

Atividade de Espécies Botânicas (Piperaceae e Myrtaceae) na Oviposição e Mortalidade de Adultos de *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae)

Activity of Botanical Species (Piperaceae and Myrtaceae) in Oviposition and Adult Mortality on *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae)

Olivia Oliveirda dos Santos^{*a}; Rosilene Aparecida de Oliveira^b; Emerson Alves dos Santos^c; João Pedro de Andrade Bomfim^d; Maria Aparecida Leão Bittencourt^b

^aUniversidade Estadual de Goiás, *Campus* Nordeste. GO, Brasil.

^bUniversidade Estadual de Santa Cruz. BA, Brasil.

^cInstituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Bom Jesus da Lapa. BA, Brasil.

^dUniversidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Agronomia/Proteção de Plantas. SP, Brasil.

*E-mail: olivia.ueg@gmail.com

Resumo

As moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* são consideradas pragas de importância econômica na fruticultura brasileira. A preocupação mundial com o uso indiscriminado de agrotóxicos e o desequilíbrio ambiental vêm intensificando os estudos visando utilização de espécies vegetais no manejo integrado de pragas. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos óleos essenciais e extratos aquosos das folhas de *Piper hispidum* Sw. e *P. hoffmannsegianum restingae* Callejas (Piperaceae), e do botão floral e pedúnculo de *Syzygium aromaticum* L. (Myrtaceae) na mortalidade e deterência de oviposição de adultos de moscas-das-frutas (*Anastrepha* spp.), e determinar os principais compostos químicos dos óleos essenciais utilizados. A identificação dos compostos químicos foi realizada por meio de análise cromatográfica utilizando cromatógrafo gasoso. Em laboratório, foi avaliada a ação de contato (1%; 5%; 10%) e ingestão (10%) dos óleos essenciais e pulverização (10%) de extratos aquosos. O delineamento foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e a testemunha, em três repetições por tratamento. As observações de mortalidade foram realizadas após 1, 4, 8, 12, 24, 48, 72, 96 e 120 horas da aplicação. A deposição dos ovos em frutos artificiais tratados com óleos essenciais (10%) foi avaliada por 15 dias. Houve mortalidade de 100% dos adultos por ação de contato de todos os óleos essenciais a 5% e 10% de concentração, em até 48 horas. A 1% de concentração, apenas o óleo do botão floral causou 100% de mortalidade. Na avaliação por ingestão dos óleos essenciais, a mortalidade dos adultos foi inferior a 40%. Os extratos aquosos do botão floral e pedúnculo causaram mortalidade de até 65%, e das piperáceas foi inferior a 30%, via pulverização. No fruto artificial com óleo do botão floral foi depositado o menor número de ovos. O pedúnculo de *S. aromaticum* apresentou atividade inseticida sobre adultos de moscas-das-frutas, se caracterizando com um potencial produto no manejo integrado da praga.

Palavras-chave: Óleo Essencial. Extrato Aquoso. Plantas Inseticidas. Moscas-das-Frutas.

Abstract

The *Anastrepha* genus of fruit flies are considered pests of economic importance for fruit growers. The worldwide concern with indiscriminate use of pesticides and the environmental imbalance have intensified studies aiming at the use of plants species in integrated pest management. The objective of this work was to evaluate the effect of essential oils and aqueous extracts obtained from the leaves of *Piper hispidum* Sw. and *P. hoffmannsegianum restingae* Callejas (Piperaceae), and from the flower bud and peduncle of *Syzygium aromaticum* L. (Myrtaceae) in the mortality and oviposition deterrence of adult fruit flies (*Anastrepha* spp.), and also to determine the main chemical compounds of the essential oils of these plant species. The chemical components identification of the essential oils was performed by chromatographic analysis using gas chromatography. The contact action (1%, 5%, 10%) and ingestion (10%) of the essential oils and the spraying (10%) of aqueous extracts were evaluated. The experimental design was completely randomized with four treatments and the control, in three replications per treatment. The mortality was evaluated 1, 4, 8, 12, 24, 48, 72, 96 and 120 hours after the application. The eggs deposition in “artificial fruits” treated with essential oils (10%) were evaluated for 15 days. There was a 100% mortality of adults by the contact action of all the essential oils at 5% and 10% concentration, within 48 hours after application. At 1% concentration, only the floral bud oil resulted 100% of adult mortality. In the evaluation by ingestion of the essential oils of the vegetal species, the adult mortality was lower than 40%. Aqueous extracts of the floral bud and peduncle resulted in the mortality of more than 65%, and of the piperaceae was lower than 30%, by spraying. In the “artificial fruit” treated with the oil from the floral bud the fruit flies oviposition decreased. The peduncle of *S. aromaticum* showed insecticidal activity on adults of fruit flies, being characterized as a potential product in the pest integrated management.

Keywords: Essential Oil. Aqueous Extract. Insecticidal Plants. Fruit Flies.

1 Introdução

As moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) são consideradas pragas importantes para a fruticultura brasileira. No Brasil, entre os gêneros mais frequentes, destaca-se *Anastrepha* Schiner que é representada por 121 espécies, porém destas, apenas sete possuem importância econômica (ALUJA; MANGAN, 2008; ZUCCHI, 2008). Na Bahia, é

encontrado uma alta diversidade de espécies de *Anastrepha*, em diferentes regiões do Estado (BITTENCOURT et al., 2011; SÁ et al., 2008; SILVA et al., 2011). *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) é uma das espécies mais frequentes e abundantes na região Sul da Bahia (DUTRA et al., 2009). Essa espécie é considerada polífaga, e associada a um grande número de espécies de hospedeiros (DUTRA et al., 2009; MELO et al., 2012; 2016).

Entre as táticas de manejo integrado de pragas, a aplicação de inseticidas botânicos, em comparação aos inseticidas sintéticos, vem crescendo nos últimos anos, pois apresentam maior seletividade e baixa persistência no meio ambiente (SILVA *et al.*, 2010). Espécies de Piperaceae ocorrem nas regiões tropicais e subtropicais, com destaque para o gênero *Piper* L., que apresenta importância comercial e biológica, sendo que no Brasil se encontram, principalmente, em remanescentes de Mata Atlântica (OOTANI *et al.*, 2013). Estudos fitoquímicos de piperáceas relataram o isolamento de monoterpenos, sesquiterpenos, flavonoides, lignoides, arilpropanoides e amidas, sendo que algumas destas substâncias químicas apresentam propriedade inseticida (OOTANI *et al.*, 2013; SARNAGLIA JUNIOR *et al.*, 2014). O extrato acetônico de folhas e raízes de *Piper hispidum* Sw. causou alta toxicidade sobre adultos de *Hypothenemus hampei* Ferrari 1867 (Coleoptera: Scolytidae), principal praga do café (*Coffea arabica* L.: Rubiaceae) no Estado de Rondônia (SANTOS *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2011). A pulverização dos extratos aquosos (20%) de *Piper aduncum* L. e *P. hispidum* Sw. sobre adultos de moscas-das-frutas (*Anastrepha* spp.) causou mortalidade inferior a 50% após 120 horas (SANTOS *et al.*, 2012).

O *Syzygium aromaticum* L. (Myrtaceae), craveiro-da-india, é explorado comercialmente na região Sul da Bahia, sendo que o botão floral seco é utilizado como especiaria na culinária, na fabricação de medicamentos e na extração industrial de eugenol, componente majoritário do óleo essencial (OLIVEIRA *et al.*, 2009). O pedúnculo do botão floral de *S. aromaticum* deve ser descartado pelos produtores, pois é classificado como impureza na produção, de acordo com a Portaria 159 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (BRASIL, 1981). Porém, assim como o botão floral, também apresenta alto teor de óleo essencial (OLIVEIRA *et al.*, 2009). Pesquisas realizadas com óleo essencial do *S. aromaticum* revelaram propriedades antioxidante e analgésica, além de efeito fungicida, nematocida e inseticida. Em alguns estudos foi constatado o potencial inseticida do óleo desta planta sobre adultos de *Sitophilus zeamais* Mots, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) (COITINHO *et al.*, 2006; 2010), *S. oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) (MISHRA; TRIPATHI; TRIPATHI, 2013) e *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Crysomelidae) (JAIROCE *et al.*, 2016), importantes pragas de grãos armazenados, além de apresentar efeito deterrente sobre larvas de *Trichoplusia ni* Hubner, 1803 (Lepidoptera: Noctuidae), praga das brássicas (AKHTAR *et al.*, 2012).

Extratos derivados de *S. aromaticum* apresentaram efeito tóxico sobre moscas-das-frutas (*Anastrepha* spp.), como observado por Santos *et al.* (2012), que relataram mortalidade de adultos pulverizados com extrato aquoso (20%) desta espécie vegetal.

Diante do potencial inseticida apresentado por espécies

das famílias Myrtaceae e Piperaceae frente a insetos-praga pertencentes aos diferentes grupos taxonômicos os objetivos deste estudo foram: avaliar o efeito dos óleos essenciais e extratos aquosos das folhas de *P. hispidum* e *P. hoffmannsegiatum restingae* Callejas e do botão floral e pedúnculo de *S. aromaticum* sobre os adultos e deposição de ovos de *Anastrepha* spp; e determinar os principais compostos químicos destes óleos essenciais.

2 Material e Métodos

Folhas de *P. hispidum* e de *P. hoffmannsegiatum restingae* foram coletadas na fazenda Bela Vista, município de Camamu (13° 58' 34,8" S; 39° 09' 22,6" W e 127 m), e botões florais e pedúnculos do botão floral de *S. aromaticum* foram obtidos de produtores em Ituberá (13° 46' S; 39° 11' W e 119 m), na região Sul da Bahia. As exsiccatas das espécies de Piperaceae foram depositadas no Herbário da Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC, com números de registros 13.594 (*P. hispidum*), 13.593 (*P. hoffmannsegiatum restingae*) e de *S. aromaticum* foi depositada no herbário da Comissão Executiva de Planejamento da Lavoura Cacaueira, CEPLAC, sob o número 65.820.

2.1 Obtenção do óleo essencial

Folhas das piperáceas foram secas em estufa de ventilação forçada a 50°C, e os botões florais e pedúnculos do botão floral de *S. aromaticum* foram desidratados pela exposição direta do Sol. As folhas (100g), botões florais e pedúnculos (40g) desidratados foram submetidos ao processo de hidrodestilação, utilizando-se um adaptador Clevenger, seguindo metodologia adaptada de Craveiro *et al.* (1981). O período para a extração dos óleos das piperáceas foi de quatro horas e dos botões e pedúnculos foi de cinco horas. Os óleos foram separados do hidrolato através da extração líquido-líquido, usando 3 mL de diclorometano para as espécies de piperáceas e 3 mL de éter etílico para *S. aromaticum*, em triplicata. Os óleos obtidos foram secos em Na₂SO₄ anidro. Os teores foram expressos em percentagem volume/massa (mL de óleo por 100 g de matéria seca), em triplicata. A partir destes óleos essenciais foram preparadas as soluções em acetona nas concentrações de 1,0%, 5,0% e 10,0% (v:v).

2.2 Caracterização química dos óleos essenciais

A caracterização química dos óleos essenciais foi efetuada pela combinação das técnicas de cromatografia gasosa de alta resolução com detector FID (CGAR-FID) e de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM). Foi utilizado o cromatógrafo a gás Varian Saturno 3800 acoplado ao espectrômetro de massas Chromopack 2000 MS/MS. Foi usada a coluna capilar VF-5ms (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm) e hélio como gás de arraste. O injetor foi regulado para temperatura de 250 °C e o detector para 280 °C e a programação da coluna teve início a 100 °C por 2 min.,

seguido de acréscimo de 4 °C/min. até atingir 140 °C, seguido de acréscimo de 20 °C/min. até 280 °C que foi mantido por cinco minutos. Foi injetado o volume de 1 µL de solução de óleo a 10,0% em metanol no modo *split* de 1:10.

As análises por CG-EM foram realizadas por impacto eletrônico de 70 eV, sendo a temperatura da transferline de 280 °C, trap 220 °C, manifold 120 °C e as condições de temperatura da coluna semelhante às utilizadas na análise CGAR. Os diversos constituintes químicos dos óleos essenciais foram identificados por meio da comparação computadorizada com a biblioteca do aparelho, literatura e índice de retenção de Kovats (IK). Os IKs foram calculados por meio da injeção de uma série de padrões de n-alcenos (C₈-C₂₆), injetados nas mesmas condições cromatográficas das amostras.

2.3 Preparo dos extratos

Os extratos aquosos foram preparados pelo processo de maceração (BALMÉ, 2000). O material vegetal seco e triturado (20 g) foi colocado em 200 mL de água destilada, permanecendo em contato por 24 horas, com agitação ocasional. Em seguida, foi filtrado a vácuo, fornecendo 150 mL de filtrado, sendo armazenado em vidro âmbar, sob refrigeração, até a montagem dos bioensaios.

2.4 Obtenção de adultos de *Anastrepha* spp.

Foram coletados frutos de acerola (*Malpighia puniceifolia* L. – Malpighiaceae), cajá (*Spondias lutea* L.), cajarana (*Spondias cytherea* Sonn.), seriguela (*Spondias purpurea*) (Anacardiaceae), carambola (*Averrhoa carambola* L. – Oxalidaceae), goiaba (*Psidium guajava* L.), jambo-vermelho (*Syzygium malaccense* (L.) Merr. & Perry), pitanga (*Eugenia uniflora* L.) (Myrtaceae) e sapoti (*Manilkara zapota* – Sapotaceae) em municípios da região Sul da Bahia.

Os frutos foram acondicionados em bandejas contendo vermiculita, visando obtenção dos pupários. Os pupários foram alocados em câmara climática do tipo B.O.D à temperatura de 25 ± 1 °C e 14 horas de fotofase. Após a emergência, os tefritídeos foram transferidos para gaiolas teladas (50cm x 40cm x 40cm) e alimentados com solução de mel e água a 10% de concentração, pólen e água. Os adultos foram utilizados quando apresentavam idade entre 10 e 14 dias. A identificação das espécies de *Anastrepha* foi realizada após o término dos experimentos, por meio do exame do acúleo das fêmeas (ZUCCHI, 2000).

2.5 Bioensaios

Para avaliar o efeito de contato, os óleos essenciais das folhas das piperáceas, e do botão e pedúnculo de *S. aromaticum* foram aplicados nas concentrações de 1,0%, 5,0% e 10,0%, sendo equivalentes a 10, 50 e 100 µL de óleo/mL de solução, respectivamente. Por meio de uma pipeta de vidro graduada, foi dispensado sobre papel-filtro (78,54 cm²) 0,5 mL de cada tratamento (óleo essencial + acetona). O papel-filtro cobria

todo o piso da gaiola na qual foram liberados os insetos adultos após a evaporação da acetona, conforme metodologia adaptada de Prates e Santos (2002). Foram utilizadas como testemunhas acetona (testemunha 1) e sem aplicação de óleo essencial (testemunha 2). Os insetos foram alimentados com solução de água e mel a 10%, pólen e água, durante o período de avaliação.

Para avaliar o efeito por ingestão, 50 µL de óleo essencial das espécies de piperáceas, botão floral e pedúnculo do *S. aromaticum* foi adicionado a 0,5 mL de solução alimentar mel e água, correspondendo a uma solução a 10% de concentração. A testemunha não continha óleo essencial. As soluções foram embebidas em rolete dental de algodão, em frascos plásticos e disponibilizados como alimento, juntamente com pólen e água, aos adultos das moscas-das-frutas.

Para avaliar o efeito sobre a oviposição, frutos artificiais à base de ágar e em formato de semiesfera foram envolvidos com parafilme e pincelados com uma solução aquosa a 10% de concentração (0,3 mL de mel + 0,05 mL de óleo essencial + 0,15 mL de água). A testemunha não continha óleo essencial. Quatro “frutos artificiais” foram colocados em potes plásticos de 3,5 L (gaiolas), contendo dez fêmeas e três machos, sendo substituídos a cada dois dias, no período das das 9h00 às 11h00, por 15 dias.

Os extratos aquosos das folhas das piperáceas, do botão floral e pedúnculo de *S. aromaticum* foram preparados na concentração de 10% (p:v), mediante testes preliminares realizados para estimar as concentrações que provocassem mortalidade, conforme metodologia descrita por Tavares e Vendramim (2005). O volume total de 5 mL de cada tratamento foi pulverizado sobre adultos das moscas-das-frutas, por meio de um borrifador manual, sendo utilizada água como testemunha.

Os adultos permaneceram por uma hora em recipientes plásticos cobertos com tecido tipo “filó”, para que ocorresse a secagem da solução. Em seguida, foram transferidos para gaiolas (3,5 L). A dieta fornecida para estes insetos foi a mesma descrita nos bioensaios anteriores.

O bioensaio avaliando o efeito de contato, foi organizado em delineamento inteiramente casualizado, dispostos em esquema fatorial 5 x 3 x 9 sendo quatro tratamentos + testemunha (E), três concentrações (C) e nove períodos de exposição (1, 4, 8, 12, 24, 48, 72, 96, 120 horas) (H), com três repetições. Os bioensaios avaliando o efeito de ingestão e pulverização foram em delineamento inteiramente casualizado, dispostos em esquema fatorial 5 x 9, sendo quatro tratamentos + testemunha (E), e nove períodos de exposição (H), com três repetições. Nesses três bioensaios, cada unidade amostral foi composta de 10 adultos de *Anastrepha* spp. (ambos os sexos). Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade e análise de regressão. Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F), sendo que os dados de mortalidade (%) foram transformados

em (SNEDECOR; COCHARAN, 1974). Foi utilizado o programa estatístico R (R Development Core Team, 2009) para a análise dos dados.

Em cada experimento foi avaliada a mortalidade dos adultos, até 120 horas da aplicação dos tratamentos, exceto para a oviposição. Não foi necessário corrigir os valores de mortalidade (ABBOTT, 1925), já que não houve insetos mortos nas testemunhas.

No bioensaio de oviposição foi avaliado o número de ovos por fêmea e os resultados foram comparados pelo teste não paramétrico de X^2 (Qui-quadrado).

3 Resultados e Discussão

3.1 Identificação e quantificação dos componentes dos óleos essenciais

Por meio da análise cromatográfica foi verificado que os componentes voláteis majoritários do óleo essencial de

P. hispidum são: E-nerolidol, biclogermacreno e E-beta-guaineno (Tabela 1). O óleo essencial dessa espécie cultivada no Acre e em Rondônia é rico em safrol e dilapiol, compostos com atividade inseticida (FACUNDO *et al.*, 2008).

Esta espécie de piperácea cultivada em Minas Gerais não apresentou esses componentes, porém foram identificados compostos como biclogermacreno (7%), E-nerolidol (1,2%), semelhantes à coletada na região Sul da Bahia (MESQUITA *et al.*, 2005). Os sesquiterpenos presentes nos óleos essenciais apresentam atividade inseticida e insetistática, como supressores de apetite e retardadores de crescimento, além de afetarem diretamente o sistema nervoso central do inseto (BAKKALI *et al.*, 2008; OOTANI *et al.*, 2013). No óleo essencial de *P. hoffmannsegianum restingae* foram identificados os compostos majoritários: E-cariofileno, bourbonanona, biclogermacreno e α -humuleno (Quadro 1).

Quadro 1 - Constituintes químicos dos óleos essenciais das diferentes espécies vegetais analisadas por cromatografia em fase gasosa/espectrometria de massa (CG/EM)

Componentes	IK	Pedúnculo <i>S. aromaticum</i> (%)	Botão floral <i>S. aromaticum</i> (%)	<i>P. hispidum</i> (%)	<i>P. hoffmannsegianum</i> (%)
Eugenol	1364	91,96	89,77	-	-
β -cariofileno	1431	2,68	0,7	-	-
α -humuleno	1460	0,5	0,1	1,8	7,0
Acetato de eugenol	1504	2,89	8,97	-	-
E-nerolidol	1554	-	-	13,4	2,1
Biclogermacreno	1495	-	-	10,3	8,9
E-beta-guaineno	1500	-	-	11,2	-
E-cariofileno	1424	2,7	0,7	1,9	12,1
Bourbonanona	1557	-	-	-	10,1
Fenilpropanóides		94,4	98,7	-	1,4
Sesquiterpenos		3,1	0,8	58,5	50,8
Total identificado		97,5	99,5	70,1	80,2

IK= Índice Kovats

Fonte: dados da pesquisa.

No óleo essencial do pedúnculo e botão floral de *S. aromaticum* foram identificados cinco compostos (Quadro 1), correspondendo a 97,5% e 99,5% dos constituintes respectivamente, semelhante ao encontrado por outros autores (OLIVEIRA *et al.*, 2009; TIAN *et al.*, 2015). Destes, o eugenol foi o composto majoritário, corroborando outros estudos com esta mesma espécie vegetal (JAIROCE *et al.*, 2016; MISHRA *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2009).

3.2 Bioensaios

As espécies de *Anastrepha* utilizadas nos bioensaios estão apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Espécies de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* utilizadas nos bioensaios de contato, ingestão, pulverização e oviposição com diferentes espécies vegetais

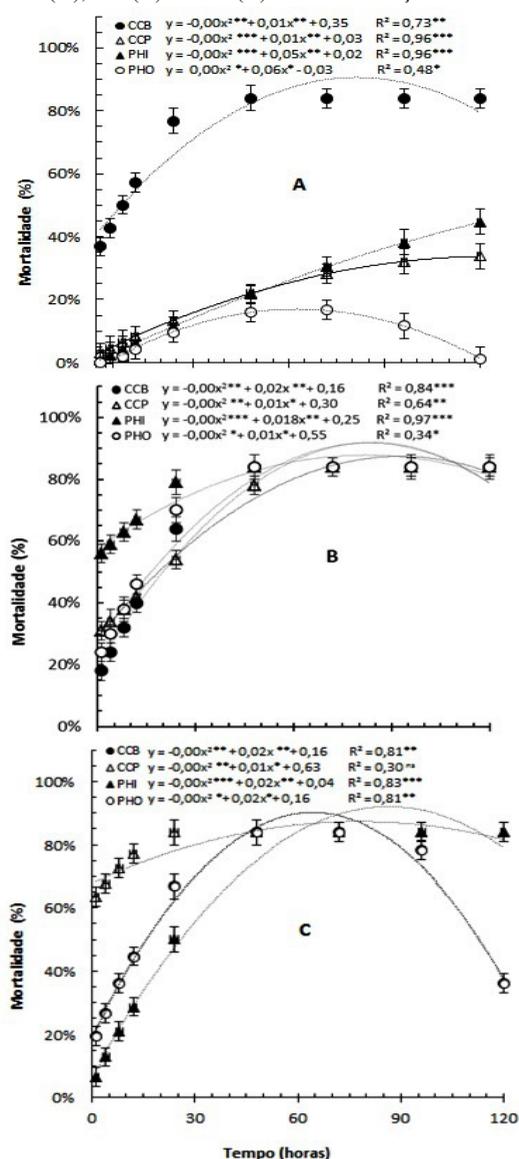
Bioensaio	Concentração (%)	Espécie	Nº de Indivíduos
Contato	1,0	<i>A. fraterculus</i>	50
		<i>A. obliqua</i>	50
	5,0	<i>A. fraterculus</i>	70
Ingestão	10,0	<i>A. obliqua</i>	30
		<i>A. fraterculus</i>	70
Pulverização	10,0	<i>A. obliqua</i>	30
		<i>A. fraterculus</i>	70
Oviposição	10,0	<i>A. fraterculus</i>	40
		<i>A. obliqua</i>	40
Oviposição	10,0	<i>A. fraterculus</i>	100
		<i>A. obliqua</i>	60

Fonte: dados da pesquisa

De maneira geral, é possível observar que houve interação entre os tratamentos, concentração e o tempo de avaliação, após a aplicação dos óleos essenciais sendo que ocorreu um acréscimo na mortalidade com aumento do período de exposição (Figura 1).

Verificou-se que os óleos essenciais das piperáceas e do pedúnculo de *S. aromaticum* seguiram uma tendência quadrática em função do tempo de exposição, ou seja, as maiores taxas de mortalidade ocorreram nas últimas horas, nas concentrações 5% e 10%, semelhante ao observado por Souto *et al.* (2012), em diferentes espécies de piperáceas sobre *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) (Figura 1).

Figura 1 - Mortalidade (%) de adultos de *Anastrepha* spp. em função do tempo de exposição, quando submetidos à ação de contato dos óleos essenciais das espécies vegetais à 1% (A), 5% (B) e 10% (C) de concentração



CCB = Botão floral de *Syzygium aromaticum*; CCP= Pedúnculo de *S. aromaticum*; PHI= *Piper hispidum*; PHO = *P. hoffmannsegianum restingae*. Nota: Para todos os valores R^2 , o nível de significância foi $p < 0,001$.

Fonte: dados da pesquisa

O óleo do botão floral do craveiro-da-índia a 1% de concentração causou mortalidade superior a 80% ao final do período de avaliação, diferindo dos óleos de *P. hispidum*, *P. hoffmannsegianum restingae* e do pedúnculo do *S. aromaticum*, que causaram mortalidade em menos de 30% dos adultos de moscas-das-frutas nesta concentração (Figura 1).

A alta mortalidade dos tefritídeos sob a ação dos óleos essenciais do craveiro-da-índia provavelmente se deve à concentração de eugenol. Outros estudos mostraram que a presença deste composto causou toxicidade a insetos-praga (COITINHO *et al.*, 2010; JAIROCE *et al.*, 2016). A ação mais rápida do óleo obtido do botão floral em relação ao do pedúnculo pode estar associada ao acetato de eugenol, que compõe em maior proporção o óleo do botão floral. Compostos químicos, mesmo em menores quantidades, podem agir como agentes sinérgicos, aumentando o efeito tóxico de outros componentes presentes em maiores teores na planta, como relatado por Akhtar *et al.* (2012) sobre larvas de *Trichoplusia ni* Hubner, 1803 (Lepidoptera: Noctuidae).

Todos os óleos essenciais a 5% e 10% de concentração provocaram 100% de mortalidade das moscas-das-frutas até o final da avaliação. A toxicidade dos óleos essenciais das piperáceas está associada, provavelmente, a presença dos sesquiterpenos E-nerolidol (*P. hispidum*) e E-cariofileno (*P. hoffmannsegianum restingae*), encontrados em maiores percentuais. Foi relatado que o dilapiol, presente no óleo essencial de *P. aduncum* coletada nas regiões Norte e Centro-Oeste, é o principal composto químico com ação inseticida (SOUTO *et al.*, 2012; TURCHEN *et al.*, 2016; VOLPE *et al.*, 2016).

No bioensaio de ingestão de óleos essenciais não ocorreu interação entre as fontes de variação, sendo significativo ($p < 0,05$) apenas nos tratamentos. Na pulverização dos extratos aquosos foi observado efeito significativo ($p < 0,05$), apenas nos tratamentos e horas de aplicação. A mortalidade dos adultos das moscas-das-frutas iniciou após 12 horas da aplicação dos tratamentos em ambos os bioensaios.

Na ação via ingestão, os óleos essenciais do botão floral e pedúnculo de *S. aromaticum* causaram maior mortalidade, diferindo dos demais tratamentos. Este efeito, provavelmente, ocorreu em função da interação dos compostos presentes no óleo essencial do craveiro-da-índia. Entre estes, os terpenoides β -cariofileno, E-cariofileno e α -humeleno, encontrados em menores proporções, porém, podendo ser ativos por meio dos receptores gustativos do inseto (AKHTAR *et al.*, 2012). A ingestão das soluções com óleos das folhas de piperáceas foi considerada pouco eficiente na mortalidade das moscas-das-frutas, com taxas inferiores a 12% (Quadro 3).

Quadro 3 - Mortalidade (média \pm erro padrão) de adultos de *Anastrepha* spp. sob ação de ingestão de óleos essenciais e pulverização de extratos aquosos de diferentes tratamentos após 120 horas de avaliação

Tratamentos	Mortalidade (%)	
	Ingestão	Pulverização
Pedúnculo de <i>Syzygium aromaticum</i>	44,00 \pm 8,00 a	65,00 \pm 3,56 a
Botão floral de <i>S. aromaticum</i>	49,00 \pm 6,50 a	58,00 \pm 2,33 a
<i>Piper hispidum</i>	11,00 \pm 3,00 b	30,00 \pm 4,50 b
<i>P. hoffmannsegiatum restingae</i>	7,00 \pm 2,00 b	27,00 \pm 4,56 b
Testemunha (sem aplicação)	0,0 \pm 0,0 c	-
Testemunha (água)	-	0,0 \pm 0,0 c

*Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: dados da pesquisa.

A pulverização dos extratos aquosos do botão floral e do pedúnculo do craveiro-da-india não diferiram entre si, com maior número de tefritídeos mortos (Quadro 2). Entretanto, um produto inseticida deve causar 80% de mortalidade para ser considerado eficiente de acordo com a Instrução Normativa SDA nº 36, de 24 de novembro de 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009).

A toxicidade pode estar associada aos fenilpropanóides, em sua composição, que apresentam atividade inseticida (MARANGONI *et al.*, 2012). Os extratos aquosos de piperáceas provocaram mortalidade abaixo de 30%, sendo considerados pouco eficazes no controle desses insetos. Este resultado corrobora com observado por Santos *et al.* (2012), que verificaram mortalidade inferior a 45% de adultos de *Anastrepha*, após a pulverização de extratos aquosos de *P. hispidum* e *P. aduncum*.

Foi verificado que houve redução na oviposição das fêmeas de *Anastrepha*, sendo que a menor porcentagem de ovos foi observada em frutos artificiais pincelados com o óleo essencial do botão floral de *S. aromaticum* (Quadro 4).

Quadro 4 - Oviposição (%) de *Anastrepha* spp. expostas a frutos artificiais tratados com diferentes óleos essenciais a 10% de concentração

Tratamentos	GL	Oviposição (%) em relação à testemunha*	X ²	Probabilidade (%)
<i>Piper hoffmannsegiatum</i>	1	39,6	115.9245	0
<i>P. hispidum</i>	1	27,0	169.2598	0
Pedúnculo do <i>S. aromaticum</i>	1	8,2	268.1257	0
Botão floral do <i>S. aromaticum</i>	1	3,1	298.3144	0

*Testemunha foi o tratamento sem aplicação de óleo essencial equivalente 100%. X²: Qui-quadrado

Fonte: dados da pesquisa.

Resultado semelhante foi observado por Oliveira *et al.* (2017), que constataram a diminuição de 74,1% na oviposição de *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Chrysomelidae) em grãos de feijão tratados com óleo essencial do botão floral desta espécie vegetal. A redução na oviposição do inseto-praga refletirá diretamente na diminuição de sua população no campo influenciando na produtividade da espécie hospedeira cultivada (SILVA *et al.*, 2014). Frutos artificiais pincelados com *P. hoffmannsegiatum restingae* apresentou maior porcentagem de ovos depositados, em relação aos demais tratamentos.

4 Conclusão

Os óleos essenciais das espécies vegetais *Syzygium aromaticum*, *Piper hispidum* e *P. hoffmannsegiatum restingae* apresentam como compostos majoritários o eugenol, E-nerolidol e E-cariofileno, respectivamente.

Os óleos essenciais do botão floral e pedúnculo de *S. aromaticum* e das piperáceas apresentam efeito inseticida sobre adultos de *Anastrepha* spp. a partir de 5%

de concentração, por ação de contato. O pedúnculo de *S. aromaticum* apresentou atividade inseticida sobre adultos de moscas-das-frutas, se caracterizando como um potencial produto no manejo integrado da praga.

Agradecimentos

À FAPESB, pela bolsa concedida ao primeiro autor. Ao professor Msc. Luiz Alberto Mattos Silva e a Dra. Elsin Franklin Guimarães pela identificação das espécies vegetais. Ao técnico agropecuário José Lima Paixão pela colaboração nas coletas. Aos colegas de laboratório Rodrigo Barros, Adriano Murielle e Elisângela Alves Melo, pela ajuda nas análises dos dados.

Referências

- ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticides. *J. Econ. Entomol.*, v.18, n.1, p.265-267, 1925.
- AKHTAR, Y. *et al.* Effect of chemical complexity of essential oils on feeding deterrence in larvae of the cabbage looper. *Physiol. Entomol.*, v.37, n.1, p.81-91, 2012. doi: 10.1111/j.1365-

3032.2011.00824.x.

ALUJA, M.; MANGAN, R.L. Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) Host Status Determination: Critical Conceptual, Methodological, and Regulatory Considerations. *Ann. Rev. Entomol.*, v.53, n.1, p.473-502, 2008. doi: 10.1146/annurev.ento.53.103106.093350.

BAKKALI, F. *et al.* Biological effects of essential oils: a review. *F. Chem. Toxicol.*, v.46, n.2, p.446-475, 2008. doi: 10.1016/j.fct.2007.09.106.

BALMÉ, F. *Plantas Mediciniais*. Barueri: Hemus, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Normas de identidade, qualidade e embalagem do cravo-da-índia*. Brasília: MS, 1981.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Instrução Normativa 36*. Brasília: MS, 2009.

BITTENCOURT, M.A.L. *et al.* Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e seus parasitoides (Hymenoptera: Braconidae) associados às plantas hospedeiras no Sul da Bahia. *Neo. Entomol.*, v.40, n.3, p.405-406, 2011. doi: 10.1590/S1519-566X2011000300016.

COITINHO, R.L.B.C. *et al.* Efeito residual de inseticidas naturais no controle de *Sitophilus zeamais* Mots. em milho armazenado. *Rev. Caat.*, v. 19, n. 2, p. 183-191, 2006.

COITINHO, R. L. B. C. *et al.* Persistência de óleos essenciais em milho armazenado, submetido à infestação de gorgulho de milho. *Ciê. Rur.*, v.40, n.7, p.1492-1497, 2010. doi: 10.1590/S0103-84782010005000109.

CRAVEIRO, A.A. *et al.* Óleos essenciais das plantas do nordeste. Fortaleza: UFC, 1981.

DUTRA, V. *et al.* Faunistic Analysis of *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) on a Guava Orchard under Organic Management in the Municipality of Una, Bahia, Brazil. *Neo. Entomol.*, v.38, n.133, p.133-139, 2009. doi: 10.1590/S1519-566X2009000100015.

FACUNDO V. A. *et al.* Constituintes químicos fixos e voláteis dos talos de frutos de *Piper tuberculatum* Jacq. e das raízes de *P. hispidum* HBK. *Act. Amazôn.*, v.38, n.4, p.733-742, 2008. doi: 10.1590/S0044-59672008000400018.

JAIROCE, C.F. *et al.* Insecticide activity of clove essential oil on bean weevil and maize weevil. *Rev. Bras. Engen. Agric. Ambien.*, v.20, n.1, p.72-77, 2016. doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v20n1p72-77.

MARANGONI, C. *et al.* Utilização de óleos essenciais e extratos de plantas no controle de insetos. *Rev. Ciênc. Ambien.*, v.1, n. 6, p.95-112, 2012. doi:10.18316/870.

MELO, E.A.S.F. *et al.* Hospedeiros, níveis de infestação e parasitoides de moscas frugívoras (Diptera:Tephritidae e Lonchaeidae) em municípios da região Sul da Bahia. *Magis.*, v.24, p. 8-16, 2012.

MELO, E.A.S.F. *et al.* Diversity of frugivorous flies (Tephritidae e Lonchaeidae) in three municipalities in southern Bahia. *Arq. Inst. Biol.*, v.83, p.1-7, 2016. doi: 10.1590/1808-1657000402014.

MESQUITA J. M. O. *et al.* Estudo comparativo de óleos voláteis de algumas espécies de Piperaceae. *Rev. Bras. Farmac.*, v.15, n.1, p.6-12, 2005. doi: 10.1590/S0102-695X2005000100003.

MISHRA, B.B. *et al.* Bioactivity of two plant derived essential oils against the rice weevils *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Proc. Nat. Acad. Sci., Ind. Sect. B: Biol. Sci.*, v.83, n.2, p.171-175, 2013. doi: 10.1007/s40011-012-0123-0.

OLIVEIRA, R.A. *et al.* Constituintes químicos voláteis de especiarias ricas em eugenol. *Rev. de Farc.*, v.19, n.3, p.771-779, 2009. doi:10.1590/S0102-695X2009000500020.

OLIVEIRA, J.V.F. *et al.* Fumigation and repellency of essential of oils against *Callosobruchus maculatus* (Coleptera: Chrysomelidae: Bruchinae) in cowpea. *Pesq. Agrop. Bras.*, v.52, n.1, p.10-17, 2017. doi: 10.1590/s0100-204x2017000100002.

OOTANI, M.A. *et al.* Use of Essential Oils in Agriculture. *J. Biot. Biod.*, v.4, n.1, p.162-175, 2013.

PRATES, H.T.; SANTOS, J. P. Óleos essenciais no controle de pragas de grãos armazenados. In: LORINI, I. *et al.* (Ed.). *Armazenagem de grãos*. Campinas: IBGE, 2002. p.443-461.

R development core team. *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, R Foundation for Statistical Computing. 2009. Disponível em: < <https://www.r-project.org/>>. Acessado em: 14 abr. 2020.

SANTOS, M.R.A. *et al.* Atividade inseticida de extrato das folhas de *Piper hispidum* (Piperaceae) sobre a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*). *Rev. Brasil. Botân.*, v.33, n.2, p.319-324, 2010. doi: 10.1590/S0100-84042010000200012.

SANTOS, M.R.A. *et al.* Atividade inseticida do extrato de raiz de *Piper hispidum* H.B.K. (Piperaceae) sobre *Hypothenemus hampei* Ferrari. *Rev. Saú. Pesq.*, v.4, n.3, p.335-340, 2011. doi: 10.1590/S0100-84042010000200012.

SANTOS, O.O. *et al.* Atividade inseticida de produtos de origem vegetal sobre moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e broca-rajada (Coleoptera: Curculionidae). *Magis.*, v. 24, p.26-31, 2012.

SARNAGLIA JUNIOR, V. B. *et al.* Diversidade de Piperaceae em um remanescente de Floresta Atlântica na região serrana do Espírito Santo, Brasil. *Biot.*, v.27, n.1, p.49-57, 2014. doi: 10.5007/2175-7925.2014v27n1p. 49.

SILVA M.B. *et al.* Extratos de plantas e seus derivados no controle de doenças e pragas. In: VENZON M, *et al.* (Ed.) *Controle alternativo de pragas e doenças na agricultura orgânica*. Viçosa, EPAMING. 2010. p.33-54.

SILVA, L.N. *et al.* First survey of fruit fly (Diptera: Tephritidae) and parasitoid diversity among myrtaceae fruit across the state of Bahia, Brazil. *Rev. Brasil. Frut.*, v.33, n.3, p.757-764, 2011. doi: 0.1590/S0100-29452011000300009.

SILVA, F.F. *et al.* Danos de moscas-das-frutas (Diptera, Tephritidae) em citros, manejados no sistema orgânico de produção. *Rev. Cer.*, v.61, n.5, p.637-642, 2014. doi: 10.1590/0034-737X201461050006.

SÁ, R. F. *et al.* Parasitismo natural em moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) no semiárido do sudoeste da Bahia, Brasil. *Rev. Bras. Frut.*, v.34, n.4, p.1266-1269, 2012. doi: 10.1590/S0100-29452012000400036.

SNEDECOR, G. W.; COCHRAN W. G. *Statistical methods*. Ames: State University Press, 1974.

SOUTO, R.P.N. *et al.* Insecticidal activity of piper essential oils from the Amazon Against the fire ant *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae). *Neo. Entomol.*, v.41, n.6, p.510-517, 2012. doi: 10.1007/s13744-012-0080-6.

TAVARES, M.A.G.C.; VENDRAMIM, J.D. Bioatividade da Erva-de-Santa-Maria, *Chenopodium ambrosioides* L., sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). *Neo. Entomol.*, v.34, n.2, p.319-323, 2005. doi: 10.1590/S1519-566X2005000200021.

TIAN, B. L. *et al.* Insecticidal potential of clove essential oil and its constituents on *Cacopsylla chinensis* (Hemiptera: Psyllidae) in Laboratory and Field. *J. Econ. Entomol.*, v.108, n.3, p. 957-961, 2015. doi: 10.1093/jee/tov075.

TURCHEN, L.M. *et al.* Toxicity of *Piper aduncum* (piperaceae) essential oil against *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera:

Pentatomidae) and non-effect on egg parasitoids. *Neo. Entomol.*, v.45, n.5, p.605-611, 2016. doi: 10.1007/s13744-016-0409-7.

VOLPE, H.X.L. *et al.* Efficacy of essential oil of *Piper aduncum* against nymphs and adults of *Diaphorina citri*. *Pes. Manag. Sci.*, v.72, n.6, p.1242-1249, 2016. doi: 10.1002/ps.4143.

ZUCCHI, R.A. Fruit flies in Brazil - *Anastrepha species and*

their hosts plants. 2008.<http://www.lea.esalq.usp.br/anastrepha/edita_infos.htm>. Acesso em 10 nov. 2020.

ZUCCHI, R.A. Lista das espécies de *Anastrepha*, sinónimas, plantas hospedeiras e parasitoides. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado*. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p.41-48.