

Compostos orgânicos voláteis de
diferentes variedades de mangueira, com
potencial para o manejo de *Sternochetus
mangiferae* (Coleoptera: Curculionidae)



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
367**

**Compostos orgânicos voláteis
de diferentes variedades de
mangueira, com potencial para o
manejo de *Sternochetus mangiferae*
(*Coleoptera*: Curculionidae)**

*Miguel Borges
Maria Carolina Blassioli-Moraes
Mirian Fernandes Furtado Michereff
Marla Juliane Hassemer
Izabela Nunes
Cleonor Cavalcante Alves da Silva
Diego Martins Magalhães
Raúl Alberto Laumann
Tadeu Graciolli Guimarães
Alessandra de Carvalho
Marcelo Perrone Ricaldi*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Parque Estação Biológica
PqEB, Av. W5 Norte (final)
70970-717, Brasília, DF
Fone: +55 (61) 3448-4700
Fax: +55 (61) 3340-3624
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Wagner Alexandre Lucena

Secretária-Executiva
Ana Flávia do N. Dias Côrtes

Membros
Bruno Machado Teles Walter; Daniela Aguiar de Souza; Eudes de Arruda Carvalho; Luiz Joaquim Castelo Branco Carvalho; Marcos Aparecido Gimeses; Solange Carvalho Barrios Roveri Jose; Márcio Martinello Sanches; Sérgio Eustáquio de Noronha

Supervisão editorial
Ana Flávia do N. Dias Côrtes

Revisão de texto
Maria Carolina Blassioli-Moraes

Normalização bibliográfica
Ana Flávia do N. Dias Côrtes - (CRB-1999)

Tratamento das ilustrações
Adilson Werneck

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Adilson Werneck

Foto da capa
Adilson Werneck

1ª edição
1ª impressão (ano): tiragem

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Compostos orgânicos voláteis de diferentes variedades de manga, com potencial para o manejo de *Sternochetus mangiferae* (Coleoptera: Curculionidae) / Miguel Borges [et al.] ... – Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2020.

31p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 367).

ISSN: 0102-0110

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader

Modo de Acesso: World Wide Web

1. Broca do caroço da manga. 2. Cairomônios. 3. Organoléptico. I. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. IX. Série.

632.96 – CDD 21

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução.....	7
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	15
Conclusão.....	25
Agradecimentos.....	26
Referência Bibliográfica.....	26

Compostos orgânicos voláteis de diferentes variedades de mangueira, com potencial para o manejo de *Sternochetus mangiferae* (Coleoptera: Curculionidae)

Miguel Borges¹

Maria Carolina Blassioli-Moraes²

Mirian Fernandes Furtado Michereff³

Marla Juliane Hassemer⁴

Izabela Nunes⁵

Cleonor Cavalcante Alves da Silva⁶

Diego Martins Magalhães⁷

Raúl Alberto Laumann⁸

Tadeu Graciolli Guimarães⁹

Alessandra de Carvalho Silva¹⁰

Marcelo Perrone Ricaldi¹¹

Resumo – *Sternochetus mangiferae* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae) é uma das principais pragas da cultura da mangueira, presente em pomares de vários países, e recentemente registrada no Brasil. Atualmente, não existem métodos eficientes de monitoramento e controle desta praga em nenhum dos países onde ela ocorre. As práticas recomendadas para o controle desse inseto são a limpeza dos pomares, a aplicação de agrotóxicos e a busca por

1 Biólogo, doutor em Insect Chemical Ecology, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF.

2 Química, doutora em Química Analítica, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF.

3 Bióloga, doutora em Biologia Animal, pesquisadora, Brasília, DF.

4 Bióloga, doutora em Zoologia, pesquisadora, Brasília, DF.

5 Engenheira Agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora, Brasília, DF.

6 Agrônoma, mestre em Ciências Biológicas, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF.

7 Biólogo, doutor em Zoologia, pesquisador, Brasília, DF.

8 Biólogo, doutor em Ciências Biológicas, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF.

9 Engenheiro Agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Brasília, DF.

10 Agrônoma, doutora em Biologia Parasitária, pesquisadora da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ.

11 Engenheiro Agrônomo, doutor em Fitossanidade, analista da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ.

cultivares resistentes. Entretanto, o uso de semioquímicos pode acrescentar muito ao manejo, uma vez que tem potencial para monitorar e controlar os curculionídeos, principalmente quando os feromônios são combinados com cairomônios das plantas hospedeiras e utilizados em armadilhas. O objetivo deste trabalho foi identificar o perfil químico dos compostos voláteis liberados das inflorescências e dos frutos verdes de quatro variedades de mangueira (Coquinho, Ubá, Tommy Atkins e Palmer) e identificar quais destes compostos estão associados ao odor característico da mangueira. Os voláteis foram obtidos pela técnica de aeração forçada e quantificados e identificados por cromatografia gasosa acoplada ao detector de ionização de chamas (CG-DIC) e espectrometria de massas (CG-EM), respectivamente. Os resultados mostraram que as inflorescências e os frutos da mesma variedade de mangueira produziram voláteis com perfis químicos similares, mas as inflorescências produziram voláteis em maior quantidade. Quando se comparou as diferentes variedades, observou-se que o perfil dos voláteis produzidos foi qualitativamente diferente e que dois monoterpenos, mirceno e car-3-eno, são os compostos majoritários e os principais responsáveis por separar as variedades estudadas pelo perfil de voláteis. A análise organoléptica mostrou que os compostos 6-metil-5-hepten-2-ona, mirceno, 2-metóxi-fenol, benzoato de metila e etila são os principais compostos que lembram o odor da manga (fruto ou inflorescência) ao olfato humano. Estudos estão sendo conduzidos para avaliar se estes compostos agem na atratividade de *S. mangiferae*, visando o desenvolvimento de um sistema de armadilhas para o manejo e o controle desta praga.

Termos para indexação: Manga, broca-da-mangueira, cairomônios, organoléptico.

Volatile organic compounds from fruits and inflorescences of different mango varieties, with potential for managing the behavior of *Sternochetus mangiferae* (Coleoptera: Curculionidae).

Abstract – *Sternochetus mangiferae* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae) is an important mango seed pest widespread in most mango producing countries and was newly introduced in Brazil. The recommended practices for management of this weevil are orchard hygiene and pesticide application. Therefore, is needed the development of sustainable and efficient methods to control and monitor this pest. Semiochemicals present great potential to control and monitor curculionids. Generally, curculionids produce

aggregation pheromones that combined with host-plant volatiles increase their attractiveness. Therefore, the aim of this work was to identify the chemical profile of volatile compounds from inflorescences and green fruits of different varieties of mango trees (Coquinho, UBÁ, Tommy and Palmer) and identify the main volatile compounds related to the inflorescence and fruit odour. The volatiles were collected by air entrainment and analysed by gas chromatography with the flame ionization detector (GC-FID) and mass spectrometry detector (GC-MS). Inflorescences and fruits of the same mango variety produced volatiles with similar chemical profile, but the inflorescences released greater amounts of volatiles compared with fruits. It was observed that mango varieties produced qualitatively different volatile profiles, and the monoterpenes, myrcene and car-3-ene, were the two main compounds responsible for separating the chemical profile of the varieties studied here. Organoleptic analysis showed that 6-methyl-5-hepten-2-one, myrcene, 2-metoxypheanol, methyl and ethyl benzoate are the compounds most related to the scent of mango for human olfaction. Studies are being conducted to evaluate whether the same compounds also attract the mango seed weevil.

Index terms: Mango, mango seed weevil, kairomones, organoleptic.

Introdução

No Brasil, a manga (*Mangiferae indica* L.) (Anacardiaceae) é uma das frutas tropicais com crescente importância econômica, cuja produção é voltada tanto para o consumo interno quanto para a exportação. Proveniente da Ásia (Índia), a mangueira adaptou-se bem ao clima brasileiro. As primeiras mangueiras trazidas para o Brasil pelos portugueses no século XVI, foram plantadas no Rio de Janeiro e de lá para cá seu cultivo disseminou-se por todo o país (Simão, 1998). Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura (FAO, 2018), o Brasil é hoje o sétimo maior produtor mundial de manga, e os principais estados produtores são Bahia, Pernambuco, São Paulo e Minas Gerais. A maior parte da produção destinada ao mercado externo é oriunda do Vale do Rio São Francisco, principalmente da região compreendida entre Petrolina (PE) e Juazeiro (BA).

O faturamento das fazendas nessa região chega a US\$ 200 milhões por ano com produção aproximada de 170 mil toneladas. A União Europeia (Holanda), EUA, a América do Sul e a Ásia são os principais clientes do Vale do São Francisco (Kist et al., 2019).

A cultura da manga é atacada por inúmeras pragas e doenças, cuja importância econômica varia de acordo com a região de cultivo. No mundo, um dos principais insetos-praga é a broca-da-mangueira, *Sternochetus mangiferae* (Coleoptera: Curculionidae) (Fabricius 1775). Todo o ciclo de desenvolvimento do inseto ocorre no interior do fruto, uma vez que as larvas se alimentam das sementes. O principal impacto econômico ocorre na comercialização internacional, já que ao ser considerada uma praga quarentenária a presença do inseto impõe barreiras sanitárias às exportações (Braithwaite; Van Emden, 2010). Este curculionídeo era considerado ausente no Brasil até ser detectado em 2014 no município do Rio de Janeiro (Silva; Ricalde, 2017, Silva 2019) sendo sua presença constatada também em áreas não comerciais em outros municípios fluminenses (Silva; Ricalde, 2017, Silva 2019). Atualmente, a preocupação dos cientistas e órgãos oficiais de controle de pragas (Embrapa e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA) é evitar que este inseto se disperse para as regiões produtoras destinadas à exportação do fruto e também àquelas destinadas ao abastecimento do mercado nacional.

Sternochetus mangiferae está presente nas regiões tropicais e subtropicais de vários países do mundo (Cabi, 2018) (Figura 1). Embora haja inúmeros relatos sobre a sua biologia e injúrias causadas, o controle da broca-da-mangueira é difícil devido principalmente ao seu ciclo biológico, que ocorre no interior dos frutos, à sua ecologia e à ausência de inimigos naturais específicos (Balock; Kozuma, 1964; Peng; Christian, 2007; Braithwaite et al., 2009; Braithwaite; Van Emden, 2010; Bhattacharyya et al., 2016; Dassou et al., 2018).

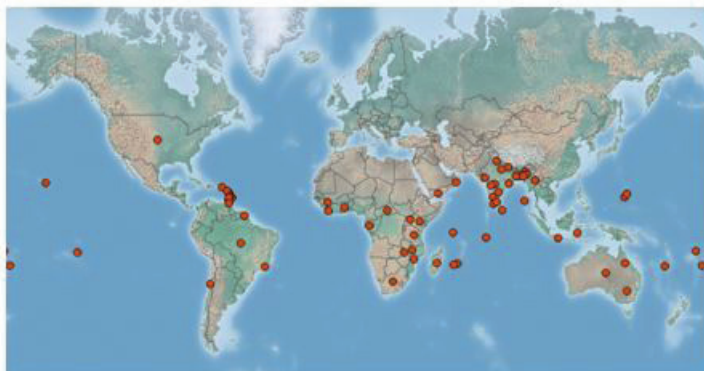


Figura 1. Mapa da distribuição da broca-da-mangueira no mundo em 2017. (Cabi, 2018).

O uso de semioquímicos tem grande potencial para monitorar e controlar *S. mangiferae* nos pomares do país. A atração de diversas espécies de curculionídeos a voláteis de plantas hospedeiras está bem documentada na literatura (Landolt; Philips, 1997; Wibe et al., 2014; Baroffio et al., 2018; Magalhães et al., 2018). No caso das mangueiras, tanto o fruto quanto as inflorescências têm odores bem característicos ao olfato humano. A composição organoléptica da fruta mostra como principais compostos os monoterpenos limoneno, α -pineno, car-3-eno, mirceno, (*Z*) e (*E*)-ocimeno, linalol, óxido de linalol e ésteres etílicos e metílicos, como benzoato de metila e etila, e 2-(*S*)-metilbutanoato de metila. Além dos monoterpenos e ésteres, os sesquiterpenos também são emitidos em grande quantidade e diversidade, sendo os mais comuns α - e δ -cadineno, germacreno D, β -selineno e sesquiterpenos oxigenados como globulol, viridiflorol, cubenol e α -cadinol, além de lactonas (Franco, 2004). No entanto, os sesquiterpenos e as lactonas não foram relacionados com a percepção do odor da manga pelos humanos, enquanto o monoterpeno mirceno é relacionado fortemente com o odor dos frutos da manga (Franco, 2004). Os ésteres voláteis estão associados a odores mais doces como o 2-(*S*)-metil butanoato de etila na variedade Carlota, ou os ésteres 2-metilbutanoato de etila e 3-metilbutanoato de etila, que estão associados ao odor frutado nas variedades Haden e Coração de Boi. Apesar da extensa literatura sobre os voláteis de frutos de manga prontos para o consumo humano, não encontramos informação sobre a produção de voláteis das inflorescências e de frutos verdes pequenos (3 a 6 cm) de variedades brasileiras, que provavelmente são fonte de informação

para *S. mangiferae* interromper a diapausa e para as fêmeas encontrarem a planta hospedeira onde fará as suas posturas. Jesus et al. (2004) mostraram que outro curculionídeo do mesmo gênero, *Sternochetus frigidus* (Fabr.), é atraído por voláteis de inflorescências das mangueiras. Segundo este estudo, os principais voláteis envolvidos na atração do inseto foram: ácido acético, decano, acetona, linalol, benzoato de etila e 2-metil heptanona.

Em geral, os curculionídeos produzem feromônio de agregação, que, quando combinado com os voláteis de plantas hospedeiras, têm sido utilizados para aumentar a atratividade para armadilhas empregadas no monitoramento de curculionídeos-praga. Essa estratégia foi empregada para o bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) (Dickens, 1989). Estudos de laboratório mostraram que seis compostos voláteis produzidos pelo algodoeiro, (*R*)-linalol, salicilato de metila, (*E*)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno (DMNT), (*E*)-cariofileno, geranilacetona e (*E-E*)-4,8,12-trimetiltrideca-1,3,7,11-tetraeno (TMTT), quando utilizados na mesma proporção produzida pela planta no estágio reprodutivo e combinados com o feromônio de agregação, levaram a um aumento significativo na atratividade de machos e de fêmeas de *A. grandis* (Magalhães et al., 2018). Em estudos de campo, resultados similares foram obtidos com o feromônio de agregação do moleque-da-bananeira, *Cosmopolitus sordidus* (Germar, 1824), espécie da mesma família do bicudo-do-algodoeiro, onde o feromônio foi utilizado com pedaços de pseudocaulo da planta para o controle deste inseto (Abagale et al., 2018). Uma estratégia semelhante também foi usada com o feromônio de agregação de *Anthonomus rubi* (Herbst, 1795), bicudo-do-morango-silvestre, *Fragaria vesca* L. (Rosaceae). Os componentes do feromônio de agregação de *A. rubi* são o grandlure I e II e o lavadulol, que quando usados isoladamente não mostraram uma captura significativa dos insetos no campo, porém quando aplicados em conjunto com o composto 1,4 dimetoxibenzeno, principal composto volátil produzido pelas flores do morango silvestre, houve uma captura duas vezes maior (Wibe et al., 2014).

O objetivo deste trabalho foi elucidar o perfil químico dos voláteis liberados por quatro variedades de mangueiras, com o intuito de identificar os compostos que possam ser posteriormente usados em armadilhas para o monitoramento e para a captura de *S. mangiferae*.

Material e Métodos

Plantas: Inflorescências e Frutos

Os voláteis das inflorescências de mangueiras foram coletados das variedades Ubá, Coquinho, Tommy Atkins e Palmer. As duas primeiras variedades foram obtidas na área experimental da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e as outras duas oriundas do Banco de Germoplasma da Embrapa Cerrados (BAG Manga), ambos em Brasília, DF. Os voláteis dos frutos foram coletados das variedades Ubá e Coquinho.

Os frutos aerados mediam de 3,0 a 6,0 cm de comprimento. Este tamanho foi utilizado porque os insetos preferem brocar frutos novos nessas dimensões (Braithwaite et al., 2009).

Coleta dos voláteis

Os voláteis foram coletados diretamente das inflorescências e dos frutos sem serem destacados das plantas ($N = 5$) para as variedades Coquinho e Ubá. Para as variedades Tommy Atkins e Palmer, as inflorescências foram destacadas da planta e imediatamente aeradas. Para a coleta dos voláteis, as inflorescências ou os frutos foram introduzidos em sacos plásticos de poliéster (482 × 596 mm, Oven Bags, Reynolds, Lake Forest, IL, EUA) com a extremidade fechada com fita de arame plastificado (Figuras 2 e 3). Antes de serem usados, os sacos de poliéster foram condicionados e limpos em estufa por 40 min a 100°C; para isto, estes foram virados do avesso. No sistema de aeração, o ar entra nos sacos de plástico por meio de um compressor com corrente de ar de 1 L.min⁻¹, conectado a um filtro de carvão ativado (malha 20-40, Supelco, Bellefonte, PA, EUA), permitindo somente a entrada de ar purificado. A saída do ar ocorre através de uma bomba de vácuo com vazão de 0,6 L.min⁻¹, conectada a um tubo de vidro (comprimento 10 cm, DI 0,5 cm) contendo 100 mg do polímero adsorvente Porapak Q (malha 60-80, Supelco, Bellefonte, PA, EUA). As conexões foram todas via tubos de politetrafluoretileno (PTFE), criando um sistema de pressão positiva (Figura 3). Os voláteis foram coletados por 24 h e eluídos dos tubos adsorventes utilizando 500 µL do solvente orgânico *n*-hexano. Após o processo de eluição,

os tubos foram limpos utilizando 2 mL de *n*-hexano e aquecidos a 250°C, sob fluxo constante de nitrogênio, por 30 minutos antes de serem utilizados novamente. As amostras obtidas foram armazenadas a -20°C até sua utilização para as análises químicas.



Figura 2. Coleta dos voláteis dos frutos e inflorescências da mangueira Tamanho dos frutos (A); inflorescências na planta (B); inflorescências envolvidas pelos sacos de poliéster para a coleta dos voláteis (C).

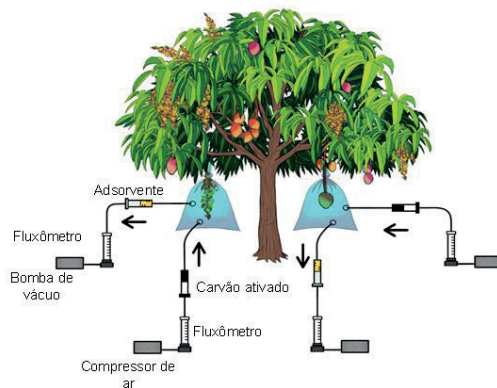


Figura 3. Desenho esquemático da coleta dos voláteis nas mangueiras com inflorescências e frutos. As flechas indicam o sentido do fluxo.

Nas variedades Tommy Atkins e Palmer, cujas inflorescências foram retiradas das plantas ($N = 3$) e levadas para o laboratório, os voláteis foram coletados em câmeras de aeração. As inflorescências foram colocadas em um Erlenmeyer de 250 mL com água, para manter as plantas hidratadas, sendo em seguida colocadas em câmeras de vidro de 10 L. Um sistema de entrada e saída de ar foi estabelecido na câmara. A parte inferior da câmara de vidro foi conectada a uma entrada de ar purificado com filtro de carvão ativado (20-40 malha, Supelco) a um fluxo de $1 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ e a parte superior da câmara foi conectada a uma saída do ar ligada a uma bomba de vácuo, a $0,6 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$, estabelecendo um sistema de pressão positiva dentro da câmara, e assim evitando a entrada de ar externo. Os voláteis foram coletados ao longo de 3 h em adsorvente polimérico Porapak Q (100 mg, malha 60-80, Supelco). Os adsorventes foram eluídos e analisados conforme descrito acima para as aerações das variedades Ubá e Coquinho.

Análise química

Para as análises quantitativas dos compostos orgânicos voláteis, cada amostra foi acrescida de $1 \mu\text{L}$ do composto 16 hexadecanolactona, como padrão interno (PI), preparado em *n*-hexano destilado. Posteriormente, as amostras foram concentradas sob nitrogênio para $100 \mu\text{L}$. Em seguida, $1 \mu\text{L}$ de cada solução foi injetado em cromatógrafo gasoso (CG -Agilent 7890A) equipado com coluna apolar DB-5MS (0,32 mm de diâmetro \times 60 m de comprimento e filme de $0,25 \mu\text{m}$, Supelco, Bellefonte, PA, EUA) e detector de ionização em chama (DIC), utilizando o modo *splitless* e tendo o hélio como gás de arraste. A temperatura inicial da rampa foi de 50°C por 2 min, aumentando gradualmente $5^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ até atingir 180°C , onde foi mantida por 0,1 minutos, seguida de um segundo aumento gradual de $10^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ até atingir 250°C , permanecendo nessa temperatura por 20 min. A temperatura do detector foi de 270°C e a do injetor 250°C .

A quantificação dos voláteis obtidos das inflorescências e dos frutos por 24 h foi realizada por meio de comparação das áreas de cada composto em relação à área do PI. Desta forma, considerou-se o fator de resposta do detector, para todos os compostos, igual a 1. Os dados foram coletados com o *software* ChemStation (Agilent, CA, EUA) e analisados com o programa

Excel (Microsoft Office Mac 2015, Microsoft Corporation, EUA). A produção dos voláteis em cada tratamento foi avaliada por análise multivariada de componentes principais (Palaeontological Stat, versão 3.1). A produção por classe de compostos foi avaliada usando modelos lineares generalizados com distribuição Gama e função inversa, seguido por análise de contrastes no *software* R 3.6.4.

Para a análise qualitativa, amostras selecionadas foram injetadas no cromatógrafo gasoso acoplado à espectrometria de massas (CG-EM - Agilent 5975-MSD), equipado com analisador quadrupolar, coluna apolar DB-5MS (0,25 mm de diâmetro × 30 m de comprimento, com filme de 0,25 µm, Supelco, Bellefonte, PA, EUA), ionização por impacto de elétrons (70 eV, temperatura de 200°C) e injetor no modo *splitless*. O gás hélio foi utilizado como gás de arraste. Os dados foram coletados e analisados com o *software* ChemStation. A identificação dos compostos voláteis foi realizada por comparação do padrão de fragmentação dos componentes da amostra com o de dados catalogados em bibliotecas espectrais (NIST, 2008) e também pelo cálculo do índice de retenção (IR). Para calcular o IR, uma mistura de hidrocarbonetos alcanos lineares (nC_8 - C_{26}) foi injetada nas mesmas condições descritas anteriormente. Para a confirmação final, o padrão de fragmentação e o IR dos compostos foram comparados com os dados obtidos da coinjeção de padrões autênticos com as amostras.

Análises organolépticas

As análises organolépticas foram conduzidas nas mesmas condições e equipamentos da análise por CG-DIC, exceto pelo fluxo da coluna que foi dividido, sendo uma parte direcionada para o detector de ionização de chamas e a outra parte para o nariz. Para determinar quais voláteis são correlacionados à manga pelo olfato humano, foi conduzido um painel com quatro juízes (MCBM, MJH, MFFM e MB). A amostragem olfatória iniciou após dois minutos da injeção da amostra no cromatógrafo gasoso. Os voláteis foram separados em um CG-DIC Agilent 7890C equipado com um injetor *splitless*, detector de ionização de chamas e uma coluna DB-5MS (0,25 mm de diâmetro × 30 m de comprimento, com filme de 0,25 µm, Supelco,

Bellefonte, PA, EUA). O programa utilizado na corrida foi ligeiramente mais curto, iniciando com a temperatura a 40°C mantida por 1 min, então com uma rampa de 8°C por min até 250°C, onde ficou por 5 minutos. O gás carreador utilizado foi hélio. Cada juiz fez dois testes, com intervalo de descanso de 1 h. Foram avaliadas as respostas dos quatro juízes às amostras naturais de aeração da inflorescência das variedades Ubá e Coquinho e para uma solução sintética contendo os seguintes compostos: β -pineno, mirceno, car-3-eno, (*Z*)-ocimeno, (*E*)-ocimeno, 2-metoxifenol, benzoato de metila, benzoato de etila e salicilato de metila. Para as análises por CG-olfatometria, 2 μ L de cada amostra foram utilizados.

Origem dos compostos químicos

Padrões autênticos de α -pineno (98%), β -pineno (99%), mirceno (90%), (*Z*)-ocimeno e (*E*)-ocimeno (mistura de 30:70), γ -terpineno (97%), salicilato de metila (99%), benzoato de etila (9%), benzoato de metila (9%), 6-metil-5-hepten-2-ona (98%), α -terpinoleno foram adquiridos da Sigma-Aldrich Inc. (Steinheim, Alemanha). Linalol (96%), α -humuleno (96%), (*E*)-cariofileno (90%) e limoneno (97%) foram adquiridos da TCI-América (Portland, EUA), e geanilacetona (96%) da TCI-Japão (Tóquio, Japão). O solvente hexano (>97% redestilado) foi adquirido da Sigma-Aldrich Inc. (Steinheim, Alemanha). Os compostos (*E*)-4,8-Dimetil-1,3,7-nonatrieno (DMNT) (95%) e (*E,E*)-4,8,12-trimetil-1,3,7,11-tridecatetraeno (TMTT) (97%) foram sintetizados do geraniol e (*E,E*)-farnesol, respectivamente (Leopold, 1990). O composto (*E,E*)- α -farneseno foi sintetizado conforme descrito em Hasssemer et al. (2016).

Resultados e Discussão

Nas amostras de aeração das inflorescências e dos frutos das variedades Ubá e Coquinho foram identificados 28 compostos majoritários (o pico marcado como 12 tem dois compostos co-eluinto) quando estes foram coletados ainda na planta (Figura 4). Houve grande variabilidade entre os indivíduos analisados. Comparando o perfil químico dos voláteis obtidos das inflorescências, observou-se que a variedade Ubá produziu uma maior quantidade do composto mirceno (pico 6 no cromatograma da Figura 4), enquanto a variedade Coquinho produziu o monoterpene car-3-eno (pico 7 no cromatograma da Figura 4).

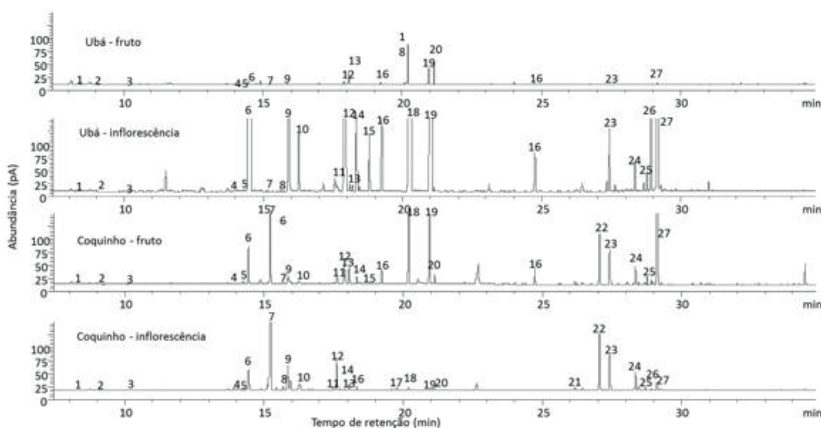


Figura 4. Perfil químico obtido das análises das amostras de voláteis da aeração das inflorescências e dos frutos de manga, variedades Ubá e Coquinho. 1) 2-metil butirato de metila, 2) desconhecido, 3) furfural, 4) β -pineno, 5) 6-metil-5-hepten-2-ona, 6) mirceno, 7) car-3-eno, 8) limoneno, 9) (*Z*)-ocimeno, 10) (*E*)-ocimeno 11) α -terpinoleno, 12) *trans*-óxido de linalol e 2-metoxifenol (coeluinto), 13) benzoato de metila, 14) linalol, 15) nonanal, 16) DMNT, 17) alocimeno , 18) benzoato de etila, 19) salicilato de metila, 20) decanal, 21) 2-metóxi-benzoato de etila, 22) α -gurjunene, 23) (*E*)-cariofileno, 24) α -humuleno, 25) gemarceno D, 26) β -selineno, 27) (*E,E*)- α -farneseno.

Quando se avaliou a produção dos voláteis por classe de compostos, a quantidade total de voláteis liberada pelas inflorescências foi significativamente maior comparada aos frutos da mesma variedade (Figura 5). Como os curculionídeos colonizam a planta no início da frutificação, propõe-se a hipótese de que os insetos devam usar o odor das inflorescências para localizar a planta hospedeira. Os voláteis liberados pelas inflorescências e pelos frutos são qualitativamente iguais. Avaliando-se a produção da classe dos compostos nas inflorescências, houve diferença significativa ($\chi^2 = 52,314$, gl = 4, $p < 0,001$), sem considerar as variedades (Figura 5). A liberação dos compostos monoterpênicos não diferiu da liberação dos ésteres ($t = -0,92$, gl = 50, $p = 0,362$), sesquiterpênicos ($t = -1,60$, gl = 50, $p = 0,115$) e homoterpênicos ($t = -0,41$, gl = 50, $p = 0,686$), mas foi maior que a liberação dos aldeídos e cetonas ($t = -2,95$, gl = 50, $p = 0,005$). A liberação média de aldeído e cetona (furfural e 5-metil-6-hepten-2-ona) foi menor que a liberação média de sesquiterpênicos ($t = 2,92$, gl = 50, $p = 0,005$), homoterpênicos ($t = 2,88$, gl = 50, $p = 0,006$) e ésteres ($t = 2,94$, gl = 50, $p = 0,005$). A liberação dos sesquiterpênicos pelas inflorescências não diferiu da liberação dos compostos da classe dos homoterpênicos (DMNT) ($t = -0,85$, gl = 50, $p = 0,399$) e ésteres ($t = 0,54$, gl = 50, $p = 0,591$), e também não houve diferença na liberação dos homoterpênicos comparado aos ésteres ($t = 1,31$, gl = 50, $p = 0,196$) (Figura 5 e Tabela 1).

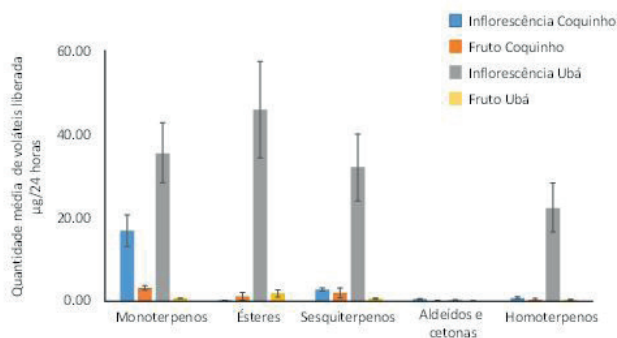


Figura 5. Quantidade média total ($\mu\text{g}/24\text{ h}$) das classes de compostos liberados por frutos e inflorescências de duas variedades de manga, variedades Coquinho e Ubá.

Quando os voláteis das inflorescências foram comparados entre as variedades, observou-se diferença na liberação dos voláteis totais da variedade Ubá, em relação às demais variedades (Tommy Atkins, Palmer e Coquinho) ($\chi^2 = 29,175$; gl = 3; $p < 0,001$) (Figura 6, Tabela 2). Não houve diferença na produção total dos voláteis entre as variedades

destacadas (Palmer e Tommy) comparadas à variedade Coquinho, que não foi destacada da planta ($t = 0,05$; $gl = 13$; $p = 0,9578$, $t = 1,69$; $gl = 13$; $p = 0,114$, respectivamente). A inflorescência da variedade Ubá produziu significativamente menor quantidade de voláteis totais comparada às outras variedades (Coquinho $t = -3,19$; $gl = 13$, $p = 0,007$; Palmer: $t = 3,24$; $gl = 13$; $p = 0,008$, Tommy: $t = 3,69$; $gl = 13$; $p = 0,027$). Assim, a variação na produção dos voláteis totais parece estar mais relacionada com a variedade da planta, do que com o fato da inflorescência estar ou não destacada. Não houve diferença na liberação total dos voláteis das inflorescências quando se comparou as variedades Palmer e Tommy Atkins ($t = 1,19$, $gl = 13$, $p = 0,219$) (Figura 6). No entanto, houve diferença qualitativa; os compostos α -copaeno, δ -cadineno e um sesquiterpeno não identificado (IR = 1479) foram identificados somente nas variedades Tommy Atkins e Palmer (Tabela 2). Porém, não foi possível verificar se isso foi devido às plantas terem sofrido dano mecânico, induzindo a liberação destes compostos voláteis, ou se estes são liberados constitutivamente.

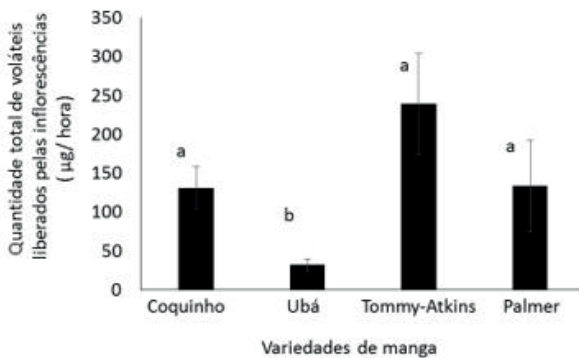


Figura 6. Quantidade total dos voláteis liberados pelas inflorescências das diferentes variedades de manga avaliadas.

Tabela 1. Média \pm erro padrão da quantidade de voláteis liberada ($\mu\text{g} / \text{h}$) por inflorescências e por frutos coletados pela técnica de aeração forçada das diferentes variedades de manga (Ubá, Coquinho, Tommy-Atkins e Palmer) analisadas.

Compostos	IR	Fruto var. Ubá	Inflorescência var. Ubá	Fruto var. Coquinho	Inflorescência var. Coquinho	Inflorescência var. Tommy Atkins	Inflorescência var. Palmer
2-Metil butirato de metila	780	0,328 \pm 0,100	0,045 \pm 0,020	-	0,160 \pm 0,117	0,189 \pm 0,107	0,225 \pm 0,177
Desconhecido	798	0,839 \pm 0,498	0,010 \pm 0,007	0,035 \pm 0,024	0,035 \pm 0,027	0,006 \pm 0,006	0,000 \pm 0,000
Furfural ^a	930	0,024 \pm 0,024	0,095 \pm 0,033	-	0,719 \pm 0,292	0,219 \pm 0,128	0,332 \pm 0,102
β -pineno	978	Traços	Traços	Traços	Traços	Traços	Traços
6-Metil-5-hepten-2-ona	985	0,162 \pm 0,072	0,524 \pm 0,049	0,000 \pm 0,000	0,273 \pm 0,110	3,000 \pm 0,731	0,803 \pm 0,362
Mirceno	991	1,741 \pm 0,588	273,562 \pm 61,959	1,874 \pm 1,861	4,055 \pm 0,972	37,729 \pm 14,026	38,546 \pm 15,890
α -Felandeno	1005	-	-	-	-	Traços	Traços
Car-3-eno	1016	0,262 \pm 0,147	0,076 \pm 0,012	7,404 \pm 5,368	133,538 \pm 29,528	95,782 \pm 50,683	100,510 \pm 62,017
Limoneno	1031	0,271 \pm 0,151	0,212 \pm 0,067	0,131 \pm 0,131	0,915 \pm 0,174	36,527 \pm 12,312	24,656 \pm 9,241
(Z)-Ocimeno	1037	1,454 \pm 0,717	25,890 \pm 5,551	0,927 \pm 0,927	4,480 \pm 1,010	9,629 \pm 2,884	7,429 \pm 2,429
(E)-Ocimeno	1050	0,475 \pm 0,182	12,017 \pm 2,745	0,293 \pm 0,270	3,045 \pm 0,650	13,188 \pm 1,743	8,157 \pm 2,794
α -Terpinoleno	1091	0,320 \pm 0,154	2,948 \pm 0,636	0,562 \pm 0,543	4,369 \pm 1,086	37,706 \pm 13,940	42,612 \pm 17,159
trans-Óxido de linalol/2-metóxi-fenol ^a	1095	0,232 \pm 0,154	0,248 \pm 0,05	0,051 \pm 0,046	0,120 \pm 0,086	-	-
Benzoato de metila	1099	1,432 \pm 0,717	91,229 \pm 22,374	1,435 \pm 1,406	0,294 \pm 0,155	33,687 \pm 0,768	11,724 \pm 3,461
Linalol	1106	1,144 \pm 0,514	1,414 \pm 0,111	0,859 \pm 0,796	1,376 \pm 0,339	1,346 \pm 0,301	0,580 \pm 0,353
Nonanal	1109	0,211 \pm 0,184	1,134 \pm 0,279	0,000 \pm 0,000	0,014 \pm 0,009	0,000 \pm 0,000	0,000 \pm 0,000
DMNT	1115	0,284 \pm 0,170	22,510 \pm 5,770	-	0,808 \pm 0,207	22,071 \pm 5,971	2,135 \pm 1,149
Alocimeno ^c	1120	0,223 \pm 0,185	3,011 \pm 1,218	0,306 \pm 0,256	1,037 \pm 0,334	0,348 \pm 0,088	0,115 \pm 0,072
Benzoato de etila ^a	1176	7,076 \pm 4,141	137,530 \pm 52,135	4,395 \pm 4,279	0,461 \pm 0,170	0,049 \pm 0,008	0,069 \pm 0,052
Salicilato de metila	1193	0,232 \pm 0,187	0,089 \pm 0,028	-	0,113 \pm 0,055	0,217 \pm 0,068	0,190 \pm 0,129
Dodecano	1200	3,858 \pm 2,010	53,724 \pm 29,749	3,648 \pm 3,521	0,412 \pm 0,161	-	-
Decanal	1207	1,505 \pm 0,898	0,905 \pm 0,160	0,000 \pm 0,000	0,317 \pm 0,121	-	-
2-Metóxi-benzoato de etila ^a	1212	0,209 \pm 0,201	0,246 \pm 0,048	0,017 \pm 0,011	-	0,137 \pm 0,003	0,053 \pm 0,084
α -Copaeno	1389	-	-	-	-	35,711 \pm 10,370	10,541 \pm 5,088
α -Gurgujeno ^c	1424	0,233 \pm 0,200	0,099 \pm 0,025	0,228 \pm 0,093	7,207 \pm 1,893	180,432 \pm 41,479	45,363 \pm 22,416
(E)-Cariofileno	1439	0,529 \pm 0,283	10,125 \pm 2,335	1,870 \pm 1,693	5,254 \pm 1,316	23,840 \pm 5,540	10,024 \pm 4,151
α -Humuleno	1475	0,393 \pm 0,203	4,677 \pm 1,079	0,863 \pm 0,816	4,055 \pm 0,972	11,633 \pm 3,119	4,181 \pm 1,687
Sesquiterpeno desconhecido	1479	-	-	-	-	16,599 \pm 4,658	5,343 \pm 3,130
Germacreno D ^c	1480	0,219 \pm 0,215	0,223 \pm 0,051	0,213 \pm 0,189	133,538 \pm 29,528	19,686 \pm 1,546	4,380 \pm 1,505
β -Selineno ^c	1489	0,334 \pm 0,199	1,629 \pm 0,322	0,566 \pm 0,280	0,915 \pm 0,174	0,000 \pm 0,000	0,239 \pm 0,239
(E,E)- α -Farneseno	1507	2,005 \pm 1,181	176,301 \pm 44,461	8,381 \pm 5,542	4,480 \pm 1,010	91,690 \pm 25,942	40,239 \pm 17,417
δ -Cadineno	1532	-	-	-	-	6,229 \pm 1,408	1,489 \pm 0,637

^aTentativa de identificação usando o padrão de fragmentação da biblioteca NIST (2008) e índice de retenção. Padrões autênticos não estavam disponíveis ^b compostos co-eluindo

A análise multivariada de componentes principais considerando a composição de voláteis das inflorescências das quatro variedades estudadas as separou em três grupos: um formado pela variedade Coquinho, outro pela variedade Ubá e um terceiro, pelas variedades Tommy e Palmer. Essas duas últimas variedades produziram grandes quantidades dos compostos limoneno (C7) e α -gurgujeno (C20) (Tabela 1, Figura 7) comparado com as outras variedades. A variedade Ubá apesar de produzir menor quantidade de voláteis totais, teve sua separação influenciada significativamente pelos ésteres, principalmente o benzoato de metila (C12) e o benzoato de etila (C16), além do composto mirceno (C5), que as outras três variedades produziram em quantidades significativamente menores. Por outro lado, as variedades Coquinho, Tommy e Palmer produziram o monoterpeno car-3-eno (C6) em quantidades maiores que a variedade Ubá (Figura 7). Neste trabalho avaliou-se somente os voláteis de frutos verdes pequenos de 3 a 6 cm das variedades Ubá e Coquinho, e comparando com dados da literatura há diferenças significativas. Mesquita et al. (2020), analisando frutos maduros e verdes da variedade Coquinho identificaram como principal monoterpeno o composto α -terpinoleno. Já no nosso estudo, os frutos e inflorescências da variedade Coquinho liberaram como principal monoterpeno o composto car-3-eno; essa mudança pode ser devido ao desenvolvimento do fruto, ou a diferenças na forma de cultivo das plantas ou mesmo devido às variedades Coquinho e Ubá serem mais rústicas e apresentarem maior variabilidade genética e química.

Apesar das técnicas utilizadas para a coleta dos voláteis no trabalho de Mesquita et al. (2020) e no nosso trabalho terem sido diferentes, essa diferença provavelmente não se deve às diferentes técnicas de coleta de voláteis utilizadas. Por que no caso das variedades Palmer e Tommy-Atkins esses diferentes estudos mostraram que estas variedades produzem como composto majoritário o monoterpeno car-3-eno (Franco et al., 2004; Pino et al., 2005; Mesquita et al., 2020). Nas plantas os monoterpenos são produzidos preferencialmente pela rota do metileritritol fosfato conhecida pela sigla em inglês MEP. Já na rota biossintética do mevalonato (MVA) há a biossíntese dos sesquiterpenos, mas pode ocorrer a produção de todas as classes de terpenos nas duas rotas, garantindo assim que os metabólitos responsáveis pela defesa da planta sejam biossintetizados. Estudos vem mostrando que existe redundância de informação na mistura de voláteis produzidas pelas

plantas, isto é, as plantas podem produzir dois ou mais compostos com a mesma função, assim se por algum motivo a produção de um determinado composto for interrompida, ela mantém a funcionalidade através da produção de outro composto. Estudos futuros poderiam checar se essa redundância de informação ocorre nos monoterpenos majoritários presentes no perfil de voláteis da manga, como os compostos car-3-eno, α -terpinoleno e (*E*)-ocimeno. Até o momento em todas as variedades de mangas estudadas um destes três compostos é o majoritário, podendo ou não produzir os outros dois em quantidades menores.

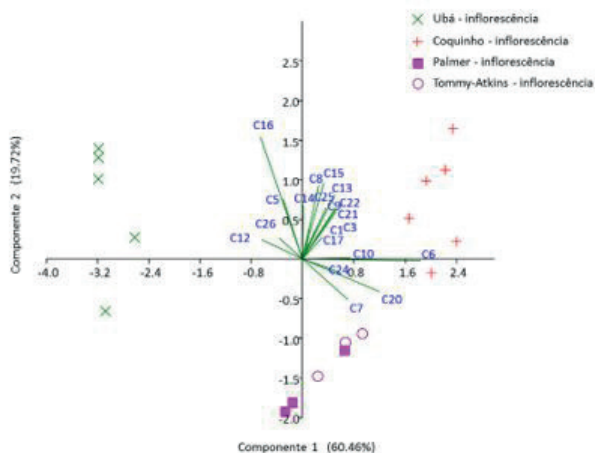


Figura 7. Análise de componentes principais dos voláteis das inflorescências de quatro variedades de manga. As variedades Palmer e Tommy formaram um agrupamento e as variedades Ubá e Coquinho foram separadas das demais em grupos distintos. (Matriz de Var-Covar, as duas primeiras componentes explicam 80.18 % da variabilidade). Compostos: C1) 2-metil butirato de metila, C2) desconhecido, C3) furfural, C4) 6-metil-5hepten-2-ona, C5) mirceno, C6) car-3-eno, C7) limoneno, C8) (*Z*)-ocimeno C9) (*E*)-ocimeno, C10) α -terpinoleno C11) *trans*-óxido de linalol, C12) benzoato de metila, C13) linalol, C14) DMNT, C15) alocimeno, C16) benzoato de etila, C17) salicilato de metila, C18) 2-metóxi-benzoato de etila, C19) α -copaeno, C20) α -gurgujeno, C21) (*E*)-cariofileno, C22) α -humuleno, C23) sesquiterpeno desconhecido, C24) germacreno D, C25) β -selineno, C26) (*E,E*)- α -farnesene e C27) δ -cadineno. Obs.: A figura mostra somente os principais compostos que separaram as variedades. Não foram considerados na análise multivariada os aldeídos lineares nonanal e decanal, porque podem ser artefatos do adsorvente utilizado, além dos compostos que não foram quantificados.

O odor de manga, em geral, é facilmente distinguido pelo olfato humano. A interação do sistema olfativo humano com os compostos químicos pode indicar um potente papel feromonal para os insetos, embora o sistema olfativo dos insetos seja diferente dos humanos (Al Abassi et al., 1998). Todos os juízes perceberam o cheiro do fruto da manga em um pico minoritário, o composto **3**, e um majoritário, o composto **4**, identificados como 6-metil-5-hepten-2-ona e mirceno, respectivamente. Os compostos **8** (2-metóxi-fenol), **9** (benzoato de metila) e **14** (benzoato de etila) foram reconhecidos como odor da inflorescência da manga (Figuras 8 A e B). Outros compostos também induziram a resposta dos juízes, mas remetem a outros odores que não o relacionado com a mangueira. Na literatura há relatos que o composto **5** (car-3-eno) também está relacionado com aroma de *nota verde* (Franco, 2004), no entanto neste trabalho os quatro juízes não perceberam nenhum odor proveniente deste composto. Inclusive quando testamos uma solução sintética, não houve resposta dos juízes ao car-3-eno. Os estudos conduzidos por De Jesus et al. (2004) mostraram que *Sternochetus frigidus* (Fabr.) é atraído pelos compostos identificados nas inflorescências de manga da variedade Carabao, pelos compostos ácido acético, decano, acetona, linalol, benzoato de etila e 2-metil heptanona. Os autores selecionaram 30 compostos e conduziram bioensaios com os compostos individuais e em misturas, mas estes não explicam o porquê da seleção destes trinta compostos, e não testaram os outros compostos presentes na amostra. Destes somente o éster benzoato de etila foi identificado nas variedades estudada aqui, e induziu a resposta olfativa dos juízes.

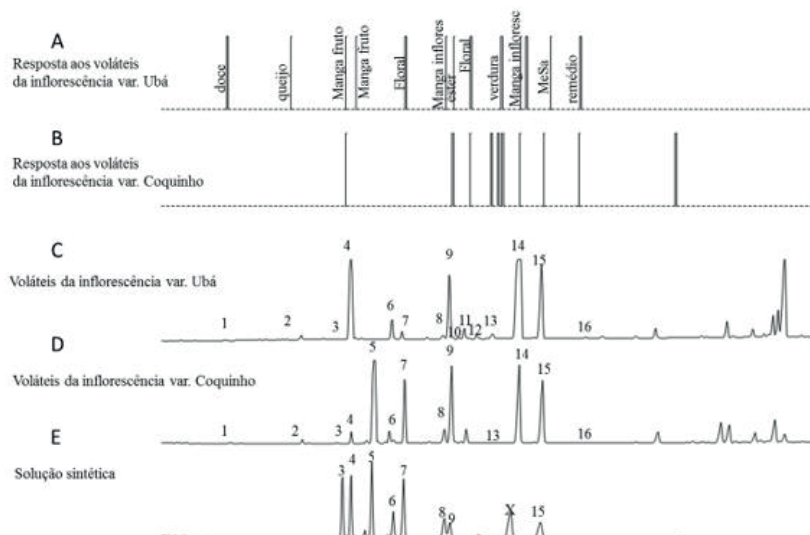


Figura 8. Resposta obtida nas análises de CG-olfatometria olfativa de nariz humano a compostos voláteis das inflorescências da mangueira. O traço superior representa a resposta olfativa do nariz e o inferior, a resposta do detector de ionização de chama. A. inflorescência da var. Ubá, B. inflorescência da var. Coquinho, C. perfil cromatográfico dos voláteis da var. Ubá. D. perfil cromatográfico dos voláteis da var. Coquinho. E. perfil cromatográfico da solução sintética. Compostos: 1) não identificado, 2) não identificado, 3) 6-metil-5-hepten-2-ona, 4) mirceno, 5) car-3-eno, 6) (*Z*)-ocimeno, 7) (*E*)-ocimene, 8) 2-metóxi-fenol, 9) benzoato de metila, 10) não identificado 11) DMNT, 12) alocimeno, 13) 1,2 dimetóxi-benzeno, 14) benzoato de etila, 15) salicilato de metila e, 16) salicilato de etila.

Os compostos aromáticos oxigenados parecem estar relacionados com odores mais pungentes, mais ácidos; já os compostos monoterpênicos insaturados, com maior volatilidade, produzem a percepção do odor do fruto e são mais adocicados (Figura 9).

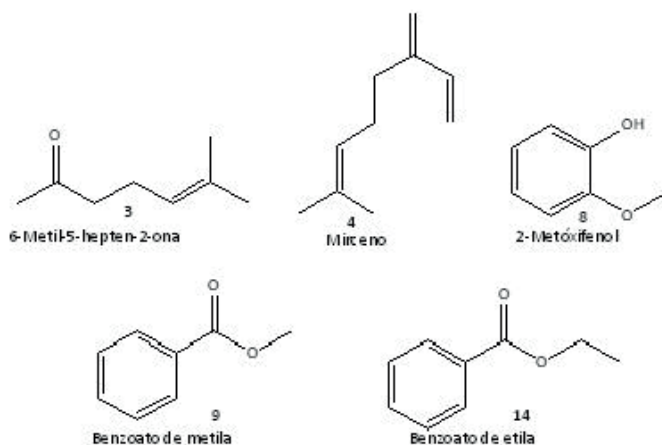


Figura 9. Estrutura química dos compostos que induziram a percepção olfativa de fruto e inflorescência da mangaieira.

Em resumo, os principais compostos identificados nas amostras de voláteis de frutos e inflorescência de manga foram de origem terpênica e ésteres metílicos e etílicos, e estes foram os responsáveis pela diferença entre as variedades. O estudo organoléptico foi conduzido com a amostra dos voláteis de inflorescência das variedades Ubá e Coquinho, e o olfato humano reconheceu os compostos 6-metil-5-hepten-2-ona, mirceno, 2-metóxi-fenol, benzoato de metila e etila como os principais compostos relacionados com o odor da manga (fruto ou inflorescência). Na natureza é muito comum compostos diferentes trazerem a mesma informação, isso garante uma vantagem evolutiva, caso haja algum estresse biótico ou abiótico na planta interrompendo uma rota metabólica, a função que esta exercia pode ser substituída por outra, garantindo assim que as interações sejam todas mantidas. Estudos de eletroantenografia e comportamentais com os voláteis emitidos naturalmente pelas inflorescências e pelos frutos e com os compostos sintéticos serão conduzidos com *S. mangiferae* para avaliar se os mesmos compostos percebidos pelo olfato humano também são utilizados por este inseto para localizar a planta hospedeira.

O uso de cairomônios para atração de *S. mangiferae* significa um grande avanço no manejo, uma vez que possibilita a captura de insetos adultos em épocas com ausência de frutos verdes e flores, aproveitando uma janela de oportunidade. Ao final do período de frutificação, após a queda das

mangas maduras, adultos da praga abandonam o interior dos frutos antes de entrarem em diapausa, sendo um período propício para a captura e redução da população que dará origem à nova geração desses insetos em pomares. Em situações em que *S. mangiferae* já tenha entrado em diapausa, esses compostos podem ser o suficiente para que esta fase seja interrompida, atraindo os insetos para as armadilhas antes da presença dos novos frutos nos pomares.

Conclusão

Os resultados obtidos mostraram que há diferenças significativas no perfil dos voláteis produzidos pelas variedades de mangueira, dependendo da estrutura vegetal estudada, sejam elas inflorescências ou frutos. O estudo organoléptico mostrou que o olfato humano reconheceu os compostos 6-metil-5-hepten-2-ona, mirceno, 2-metóxi-fenol, benzoato de metila e etila como os principais compostos relacionados com o odor da manga (fruto ou inflorescência) ao olfato humano. Estudos com os insetos serão conduzidos para avaliar se estes cinco compostos têm influência na resposta comportamental dos insetos, os outros compostos identificados nos extratos da manga também serão avaliados.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional Científico e Tecnológico (CNPq) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária pelo suporte financeiro e de infraestrutura para conduzir os estudos.

Referência Bibliográfica

AL ABASSI, S.; BIRKETT, M. A.; PETERSSON, J.; PICKETT J.A.; WOODCOCK, C.M. Ladybird beetle odour identified and found to be responsible for attraction between adults. **Cellular and Molecular Life Sciences** - CMLS, v. 54, n. 8, p. 876-879, 1998.

ABAGALE, S. A.; WOODCOCK, C. M.; HOOPER, A. M.; CAULFIELD, J. C.; CHAMBERLAIN, K.; ACQUAAH, S. O.; VAN EMDEN, H.; BRAIMAH, H.; PICKETT, J. A.; BIRKETT M. A. (2R, 5S)-Theaspirane identified as the major kairomone for the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* from attractivesenesced leaves of the host banana, *Musa* spp. **Chemistry: a European Journal**, v. 24, p. 9217-9219, 2018.

BALOCK, J. W.; KOZUMA, T. T. Notes on the biology and economic Importance of the mango weevil, *Sternochetus mangiferae* (Fabricius), in Hawaii (Coleoptera: Curculionidae). **Proceedings of the Hawaiian Entomological Society**, v. 18, n. 3, p. 353-364, 1964.

BAROFFIO, C. A.; SIGSGAARD, L.; AHRENFELDT, E. J.; BORG-KARLSON, A. K.; BRUUN, S. A.; CROSS, J. V.; FOUNTAIN, M. T.; HALL, D., MOZURAITIS, R.; RALLE, B.; TRANDEM, N; WIBE, A. Combining plant volatiles and pheromones to catch two insect pests in the same trap: Examples from two berry crop. **Crop Protection**, v. 109, p. 1-8, 2018.

BHATTACHARYYA, B.; PUJARI, D.; DAS, M. Mango weevils: identification, biology and integrated management. In: PANDEYA, A. K.; MALL, P. (Eds). **Insect Pests Management in Fruit Crops**. Biotech Books, p. 35-49, 2016.

BRAIMAH, H.; OWUSU-AKYAW, M.; ANNO-NYARKO, F. O.; TIMBILLA, J. A. Bioecological studies of the mango stone weevil in southern Ghana. **Ghana Journal of Agricultural Science**. v. 42, p. 177-184, 2009.

BRAIMAH, H.; Van EMDEN, H. F. Prospects and challenges for sustainable management of the mango stone weevil, *Sternochetus mangiferae* (F.) (Coleoptera: Curculionidae) in West Africa: a review. **International Journal of Pest Management**, v. 56, n. 2, p. 91-101, 2010.

CABI - Centre for Agriculture and Biosciences International. **Invasive Species Compendium: *Sternochetus mangiferae***. Disponível em: < <https://www.cabi.org/isc/datasheet/16434>>. Acesso em: 10/10/2020.

DASSOU, A. G.; GNANVOSSOU, D.; HANNA, R.; BOKONON-GANTA, A.

H. The role of abiotic factors on both mango infestation and *Sternochetus mangiferae* abundances in mango agroecosystems in Benin. **International Journal of Tropical Insect Sciences**. v. 38, n. 3, p. 232-242, 2018.

DICKENS, J. C. Green leaf volatiles enhance aggregation pheromone of boll weevil, *Anthonomus grandis*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. v. 52 n. 3, p. 191-203, 1989.

FAO. **Major tropical fruits market review 2018**. Disponível em < <http://www.fao.org/3/ca5692en/CA5692EN.pdf> >. Acesso em: 13 out. 2020.

FRANCO, M. R. B.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.; LANCAS, F. M. Compostos voláteis de três cultivares de manga (*Mangifera indica* L.). **Ciência, Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 2, p. 165-169, 2004.

De JESUS, L. R. A.; CALUMPANG, S. M. F.; MEDINA, J. R.; OSHAWA, K. Feeding and reproductive behavior of the mango pulp weevil, *Sternochetus frigidus* (Fabr.), at different phenological, stages of mango, *Mangifera indica* L. **Philippine Agricultural Scientist**, v. 83, n. 3, p. 282-289, 2003.

KIST, B. B.; SANTOS, C. E.; CARVALHO, C.; BELING, R. R. **Anuário Brasileiro de Horti & Fruti 2019**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz. 2019. 96p.

LANDOLT, P. J.; PHILIPS, T. W. Host plants influences on sex pheromone behaviour of phytophagous insects. **Annual Review Entomology**. v. 42, p. 371-391, 1997.

LEOPOLD, E. J. Selective hydroboration of a 1, 3, 7-triene: homogeneraniol. **Organic Synthesis**. v. 64; p. 164-171, 1990.

MESQUITA, P. R. R.; PENA, L. C.; SANTOS, F. N. dos; OLIVEIRA, C. C. de; MAGALHÃES-JUNIOR, J. T.; NASCIMENTO, A. S.; RODRIGUES, F. M. Mango (*Mangifera indica*) aroma discriminate cultivars and ripeness stages. **Journal of Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 31, n. 7, p. 1424-1433, 2020.

MAGALHÃES, D. M.; BORGES, M.; LAUMANN, R. A.; WOODCOCK, C. M.; WITHALL, D. M.; PICKETT, J. A.; BIRKETT, M. A.; BLASSIOLI-MORAES, M. C. Identification of volatile compounds involved in host location by *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae). **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 6, p. 98, 2018.

PENG, R. K.; CHRISTIAN, K. Effect of the weaver, *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae) on the mango seed weevil (*Sternochetus mangiferae*) (Coleoptera: Curculionida) in mango orchards in the Northern

Territory of Australia. **International Journal of Pest Management**, v. 53, n.1, p. 15-24, 2007.

PINO, J. A.; MESA, J.; MUNOZ, Y.; MARTL, M. P.; MARBOT. R. Volatile components from mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. **Journal of Agricultural and food Chemistry**, v. 53, n. 6, p. 2213-2223, 2005.

SILVA, A. C.; RICALDE, M. P. First occurrence of *Sternochetus mangiferae* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae) in Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 46, p. 587-590, 2017.

SILVA, A. C. Broca-da-manga, *Sternochetus mangiferae* (Coleoptera: Curculionidae) uma ameaça para as exportações de manga do Brasil. **Folder**. Embrapa Agrobiologia, 2019.

SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba, FEALQ, 1998. 760 p.

WIBE, A.; BORG-KARLSON, A. K.; CROSS, J.; BICHÃO, H.; FOUTAIN, M.; LIBLIKAS, I.; SIGSGAARD, L. Combining 1,4-dimethoxybenzene, the major flower volatile of wild strawberry *Fragaria vesca*, with the aggregation pheromone of the strawberry blossom weevil *Anthonomus rubi* improves attraction. **Crop protection**, v. 64, p.122-128, 2014.



*Recursos Genéticos e
Biotecnologia*

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL