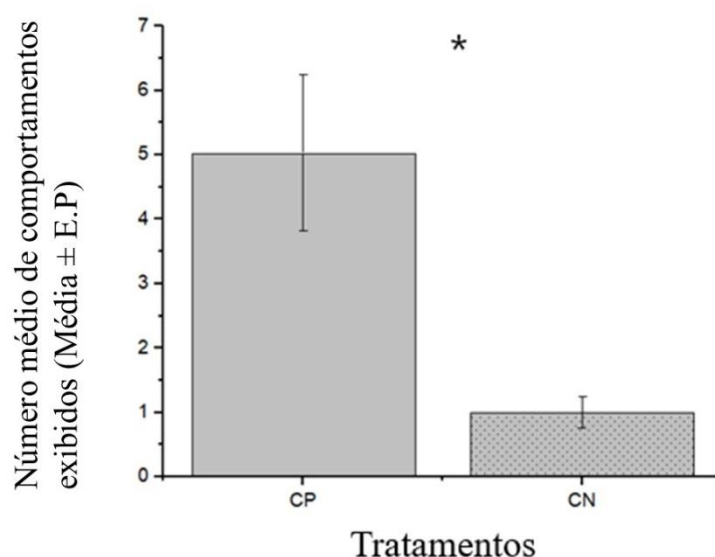


Fonte: AUTORA, 2021.

5.1.3. Atratividade de machos virgens de *A. obliqua* para misturas de compostos comuns a mistura feromonal e ao fruto hospedeiro manga.

De maneira análoga aos resultados dos ensaios envolvendo as formulações contendo os extratos de goiaba e de carambola combinados com o extrato de machos de *A. obliqua* (controle positivo) e o substrato de liberação (quitosana, controle negativo), os machos de *A. obliqua* foram mais atraídos para a formulação constituída pela combinação do extrato de manga com o extrato de machos coespecíficos ($Z_{\text{controle}} = 2,860$), como pode ser visto na **figura 22**.

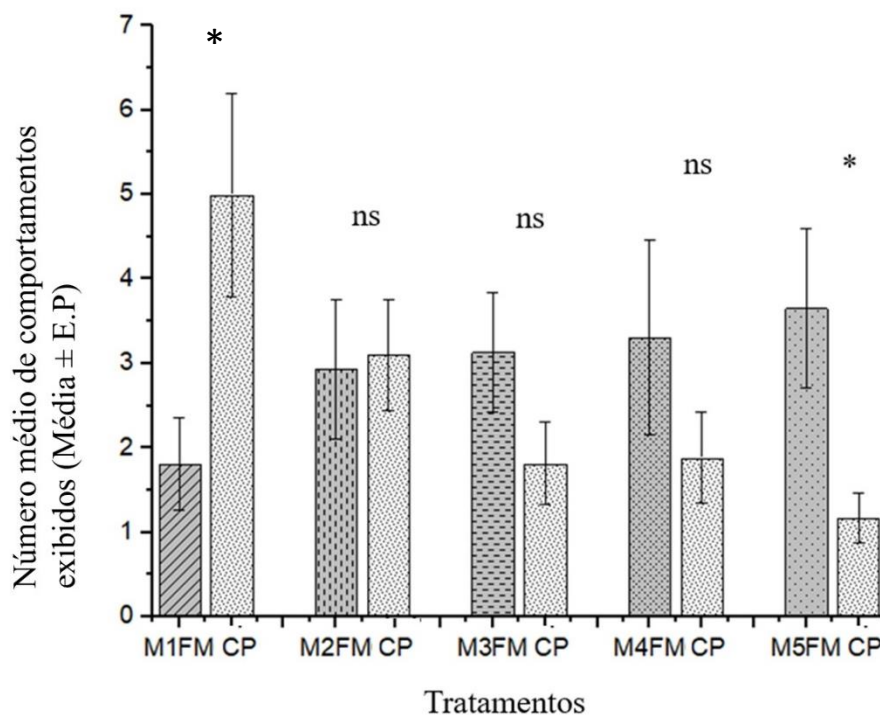
Figura 22 - Resposta comportamental de machos de *A. obliqua* para formulações dos tratamentos controle



Nota: **CP**: controle positivo (mistura contendo os voláteis de machos e voláteis de manga); **CN**: controle negativo (substrato de liberação quitosana); * - Indica diferença estatística significativa pelo teste de Wilcoxon $p < 0.05$).

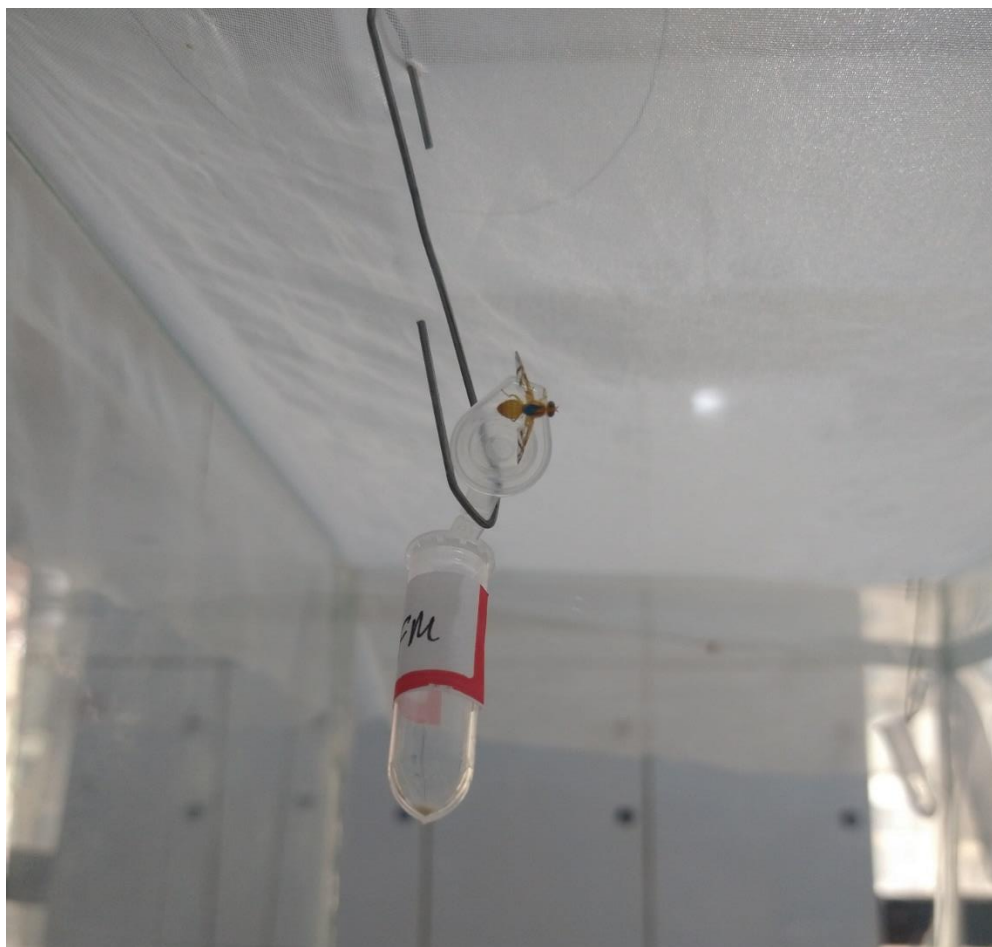
Os resultados dos ensaios envolvendo as formulações das misturas dos compostos comuns a mistura feromonal e os voláteis de manga, na dose de 10 ng, demonstraram que as misturas **M2FM**, **M3FM** e **M4FM** desencadearam atratividade semelhante ao controle positivo ($Z_{\text{M2FM}} = 0,824$, $Z_{\text{M3FM}} = 1,405$, $Z_{\text{M4FM}} = 0,607$). A mistura **M1FM** apresentou atratividade significativamente menor em machos, quando comparada ao controle positivo ($Z_{\text{M1FM}} = 1,934$). A formulação da mistura **M5FM**, no entanto, exerceu atratividade superior em machos, diferindo estatisticamente do controle positivo ($Z_{\text{M5FM}} = 2,441$) (**Figuras 23 e 24**).

Figura 23 - Resposta comportamental de machos virgens de *A. obliqua* para formulações de misturas de compostos comuns a mistura feromonal e o fruto de manga



Nota: **M1FM:** α -pineno, canfeno, sabineno, mirceno, na dose de 10 ng; **M2FM:** pineno, canfeno, sabineno, na dose de 10 ng; **M3FM:** α -pineno, sabineno, mirceno, na dose de 10 ng; **M4FM:** canfeno, sabineno, mirceno, na dose de 10 ng; **M5FM:** α -pineno, canfeno, mirceno; **CP:** Controle positivo (Mistura dos voláteis de machos e voláteis de manga); * - Indica diferença estatística significativa pelo teste de Wilcoxon ($p < 0.05$); **ns:** Ausência de diferença estatística significativa pelo teste de Wilcoxon ($p < 0.05$).

Figura 24 – Macho de *A. obliqua* pousado na fonte de odor.



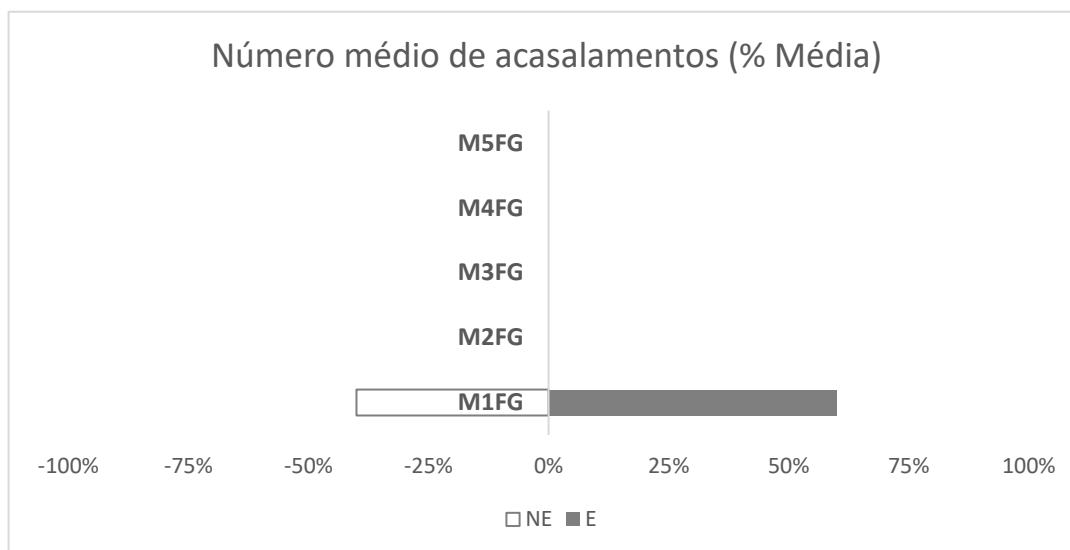
Fonte: AUTORA, 2021

5.2. Avaliação do efeito da exposição

5.2.1. Exposição de machos de *A. obliqua* a formulações de misturas de compostos comuns ao feromônio sexual e ao fruto hospedeiro goiaba

Os resultados obtidos revelam que as fêmeas de *A. obliqua* demonstraram uma maior tendência a acasalar com machos expostos, quando estes foram tratados com a mistura M1FG ($\chi^2=4$; GL=1; P=0,05). As demais misturas testadas não influenciaram no comportamento de acasalamento de machos virgens (**Figura 25**).

Figura 25 - Número médio de acasamentos de machos expostos e machos não expostos aos voláteis de goiaba

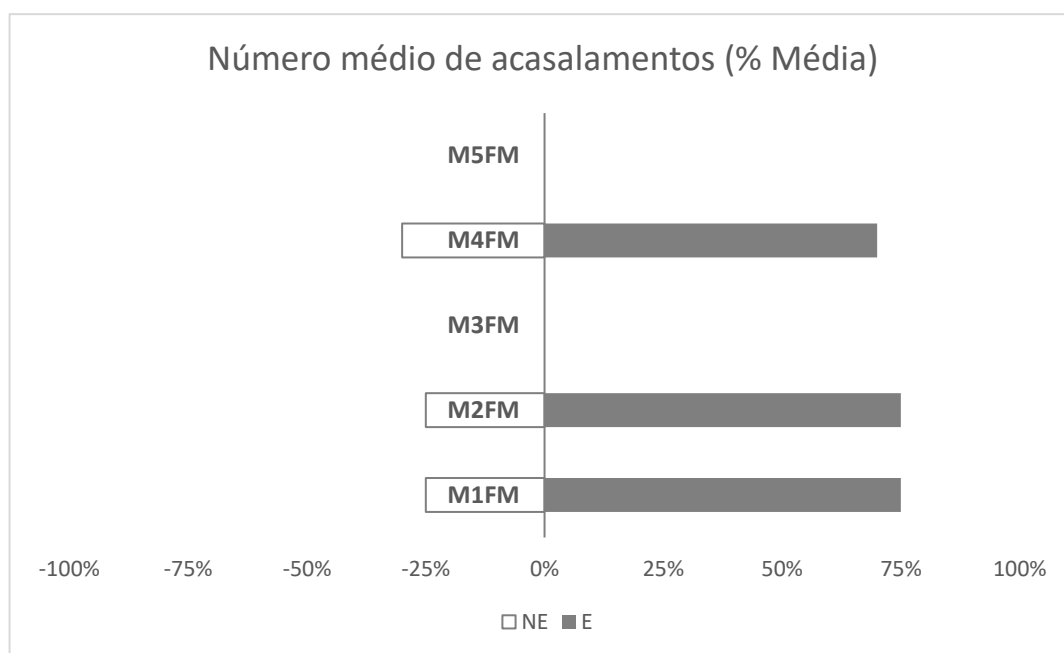


Nota: **M1FG:** limoneno, octanoato de etila, β -cariofileno e α -copaeno, na dose de 10 ng; **M2FG:** limoneno, octanoato de etila, β -cariofileno, na dose de 10 ng; **M3FG:** limoneno, octanoato de etila e α -copaeno, na dose de 10 ng; **M4FG:** limoneno, β -cariofileno e α -copaeno, na dose de 10 ng; e **M5FG:** octanoato de etila, β -cariofileno e α -copaeno, na dose de 10 ng; **NE:** machos não expostos; **E:** machos expostos.

5.2.2. Exposição a formulações de misturas de compostos comuns ao feromônio sexual e ao fruto hospedeiro manga

Os resultados mostrados na **figura 26** demonstram que as fêmeas de *A. obliqua* apresentaram uma maior tendência a acasalar com machos expostos, quando estes foram tratados com as formulações das misturas M1FM ($\chi^2=25$; GL=1; P=0,01), M2FM ($\chi^2=25$; GL=1; P=0,01) e M4FM ($\chi^2=16$; GL=1; P=0,01). As demais misturas não influenciaram no comportamento de acasalamento de machos virgens.

Figura 26 – Número médio de acasalamientos de machos expostos e machos não expostos aos voláteis de manga



Nota: **M1FM:** α -pineno, canfeno, sabineno, mirceno, na dose de 10 ng; **M2FM:** pineno, canfeno, sabineno, na dose de 10 ng; **M3FM:** α -pineno, sabineno, mirceno, na dose de 10 ng; **M4FM:** canfeno, sabineno, mirceno, na dose de 10 ng; **M5FM:** α -pineno, canfeno, mirceno, na dose de 10 ng; **NE:** machos não expostos; **E:** machos expostos.

5.2.3. Exposição a formulações de misturas de compostos comuns ao feromônio sexual e ao fruto hospedeiro carambola

Os resultados dos testes com misturas derivadas do fruto carambola mostraram que o número de acasalamientos entre machos expostos e não expostos foi semelhante, significando que nenhuma das formulações apresentou influência no acasalamento de machos de *A. obliqua*.

6. DISCUSSÃO

Diferentes partes de uma planta podem liberar odores ou fragrâncias características que desempenham um papel importante no comportamento dos insetos. Na relação planta-mosca das frutas, são os frutos e certas flores que atraem estes insetos por meio de sua fragrância natural, atuando como caimônio e sinomônio, respectivamente. Os compostos voláteis liberados por hospedeiros de moscas das frutas que apresentam atividade caimonal, funcionam em três contextos distintos: como atraentes de fêmeas para sítios de acasalamento e de oviposição; como precursores de moléculas de feromônio e como afrodisíacos, aumentando o desempenho sexual de machos e, conseqüentemente, o seu sucesso no acasalamento (TAN & NISHIDA, 2020; NISHIDA *et al.*, 2000; VERA *et al.*, 2013; MALO *et al.*, 2012; BACHMANN *et al.*, 2015; SILVA, 2017).

Neste estudo, avaliou-se as respostas comportamentais de machos virgens de *A. obliqua* para formulações de misturas de voláteis que são comuns a mistura feromonal e aos frutos hospedeiros goiaba, carambola e manga. Os resultados mostram que esses compostos, de fato, interferem no comportamento destes insetos.

Estudos desenvolvidos com diferentes espécies de tefritídeos tem demonstrado que estes insetos são atraídos por voláteis de seus hospedeiros (LANDOLT; HEATH; CHAMBERS, 1972; LANDOLT; PHILIPS, 1997; NISHIDA *et al.*, 2000; SHELLEY; VILLALOBOS, 2004; PAPADOPOULOS *et al.*, 2001, 2006; SHELLEY *et al.*, 2008; KOULOSSIS *et al.*, 2013; FLORES *et al.*, 2011; VERA *et al.*, 2013). Em um dos primeiros estudos realizados com *A. fraterculus*, foi demonstrado que havia similaridade entre os compostos voláteis liberados por machos e seu hospedeiro preferencial, goiaba (*Psidium guajava* L.). Os compostos reportados foram: α -copaeno, α -trans-cariofileno, octanoato de etila, limoneno e butirato de vinila (SANTOS, 2003). Além disso, verificou-se que machos e fêmeas são atraídos de forma semelhante para os extratos de goiaba em três diferentes estágios de maturação. Dentre os componentes identificados, os compostos limoneno, octanoato de etila, α -copaeno, além do isômero β -cariofileno, também são comuns a mistura feromonal liberada por machos de *A. obliqua* e o hospedeiro goiaba (GONÇALVES, 2001; AQUINO, 2019). Possivelmente, os compostos comuns ao fruto hospedeiro goiaba e as misturas feromonais liberadas por machos virgens de *A. fraterculus* e *A. obliqua* devem funcionar como pistas olfativas para o reconhecimento do fruto hospedeiro.

A atratividade de fêmeas de *A. obliqua* foi reportada para as variedades de manga Ataulfo, Coche e Amate em testes realizados em laboratório e no campo. Os testes de campo

mostraram que houve uma captura maior nas armadilhas contendo os extratos da variedade Amate (MALO *et al.*, 2012). A partir desse resultado, foi realizada a identificação dos compostos voláteis presentes nesta variedade, identificando-se os compostos mirceno, α -pineno e *trans*- β -ocimeno como majoritários. Ao testar misturas destes compostos em gaiolas de campo, observou-se que houve menor atratividade de fêmeas quando utilizou-se a proporção de 1:1:1, entretanto quando a mesma mistura foi testada na proporção em que é liberada pelo fruto, a mistura foi tão atraente quanto o extrato do fruto (MALO *et al.*, 2012).

Dentre os compostos identificados por Malo *et al.* (2012), o mirceno e o α -pineno estão entre os componentes que são comuns a mistura feromonal e os voláteis de manga avaliados neste estudo. Os resultados obtidos nos testes de laboratório mostram que, das cinco misturas testadas, quatro (M2FM, M3FM, M4FM e M5FM) exerceram atratividade em machos virgens de *A. obliqua*, quando preparadas na proporção encontrada no fruto. Estes resultados evidenciam a importância da proporção para o reconhecimento do fruto hospedeiro pelo inseto. A similaridade entre os perfis químicos dos voláteis liberados por frutos de uma mesma família pode ajudar a explicar a preferência destes insetos praga por variedades diferentes de um mesmo fruto hospedeiro. Ensaios conduzidos com extratos do fruto de cajá (*Spondias mombin* L.) também atraíram machos e fêmeas dessa espécie. Além disso, os testes de eletroantenografia revelaram a despolarização da antena de machos e fêmeas para nove compostos: butirato de etila, butirato de isopropila, hexan-1-ol, butirato de propila, butirato de isobutila, hexanoato de etila, butirato de isopentila, benzoato de etila e octanoato de etila. Em testes de campo, a mistura contendo esses nove compostos eliciu maior atração que a proteína hidrolisada (CRUZ-LÓPEZ *et al* 2006, TOLEDO *et al* 2009).

Diversos trabalhos relatam as respostas comportamentais de machos e fêmeas de *A. ludens* para misturas de compostos identificadas em diferentes hospedeiros. Os compostos octanoato de etila, mirceno, linalol, ocimeno, limoneno e pineno fazem parte dos componentes testados (ROBACKER *et al.*, 1990a, 1992; MALO *et al.*, 2005; GONZÁLEZ *et al.*, 2006; RASGADO *et al.*, 2009). Estudos realizados por Malheiro *et al* (2015) relataram a resposta eletrofisiológica de machos e fêmeas de *B. oleae* para os compostos voláteis de três variedades de oliveiras (*Olea europaea* L.). O α -pineno, um dos componentes presente em oliveiras (*Olea europaea* L.), eliciu respostas antenais em machos e fêmeas. Esse composto funciona como indutor de oviposição em fêmeas de *B. oleae* e aumenta o desempenho sexual de machos (SCARPATI *et al* 1993, GEROFOTIS *et al* 2013).

Testes eletrofisiológicos e comportamentais realizados com *C. capitata* demonstraram que os componentes β -pineno, octanoato de etila, β -cariofileno, linalol, limoneno e mirceno

estão entre os compostos que eliciaram comportamento de atração em machos e fêmeas (JACOBSON *et al.*, 1973; OHINATA *et al.*, 1977; BAKER *et al.*, 1985; JANG *et al.*, 1989; BAKER *et al.*, 1990; COSSÉ *et al.*, 1995; HERNANDEZ *et al.*, 1996). Alguns dos compostos presentes na mistura feromonal de machos de *A. obliqua* e nos seus frutos hospedeiros também foram identificados em voláteis de nozes (*Juglans regia* L.), principal hospedeiro da mosca das frutas *Rhagoletis completa*. Os compostos α -pineno e linalol fazem parte de uma mistura que, quando comparada ao extrato do fruto, apresentou atratividade para machos e fêmeas desta espécie, em ensaios de dupla escolha (SARLES *et al.*, 2017).

Cha *et al* (2017) identificaram nove compostos voláteis ativos para machos e fêmeas *Rhagoletis zephyria*, a partir de frutos de *Symphoricarpos albus*, da variedade *laevigatus*. Foram eles: 3-metilbutan-1-ol, trissulfeto de dimetila, 1-octen-3-ol, mirceno, nonanal, linalol, 3-(E)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno (DMNT), decanal e β -cariofileno. Neste estudo, os autores também avaliaram seis misturas sintéticas de constituição diferentes a partir da mistura original, com intuito de verificar, através de bioensaios em túnel de vento, a atratividade de machos e fêmeas para estas misturas. A remoção do DMNT, não afetou o nível de resposta, mas a remoção de vários outros componentes resultaram em uma diminuição significativa nos níveis de resposta para ambos os sexos nos bioensaios. Já a remoção do álcool 3-metilbutan-1-ol resultou na completa inibição do comportamento de vôo, sugerindo que este composto é essencial para discriminação e localização do hospedeiro para esta espécie (CHA *et al.*, 2012, LINN *et al.*, 2005).

Aquino (2019) avaliou a atratividade de fêmeas acasaladas de *A. obliqua* para formulações de misturas de compostos comuns entre a mistura feromonal liberada por machos e os voláteis dos frutos hospedeiros goiaba, manga e carambola. Os resultados obtidos indicaram que as respostas comportamentais exibidas pelas fêmeas para todas as misturas testadas foram análogas às aquelas exibidas para o tratamento testemunha. O presente estudo avaliou a resposta de machos virgens de *A. obliqua* para estas mesmas formulações. Os resultados dos bioensaios mostram que, a remoção de algum dos componentes presentes nas misturas de compostos comuns a mistura feromonal e os frutos hospedeiros goiaba, manga e carambola não afetou a resposta de machos virgens de *A. obliqua*. De todas as misturas testadas, apenas às aquelas constituídas por todos os componentes comuns a mistura feromonal e os frutos de manga e de carambola (M1FM e M1FC) apresentaram menor atratividade para os machos virgens. Isto significa que, nem todos os componentes comuns a estes frutos hospedeiros e a mistura feromonal são essenciais para desencadear atração em machos. Estas observações estão de acordo com os resultados obtidos por Toledo *et al.* 2009, o quais sugerem que, nem todos os

compostos presentes em uma mistura de nove componentes provenientes do fruto cajá são essenciais para a atração de *A. obliqua*. Estudos complementares devem ser conduzidos para elucidar os mecanismos envolvidos no reconhecimento de machos desta espécie para diferentes misturas, visto que este conhecimento pode ajudar a explicar a polifagia dessa espécie.

A influência dos voláteis de hospedeiros no comportamento reprodutivo de machos de *A. obliqua* ainda não havia sido estudada, embora pesquisas desenvolvidas com outras espécies de tefritídeos, inclusive *C. capitata* e *A. fraterculus*, demonstraram que compostos voláteis oriundos de óleos essenciais ou de frutos hospedeiros conferem vantagens aos machos expostos a esses odores, influenciando diretamente no comportamento reprodutivo destes insetos (LANDOLT; HEATH; CHAMBERS, 1972; LANDOLT; PHILIPS, 1997; NISHIDA *et al.*, 2000; SHELLY; VILLALOBOS, 2004; PAPADOPOULOS *et al.*, 2001, 2006; SHELLY *et al.*, 2008; KOULOSSIS *et al.*, 2013; FLORES *et al.*, 2011; VERA *et al.*, 2013).

O presente trabalho avaliou o efeito da exposição de machos de *A. obliqua* a formulações de diferentes misturas de compostos comuns a mistura feromonal e aos frutos goiaba, manga e carambola. Os resultados mostram que, os machos expostos tanto a voláteis de goiaba quanto a voláteis de manga adquiriram vantagem no número de acasalamentos, quando comparados a machos não expostos.

Vera *et al.* (2013) avaliaram o aumento da performance sexual de machos de *A. fraterculus* expostos aos frutos de goiaba, manga e limão. Os autores constataram, a partir dos experimentos conduzidos, que os machos selvagens e de laboratório expostos aos frutos de goiaba e aos seus voláteis apresentaram vantagem no acasalamento em comparação aos machos não expostos. Foi observado ainda que, a exposição ao fruto de manga não afetou a performance sexual dos machos, enquanto que, o limão causou redução no número de acasalamentos dos machos expostos. Os autores sugeriram que o aumento na performance sexual de machos de *A. fraterculus* foi provocada pelo componente α -copaeno, presente nos extratos de goiaba.

Bachmann *et al.* (2015), através de ensaios em laboratório, investigaram o desempenho sexual de machos de *A. fraterculus* selvagens e domesticados expostos aos voláteis de goiaba e a uma mistura sintética de quatro compostos (α -copaeno, trans-cariofileno, limoneno e octanoato de etila) presentes neste mesmo fruto. Os machos selvagens e domesticados, expostos aos voláteis de goiaba, exibiram um número maior de comportamento de chamamento e de liberação de feromônio quando comparados aos machos não expostos, o que resultou no aumento do número de acasalamentos registrados. As observações também foram semelhantes quando se avaliou a exposição à mistura sintética, que também resultou no aumento do sucesso de acasalamento dos machos, comprovando sua eficiência. Este resultado se assemelha aos

descritos no presente trabalho, onde a mistura sintética M1FG, que apresenta composição semelhante a testada para *A. fraterculus*, também aumentou o número de acasalamentos de machos virgens de *A. obliqua*, evidenciando a importância desses compostos no comportamento reprodutivo destas espécies.

Estas evidências são confirmadas em experimentos subsequentes conduzidos por Bachmann *et al.* (2019), os quais demonstraram que, a exposição de machos de *A. fraterculus* aos voláteis do hospedeiro goiaba pode influenciar na escolha das fêmeas coespecíficas, resultando em benefícios de aptidão diretos em termos de fecundidade e fertilidade. Nesse estudo, machos expostos e não expostos a voláteis de goiaba foram apresentados às fêmeas, e os resultados mostraram que fêmeas de *A. fraterculus* que acasalaram com machos expostos a voláteis de goiaba apresentaram maior fecundidade do que fêmeas que acasalaram com machos não expostos.

Em estudos conduzidos por Nishida *et al.* (2000) observou-se que a exposição de machos de algumas espécies da família Tephritidae a certas plantas aumentam o seu desempenho sexual. Um trabalho semelhante demonstrou que, machos de *C. capitata* expostos a árvores de goiaba tiveram vantagem no acasalamento, quando comparados aos machos não expostos (SHELLY; VILLALOBOS, 2004). Observações similares foram constatadas em testes de exposição de machos de *C. capitata* aos voláteis de laranja, onde também houve aumento no sucesso do acasalamento destes, em comparação aos machos não expostos (PAPADOPOULOS *et al.*, 2001, 2006). O sucesso no acasalamento de machos de *C. capitata* também foi investigado quando estes foram expostos ao óleo de manuka e ao extrato de manga. Os autores demonstraram que, em testes realizados em gaiolas de campo, apenas os machos expostos ao óleo de manuka apresentaram vantagem no acasalamento (SHELLY *et al.*, 2008).

Tavares (2020) avaliou o efeito da exposição de machos de *C. capitata* aos compostos comuns a mistura feromonal e ao fruto goiaba. Os compostos (*E*)-4- octenoato de etila, (*S*)-(-)-limoneno; (*R*)-(+)-limoneno, α -copaeno e β -cariofileno foram avaliados individualmente. Os resultados mostraram que, dentre os compostos testados, apenas o β -cariofileno contribuiu para o aumento do número de acasalamentos dos machos expostos. Este composto também está presente na mistura sintética testada em machos de *A. obliqua*.

Dentre os frutos avaliados neste trabalho, a manga foi aquela que apresentou o maior número de formulações que contribuíram para o aumento do número de acasalamentos em *A. obliqua*. Estas observações podem estar relacionadas ao fato de que todos os compostos comuns a este fruto e a mistura feromonal são os mesmos identificados como o feromônio sexual desta espécie, além da manga ser o hospedeiro preferencial deste inseto praga. Já as formulações

derivadas do fruto carambola não exerceram influência no comportamento de acasalamento de machos de *A. obliqua*.

Kouloussis *et al.* (2013), ao investigar o efeito da exposição de machos de *C. capitata* a óleos essenciais de citrus, observaram uma relação dose-resposta, onde as doses menores foram ineficazes no aumento do número de acasalamento dos machos, as doses intermediárias aumentaram o número de acasalamentos e as doses mais elevadas causaram a morte destes insetos. Estes mesmos autores também demonstraram que uma mistura composta por geraniol, α -pineno, limoneno, β -mirceno e linalol garantiu o aumento no número de acasalamentos realizados por machos expostos em comparação aos machos não expostos. Em uma perspectiva semelhante, Juan-Blasco *et al.* (2013) avaliou o comportamento de machos estéreis. Os resultados mostraram que, os machos alimentados com dieta suplementada com óleo de gengibre (GRO) e aqueles expostos ao composto linalol, obtiveram sucesso no acasalamento quando comparados aos machos que foram apenas expostos ao tratamento controle (GRO). Além disso, este mesmo estudo mostrou que os machos expostos ao composto limoneno não obtiveram sucesso no acasalamento.

O efeito da exposição de machos ao óleo de gengibre (GRO) também foi estudado em três espécies de mosca das frutas do gênero *Anastrepha*. Os autores observaram que em *A. ludens*, os machos realizaram um número significativamente menor de cópulas, em relação ao controle, quando a exposição foi realizada aos 6 dias de idade, e que o número de acasalamentos de machos expostos aos 9 e 12 dias foi semelhante ao controle (machos não expostos). Em *A. serpentina*, machos expostos aos 6 dias de idade tiveram número de acasalamentos semelhante ao controle, e machos expostos aos 9 e 12 dias de idade tiveram número de acasalamentos significativamente maior do que o controle. Já os machos da espécie *A. obliqua* não foram afetados pela exposição ao óleo de gengibre em nenhuma das idades avaliadas (FLORES *et al.*, 2011).

Estas observações podem ajudar a explicar o fato de que machos de *A. obliqua* expostos as formulações derivadas do fruto carambola não tiveram sua performance sexual afetada. Essas hipóteses devem ser avaliadas, através da realização de testes com as formulações em diferentes doses e com insetos em diferentes idades.

Estes resultados somam-se a outros obtidos por diversos autores, uma vez que, demonstram a importância dos extratos dos frutos hospedeiros e extratos de machos coespecíficos para o comportamento de atração de *A. obliqua*, assim como de diferentes espécies de moscas das frutas, as quais, possivelmente empregam tais compostos para a localização de seus hospedeiros, seja para a alimentação, sítios de oviposição ou acasalamento

(BERNAYS; CHAPMAN, 2007). Vale ressaltar que esta é a primeira vez que estas formulações são reportadas como atraentes e potencializador do desempenho sexual de machos de *A. obliqua*, reforçando seu potencial para desenvolvimento de ferramentas para emprego no controle destes insetos no campo.

As formulações que apresentaram atividade para machos de *A. obliqua* podem ser empregadas em diferentes estratégias de controle e monitoramento. Podem ser utilizadas na captura massal, na técnica do atrai e mata, onde poderá atuar junto com um inseticida, e na Técnica do Inseto Estéril. Além disso, poderá ser empregada para monitorar os níveis de infestação nas culturas, indicando o melhor momento de aplicar o inseticida, reduzindo a quantidade desses produtos no meio ambiente. A principal importância do uso dessas formulações no controle de *A. obliqua* refere-se ao fato de não apresentarem toxicidade, contribuindo para a produção de alimentos mais saudáveis e para a preservação do meio ambiente.

7. CONCLUSÃO

Os resultados apresentados mostram que machos virgens de *A. obliqua* foram atraídos para quase todas as misturas testadas. A partir deste estudo, é possível considerar que estes insetos podem perceber mudanças na composição de misturas e na isomeria dos compostos, permitindo o reconhecimento de seus hospedeiros.

Tanto formulações de voláteis de goiaba quanto formulações de voláteis de manga conferiram vantagem para machos expostos. Estas misturas de voláteis podem estar sendo utilizadas para amplificar a emissão do feromônio sexual dos machos, atuando como um afrodisíaco, conferindo-lhes vantagens no acasalamento.

As formulações de compostos comuns a carambola e ao feromônio sexual não influenciaram na performance sexual desses machos. Estes resultados observados podem estar relacionados com a dose testada, ou ainda com fato de que as misturas testadas podem exercer um efeito de repelência para os insetos testados. Novos testes deverão ser conduzidos a fim de confirmar ou refutar estas hipóteses.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR-MENEZES, E. L.; FERRARA, F. A. A.; MENEZES, E. B. Moscas-das-frutas. In: CASSINO, P. C. R.; RODRIGUES, W. C. (Coord). **Citricultura fluminense: principais pragas e seus inimigos naturais**. Rio de Janeiro: Seropédica, 2004.
- ALUJA, M. Binomics and management of *Anastrepha*. **Ann. Rev. Entomol** 39: 155-178, 1994.
- ALUJA, Martín; JÁCOME, Isabel; MACÍAS-ORDÓÑEZ, Rogelio. Effect of adult nutrition on male sexual performance in four neotropical fruit fly species of the genus *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Insect Behavior**, v. 14, n. 6, p. 759-775, 2001.
- AQUINO, N.C. **Extração e identificação de compostos voláteis atraentes para fêmeas de *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae)**. Tese. Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, Brasil. 2019.
- ARIOLI, C. J., BOTTON, M., MAFRA-NETO, A., MOLINARI, F., BORGES, R., & PASTORI, P. L. ARIOLI. Feromônios sexuais no manejo de insetos-praga na fruticultura de clima temperado. **Technical Bulletin**, Epagri, Florianópolis, v. 159, 2013.
- Bachmann GE, Devescovi F, Nussenbaum AL, Milla FH, Shelly TE, Cladera JL, *et al*. Mate choice confers direct benefits to females of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). **PLoS One** 14(6): e0214698, 2019.
- BACHMANN, Guillermo E. *et al*. Male sexual behavior and pheromone emission is enhanced by exposure to guava fruit volatiles in *Anastrepha fraterculus*. **PLoS One**, v. 10, n. 4, p. e0124250, 2015.
- BAKER, P. S. *et al*. Field trials of synthetic sex pheromone components of the male Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in southern Mexico. **Journal of Economic Entomology**, v. 83, n. 6, p. 2235-2245, 1990.
- BAKER, Raymond; HERBERT, Richard H.; GRANT, Gary G. Isolation and identification of the sex pheromone of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wied). **Journal of the Chemical Society, Chemical Communications**, n. 12, p. 824-825, 1985.
- BATTISTE, MERLE A. *et al*. Anastrephin and epianastrephin, novel lactone componentes isolated from the sex pheromone bend of male Caribbean and Mexican fruit flies. **Tetrahedron Letters**, v. 24, n. 26, p. 2611-2614, 1983.
- BERNAYS, Elizabeth A.; CHAPMAN, Reginald F. Host-plant selection by phytophagous insects. **Springer Science & Business Media**, 2007.
- BOSSERT, William H.; WILSON, Edward O. The analysis of olfactory communication among animals. **Journal of theoretical biology**, v. 5, n. 3, p. 443-469, 1963.
- BRAGA-SOBRINHO, R. *et al*. **Manual operacional para levantamento, detecção, monitoramento e controle de moscas-das-frutas**. Fortaleza – CE: Embrapa Agroindústria Tropical, p. 29, 2001.
- BRAZILIAN FRUITS (2016). Disponível em: < <https://www.hfbrasil.org.br/en/total-area-of-fruit-and-vegetables-grows-1-28-in-2016-in-brazil.aspx> > Acesso em 22 de julho de 2021.

CARVALHO, R. S.; NASCIMENTO, A. S.; MATRANGOLO, W. J. R. Controle biológico. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Moscas das frutas de importância econômica no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p.113-117.

CARVALHO, R.S. **Metodologia para monitoramento populacional de moscas-das-frutas em pomares comerciais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p.17. (Circular Técnica, 75). 2005.

CASSAL, Vivian Brusius *et al.* Agrotóxicos: uma revisão de suas consequências para a saúde pública. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)**, v. 18, n. 1, p. 437-445, 2014.

CHA, Dong H. *et al.* Identification of host fruit volatiles from domestic apple (*Malus domestica*), native black hawthorn (*Crataegus douglasii*) and introduced ornamental hawthorn (*C. monogyna*) attractive to *Rhagoletis pomonella* flies from the Western United States. **Journal of chemical ecology**, v. 38, n. 3, p. 319-329, 2012.

CHA, Dong H. *et al.* Identification of host fruit volatiles from snowberry (*Symphoricarpos albus*), attractive to *Rhagoletis zephyria* flies from the western United States. **Journal of chemical ecology**, v. 43, n. 2, p. 188-197, 2017.

COLE, R. A. The use of porous polymer for the collection of plant volatile. **Journal Science and Food Agriculture**, v. 31, p. 1242-1249, 1980.

CORRÊA, A. G.; SANT'ANA, J. Fundamentos da comunicação química de insetos. In: FERREIRA, J. T. B.; CORRÊA, A. G.; VIEIRA, P. C. (Ed.). **Produtos naturais no controle de insetos**. São Carlos: EdUFSCAR, 2001. p. 9-21. (Textos da Escola de Verão em Química, v. 3).

COSSÉ, A. A. *et al.* Electroantennographic and coupled gas chromatographic-electroantennographic responses of the mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*, to male produced volatiles and mango odor. **J. Chem. Ecol.**, New York, v. 21, n. 11, p. 1823-1836, Nov. 1995. ISSN: 1573-1561.

COSTA, PIETRA LEMOS L. **Aspectos biológicos, morfológicos e genéticos de diferentes populações de *Lutzomyia migonei* (França, 1920) do Brasil**. 2016. Tese de Doutorado. Instituto Aggeu Magalhães, Recife, 2016.

CRUZ-LÓPEZ, L., MALO, E. A., TOLEDO, J., VIRGEN, A., DEL MAZO, A. & ROJAS, J.C. A new potential attractant for *Anastrepha obliqua* from *Spondias mombin* fruits. **J. Chem. Ecol.** 32 (2): 351-365, 2006.

CUNHA, M. D., COUTINHO, C. D.C., JUNQUEIRA, N. T. V., & FERREIRA, F. R. **Manga para exportação: aspectos fitossanitários**. EMBRAPA-SPI, 1993.

DIAS-PINI, N.S. *et al.* **Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e plantas hospedeiras em municípios do estado do Ceará – Fortaleza**: Embrapa Agroindústria Tropical, 2022. 17 p. : il. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Agroindústria Tropical, ISSN 1679-6543; 229).

DICKE, M.; SABELIS, M. W. 1988. Infochemical Terminology: Should it be Based on Cost-Benefit Analysis rather than Origino of Compounds? **Func. Ecol.** 2.p.131-139.

EIRAS, A. E.; MAFRA NETO, A. 2001. Olfatometria aplicada ao Estudo do Comportamento de insetos. In: VILELA, E. F. E DELLA LUCIA, T. M. C. eds. **Feromônios de Insetos; Biologia, Química e Emprego no Manejo de Pragas** 2ed. Ribeirão Preto. Holos. P. 27-39.

ETGES, William J.; VEENSTRA, Christi L.; JACKSON, Larry L. Premating isolation is determined by larval rearing substrates in cactophilic *Drosophila mojavensis*. VII. Effects of larval dietary fatty acids on adult epicuticular hydrocarbons. **Journal of chemical ecology**, v. 32, n. 12, p. 2629-2646, 2006.

FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura). **Fao statistical yearbook**. Roma, 307p. 2013.

FARIA, F. A. *et al.* **Uso de técnicas de aprendizagem para classificação automática de moscas-das-frutas (Diptera, Tephritidae)**. Technical Report - IC-12-10 - Relatório Técnico, abril de 2012. Disponível em: <https://ic.unicamp.br/~reltech/2012/12-10.pdf> (07/11/2021)

FERRARA, F. A. A. *et al.* Novos registros de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) no estado do Rio de Janeiro. **Neotropical Entomology**, v. 33, n.6, p. 797-798, 2004.

FERREIRA, J. T. & CORRÊIA, A. G. **Produtos naturais no controle de insetos**. Editora da UFSCAR. p 176. 2001.

FILHO, M. F. S., Costa, A. V., e Pazini, W. C. "**Manejo integrado de pragas na cultura da manga**." (2004).

FLETCHER, B.S. Life history strategies of tephritid fruit flies. In: ROBINSON, A.S., HOOPER G, editor. Fruit flies, their biology, natural enemies and control. 3B. Amsterdam: **Elsevier Science Publishers**; p. 195-208. 1989.

FLORES, S., RIVERA, J.P., HERNANDEZ, E. & MONTOYA, P. The effect of ginger oil on the sexual performance of *Anastrepha* males (Diptera: Tephritidae). **Fla. Entomol.** 94 (4): 916-922, 2011.

GEROFOTIS, Christos D.; IOANNOU, Charalampos S.; PAPADOPOULOS, Nikos T. Aromatized to find mates: α -pinene aroma boosts the mating success of adult olive fruit flies. **PLoS One**, v. 8, n. 11, p. e81336, 2013.

GONÇALVES, G.B. **Influência dos constituintes voláteis dos hospedeiros *Averrhoa carambola* L. e *Mangifera indica* L. na composição química das substâncias liberadas por machos de *Anastrepha obliqua* e *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae)**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, Brasil. 70p, 2001.

GONZÁLEZ, R., J. TOLEDO, L., CRUZ-LÓPEZ, A. VIRGEN, A. SANTIESTEBAN, AND E. A. MALO. A new blend of White sapote fruit volatiles as potential attractant to *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae). **J. Econ. Entomol.** 99: 1994- 2001, 2006.

HEATH, R. R. *et al.* Sexual pheromones of tephritid flies: clues to unravel phylogeny and behavior. In: **Fruit flies (Tephritidae) phylogeny and evolution of behavior**. CRC-Press, Boca Raton, FL, USA, p. 793-809, 2000.

HERNANDEZ, M. M. *et al.* Electroantennogram activity from antennae of *Ceratitis capitata* (Wied.) to fresh orange airborne volatiles. **Journal of chemical ecology**, v. 22, n. 9, p. 1607-1619, 1996.

HERNÁNDEZ-ORTIZ, V.; BARTOLUCCI, A.; MORALES-VALLES, P.; FRIAS, D.; AND SELIVON, D. Cryptic species of the *Anastrepha fraterculus* complex (Diptera: Tephritidae). A multivariate Approach for the recognition of South American morphotypes. **Annals of the Entomological Society of America**. 105(2): 305-318, 2012.

HERNÁNDEZ-ORTIZ, V.; GÓMEZ-ANAYA, J.A.; SÁNCHEZ, A.; MCPHERON, B.A. & ALUJA, M. Morphometric analysis of Mexican and South American populations of the *Anastrepha fraterculus* complex (Diptera: Tephritidae) and recognition of a distinct Mexican morphotype. **Bulletin of Entomological Research**, 94: 487-499. 2004.

HOWSE, P. E.; JONES, O. T.; STEVENS, I. D. R. **Insect pheromones and their use in pest management**. London: Chapman e Hall, 1998.

HOWSE, Philip; STEVENS, J. M.; JONES, Owen T. Insect pheromones and their use in pest management. **Springer Science & Business Media**, 2013.

JACOBSON, M., OHINATA, K. CHAMBERS, D. L., JONES, W. A., FUJIMOTO, M. S. Isolation, identification, and synthesis of sex pheromones of the Mediterranean fruit fly. **Journal of medicinal chemistry**, v. 16, n. 3, p. 248-251, 1973.

JANG, E. B., LIGHT, D. M., FLATH, R. A., NAGATA, J.T., MON, T.R. Electrantennogram responses of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* to identified volatile constituents from calling males. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 50, n. 1, p. 7-19, 1989.

JONES, OWEN. Pheromones and other semiochemicals: essential tools for IPM. **International Pest Control**, v. 56, n. 2, p. 88, 2014.

JUAN-BLASCO, M. *et al.* Alternatives to ginger root oil aromatherapy for improved mating performance of sterile *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) males. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, p. 244-251, 2013.

KENG-HONG, Tan. Behaviour and Chemical Ecology of Bactrocera Flies. Conference Paper. June 1998

KIST, B. B. *et al.* **Anuário brasileiro de Horti&Fruti 2021** – Santa Cruz do Sul : Editora Gazeta Santa Cruz, 2021. 104 p. : il. ISSN 2107-0897

KOULOSSIS, N. A. *et al.* Enhanced mating competitiveness of *Ceratitis capitata* males following exposure to citrus compounds. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, p. 30-38, 2013.

KOVALESKI, A.; RIBEIRO, L. G. Em: **Produção integrada de frutas: O caso da maçã no Brasil**; PROTAS, J. F. S.; SANHUEZA, R. M. V., eds.; Embrapa uva e vinho: Bento Gonçalves, 2003, 34.

LANDOLT, P. J. E PHILLIPS, T. W. Host Plant Influences on Sex Pheromone Behavior of Phytophagous Insects. **Annual Review Entomology** 43. P. 371-391, 1997.

LANDOLT, P. J.; HEATH, R. R.; CHAMBERS, D. L. Oriented flight responses of female Mediterranean fruit flies to calling males, odor of calling males, and a synthetic pheromone blend. **Entomol. Exp. Appl.**, Amsterdam, v. 65, n. 3, p. 259- 266, 1992.

LANDOLT, P.J.; AVERILL, A.L. In: **Pheromones of non-lepidopteran Insects Associated with Agricultural Plants**; Hardie, J.; Minks, A.K., eds.; p.3-25. New York. 1999.

LANDOLT, P.J.; PHILIPS, T.W. Host plant influences on sex pheromone behavior of phytophagous insects. **Annu. Rev. Entomol.**, Palo Alto, v. 42, p. 371-391, 1997.

LAUMAN, R.A., MORAES, M.C.B., JORGE, L.A.C., CRUZ, R.A., PLHARES, L.A., CAETANO, L.D. & BORGES, M. Software para análises de comportamento de insetos orientados a estudos de ecologia química. In: **Encontro Brasileiro de Ecologia Química**, 4, Piracicaba, SP. Programação e livro de resumos, p. 155. 2005.

LAW, John H.; REGNIER, Fred E. Pheromones. **Annual review of biochemistry**, v. 40, n. 1, p. 533-548, 1971.

LEAL, M. R., DA SILVA SOUZA, S. A., DE LIMA AGUIAR-MENEZES, E., LIMA FILHO, M., & MENEZES, E. B. Diversidade de moscas-das-frutas, suas plantas hospedeiras e seus parasitoides nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 627-634, 2009.

LIMA, IVANILDO S.; HOWSE, PHILIP E.; NASCIMENTO, RUTH R. DO. Volatile substances from male *Anastrepha fraterculus* Wied. (Diptera: Tephritidae): identification and behavioral activity. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 12, n. 2, p. 196-201, 2001.

LIMA-MENDONÇA, A., MENDONÇA, A. L., SANT´ANA, A. E. G. & DO NASCIMENTO, R. R. Semioquímicos de moscas das frutas do genero *Anastrepha*. **Quím. Nova** 37 (2): 293-301, 2014.

LINN JR, Charles; NOJIMA, Satoshi; ROELOFS, Wendell. Antagonist effects of non-host fruit volatiles on discrimination of host fruit by Rhagoletis flies infesting apple (*Malus pumila*), hawthorn (*Crataegus* spp.), and flowering dogwood (*Cornus florida*). **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 114, n. 2, p. 97-105, 2005.

LÓPEZ-GUILLÉN, G.; CRUZ-LÓPEZ, L.; MALO, E.A. & ROJAS, J.C.. Olfactory responses of *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae) to volatiles emitted by calling males. **Florida Entomologist** 94(4), 874-881. Dezembro, 2011.

LOPEZ-LEY, J. U., *et al.* Carambola Cultivar, Fruit Ripeness, and Damage by Conspecific Larvae Influence the Host-Related Behaviors of *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**. v. 109, n. 1, p. 154-160, Set. 2015.

MALAVASI, A. Biologia, ciclo de vida, relação com o hospedeiro, espécies importantes e biogeografia de tefritídeos. In: _____; VIRGINIO, J. (Ed.). **Biologia, monitoramento e controle**. Juazeiro, BA, 2009. p. 1-5. Curso Internacional de Capacitação em Moscas das-Frutas, 5.

- MALAVASI, A., ZUCCHI, R.A. AND SUGAYAMA, R. L. 2000. Biogeografia. pp. 93- 98. In: MALAVASI, A. ZUCCHI, R. A. (eds.), **Moscas- das-frutas de importância econômica no Brasil: Conhecimento básico e aplicado**. Holos, Ribeirão Preto. 327p.
- MALHEIRO, Ricardo *et al.* Electrophysiological response of *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae) adults to olive leaves essential oils from different cultivars and olive tree volatiles. **Industrial Crops and Products**, v. 77, p. 81-88, 2015.
- MALO, Edi A. *et al.* Attraction of the West Indian fruit fly to mango fruit volatiles. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 142, n. 1, p. 45-52, 2012.
- MALO, Edi A. *et al.* Behavioral and electrophysiological responses of the Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae) to guava volatiles. **Florida Entomologist**, v. 88, n. 4, p. 364-371, 2005.
- MELO, Priscilla Siqueira. **Composição química e atividade biológica de resíduos industriais**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2010.
- MILET-PINHEIRO, P., NAVARRO, D. M., DE AQUINO, N. C., FERREIRA, L. L., TAVARES, R. F., DA SILVA, R. D. C., LIMA-MENDONÇA, A., VANICKOVÁ, L., MENDONÇA, A. L. & DO NASCIMENTO, R.R. Identification of male-borne attractants in *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). **Chemoecology** 25 (3):115-122, 2015.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Lista de pragas quarentenárias ausentes e presentes**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/sanidade-vegetal/arquivos-quarentena/lista-de-pragas-quarentenarias-ausentes-e-presentes.pdf/view> . Acesso em: 15 de outubro de 2021.
- MORAES, M. *et al.* **Eletroantenografia: a antena do inseto como um biossensor**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Documents (INFOTEC-A-E), 2008.
- NARANJO, S. E.; ELLSWORTH, P. C.; FRISVOLD, G. B. Economic value of biological control in integrated pest management of managed plant systems. **Annual Review of Entomology**, v. 60, p. 621-645, 2015.
- NATION, J.L.; ROBSON, A.S.; HOOPER, G. Fruit flies their biology, natural enemies and control. Eds. **Elsevier: Amsterdam**. p. 189-205. 1989.
- NATION, JAMES L. Biology of pheromone release by male Caribbean fruit flies, *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Chemical Ecology**, v. 16, n. 2, p. 553-572, 1990.
- NATION, JAMES L. Sex pheromone of the Caribbean fruit fly: chemistry and field ecology. In: **Natural products**, v. 2, p. 109-110, 1983.
- NISHIDA, R. *et al.* Roles of semiochemicals in mating systems: a comparison between oriental fruit fly and medfly. **Area-Wide Control Fruit Flies Other Insect Pests. Pulau Pinang: Pernebit University Sains Malaysia**, p. 631-637, 2000.
- NOGUEIRA, P. C. L. **Contribuição à química dos compostos voláteis e interações com os organismos receptores**. 2002, 211f. Tese (Doutorado em Química) Universidade de Campinas, Campinas-SP. 2002.

- NONDILLO, A. *et al.* Efeito de Inseticidas Neonictinóides sobre a Mosca-das-Frutas Sul-Americana, *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) na Cultura da Videira. **BioAssay**, v.2, p.1-9. 2007.
- NORDLUND, D. A.; LEWIS, W. J. Terminology of chemical releasing stimuli in intraspecific and interspecific interactions. **J. Chem. Ecol.**, New York, v. 2, n.2, p. 211-220, Apr. 1976. ISSN: 1573-1561.
- NORRBOM, A.L. (2004a) **Updates to Biosystematic Database of World Diptera for Tephritidae through 1999**. Diptera Data Dissemination Disk (CD-ROM), 2.
- NUÑEZ-BUENO, L. Las moscas de las frutas (Díptera: Tephritidae). **Revista ICA Bogota**, v.29, p.121-134, 1994.
- OHINATA, K., JACOBSON, M., NAKAGAWAS, S., FUJIMOTO, M. S., HIGA, H. Laboratory and field evaluations of synthetic sex pheromones. **Journal of Environmental Science & Health Part A**, v. 12, n. 3, p. 67-78, 1977.
- ORTEGA-ZALETA, D.A., CABRERA-MIRELES, H. Productos naturales y comerciales para la captura de *Anastrepha obliqua* M. entrapas McPhail em Veracruz. **Agricultura Técnica em México**, v. 22, p. 63-75, 1996.
- PAPADOPOULOS, N. T. *et al.* **Effect of plant chemicals on the behavior of the Mediterranean fruit fly**. 2006.
- PAPADOPOULOS, N.T.; KATSOYANNOS, B.I.; KOULOSSIS, N.A.; and HENDRICH, J. Effect of orange peel substances on mating competitiveness of male *Ceratitidis capitata*. **Entomol. Exp. Appl.** 99: 253-261, 2001.
- PAPADOPOULOS, Nikos T. *et al.* Olfactory and behavioral mechanisms underlying enhanced mating competitiveness following exposure to ginger root oil and orange oil in males of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Insect Behavior**, v. 19, n. 3, p. 403-418, 2006.
- PEREIRA, P.D.M. **Influência de compostos voláteis herbívoro-induzidos de cana-de-açúcar, no comportamento de busca do parasitóide Cotesia flavipes (Hymenoptera: Braconidae)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Alagoas, Brasil. 60p. 2013.
- PICANÇO, M. C. *et al.* Impactos financeiros da adoção de manejo integrado de pragas na cultura do tomateiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 26, n. 2, p. 245-252, 2008.
- PINHEIRO, F.A., DE BARROS, A. V., & PINHEIRO, S. Processos de certificação para exportação de frutas frescas brasileiras. In: **XXIX encontro nacional de engenharia de produção**. Bahia, 2009.
- RASGADO, M. *et al.* Olfactory response of the mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae) to *Citrus aurantium* volatiles. **J. Econ. Entomol.**, v. 102, n. 2, p. 585-594, Apr. 2009. ISSN: 0022-0493.
- REYES, H. *et al.* Physiological state influences the antennal response of *Anastrepha obliqua* to male and host volatiles. **Physiological Entomology**, v. 42, n. 1, p. 17-25, 2017.

ROBACKER, D. C. *et al.*, A novel attractant for Mexican fruit fly, *Anastrepha ludens*, from fermented host fruit. **Journal of Chemical Ecology**, v. 16, n. 10, p. 2799-2815, 1990.

ROBACKER, D. C., W. C. WARFIELD, and R. A. FLATH. A four-component attractant for the Mexican fruit fly, *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae), from host fruit. **J. Chem. Ecol.** 18: 1239 -1254, 1992.

ROCCA, James R. *et al.* Comparison of volatiles emitted by male Caribbean and Mexican fruit flies. **Journal of chemical ecology**, v. 18, n. 2, p. 223-244, 1992.

RONCHI-TELES, B. **Ocorrência e flutuação populacional de espécies de moscas-das-frutas e parasitoides, com ênfase para o gênero *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae), na Amazônia brasileira, Manaus.** Tese (Doutorado) – INPA/UA. 2000.

RORIZ, A. K. P. *et al.* **Controle para o estabelecimento de colônias de *Anastrepha obliqua* e *A. fraterculus* (Diptera: Tephritidae) com base em características morfológicas externas.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2015. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; 64).

SAATH, Kleverton Clovis de Oliveira; FACHINELLO, Arlei Luiz. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil¹. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, p. 195-212, 2018.

SANT'ANA, J.; STEIN, K. In: **Produtos Naturais no Controle de Insetos**; Ferreira, J. T.; Corrêa, A. G.; Vieira, P. C., eds., Edufscar: São Carlos, 2001, vol. 3, pp. 47-74.

SANTOS, J. C. G. S. **Estudo da preferência alimentar de machos de *Anastrepha* spp. e dos constituintes voláteis liberados por estes machos e por seu hospedeiro principal, *Psidium guajava* L.** 2003. Dissertação (Mestrado em Química e Biotecnologia) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2003.

SARLES, Landry *et al.* Identification of walnut husk (*Juglans regia* L.) volatiles and the behavioural response of the invasive Walnut Husk Fly, *Rhagoletis completa* Cresson. **Pest management science**, v. 73, n. 10, p. 2100-2104, 2017.

SCARPATI, Maria Luisa; SCALZO, Roberto Lo; VITA, Giovanni. *Olea europaea* volatiles attractive and repellent to the olive fruit fly (*Dacus oleae*, Gmelin). **Journal of chemical ecology**, v. 19, n. 4, p. 881-891, 1993.

SCOZ, P. L.; BOTTON, M.; GARCIA, M. S.; **Ciência Rural**. 2004, 34, 1689.

SELIVON, D. Relações com as plantas hospedeiras. In: **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto, Holos, 327p, p. 87-90. 2000.

SHELLY, Todd E. *et al.* Mating success of male Mediterranean fruit flies following exposure to two sources of α -copaene, manuka oil and mango. **Florida Entomologist**, v. 91, n. 1, p. 9-15, 2008.

SHELLY, Todd E.; EPSKY, Nancy D. Exposure to tea tree oil enhances the mating success of male Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). **Florida Entomologist**, v. 98, n. 4, p. 1127-1133, 2015.

SHELLY, Todd E. Exposure to α -copaene and α -copaene-containing oils enhances mating success of male Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America*, v. 94, n. 3, p. 497-502, 2001.

SHELLY, Todd E.; VILLALOBOS, Ethel M. Host plant influence on the mating success of male Mediterranean fruit flies: variable effects within and between individual plants. *Animal behaviour*, v. 68, n. 2, p. 417-426, 2004.

SILVA, C. R. (2017) **Identificação dos constituintes químicos do feromônio sexual de populações de *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) e de seu fruto hospedeiro preferencial, goiaba**. Instituto de Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas. Maceió/AL, Brasil, 96p.

SILVA, C. S. **Semioquímicos envolvidos nas interações intra- e interespecíficas da mosca das frutas do oeste indiano *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae)**. Dissertação (Mestrado em Química e Biotecnologia), Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2017.

SIVINSKI, J.; BURK, T. E. In: *Fruit Flies their Biology, Natural Enemies and Control*; ROBSON, A. S.; HOOPER, G., eds.; **Elsevier: Amsterdam**, 1989, 91-103.

SOUZA-FILHO, M. F. Moscas das frutas. In: **Anais da 7ª Reunião itinerante de fitossanidade do instituto biológico**. Indaiatuba-SP. P. 23-26. 2002.

SUGAYAMA, R. L.; MALAVASI, A. in: **Moscas das frutas de importância econômica no Brasil**; MALAVASI, A.; ZUCCHI, A. R., eds.; Holos: Ribeirão Preto, 2000, cap. 12.

TAN, Keng-Hong; NISHIDA, R. Sex pheromone and mating competition after methyl eugenol consumption in the *Bactrocera dorsalis* complex. In: **Fruit fly pests**. CRC Press, 2020. p. 147-153.

TAVARES, R. F. **Avaliação da atratividade de *Anastrepha obliqua* (macquart, 1835) (Diptera: tephritidae) para voláteis dos frutos hospedeiros carambola (*averrhoa carambola* linneaus) e Manga (*mangifera indica* linneaus)**. Dissertação (Mestrado em Química e Biotecnologia) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2016.

TAVARES, R. F. **Semioquímicos da mosca do mediterrâneo *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae)**. Tese (Doutorado em Química e Biotecnologia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2020.

TILLMAN, J. A., SEYBOLD, S. J. JURENKA, R. A., & BLOMQUIST, G. J. Insect pheromones – an overview of biosynthesis and endocrine regulation. **Insect Biochemistry Molecular Biology**, Oxford, v. 29, n. 6, p. 481-514, 1999.

TOLEDO, J. *et al.* Field evaluation of potencial fruit-derived lures for *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae). **J. Econ. Entomol.** v. 102, p. 2072-2077, 2009.

TREICHEL, M. *et al.* **Anuário Brasileiro de Fruticultura 2016**. Editora Gazeta Santa Cruz: Santa Cruz do Sul, 2016.

VANICKOVÁ, L. **Chemical ecology of fruit flies genera *Ceratitis* and *Anastrepha***. PhD Thesis. Institute of Chemical Technology, Faculty of Food and Biochemical Technology, Department of Chemistry of Natural Compounds, Praga, República Theca, 2012b.

VANICKOVÁ, L. et al. Are the wild and laboratory insect populations different in semiochemical emission? The case of medfly sex pheromone. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 60(29): 7168-76. 2012a.

VERA, M. T. et al. Fruit compounds affect male sexual success in the South American fruit fly, *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 137, p. 2-10, 2013.

VILELA, E. F. E DELLA LUCIA, T. M.C. 2001. Introdução aos semioquímicos e Terminologias. In: VILELA, E. F. E DELLA LUCIA, T. M. C. eds. **Feromônios de insetos: Biologia, Química e Emprego no Manejo de Pragas**. 2 ed. Ribeirão Preto: Holos. P. 9-12.

WEENS, J. R. et al. West Indian fruit fly, *Anastrepha obliqua* (Macquart). **Universidade da Florida**, n. 198, 8p. 2001.

WHITTAKER, Robert H. The biochemical ecology of higher plants. **Chemical ecology**, v. 3, p. 43-70, 1970.

WYATT, TRISTRAM D. Pheromones and animal behavior: chemical signals and signatures. **Cambridge University Press**, 2014.

ZARBIN, P. H. G. (2001) **Extração, isolamento e identificação de substâncias voláteis de insetos**. In: VILELA E. F., DELLA-LUCIA, M. C. (Org.). **Feromônios de Insetos: Biologia, Química e Emprego no Manejo de Pragas**. 2ª ed. Holos, Ribeirão Preto, Brasil, p. 45–5.

ZARBIN, P.H.G., et al. Feromônios de insetos: tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. **Química Nova**, Vol. 32, Nº. 3, 722-731, 2009.

ZARBIN, Paulo HG; FERREIRA, J. Tércio B.; LEAL, Walter S. Metodologias gerais empregadas no isolamento e identificação estrutural de feromônios de insetos. **Química Nova**, v. 22, n. 2, p. 263-268, 1999.

ZUCCHI, R. A. 2012. **Fruit flies in Brazil. Hosts and parasitoids of the Mediterranean fruit fly**. Disponível em: www.lea.esalq.usp.br/ceratitis.

ZUCCHI, R. A. Taxonomia In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. **Moscas das frutas de importância econômica no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, p. 13-24, 2000.

ZUCCHI, R.A. & MORAES, R.C.B. 2021. **Fruit flies in Brazil - Anastrepha species their host plants and parasitoids**. <http://www.lea.esalq.usp.br/anastrepha>.

ZUCCHI, R.A. 2000a. Taxonomia. pp.13-24. In: MALAVASI A.; ZUCCHI R.A. (eds.) **Moscas- das-frutas de importância econômica no Brasil: Conhecimento básico e aplicado**. Holos, Ribeirão Preto. 327p.

ZUCCHI, R.A. Espécies de Anastrepha, Sinonímias, Plantas hospedeiras e Parasitóides. In: MALAVASI, A; ZUCCHI, R.A. **Moscas da fruta de Importância Econômica no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos. P.41-48. 2000b.

8. APÊNDICE

▪ INDICADORES DE PRODUÇÃO:

Trabalhos apresentados

70ª Reunião Anual da SBPC - 22 a 28 de julho de 2018 - UFAL - Macció / AL

1.06.01 – Química / Química Orgânica.

ESTUDO COMPARATIVO DO FEROMÔNIO SEXUAL DE DUAS POPULAÇÕES SUL AMERICANAS DE *Anastrepha obliqua*

Claudinete dos S. Silva^{2*}, Regivaldo dos S. Melo¹, Rafael A. N. Tavares¹, Ruth R. do Nascimento³

1. Estudante de IC do Instituto de Química e Biotecnologia da UFAL

2. Estudante de Pós-Graduação do Instituto de Química e Biotecnologia da UFAL

3. LEQ/UFAL - Departamento de Química e Biotecnologia / Orientador

Resumo:

A espécie *Anastrepha obliqua* (Macquart) é a principal praga da cultura da manga nas Américas, a qual é encontrada infestando essa cultura em todos os países da América do Sul e causando grandes prejuízos à produção e exportação. Atualmente, os métodos existentes para o seu controle dependem do uso de pesticidas. No entanto, uma ferramenta poderosa que pode ser usada no manejo integrado dessa praga é o feromônio sexual, produzido por machos para atrair fêmeas coespecíficas para o acasalamento. Assim, o presente estudo objetivou a extração e identificação dos compostos voláteis liberados por machos de *A. obliqua* de duas populações diferentes encontradas em dois países da América do Sul: Brasil e Colômbia, afim de descobrir as semelhanças e diferenças, na composição do feromônio sexual, entre essas duas populações. Os resultados mostraram diferenças quantitativas e qualitativas na composição da mistura feromonal destas populações.

Palavras-chave: mosca das frutas do Oeste Indiano; atraente sexual; semioquímico



**70ª REUNIÃO
ANUAL DA SBPC**



Sociedade
Brasileira para o
Progresso da
Ciência

22 A 28 DE JULHO DE 2018 | UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS | MACEIÓ - AL - BRASIL

CERTIFICADO

Certificamos que o trabalho **ESTUDO COMPARATIVO DO FEROMÔNIO SEXUAL DE DUAS POPULAÇÕES SUL AMERICANAS DE *Anastrepha obliqua***, de autoria de *Claudinete dos S. Silva, Regivaldo dos S. Melo, Rafael A. N. Tavares e Ruth R. do Nascimento*, foi apresentado, na forma de pôster, na 70ª Reunião Anual da SBPC, realizada de 22 a 28 de julho de 2018, na Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Maceió/AL, Brasil.

Emissão: Julho de 2018.

Certificado nº AT70RA1132 - Este número permite a verificação da autenticidade deste documento no site da SBPC:
<http://portal.sbpnet.org.br/certificados/>



Ildeu de Castro Moreira
Ildeu de Castro Moreira
Presidente da SBPC
Coordenador da 70ª Reunião Anual

Paulo Roberto Hofmann
Paulo Roberto Hofmann
Secretário-Geral da SBPC
Coordenador da 70ª Reunião Anual

2.05.99 – Ecologia

ATRAÇÃO DE FÊMEAS DE *Anastrepha obliqua* (DIPTERA: TEPHRITIDAE) PARA FORMULAÇÕES DE COMPOSTOS ELETROFISIOLÓGICAMENTE ATIVOS NO FEROMÔNIO DE MACHOS.

Nathaly C. de Aquino¹; Luana L. Ferreira¹; Raphael de F. Tavares²; Claudinete S. Silva³; Adriana de L. Mendonça⁴; Fabiane C. de A. Galdino⁵; Paulo Milet- Pinheiro⁶; Daniela M. do A. F. Navarro⁷; Ruth R. do Nascimento^{5,8}

1. Doutoranda - Renorbio
2. Doutorando- PPGQB-UFAL
3. Mestre em Química e Biotecnologia - PPGQB-UFAL
4. Profª Dra. - Centro Universitário Tiradentes
5. Profª Dra. Instituto de Química e Biotecnologia - UFAL
6. Pesquisador (PNPD) - Departamento de Botânica da UFPE
7. Profª Dra. - Departamento de Química Fundamental da UFPE
8. Orientadora

Resumo:

Dentre as espécies de mosca das frutas que causam prejuízos à fruticultura brasileira, por ocasionar queda precoce e depreciação de frutos, encontra-se a espécie de *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae). Devido ao impacto desta praga, o presente estudo objetivou avaliar a atratividade de fêmeas de *A. obliqua* a formulações de compostos eletrofisiologicamente ativos presentes no feromônio liberado por machos através da técnica de Cromatografia Gasosa acoplada à Eletroantenografia. Os resultados demonstraram que cinco compostos eliciam resposta atrativa nas fêmeas e pelo uso da Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas, os compostos identificados foram: 1-heptanol, linalol, (Z)-3-nonen-1-ol, (E,Z)-3,6-nonadien-1-ol e α -farneseno. Posteriormente, bioensaios em arena, contendo seis diferentes misturas, demonstraram a atratividade de fêmeas. Esta pesquisa é importante para compreender e propor novos produtos derivados de semioquímicos para o controle da praga *A. obliqua*.

Palavras-chave: Moscas das frutas do Oeste indiano; Eletroantenografia; Semioquímicos



70ª REUNIÃO ANUAL DA SBPC



Sociedade
Brasileira para o
Progresso da
Ciência

22 A 28 DE JULHO DE 2018 | UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS | MACEIÓ - AL - BRASIL

CERTIFICADO

Certificamos que o trabalho **ATRAÇÃO DE FÊMEAS DE *Anastrepha obliqua* (DIPTERA: TEPHRITIDAE) PARA FORMULAÇÕES DE COMPOSTOS ELETROFISIOLOGICAMENTE ATIVOS NO FEROMÔNIO DE MACHOS**, de autoria de *Nathaly Costa de Aquino, Luana Lima Ferreira, Raphael de Farias Tavares, Claudinete dos Santos Silva, Adriana de Lima Mendonça, Fabiane Caxico de Abreu Galdino, Paulo Milet-Pinheiro, Daniela Maria do Amaral Ferraz Navarro e Ruth Rufino do Nascimento*, foi apresentado, na forma de pôster, na 70ª Reunião Anual da SBPC, realizada de 22 a 28 de julho de 2018, na Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Maceió/AL, Brasil.

Emissão: Julho de 2018.

Certificado nº AT70RA1119 - Este número permite a verificação da autenticidade deste documento no site da SBPC:
<http://portal.sbpcnet.org.br/certificados/>



Ildeu de Castro Moreira
Ildeu de Castro Moreira
Presidente da SBPC
Coordenador da 70ª Reunião Anual

Paulo Roberto Hofmann
Paulo Roberto Hofmann
Secretário-Geral da SBPC
Coordenador da 70ª Reunião Anual



XI ENCONTRO BRASILEIRO DE ECOLOGIA QUÍMICA XI BRAZILIAN MEETING ON CHEMICAL ECOLOGY

October 23-26, 2019
Maceió, Brazil

O PAPEL DOS VOLÁTEIS DO HOSPEDEIRO NO COMPORTAMENTO REPRODUTIVO DE *Ceratitis capitata*

Claudine dos Santos Silva; Raphael de Farias Tavares; Max Douglas dos Santos; Nathaly Costa de Aquino;
Jenny Christine Gomes dos Santos; Ruth Rufino do Nascimento

Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas (Federal University of Alagoas, Brazil). * claudine.silva7@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: SEMIOQUÍMICOS; KAIROMÔNIOS; MOSCA DO MEDITERRÂNEO.

RESUMO: *C. capitata* é a espécie mais invasiva de moscas das frutas de importância econômica devido a sua capacidade de desenvolver-se em diversos frutos hospedeiros ao redor do mundo. Os danos causados aos frutos de importância comercial são decorrentes da oviposição realizada pelas fêmeas após o acasalamento, o que inviabiliza a comercialização de frutas frescas, gerando maiores prejuízos aos produtores. A aplicação de pesticidas é a principal metodologia empregada no combate às diversas espécies de moscas das frutas, entretanto, o uso indiscriminado dessas substâncias tem causado prejuízos ao meio ambiente e ao homem. Assim, o desenvolvimento de técnicas que reduzam os riscos de contaminação e que sejam economicamente viáveis devem ser implementadas com o objetivo de diminuir o crescimento populacional desta espécie. O uso de compostos orgânicos voláteis (COV's), liberados por frutos hospedeiros, tem surgido como método alternativo às práticas usuais de controle de moscas das frutas, uma vez que, tais substâncias podem ser empregadas como atrairantes para fêmeas ou modificadores da performance sexual de machos. Desta forma, o presente estudo objetivou: (I) avaliar a atração de fêmeas para formulações contendo compostos voláteis comuns ao feromônio sexual de machos de *C. capitata* e seu fruto hospedeiro, goiaba; (II) determinar se a exposição de machos de *C. capitata* a formulações contendo voláteis comuns ao feromônio sexual e o fruto hospedeiro goiaba aumenta a performance sexual de machos virgens. Os resultados demonstraram que as fêmeas foram atraídas para formulações dos compostos individuais α -copaeno, β -cariofileno, (R)-(+)-limoneno e octanoato de etila. Além disso, essas fêmeas foram igualmente atraídas para misturas de dois e cinco componentes quando comparadas com o extrato do hospedeiro goiaba. Os machos expostos ao componente β -cariofileno apresentaram número médio de acasalamento superior aos machos não expostos, evidenciando que este composto contribui para o aumento da performance sexual de machos virgens desta espécie.

THE ROLE OF THE HOST VOLATILES IN THE REPRODUCTIVE BEHAVIOR OF *Ceratitis capitata*

Keywords: SEMIOCHEMICALS; KAIROMONES; MEDITERRANEAN FRUIT FLY

ABSTRACT: *Ceratitis capitata* is the most invasive species of fruit flies of economic importance, due to its capacity to develop in several host fruits around the world. The damages caused to fruits are related to mated females oviposition, making the commerce of fresh fruits unviable and thus causing major losses to fruit producers. The use of pesticides is being the main methodology used to control several species of fruit flies, however, the indiscriminate use of these substances is causing a series of damages to environment and man. Therefore, the development of techniques which are environmental safe and economic viable should be implemented aiming to diminish the population growth of this species. The use of Volatile Organic Compounds (VOCs), released by host fruits, have emerged as an alternative strategy to control fruit flies species since these substances can be used as attractants for mated females or enhancer of sexual performance in males. Thus, the present study aimed: (I) to evaluate the attraction of females to formulations containing volatile compounds common to sex pheromone of *C. capitata* males and its host fruit, guava; (II) to determine if the exposition of virgin males to formulations containing volatile compounds common to sex pheromone of *C. capitata* males and its host fruit, guava increase the performance sexual of these males. The results demonstrated that females were attracted to individual formulations of α -copaene, β -caryophyllene, (R)-(+)-limonene and ethyl octanoate. In addition, these females were as much attracted to formulations containing mixtures of two and five components as they were attracted to guava extract. Males exposed to β -caryophyllene copulated more than non-exposed males, showing that this compound contributes to increase the sexual performance of virgin males of this species.

Certificamos que CLAUDINETE DOS SANTOS SILVA participou do(a) XI ENCONTRO BRASILEIRO DE ECOLOGIA QUÍMICA - XI BRAZILIAN MEETING ON CHEMICAL ECOLOGY em Maceió, durante o período de 23/10/2019 a 26/10/2019, com carga horária de 25 hora(s).

Patentes depositadas



Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2021 022670 6

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): Formulações de misturas de voláteis de carambola (Averrhoa carambola) atraentes para machos virgens de Anastrepha obliqua (Diptera: Tephritidae)

Resumo: Um dos grandes desafios enfrentados pelos fruticultores no Brasil, refere-se à produção de frutos de qualidade para cumprir as novas exigências dos países importadores, uma vez que, o mercado internacional tem adotado protocolos de certificação para estabelecer a equivalência dos produtos através das fronteiras. Dentre as pragas quarentenárias presentes no país, destaca-se a espécie *A. obliqua* que é polífaga e está distribuída em todas as regiões brasileiras devido a sua capacidade de adaptação. Com o intuito de compreender o papel de compostos orgânicos voláteis presentes nas misturas liberadas por frutos hospedeiros e por machos virgens deste inseto-praga, o presente pedido de patente objetivou determinar formulações de misturas dos compostos comuns ao fruto hospedeiro carambola e a mistura feromonal liberada por machos virgens de *A. obliqua*, na dose de 10 ng, atraentes para machos virgens. Os resultados demonstraram que todas as formulações de misturas testadas (M1FC, M2FC, M3FC e M4FC) foram atraentes para machos virgens de *A. obliqua*. No entanto, as misturas M1FC e M4FC desencadearam maior atração em machos virgens, diferindo estatisticamente do tratamento testemunha (mistura do extrato de voláteis de machos com o extrato de voláteis da carambola). Estes resultados indicam que formulações de misturas de compostos comuns a mistura feromonal e o fruto hospedeiro carambola podem atrair machos virgens de *A. obliqua*, podendo servir como ferramenta para emprego na captura de machos virgens desta espécie.



26/05/2021 870210047835
19:37
29409161926940538

Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2021 010243 8

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): Formulações de voláteis oriundos do fruto de manga (*Mangifera indica*) com atividade caioromonal para fêmeas acasaladas de *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae)

Resumo: A mosca das frutas do Oeste Indiano, *Anastrepha obliqua*, é a principal praga da manga no continente americano. É uma espécie altamente polífaga que, devido a severidade dos danos causados a frutíferas de importância econômica, é considerada praga de restrição quarentenária. O principal método de controle para mosca das frutas baseia-se no uso de pesticidas que, devido as exigências do mercado consumidor por frutos de qualidade, vem sendo substituído por métodos menos agressivos ao meio ambiente e consumidores. Assim, o presente trabalho objetivou testar formulações atraentes para fêmeas de *Anastrepha obliqua* constituída dos compostos voláteis liberados pelo fruto de manga (*Mangifera indica*) em bioensaios comportamentais. Os resultados demonstraram que todas as formulações dos compostos individuais, com exceção do canfeno na dose 0,1 ng, foram atraentes para fêmeas de *A. obliqua* quando comparados ao extrato do fruto de manga, com destaque para as formulações dos compostos β -mirceno e canfeno, na dose de 10 ng, que apresentaram maior média comportamental e diferiram estatisticamente do extrato do fruto.



17/08/2020 870200102733
09:13



29409161922406995

Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 20 2020 016700 1

Dados do Pedido

Natureza Patente: 20 - Modelo de Utilidade (MU)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): Gaiola de voo com ar parado para uso em bioensaios com moscas das frutas (Diptera: Tephritidae)

Resumo: A presente patente trata-se de uma gaiola (arena) de voo confeccionada em vidro, com aplicação em bioensaios comportamentais de atratividade e /ou repelência, especificamente, com moscas das frutas dos gêneros Anastrepha e Ceratitis. O dispositivo que é de forma retangular, propõe uma mobilidade maior do inseto, uma vez que as moscas das frutas, possui uma sequência comportamental complexa caracterizada por uma série de movimentos (voos longos, vibração de asas, movimentos laterais, disputa territorial, etc.), que é comum aos insetos voadores frente a estímulos químicos, permitindo ao observador a obtenção de respostas comportamentais qualitativas e quantitativas. Estudos preliminares de atratividade com o uso deste dispositivo, apresentaram resultados quantitativos confiáveis, além da observação dos padrões comportamentais destes insetos, confirmando sua eficiência na aplicabilidade nestes ensaios. Esta arena também pode ser usada para acondicionar os insetos, como gaiola de criação, além de ser de prática, de fácil manuseio e viável economicamente.



Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2019 004543 4

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): Formulações atraentes para *A. obliqua* (Diptera: Tephritidae) oriundas de compostos comuns aos frutos hospedeiros e aos componentes voláteis liberados por machos homoespecíficos

Resumo: As moscas das frutas do gênero *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) representam uma das principais pragas da fruticultura mundial, pois são insetos polívoros que durante o estágio larval se alimentam da polpa de frutos, resultando na depreciação do fruto para a industrialização e o consumo in natura. Dentre as moscas das frutas, espécie *Anastrepha obliqua*, também conhecida como a principal praga da cultura da manga nas Américas causando sérios danos que comprometem a qualidade do fruto. Diante do exposto, o presente pedido de patente, tem o objetivo de determinar formulações constituídas de compostos comuns entre os voláteis liberados pelos machos de *A. obliqua* e os frutos de goiaba, carambola e manga que sejam atraentes para fêmeas. Os resultados demonstraram que todas as formulações obtidas dos compostos comuns ao extrato de goiaba, carambola e manga são atraentes para as fêmeas, com destaque para as formulações M1FM (a – pineno, canfeno, sabineno, mirceno) e M4FC (limoneno, β -cariofileno e α -copaeno), que contém compostos comuns ao feromônio e extrato de fruto de manga e ao extrato de carambola respectivamente, que apresentaram o maior número médio de comportamentos. Estes resultados indicam que diferentes misturas podem atrair as fêmeas de *A. obliqua* mesmo que sejam provenientes de hospedeiros diferentes.



08/03/2019 09:10 870190022238

 29409161901989207

Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2019 004541 8

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): Formulações atraentes para *A. obliqua* (Diptera: Tephritidae) oriundas do fruto *Averrhoa carambola*

Resumo: A produção mundial de frutas apresenta uma grande diversidade de espécies cultivadas, sendo caracterizada, principalmente, por frutas de clima temperado, as quais são produzidas e consumidas, em maior escala, no Hemisfério Norte. Entretanto, apesar do evidente crescimento da fruticultura, o Brasil tem sofrido grandes perdas nesta área devido o ataque de moscas-das-frutas. Dentre estes insetos-praga destaca-se a espécie *Anastrepha obliqua* que está associada a mais de quarenta hospedeiros no Brasil, dentre eles a carambola, goiaba e a manga. Assim, o presente trabalho objetivou determinar formulações atraentes para fêmeas de *Anastrepha obliqua* constituída dos compostos voláteis liberados pelo fruto de carambola (*Averrhoa carambola*) através do uso de técnicas analíticas e bioensaios comportamentais. Os resultados demonstraram que todas as formulações individuais e misturas foram tão atraentes quanto o extrato do fruto de carambola com destaque para a formulação M2C que apresentou maior média comportamental.



14/01/2019

870190003883

12:32



29409161900165707

Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2019 000681 1

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): Mistura atrativa para o controle/monitoramento dos morfotipos Brasileiro-1 e Brasileiro-3 do complexo *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae)

Resumo: Considerada uma das mais temíveis pragas da fruticultura brasileira, a mosca das frutas *Anastrepha fraterculus* constitui um complexo de espécies, formada por oito morfotipos, que apresentam isolamento reprodutivo pré e pós-zigóticos. Seus machos liberam compostos voláteis que atraem fêmeas para o acasalamento. Tais compostos já identificados, estão presentes em diferentes proporções na mistura feromonal de populações oriundas de diferentes regiões. O estudo objetivou identificar formulações atrativas para fêmeas dos morfotipos Brasileiro-1 e Brasileiros-3 de *A. fraterculus*, a partir de compostos voláteis, liberados por machos, comuns aos morfotipos. Os resultados demonstraram que os compostos (Z)-3-nonen-1-ol, (E,Z)-3,6-nonadien-1-ol, (S,S)-(-)-epianastrefina, eliciaram atividade antenal em fêmeas do morfotipo Brasileiro-1, os quais também eliciaram despolarização nas antenas de fêmeas do morfotipo Brasileiro-3, juntamente com a-pineno, limoneno e a-farneseno. Nos bioensaios, os componentes (S)-(-)-a-pineno, (R)-(+)-limoneno, (Z)-3-nonen-1-ol, (E,Z)-3,6-nonadien-1-ol na dose de 10ng e (R)-(+)-limoneno e a-farneseno na dose de 0,1ng eliciaram atração em fêmeas dos dois morfotipos de maneira análoga aos extratos de machos coespecíficos. Em relação a mistura dos seis compostos, apenas dose de 10ng desencadeou atração em ambas as fêmeas. Os resultados demonstram que a mistura testada é promissora para uso como iscas olfativas no monitoramento e captura de fêmeas dos dois morfotipos em pomares infestados.



01/11/2018

870180147317

15:01



29409161811509788

Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2018 072563 7

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): Formulações atraentes para *A. obliqua* (Diptera: Tephritidae) oriundas do fruto *Mangifera indica*

Resumo: O aumento da população em nível mundial, gerou a necessidade da produção de alimentos em grande escala, que consequentemente propiciou o surgimento de vários insetos-praga, devido à maior oferta de alimento, hábito alimentar polífago e ausência de técnicas eficientes para o controle. Dentre estes insetos-praga destacam-se a espécie *Anastrepha obliqua* que está associada a mais de quarenta frutos hospedeiros no Brasil, dentre eles a manga que é o fruto mais exportado pelo Brasil. Por este motivo, o presente trabalho objetivou identificar, dentro da mistura de compostos voláteis liberada pelo fruto de manga formulações atraentes para fêmeas de *A. obliqua*. Os resultados demonstraram que quatro compostos eliciam a despolarização das antenas das fêmeas (α -pineno, canfeno, sabineno e β -mirceno), nos testes comportamentais com as formulações individuais; sendo demonstrado que o composto sabineno eliciou maior atração em fêmeas que o extrato de manga. As formulações das misturas M2, M3, M4 e M5 foram tão atraentes para fêmeas quanto o extrato do fruto, entretanto a mistura M1 atraiu mais fêmeas que o extrato de manga. Estes resultados comprovam a atratividade de fêmeas para compostos provenientes de frutos hospedeiros sendo considerado um potencial produto a ser empregado em técnicas do Manejo Integrado de Pragas.



17/10/2018 870180141629
09:28



29409161810066556

Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2018 071320 5

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): Formulações atraentes para *A. obliqua* (Diptera: Tephritidae) oriundas do fruto *Psidium guajava* L.

Resumo: A fruticultura é essencial para o setor econômico de um país, entretanto algumas pragas causam prejuízos em culturas de grande importância, resultando na inviabilidade dos frutos para o consumo in natura e industrialização. Dentre estas pragas, a espécie *A. obliqua* destaca-se por ser considerada economicamente como um dos tefritídeos mais problemáticos na América do Sul, devido a sua capacidade de adaptação e polifagia. Deste modo, o presente estudo objetivou identificar as formulações atrativas para fêmeas de *A. obliqua* a partir dos compostos voláteis liberados pelo fruto de goiaba. Os resultados obtidos demonstraram que quatro compostos provocaram despolarização nas antenas: pineno, β -cariofileno, β -mirceno e butirato de etila. Nos bioensaios, todas as formulações individuais foram atrativas, destacando-se dentre elas a formulação contendo o composto β -cariofileno e β -pineno que eliciaram maior atração em fêmeas quando comparadas aos outros tratamentos. Em relação as formulações das seis misturas testadas, apenas as misturas M1, M2, M3, M4 e M5 foram tão atrativas quanto o extrato de fruto, com exceção para a M6 que foi menos atraente que o controle. Os resultados desta pesquisa demonstram que as formulações testadas são promissoras para uso em iscas olfativas empregadas no monitoramento e captura deste inseto-praga em pomares infestados.

Capítulo de livro publicado

CAPÍTULO 33

ESTUDO COMPARATIVO DO FEROMÔNIO SEXUAL DE DUAS POPULAÇÕES SUL AMERICANAS DE *Anastrepha obliqua*

Data de aceite: 16/12/2019

Nelson Augusto Canal Daza

Universidade de Tolima, Colômbia

Ruth Rufino do Nascimento

Universidade Federal de Alagoas, Instituto de

Química e Biotecnologia

Maceió-Alagoas

Claudinete dos Santos Silva

Universidade Federal de Alagoas, Instituto de

Química e Biotecnologia

Maceió-Alagoas

Regivaldo dos Santos Melo

Universidade Federal de Alagoas, Instituto de

Química e Biotecnologia

Maceió-Alagoas

Rafael Augusto Nobrega Tavares

Universidade Federal de Alagoas, Instituto de

Química e Biotecnologia

Maceió-Alagoas

Nathaly Costa de Aquino

Universidade Federal de Alagoas, Instituto de

Química e Biotecnologia

Maceió-Alagoas

Raphael de Farias Tavares

Universidade Federal de Alagoas, Instituto de

Química e Biotecnologia

Maceió-Alagoas

Lucie Vanicková

Universidade Federal de Alagoas, Instituto de

Química e Biotecnologia

Maceió-Alagoas

Adriana de Lima Mendonça

Universidade Federal de Alagoas, Instituto de

Química e Biotecnologia

Maceió-Alagoas

RESUMO: A espécie *Anastrepha obliqua* (Macquart), principal praga das variedades de manga no continente americano, é encontrada infestando essa cultura nos EUA e em todos os países da América do Sul onde é cultivada. Atualmente, dentre os métodos empregados para controlar os danos causados por este inseto-praga prevalece o uso de pesticidas. No entanto, uma ferramenta poderosa que pode ser empregada em seu manejo é o uso do feromônio sexual, produzido pelos machos para atrair fêmeas coespecíficas para o acasalamento. Assim, o presente estudo objetivou extrair e identificar os compostos voláteis liberados por machos de *A. obliqua* de duas populações diferentes encontradas em dois países da América do Sul: Brasil e Colômbia, para descobrir as semelhanças e diferenças entre essas duas populações, e determinar se a composição química do feromônio sexual pode ser usada como uma ferramenta de diagnóstico para detectar a presença de uma determinada população em uma área específica. As análises de extratos de aerções de machos

Capítulos de livro em fase de editoração

..... CAPÍTULO 12.....

Feromônios das moscas-das-frutas

Claudinete dos Santos Silva
 Luana Lima Ferreira
 Nathaly Costa de Aquino
 Raphael de Farias Tavares
 Rita de Cássia Correia da Silva
 Ruth Rufino do Nascimento
 Jeinny Christine Gomes Barros
 Adriana de Lima Mendonça

INTRODUÇÃO

As relações ecológicas existentes entre insetos e outros organismos são mediadas por diferentes tipos de sinais, com predominância para os químicos, os quais são denominados semioquímicos (Law & Regnier 1971, Lima-Mendonça *et al* 2014). Essa relação trata-se, provavelmente, da mais antiga forma de comunicação entre os seres vivos e os insetos constituem um grupo de animais que dependem e utilizam esses sinais para sobrevivência em diferentes etapas do seu comportamento reprodutivo (Lima-Mendonça *et al* 2014).

..... CAPÍTULO 13.....

Cairomônios das moscas-das-frutas

Claudinete dos Santos Silva
 Jeinny Christine Gomes Barros
 Luana Lima Ferreira
 Nathaly Costa de Aquino
 Raphael de Farias Tavares
 Rita de Cássia Correia da Silva
 Adriana de Lima Mendonça
 Ruth Rufino do Nascimento

INTRODUÇÃO

A comunicação é um processo que envolve a troca de informações entre organismos de mesma e diferentes espécies. Quando ocorre entre organismos de mesma espécie, é denominada de interação intraespecífica e, quando envolve organismos de espécies diferentes, denomina-se interação interespecífica (Law & Regnier 1971, Nascimento & Sant'Ana 2001, Lima-Mendonça *et al* 2014).

Em insetos, a comunicação é mediada por sinais químicos, os quais recebem nomes distintos, dependendo do tipo de interação que intermedeiam. Os sinais químicos envolvidos nas interações intraespecíficas são denominados feromônios e, aqueles envolvidos nas interações interespecíficas

Artigo publicado

Journal of Chemical Ecology
<https://doi.org/10.1007/s10886-021-01248-z>



Bioactive Male-Produced Volatiles from *Anastrepha obliqua* and their Role in Attraction of Conspecific Females

Nathaly C. De Aquino¹ · Luana L. Ferreira¹ · Raphael Tavares¹ · Claudinete S. Silva¹ · Adriana Mendonça² · Iara Sordi Joachim-Bravo³ · Paulo Milet-Pinheiro^{4,5} · Daniela Navarro⁵ · Fabiane C. De Abreu Galdino⁶ · Ruth R. Do Nascimento¹

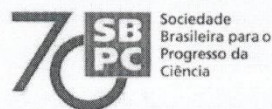
Received: 16 September 2020 / Revised: 18 December 2020 / Accepted: 7 January 2021

© The Author(s), under exclusive licence to Springer Science+Business Media, LLC part of Springer Nature 2021

Abstract

The study of insect semiochemicals, especially pheromones, is of fundamental importance for the development of strategies for controlling agricultural pests. In this study, volatile compounds involved in the communication between males and females of the fruit fly, *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae), for mating purposes were characterized to develop attractant formulations for females of this species. Extracts containing volatile compounds released by males of *A. obliqua* were obtained by the dynamic headspace technique and analyzed by gas chromatography coupled with an electroantennographic detector (GC-EAD) and gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS). Twenty-one volatile compounds were identified in the aeration extracts of males. Five of them caused EAD responses from the antennae of females: 1-heptanol, linalool, (Z)-3-nonen-1-ol, (E,Z)-3,6-nonadien-1-ol, and (Z,E)- α -farnesene. Six synthetic mixtures of these compounds, including the five-component blend and all possible four-component blends, were formulated in a biopolymer and used in behavioral bioassays conducted in the laboratory arena with conspecific virgin females. One blend of 1-heptanol, linalool, (Z)-3-nonen-1-ol, and (Z,E)- α -farnesene attracted more females than the collection of volatiles from virgin males used as control. The other mixtures were as attractive to *A. obliqua* females as the control treatment. This study indicates potential for use of these compounds in monitoring and control strategies for this pest.

Keywords Fruit flies · Diptera · Tephritidae · Semiochemicals · Pheromones · Electroantennography · Attractant formulations

Trabalho premiado**70ª REUNIÃO
ANUAL DA SBPC**

22 A 28 DE JULHO DE 2018 | UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS | MACEIÓ - AL - BRASIL

CERTIFICADO

Certificamos que o trabalho **ESTUDO COMPARATIVO DO FEROMÔNIO SEXUAL DE DUAS POPULAÇÕES SUL AMERICANAS DE *Anastrepha obliqua***, de autoria de *Claudinete dos S. Silva, Regivaldo dos S. Melo, Rafael A. N. Tavares e Ruth R. do Nascimento*, apresentado na área de Química da Sessão de Pôsteres da 70ª Reunião Anual da SBPC, realizada de 22 a 28 de julho de 2018, na Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Maceió/AL, recebeu menção honrosa em reconhecimento ao mérito do trabalho e ao conjunto de dados apresentados.

Emissão: Agosto de 2018.

Certificado nº AH70RA1132 - Este número permite a verificação da autenticidade deste documento no site da SBPC:
<http://portal.sbpcnet.org.br/certificados/>



Ildeu de Castro Moreira
Ildeu de Castro Moreira
Presidente da SBPC
Coordenador da 70ª Reunião Anual

Paulo Roberto Hofmann
Paulo Roberto Hofmann
Secretário-Geral da SBPC
Coordenador da 70ª Reunião Anual