

UFAL

INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA

ESTUDO QUÍMICO E MORFOLÓGICO DA BROCA-DA-COROA-FOLIAR
Eupalamides cyparissias (Fabricius, 1776) (Lepidoptera: Castniidae) DE ARECÁCEAS

Universidade Federal de Alagoas

Campus A. C. Simões
Tabuleiro dos Martins

57.072-970 – Maceió-AL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA

Danielle de Lima Costa

Estudo Químico e Morfológico da Broca-da-coroa-foliar *Eupalamides cyparissias*

(Fabricius, 1776) (Lepidoptera: Castniidae) de Arecáceas

Maceió-AL

2015



DANNIELLE DE LIMA COSTA



**Estudo Químico e Morfológico da broca-da-coroa-foliar *Eupalamides cyparissias*
(Fabricius, 1776) (Lepidoptera: Castniidae) de Arecáceas**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciências, Área de Concentração: Biotecnologia

Orientador: Prof. Dr. Antônio Euzébio Goulart
Santana

Maceió-AL

2015

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

Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

- C837e Costa, Danielle de Lima.
Estudo químico e morfológico da broca-da-coroa-foliar *Eupalamides cyparissias* (Fabricius, 1776) (Lepidoptera : Castniidae) de Arecáceas / Danielle de Lima Costa. – 2015.
144 f. : il. tabs., graf.
- Orientador: Antônio Euzébio Goulart Santana.
Tese (doutorado em Química e Biotecnologia) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Química e Biotecnologia. Maceió, 2015.
- Bibliografia: f. 119-126.
Apêndices: f. 127-144.
1. Broca-da-coroa-foliar. 2. *Eupalamides cyparissias*. 3. Castniidae.
4. Produtos naturais. 5. Feromônio. I. Título.

CDU: 577.19



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA E
BIOTECNOLOGIA

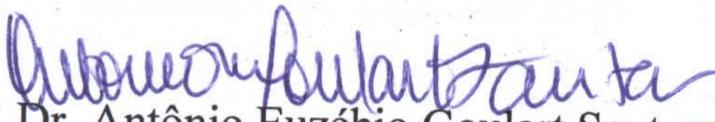


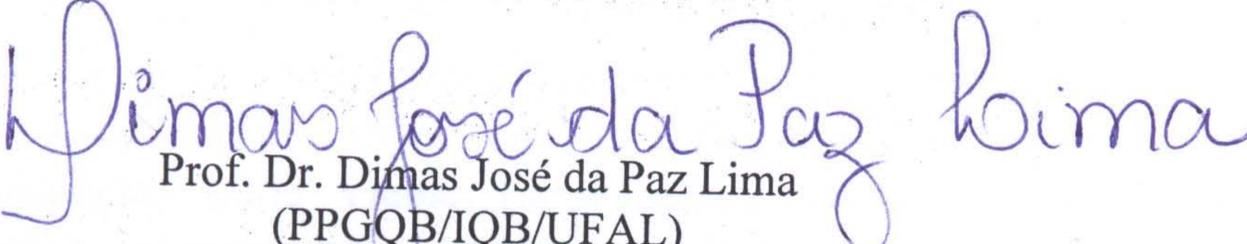
BR 104 Km14, Campus A. C. Simões
Cidade Universitária, Tabuleiro dos Martins
57072-970, Maceió-AL, Brasil
Fone: (82) 3214-1144
Email: ppgqb.ufal@gmail.com

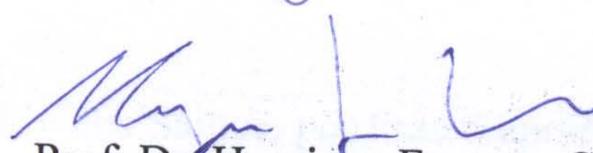
FOLHA DE APROVAÇÃO

Membros da Comissão Julgadora da Defesa de Tese da Doutoranda **Danielle de Lima Costa**, intitulada: **“Estudo Químico e Morfológico da Broca-da-coroa-foliar *Eupalamides cyparissias* (Fabricius, 1776) (Lepidoptera: Castniidae) de Arecáceas”**, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas no dia 31 de agosto de 2015, às 09h, na Sala de Reuniões do IQB, na Universidade Federal de Alagoas.

COMISSÃO JULGADORA

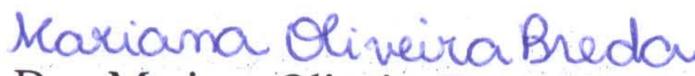

Prof. Dr. Antônio Euzébio Goulart Santana
(Orientador – PPGQB/IQB/UFAL)


Prof. Dr. Dimas José da Paz Lima
(PPGQB/IQB/UFAL)


Prof. Dr. Henrique Fonseca Goulart
(CECA/UFAL)


Prof. Dr. Chrystian Lezid Maia e Almeida Feres
(CNPQ/IQB/UFAL)


Profa. Dra. Adriana Guimarães Duarte
(CECA-UFAL)


Dra. Mariana Oliveira Breda
(IQB/CNPq).

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Antônio Euzébio Goulart Santana (IQB-UFAL), pela orientação, apoio e motivação.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia pelos ensinamentos durante o curso.

Aos Professores e Pesquisadores, Profa. Dra. Ruth Rufino, Prof. Dr. Luiz Carlos Caetano, Dr. Alessandro Riffel, Dr. João Gomes, Dr. Chrystian Iezid, Dra. Cenira Monteiro pela contribuição e auxílio nesse trabalho.

Ao Dr. Paulo Manoel Pontes Lins (SOCÔCO-Pará) pela colaboração fundamental e apoio para realização desse trabalho.

Ao Sr. Alberto Tenório (SOCÔCO-Pará) pelo apoio para realização dos experimentos na fazenda Socôco, Moju-PA.

Aos funcionários da Socôco Edilberto Sampaio, Samuel Cohen, Sebastião e Gerson, pela colaboração essencial, dedicação e amizade durante os experimentos na Fazenda Socôco, Moju-PA.

À empresa SOCÔCO pela disponibilização de coleta de insetos, laboratório e apoio estrutural durante a realização desse trabalho.

Às empresas MARBORGES, MEJER e AGROPALMA pela disponibilização de áreas de plantio para os estudos e coleta dos insetos.

Aos amigos do Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais-LPqRN, Cenira Monteiro, Merybeth Fernandez, Carla Karine, Daniel Lira, Mariana Oliveira, Isis Torres, Wbyratan Luiz, Lusitâneo Macuvele, Maria Vieira, Tacys Ismael, Thiago Ribeiro, Ingrid Melo, Demetrius Albuquerque, Aryanna Nogueira, Nadia Jelvez, por toda a amizade, ajuda e companheirismo.

Ao meu querido amigo Aldy dos Santos, por todo o apoio e pela amizade.

As minhas queridas amigas Ana Lucila Costa, Kirley Marques, Luciana Viana, Denalle Menezes, Suelen Rayane pela amizade, carinho e companheirismo compartilhados durante essa caminhada.

Aos Laboratórios de Biologia Celular-UFAL e Laboratório de Caracterização de Materiais do Grupo de Óptica e Nanoscopia-UFAL pela colaboração nos experimentos morfológicos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia por me inserir no campo científico desde a minha graduação.

Aos meus pais Luiz Bonifácio e Angelina Conceição e aos meus irmãos Luiz Alberto, Carlos Julio e Amanda e ao meu amado companheiro, Paulo Ricardo pela força, companheirismo e por acreditar em mim e estando comigo em todos os momentos.

À Capes pela concessão da bolsa durante todo o meu curso de pós-graduação.

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização e concretização desse trabalho.

RESUMO

A família Castniidae é um grupo de insetos com cerca de 150 espécies, e distribui-se na Península Malaia, Austrália, América do Sul e América Central. As lagartas de espécies desta família são brocas de culturas das famílias Arecaceae, Bromeliaceae, Musaceae, Heliconiaceae, Orchidaceae e Poaceae. Dentre as espécies-pragas da família Castniidae está a broca-da-coroa-foliar, *Eupalamides cyparissias* (Fabricius, 1776) (Lepidoptera: Castniidae), uma importante praga de palmeiras da região Amazônica do Brasil, Equador, Colômbia, Peru, Venezuela e norte do Panamá. Os prejuízos mais evidentes estão associados às plantas de *Cocos nucifera* L. (Arecales: Arecaceae) (coqueiro) e *Elaeis guineensis* Jacq. (Arecales: Arecaceae) (dendezeiro), principais culturas de importância econômica para o estado do Pará. Este trabalho teve por objetivo observar o comportamento de *E. cyparissias*, identificar células glandulares nos ovipositores de fêmeas, distinguir os tipos de sensilas nas antenas de machos e fêmeas e investigar a presença de feromônios sexuais em ambos os sexos. As observações comportamentais foram realizadas em laboratório e em culturas de dendê no município de Moju, Pará. Os cortes histológicos dos ovipositores foram analisados em microscópio de luz (Olympus, BX41). As antenas foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) utilizando-se microscópio Shimadzu, modelo SSX-550 Superscan. Para preparação dos extratos das asas anterior e posterior de machos e fêmeas, do ovipositor e do órgão sexual dos machos foram utilizados adultos com 24 e 48 horas de idade. Para cada par de asas foi utilizado 300 µL de hexano (grau HPLC destilado) e para cada órgão sexual do macho ou ovipositor da fêmea utilizou-se 100 µL do mesmo solvente, permanecendo por 20 minutos, em seguida o sobrenadante foi transferido para um vidro de 2 mL. A avaliação da bioatividade dos extratos foi realizada por cromatografia gasosa acoplada ao detector eletroantegráfico (CG-EAD) e a separação e identificação dos compostos através do cromatógrafo gasoso (CG) e cromatografia gasosa acoplado à espectrometria de massas (CG-EM). Observações de campo permitiram confirmar que mariposas em plantios de dendê no Pará são bastante ativas em horário crepuscular entre as 6:00 h e 7:30 h e entre as 18:30 h e 19:30 h. Comportamentos característicos de corte como exposição do ovipositor, exposição de cláspes, exposição do ovipositor e bater das asas, caminhar batendo as asas, movimentos abdominais, caminhada orientada ao sexo oposto, antenação e contato foram observados. A análise histológica permitiu identificar células glandulares localizadas próximas a cutícula na região proximal dorsal do ovipositor. Nas antenas de machos e fêmeas cinco tipos de sensilas foram observadas: tricóide, caética, esquamiforme, coelocônica e auricflica. Comportamentos característicos observados e as estruturas morfológicas permitem inferir substâncias químicas mediando a comunicação entre esses insetos. Os compostos específicos de machos identificados foram, 7,11-hexadecadienal, 7,11-hexadecadien-1-ol, espringeno, geranyl linalol e geranyl geraniol. Como compostos específicos de fêmeas foram identificados α -coopaeno, trans-cariofileno, 1-hexadecanol, 9-hexadecenoato de octadecila e hexadecanoato de octadecila. Análise de CG-EAD revelou atividade antegráfica da antena da fêmea frente aos compostos geranyl geraniol, nonacosano e β -sitosterol presentes nos extratos da asa posterior dos machos.

Palavras-chaves: Broca-da-coroa-foliar. *Eupalamides cyparissias*. Castniidae.

ABSTRACT

The Castniidae family is a group of Pantropical insects with about 150 species widely distributed mainly in the Malay Peninsula, Australia, South America and Central America. The caterpillars of species in this family are borer of cultures of the families Arecaceae, Bromeliaceae, Musaceae, Heliconiaceae, Orchidaceae and Poaceae. Among the species of pests Castniidae family is the borer crown leaf *Eupalamides cyparissias* Fab. (Lepidoptera: Castniidae), a major pest of palm trees in the Amazon region of Brazil, Ecuador, Colombia, Peru, Venezuela and Northern Panama. The damages are associated with *Cocos nucifera* L. (Arecales: Arecaceae) (coconut plants) and *Elaeis guineensis* Jacq. (Arecales: Arecaceae) (oil palm), major crops of economic importance to the state of Pará. This study aimed to observe the *E. cyparissias* behavior, identify glandular cells in the female ovipositors, distinguish the types of sensilla in the antennae of males and females and investigate the presence of sex pheromones in both sexes. Behavioral observations were carried out in laboratory and palm oil crops in the municipality of Moju, Pará. Histological sections of ovipositors were analyzed in light microscope (Olympus BX41). The antennae were analyzed by Scanning Electron Microscopy (SEM) using a Shimadzu, Model SSX-550 Superscan. For preparation of extracts of front and rear wings of male and female, ovipositor and male sexual organ, adults with 24 and 48 hours of age were used. For each pair of wings 300 μ L of hexane (distilled HPLC grade) was used and each male sexual organ or female ovipositor 100 μ L was used the same solvent, for 20 minutes, then the supernatant was transferred to a 2 ml vial. Evaluation of the bioactivity of the extracts was performed on GC-EAD and the separation and identification of compounds by GC and GC-MS. Field observations confirm that enabled moths in palm plantations in Pará are quite active in crepuscular time between 6:00 and 7:30 am and between 18:30 and 19:30 pm. Characteristic behaviors courtship as exposure of the ovipositor, cláspes exposure, ovipositor exposure and beating of wings, walk flapping, abdominal movements, guided walk to the opposite sex, antennation and contact have been observed. Histological analysis identified glandular cells located near the cuticle on the dorsal proximal region of the ovipositor. In the antennae of male and female five types of sensilla were observed: trichodea, chaetica, squamiformia, coeloconica, and auricillica. Characteristic behaviors observed and morphological structures allow us to infer chemicals mediating the communication between these insects. The specific compounds males were identified 7,11-hexadecadienal, 7,11-hexadecadien-1-ol, espringene, geranyl linalool and geranyl geraniol. Female specific compounds were identified α -coopaene, trans-caryophyllene, 1-hexadecanol, 9-Hexadecenoic acid, octadecyl ester and Hexadecanoic acid, octadecyl ester. GC-EAD analysis revealed female antenna activity for geranyl geraniol compounds, nonacosane and β -sitosterol present in the extracts of the rear wing of males.

Keywords: borer-the-crown-leaf. *Eupalamides cyparissias*. Castniidae.

LISTA DE FIGURAS

A pesquisa com insetos da família Castniidae: avanços na caracterização de feromônios e no controle de pragas

- Figura 1. Injúrias internas (orifícios e galerias) provocadas por lagartas de *Eupalamides cyparissias*, em plantas de coqueiro (A) e dendezeiro (B) em plantios na cidade de Moju, Pará 26
- Figura 2. Adulto de *E. cyparissias* (A) e diferenciação do frênuo de machos (B) e fêmeas (C) 27
- Figura 3. Ovos de *E. cyparissias* 28
- Figura 4. Pré-pupa (A) e pupa (B) de *E. cyparissias* 28
- Figura 5. Detalhes de pupas machos e fêmeas de *E. cyparissias*. Vista dorsal (A), vista lateral (B), região ventral do cremaster da fêmea (C) e região ventral do cremaster do macho (D). 29
- Figura 6. Ciclo de vida de *E. cyparissias*. 30
- Figura 7. Injúrias provocadas por *T. licus* em plantas de cana-de-açúcar. 32
- Figura 8. Ciclo de vida de *T. licus licus*. 34
- Figura 9. Injúrias em plantas de *Trachycarpus fortunei* provocados por lagartas de *Paysandisia archon*. 36
- Figura 10. Ciclo de vida de *P. archon*. 37
- Figura 11. Casal de *T. licus licus* em cópula (A) fêmea, (B) macho. 38
- Figura 12. Casal de *P. archon* em cópula. 39
- ### **Atividade diária de *Eupalamides cyparissias* Fab. (Lepidoptera: Castniidae) em plantios de arecáceas no estado do Pará e estudo de estruturas morfológicas**
- Figura 1. Plantio de dendê localizado na cidade de Moju, Pará. 55
- Figura 2. Gaiolas (A) e telado (B) utilizados para observação do comportamento sexual de *E. cyparissias*. 56
- Figura 3. Região posterior abdominal da fêmea de *E. cyparissias* mostrando a região dos cortes histológicos no ovipositor. 57
- Figura 4. Base com a antena metalizada (A) e microscópio eletrônico de varredura (MEV) (B). 58
- Figura 5. Comparação dos comportamentos de machos e fêmeas de *E. cyparissias*. 61
- Figura 6. *Eupalamides cyparissias* em repouso no telado durante o dia (A) e casal 62

próximo no horário de atividade (B).

Figura 7. Genitália feminina de <i>E. cyparissias</i> vista dorsal.	63
Figura 8. Histologia do ovipositor de <i>E. cyparissias</i> (cortes transversais).	64
Figura 9. Histologia do ovipositor de <i>E. cyparissias</i> (cortes longitudinais).	66
Figura 10. Regiões da antena de <i>E. cyparissias</i> .	67
Figura 11. Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das antenas de fêmeas de <i>E. cyparissias</i> .	69
Figura 12. Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das antenas de fêmeas de <i>E. cyparissias</i> .	70
Figura 13. Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das antenas de fêmeas de <i>E. cyparissias</i> .	70
Figura 14. Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das antenas de fêmeas de <i>E. cyparissias</i> . Co – sensila coelocônica.	71
Figura 15. Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das antenas de machos de <i>E. cyparissias</i> .	72

Investigação de feromônios em *Eupalamides cyparissias* Fab. (Lepidoptera: Castniidae)

Figura. 1. Área de coleta de <i>Eupalamides cyparissias</i> em plantações de dendê (<i>Elaeis guineensis</i>) no estado do Pará.	82
Figura 2. Coleta de pupas de <i>E. cyparissias</i> em plantas de dendezeiro. (A) coleta manual, (B) detalhe do gancho para coleta.	83
Figura 3. Dimorfismo sexual em de pupas de <i>E. cyparissias</i> .	83
Figura 4. Manutenção de <i>Eupalamides cyparissias</i> em laboratório. (A) pré-pupas, (B) pupas em placa de Petri.	84
Figura 5. Pupa de <i>Eupalamides cyparissias</i> próxima de emergir.	84
Figura 6. Regiões do corpo de <i>E. cyparissias</i> utilizadas para preparação dos extratos.	85
Figura 7. Antena de <i>E. cyparissias</i> . A e B, detalhe da antena, C, Antena acoplada aos eletrodos de Ag-AgCl do CG-EAD.	86
Figura 8. Cromatograma do extrato hexânico das asas anterior de machos e resposta eletroantenoográfica da antena da fêmea em <i>E. cyparissias</i> .	89
Figura 9. Perfil dos cromatogramas de íons totais dos extratos dos machos de <i>E. cyparissias</i> . 1 – Extrato macho asa posterior; 2- Extrato Macho asa anterior; 3- Extrato macho órgão sexual.	91
Figura 10. Perfil dos cromatogramas de íon totais dos extratos das fêmeas de <i>E. cyparissias</i> . 1- Extrato fêmea asa posterior; 2- Extrato fêmea asa	91

anterior; 3- Extrato fêmea ovipositor.

Figura 11. Cromatograma de íons totais do extrato das asas posterior do macho de <i>E. cyparissias</i> .	92
Figura 12. Cromatograma de íons totais do extrato das asas anterior do macho de <i>E. cyparissias</i> .	93
Figura 13. Cromatograma de íons totais do extrato do órgão sexual do macho de <i>E. cyparissias</i> .	94
Figura 14. Cromatograma de íons totais do extrato da asa posterior da fêmea de <i>E. cyparissias</i> .	95
Figura 15. Cromatograma de íons totais do extrato da asa anterior da fêmea de <i>E. cyparissias</i> .	96
Figura 16. Cromatograma do extrato do ovipositor da fêmea de <i>E. cyparissias</i> .	97
Figura 17. Compostos presente em todos os extratos de <i>E. cyparissias</i> .	103, 104
Figura 18 A e B. Concentração relativa dos compostos comum a todos os extratos de <i>E. cyparissias</i> .	111
Figura 19. Compostos presente em extratos de machos e fêmeas de <i>E. cyparissias</i> .	108
Figura 20. Estruturas dos compostos de <i>E. cyparissias</i> específico dos machos.	112
Figura 21. Estruturas dos compostos específicos das fêmeas de <i>E. cyparissias</i> .	115
Figura 22. Análise de Componente Principal (ACP) dos extratos de machos e fêmea de <i>E. cyparissias</i> .	116
S1 Fig. Espectros de massas dos compostos representados na tabela 2.	127
S2 Fig. Espectros de massas dos compostos representados na tabela 3.	130
S3 Fig. Espectros de massas dos compostos representados na tabela 4.	131
S4 Fig. Espectros de massas dos compostos representados na tabela 5.	133
S5 Fig. Quantificação de compostos presente em alguns extratos de machos e fêmeas (representados na tabela 3).	135
S5.1 Fig. Quantificação do composto 2-Octenal (IK 1055)	135
S5.2 Fig. Quantificação do composto Tridecano (IK 1299).	135
S5.3 Fig. Quantificação do composto 2-Dodecenal (IK 1464)	136
S5.4 Fig. Quantificação do composto Palmitato de Etila (IK 1990)	136
S5.5 Fig. Quantificação do composto Linoleato de Metila (IK 2093)	137
S5.6 Fig. Quantificação do composto Oleato de Metila (IK 2099)	137
S6 Fig. Quantificação dos compostos específicos de machos (Representados na	138

tabela 4).	
S6.1 Fig. Quantificação do composto 7,11-Hexadecadienal (IK 1787)	138
S6.2 Fig. Quantificação do composto 7,11-Hexadecadien-1-ol (IK 1857)	138
S6.3 Fig. Quantificação do composto Espringeno isômero (IK 1921).	139
S6.4 Fig. Quantificação do composto Espringeno isômero (IK 1954).	139
S6.5 Fig. Quantificação do composto Espringeno isômero (IK 1971).	140
S6.6 Fig. Quantificação do composto Geranil linalol (IK 2033).	140
S6.7 Fig. Quantificação do composto Geranil geraniol (IK 2196).	141
S6.8 Fig. Quantificação do composto Geranil geraniol isômero (IK 2219).	141
S7 Fig. Quantificação dos compostos específicos de fêmeas (Representados na tabela 5).	142
S7.1 Fig. Quantificação do composto α -Copaeno (IK 1387).	142
S7.2 Fig. Quantificação do composto Trans-cariofileno (IK 1432)	142
S7.3 Fig. Quantificação do composto 1-Hexadecanol (IK 1878)	143
S7.4 Fig. Quantificação do composto 9-Hexadecenoato de octadecila (IK não calculado).	143
S7.5 Fig. Quantificação do composto Hexadecanoato de octadecila (IK não calculado).	144

LISTA DE TABELAS

A pesquisa com insetos da família Castniidae: avanços na caracterização de feromônios e no controle de pragas

Tabela 1. Espécies da família Castniidae e sua distribuição geográfica. 23

Tabela 2. Compostos identificados em espécies da família Castniidae. 41

Atividade diária de *Eupalamides cyparissias* Fab. (Lepidoptera: Castniidae) em plantios de areáceas no estado do Pará e estudo de estruturas morfológicas

Tabela 1. Comportamentos sexuais observados em machos e fêmeas de *E. cyparissias*. 60

Investigação de feromônios em *Eupalamides cyparissias* Fab. (Lepidoptera: Castniidae)

Tabela 1. Índice de Kovats correspondentes às respostas em CG-EAD. 89

Tabela 2. Compostos presentes em todas as amostras de machos e fêmeas de *E. cyparissias*. 98

Tabela 3. Compostos identificados em regiões do corpo de machos e fêmeas da Broca-da-coroa-foliar (*E. cyparissias*). 106

Tabela 4. Compostos identificados como específicos de machos da Broca-da-coroa-foliar (*E. cyparissias*). 110

Tabela 5. Compostos identificados como específicos de fêmeas da Broca-da-coroa-foliar (*E. cyparissias*). 114

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	12
2 REFERÊNCIAS	14
3 A PESQUISA COM INSETOS DA FAMÍLIA CASTNIIDAE: AVANÇOS NA CARACTERIZAÇÃO DE FEROMÔNIOS E NO CONTROLE DE PRAGAS	17
4 ATIVIDADE DIÁRIA DE <i>Eupalamides cyparissias</i> Fab. (LEPIDOPTERA: CASTNIIDAE) EM PLANTIOS DE ARECÁCEAS NO ESTADO DO PARÁ E ESTUDO DE ESTRUTURAS MORFOLÓGICAS	48
5 INVESTIGAÇÃO DE FEROMÔNIOS EM <i>Eupalamides cyparissias</i> Fab. (Lepidoptera: Castniidae)	77
6 CONCLUSÕES GERAIS E PERSPECTIVAS	145

1 INTRODUÇÃO GERAL

A família Castniidae é um grupo de insetos Pantropicais distribuindo-se mundialmente na Península Malaia, Austrália, América do Sul e América Central, possuindo cerca de 150 espécies (GONZÁLEZ; STÜNNING, 2007; MORAES; DUARTE, 2009). As lagartas dessa família são brocas de plantas das famílias Arecaceae, Bromeliaceae, Musaceae, Heliconiaceae, Orchidaceae e Poaceae (MILLER, 1987; GONZÁLEZ; FERNÁNDEZ-YÉPEZ, 1993; GONZÁLEZ; COCK, 2004). Devido ao hábito alimentar dessas lagartas, muitas espécies pertencente família tornaram-se pragas de culturas de importância econômica em diversas regiões do mundo (REBOUÇAS *et al.*, 1999; MONTEYS, 2002; VASQUEZ *et al.*, 2008; WADT, 2012).

Telchin licus (Drury, 1773) (Lepidoptera: Castniidae) é considerada uma das pragas mais importantes em diversas regiões na cultura de *Saccharum officinarum* L. (Poales: Poaceae) (cana-de-açúcar) (MYERS, 1935; REBOUÇAS *et al.*, 1999; ALMEIDA *et al.*, 2007). Já *Paysandisia archon* (Burmeister 1879) (Lepidoptera: Castniidae) e *Eupalamides cyparissias* (Fabricius, 1776) (Lepidoptera: Castniidae) são pragas de diversas palmeiras economicamente importantes (KORKYTKOWSKI; RUÍZ, 1979a; KORKYTKOWSKI; RUÍZ, 1979b; DELGADO; COUTURIER, 2003; ALDANA *et al.*, 2005; MONTEYS; AGUILAR, 2005; MONTEYS, 2013; DELLE-VEDOVE *et al.*, 2014).

E. cyparissias é uma importante praga de palmeiras estando presente em toda a região Amazônica pertencente ao Brasil, Equador, Colômbia, Peru, Venezuela e norte do Panamá (GENTY *et al.*, 1978; KORKYTKOWSKI; RUÍZ, 1979; KORKYTKOWSKI; RUÍZ, 1979b; HUGENOT; VERA, 1981; ALDANA *et al.*, 2005). Seus prejuízos mais evidentes estão associados às culturas do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) e do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.), principais culturas do estado do Pará (SOUZA *et al.*, 1998; SILVA *et al.*, 2003; ALDANA *et al.*, 2005).

Essa praga possui grande importância econômica para as culturas citadas, diminuindo a produtividade e aumentando os custos de controle (SILVA *et al.*, 2003). As lagartas de *E. cyparissias* alimentam-se do estipe da planta, formando galerias que provocam danos como redução no fluxo de seiva bruta e elaborada nos vasos condutores, amarelecimento das folhas jovens, redução do número de folhas e dobramento das folhas mais

velhas (MÜLLER *et al.*, 2000). Além disso, as galerias favorecem a entrada de fitopatógenos e insetos herbívoros que podem inocular doenças (BERNARDINO, 2007).

O controle geralmente realizado através da aplicação de inseticidas como o acefato e carbaril (MÜLLER *et al.*, 2000). Embora o uso de inseticidas forneça controle para as lagartas, tem-se um alto custo, e pode levar a consequências secundárias quando utilizado como única alternativa, facilitando o desenvolvimento de populações resistentes, eliminando inimigos naturais, ou ainda ocasionando mudança do estatus de uma praga de secundária para primária (PÉREZ; IANNACONE, 2008; PINTO-ZEVALLOS; ZARBIN, 2013). Com isso, o uso de feromônios tem sido considerado uma das mais importantes táticas dentro de programas de manejo integrado de pragas (MIP) (PINTO-ZEVALLOS; ZARBIN, 2013),

Pouco se sabe sobre a produção de feromônios sexuais em mariposas da família Castniidae. Apenas as espécies *T. licus licus* e *P. archon* foram investigadas do ponto de vista químico (REBOUÇAS *et al.*, 1999; MONTEYS *et al.*, 2012; DELLE-VEDOVE *et al.*, 2014; RIOLO *et al.*, 2014).

Contudo, para o estudo de feromônios de insetos, etapas intermediárias que envolvem os estudos comportamentais são importantes para caracterizar o sistema de comunicação do inseto-praga (VILELA; DELLA LUCIA, 1987). Até o presente momento não existem informações sobre o comportamento reprodutivo de *E. cyparissias* e nem sobre as substâncias químicas envolvidas na comunicação intra-específica deste inseto. Essas informações são extremamente importantes para que estratégias de controle sejam desenvolvidas.

Esse trabalho teve como objetivo desenvolver estudos com *E. cyparissias* no que se refere ao comportamento em campo e laboratório, investigar células glandulares envolvidas na produção de feromônios nos ovipositores de fêmeas, distinguir os tipos de sensilas nas antenas de machos e fêmeas, bem como isolar e identificar feromônio sexual em ambos os sexos. Tais informações poderão levar ao desenvolvimento de um feromônio sintético útil para o Manejo Integrado de Praga.

2 REFERÊNCIAS

- ALDANA, R. et al. Plagas de la palma de aceite en Colombia. 3ª ed., Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), Bogotá, 2005, 102p.
- ALMEIDA, L. C.; DIAS FILHO, M. M.; DE BENI ARRIGONI, E. Primeira ocorrência de *Telchin licus* (Drury, 1773), a broca gigante da cana-de-açúcar, no Estado de São Paulo. **Revista de agricultura**, v. 82, n. 2, p. 223-225, 2007.
- BERNARDINO, A. S. **Flutuação populacional da broca-da-coroa-foliar *Eupalamides cyparissias* (Lepidoptera: Castniidae) em plantios de dendê (*Elaeis guineensis*) no estado do Pará**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- DELGADO, C.; COUTURIER, G. Relationship between *Mauritia flexuosa* and *Eupalamides cyparissias* in the Peruvian Amazon. **Palms**, v. 47, n. 2, p. 104-106, 2003.
- DELLE-VEDOVE, R. et al. Courtship Behavior of the Castniid Palm Borer, *Paysandisia archon*: Potential Roles of Male Scents and Visual Cues in a Day-Flying Moth. **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 52, p. 1-14, 2014.
- GENTY, P.; DESMIER DE CHENON, R.; MORIN, J. Las plagas de la palma de aceitera en América Latina. **Oleagineux (Francia)**, v. 33, n. 7, p. 325-419, 1978.
- GONZÁLEZ, J.; FERNÁNDEZ-YÉPEZ, F. Lista preliminar de las especies de Castniinae (Lepidoptera: Castniidae) del Parque nacional “Henri Pittier”, Venezuela. Diagnósis y comentarios. **Memorias de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle**, v. 53, p. 47-53, 1993.
- GONZÁLEZ, J.; STÜNNING, D. The Castniinae at the Zoologisches Forschungsmuseum Alexander Koenig, Bonn (Lepidoptera: Castniidae). **Entomologische Zeitschrift**, v. 117, n. 2, p. 89-93, 2007.
- GONZÁLEZ, J. M.; COCK, M. J. A synopsis of the Castniidae (Lepidoptera) of Trinidad and Tobago. **Zootaxa**, v. 762, p. 1-19, 2004.
- HUGENOT, R.; VERA, J. Description de *Castnia daedalus* Cramer (Lepidoptera: Castnidae) parasito de la palma aceitera en Suramérica y métodos de lucha. **Francia**, v. 36, n. 11, p. 543-548, 1981.
- KORKYTKOWSKI, C. A.; RUÍZ, E. R. El barrenado de los rácimos de la palma aceitera, *Castnia daedalus* (Cramer) Lepidopt.: Castniidae, en la plantación de Tocache-Peru. **Revista Peruana de Entomología**, v. 22, n. 1, p. 49-62, 1979.

KORYTKOWSKI, C. A.; RUIZ, E. R. Estado actual de las plagas de palma aceitera (*Elaeis guineensis* jacquin) en Tananta (Huallaga central, San Martin, Peru). **Revista Peruana de Entomología**, v. 22, n. 1, p. 17-20, 1979.

MILLER, J. Castniidae (Castnioidea). **Immature Insects**. Kendall/Hunt, Dubuque, p. 417-419, 1987.

MONTEYS, S. V. The discovery, description and taxonomy of *Paysandisia archon* (Burmeister, 1880), a castniid species recently found in south-western Europe (Castniidae). **Nota lepidopterologica**, v. 25, n. 1, p. 3-15, 2002.

MONTEYS, V. S.; AGUILAR, L. The Castniid palm borer, *Paysandisia archon* (Burmeister, 1880), in Europe: comparative biology, pest status and possible control methods (Lepidoptera: Castniidae). **Nachr. Entomol. Ver. Apollo**, p. 61-94, 2005.

MONTEYS, S. V. *Paysandisia archon* (Castniidae): description, biological cycle, behaviour, host plants, symptoms and damages. In: Colloque méditerranéen sur les ravageurs des palmiers, 2013, Nice, France. **Resumos...**Nice:Palm Pest Mediterranean Conference (AFPP), 2013.

MONTEYS, S. V. et al. Moths behaving like butterflies. Evolutionary loss of long range attractant pheromones in castniid moths: a *Paysandisia archon* model. **PLoS One**, v. 7, n. 1, p. 1-11, 2012.

MORAES, S. S.; DUARTE, M. Morfologia externa comparada das três espécies do complexo *Telchin licus* (Drury)(Lepidoptera, Castniidae) com uma sinonímia. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 2, p. 245-265, 2009.

MÜLLER, A. A. et al. Controle químico de lagartas de *Eupalamides dedalus* em denzeiros. Belém: Embrapa Amazônia Oriental (Comunicado Técnico, 23), 2000, 4p.

MYERS, J. Second report on an investigation into the biological control of West Indian insect pests. **Bulletin of entomological Research**, v. 26, n. 02, p. 181-252, 1935.

PÉREZ, D. D.; IANNACONE, O. Mortalidad y repelencia en *Eupalamides cyparissias* (Lepidoptera: Castniidae), plaga de la palma aceitera *Elaeis guineensis*, por efecto de diez extractos botánicos. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v. 67, n. 1-2, p. 41-48, 2008.

PINTO-ZEVALLOS, D. M.; ZARBIN, P. H. A química na agricultura: perspectivas para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis. **Quim Nova**, v. 36, p. 1509-1513, 2013.

REBOUÇAS, L. et al. Composição química da glândula abdominal da fêmea da mariposa *Castnia licus* (Drury) (Lepidoptera: Castniidae): possíveis feromônios e precursores. **Química nova**, v. 22, n. 5, p. 645-648, 1999.

RIOLO, P. et al. Perching Mate-Locating Strategy in *Paysandisia archon* (Lepidoptera: Castniidae): Behavioral and Morpho-Physiological Investigations. **Journal of Economic Entomology**, v. 107, n. 3, p. 1009-1021, 2014.

SILVA, A. B. et al. Injeção de inseticidas no estipe de dendezeiros para controle de lagartas de *Eupalamides dedalus* (Cramer)(Lepidoptera: Castniidae). Belém: Embrapa Amazônia Oriental (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 23), 2003, 16p.

SOUZA, L. D. et al. Testes de inseticidas para o controle de *Eupalamides dedalus* em coqueiros. Belém: Embrapa Amazônia Oriental (Boletim de Pesquisa, 201), 1998, 14p.

VASQUEZ, J. et al. Pest insects of the palm tree *Mauritia flexuosa* L.f., dwarf form, in Peruvian Amazonia. **Fruits**, v. 63, n. 4, p. 227-238, 2008.

VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. M. C. **Feromônios de insetos:(biologia, química e emprego no manejo de pragas)**. UFV, Impr. Univ., 1987, 155p.

WADT, L. **Comportamento reprodutivo da broca gigante da cana-de-açúcar, *Telchin licus* (Drury, 1773)(Lepidoptera: Castniidae), como base para seu controle**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2012.

3 A PESQUISA COM INSETOS DA FAMÍLIA CASTNIIDAE: AVANÇOS NA CARACTERIZAÇÃO DE FEROMÔNIOS E NO CONTROLE DE PRAGAS

(Artigo padronizado segundo Química Nova)

A PESQUISA COM INSETOS DA FAMÍLIA CASTNIIDAE: AVANÇOS NA CARACTERIZAÇÃO DE FEROMÔNIOS E NO CONTROLE DE PRAGAS

Danielle de Lima Costa* e Antônio Euzébio Goulart Santana

Instituto de Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas, 57072-900 Maceió-AL

*e-mail: dannilimac@hotmail.com

RESUMO

A família Castniidae constitui um pequeno grupo de insetos tropicais, incluindo cerca de 150 espécies. A grande maioria habita as regiões neotropicais com grupos distribuídos na América do Sul e Central, Austrália e Península Malaia. Estudos revelam que o Brasil abriga 65 espécies de Castniidae, correspondendo a 61% da fauna dessa família. Em sua maioria os adultos são de hábito diurno, mas existem espécies noturnas. As lagartas são preferencialmente brocas de caules, pseudocaules, raízes, rizomas, bulbos e pseudobulbos. As espécies da família Castniidae utilizam plantas das famílias Poaceae, Bromeliales, Musaceae, Arecaceae e Orchidaceae como hospedeiras. Algumas espécies são comuns e representam importantes pragas de agrícolas, como por exemplo, *Eupalamides cyparissias* (Fabricius, 1776) (Lepidoptera: Castniidae) que ataca diversas plantas da família Arecaceae como o coqueiro (*Cocos nucifera* L.) e o dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) e a espécie *Telchin licus licus* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Castniidae) que é praga da cana de açúcar, abacaxizeiro e musáceas. A espécie *Paysandisia archon* (Burmeister 1879) (Lepidoptera: Castniidae), originalmente era restrita à América do Sul, mas, atualmente é considerada uma importante praga de palmeiras ornamentais e distribui-se ao longo da costa das Ilhas Britânicas à Itália. O interesse dos estudos com insetos da família Castniidae tem aumentado nos últimos 20 anos devido principalmente ao potencial que insetos dessa família têm em se tornar pragas em culturas agrícolas. Nesse contexto, estudos são realizados na tentativa de propor métodos de controle dos insetos-praga como alternativas dentro do Manejo Integrado de Pragas (MIP). A presente revisão teve por objetivo fornecer informações sobre o caminho das investigações de compostos feromonais para controle de insetos-praga da família Castniidae, atualmente representada por espécies consideradas de difícil controle.

Palavras-chaves: Lepidoptera; insetos-praga; feromônios; semioquímicos; MIP

RESEARCH USING OF INSECTS CASTNIIDAE FAMILY: ADVANCES IN PHEROMONE CHARACTERISTICS AND PEST CONTROL

The Castniidae family is a small group of tropical insects, including about 150 species. The large majority inhabits the neotropical regions with groups distributed in South and Central America, Australia and the Malay Peninsula. Brazil has 65 species of Castniidae, this corresponds to 61% of this family fauna. Mostly adults are diurnal, but there are nocturnal species. Larvae are preferentially borer stems, pseudostems, roots, rhizomes, bulbs and pseudobulbs. The Castniidae family species use plants of Poaceae, Bromeliaceae, Musaceae, Arecaceae and Orchidaceae families. A few species are common and are important pests of crops such as *Eupalamides cyparissias* (Fabricius, 1776) (Lepidoptera: Castniidae) which attacks various plants of the Arecaceae family such as coconut palm (*Cocos nucifera* L.) and the oil palm (*Elaeis guineensis*) and the species *Telchin licus* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Castniidae) that is a pest of sugar cane, pineapple tree and musaceae. The species *Paysandisia archon* (Burmeister 1879) (Lepidoptera: Castniidae), was originally restricted to South America, but is now considered an important pest of ornamental palms and is distributed along the coast of the British Isles to Italy. The interest of studies Castniidae Family insects has increased in the past 20 years mainly due to the potential that some insects in this family have become pests in important crops. Researches with Castniidae family insects has increased in the past 20 years mainly due to the potential that some insects in this family have become pests in important crops. In this context, some studies have been performed to propose methods of control of insect pests as alternatives within the Integrated Pest Management (IPM). This review aimed to provide information about the way the investigations of pheromonal compounds insect pests of Castniidae family currently represented by some species considered of difficult control.

Keywords: Lepidoptera; Insect pests; semiochemicals; IPM

INTRODUÇÃO

Atualmente a grande preocupação com a preservação do meio ambiente tem estimulado o desenvolvimento de novos métodos para o controle integrado de pragas. O controle de insetos-praga tem sido eficientemente realizado através do uso de inseticidas, entretanto, utilizar esses compostos como único recurso para o controle tem estimulado o aparecimento de populações de pragas resistentes, além de comprometer a ação dos inimigos naturais.^{1,2}

Dentre as famílias de insetos da ordem Lepidoptera como espécie-pragas, destaca-se a família Castniidae. Muitas espécies dessa família possuem alto grau de endemismo e reduzida distribuição geográfica.^{3,4} As espécies mais conhecidas de Castniidae são aquelas de importância econômica agrícola, como por exemplo, *Eupalamides cyparissias* (Fabricius, 1776) (Lepidoptera: Castniidae) que ataca plantas de coqueiro (*Cocos nucifera* L., Arecaceae) e dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq., Arecaceae), a espécie *Telchin licus* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Castniidae) que é praga da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L. Poaceae), abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merr. Bromeliaceae) e musáceas.⁵ As plantas de abacaxizeiro também podem ser atacadas pela praga *Castnia icarus* (Cramer, 1774) (Lepidoptera: Castniidae).⁶

No Brasil, a cultura de palmeiras exerce grande importância seja para indústrias de óleos combustíveis ou indústrias alimentícias. O dendezeiro destaca-se dentre as culturas de oleaginosas com potencial para a produção do biodiesel, chegando a um rendimento de 3,0 a 6,0 toneladas de óleo por hectare por ano.⁷ A produção nacional de dendê equivale a 0,3 % da produção mundial, o estado do Pará destaca-se como maior produtor, com uma produtividade média de 3,32 toneladas por hectare.⁸ O estado possui aproximadamente 140 mil hectares plantados com dendezeiro.⁹

Para a cultura do coqueiro o Brasil destaca-se entre os maiores produtores, sendo o quarto produtor mundial com produção máxima de 2,8 milhões de toneladas em uma área colhida de 257 mil ha de coqueiros.¹⁰ O Brasil possui cerca de 280 mil hectares cultivados com coqueiro, as maiores plantações se concentram na faixa litorânea do Nordeste e parte da região Norte do país. Com relação a área plantada, o estado da Bahia lidera a produção de coco no Brasil, seguido pelos estados do Ceará, Sergipe e Pará.¹⁰

Este cenário demonstra a importância das culturas de coqueiro e dendezeiro para o Brasil. Contudo é importante salientar que as pragas apresentam uma grande ameaça a essas

culturas, cujos ataques aumentam os riscos de sua exploração e contribui para a redução da produtividade e aumento nos custos de controle.¹¹

Com relação à cana-de-açúcar, o Brasil é o maior produtor mundial, a área colhida e destinada a atividade sucroalcooleira na safra de 2013/2014 foi de 8.799.150 mil hectares, com o estado de São Paulo como maior produtor seguido por Minas Gerais, Goiás e Paraná.¹² Para essa cultura, a broca-gigante da cana-de-açúcar (*T. licus*) é relatada como umas das principais pragas, sendo considerada de difícil controle.^{13,14}

O controle de pragas através do uso de inseticidas é o mais comumente utilizado, entretanto, atualmente busca-se o emprego de estratégias mais diversificadas e principalmente ligadas ao Manejo Integrado de Pragas (MIP), com isso, os semioquímicos podem oferecer oportunidades para o desenvolvimento de novas tecnologias para o controle de pragas.¹⁵

Os semioquímicos são utilizados pelos insetos para desempenhar diversas funções vitais como a localização de presas, defesa e agressividade, seleção de plantas hospedeiras, escolha para os locais de oviposição, corte e acasalamento.¹⁶ A comunicação pode ocorrer entre organismos da mesma espécie ou entre organismos de espécies diferentes. Dentre os semioquímicos, os feromônios são aquelas substâncias secretadas por um organismo e recebida por outro indivíduo da mesma espécie provocando uma reação específica. Já os sinais químicos percebidos por uma espécie diferente podem ser classificados como aleloquímicos que compreendem os cairomônios (beneficiam o indivíduo receptor), alomônios (beneficiam indivíduo emissor) e sinomônios (beneficiam o emissor e o receptor).^{15,1}

A presente revisão teve por objetivo fornecer informações sobre o caminho dos estudos de comportamento sexual e investigações de compostos feromonais com insetos-praga da família Castniidae, como base para seu controle.

DISTRIBUIÇÃO DE INSETOS DA FAMÍLIA CASTNIIDAE

A família Castniidae (Lepidoptera) constitui um grupo de insetos Pantropiais com aproximadamente 150 espécies, distribuindo-se na Península Malaia, Austrália, América do Sul e América Central.^{5,3} Em geral as espécies mais conhecidas são aquelas de importância econômica.

Segundo Lamas (1993)⁵, existem espécies raras e endêmicas, com distribuição geográfica reduzida, outras podem ter sido extintas devido principalmente ao desaparecimento ou modificação dos habitats especializados que ocupam. Entretanto, as espécies *E. cyparissias*, *T. licus* e *Paysandisia archon* representam importantes pragas.^{5,17}

A espécie de hábito crepuscular *E. cyparissias* se distribui ao longo da bacia Amazônica, incluindo o Norte do Brasil, Colômbia, Peru, Equador, Guiana, Venezuela e Norte do Panamá.¹⁸⁻²² Na região Norte do Brasil essa praga é relatada principalmente no estado do Pará, nas cidades de Moju e Tailândia regiões com grandes áreas de plantios de palmeiras.²³ O primeiro registro do ataque de *E. cyparissias* em plantios no estado do Pará, ocorreu em 1938.²⁴

T. licus pode ser encontrada na Costa Rica, Panamá, Colômbia, Venezuela, Trindade, Guiana, Suriname, Equador e Peru. No Brasil, *T. licus* se distribui nos estados de Alagoas, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Rio Grande do Norte, Rondônia, Amazonas, Pará, Acre, Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Mato Grosso e Rio de Janeiro.²⁵⁻²⁸ No Brasil, a primeira ocorrência de *T. licus* foi relatada na região Nordeste no ano de 1927.²⁹

P. archon está presente no Sul da Europa e foi introduzida entre os anos de 1985 e 1995 provavelmente de locais onde era restrita sua presença como norte da Argentina, sudeste do Brasil e oeste do Paraguai e Uruguai.^{3,17,30-33} Na Europa, *P. archon* ocorre permanentemente em Portugal, Espanha, França, Itália, Suíça, Eslovênia, Grécia, Chipre, Bulgária e ocasionalmente no Reino Unido da Dinamarca.³⁴

Após ter sido introduzida e estabelecida na Europa como citado anteriormente, essa praga teve seu primeiro relato no ano de 2000 em plantas de *Trachycarpus fortunei* (Hooker) H. Wendl (Arecaceae) na província de Girona na Espanha.³⁵ Logo em seguida, a presença de *P. archon* foi registrada no Sul da França.^{36,37}

Além dos Castniidae insetos-praga mencionados, outras espécies dessa família, são comumente descritas na literatura. A última lista publicada data de 2004 e relaciona artigos publicados sobre a família Castniidae.³⁸ A Tabela abaixo relaciona espécies da família Castniidae e sua distribuição geográfica.

Tabela 1. Espécies da família Castniidae e sua distribuição geográfica

Espécie (Lepidoptera: Castniidae)	Distribuição Geográfica	AUTOR	Praga
<i>Amauta cacica procera</i> (Boisduval, [1875])	América Central (Guatemala e Panamá)	(MILLER, 1986; LAMAS, 1995) ^{21,61}	-
<i>Hista fabricii boisduvalii</i> (Walker, 1854)	Sul do Brasil	(MILLER, 1986) ²¹	-
<i>Synpalamides phalaris</i> (Fabricius, 1793)	Sul do Brasil	(GONZÁLEZ e STÜNNING, 2007) ³	-
<i>Synpalamides rubrophalaris</i> (Houlbert, 1917)	Sul do Brasil, Paraguai e Venezuela	(JOICEY e TALBOT, 1925; MILLER, 1986; LAMAS, 1995) ^{62,21,61}	-
<i>Castnia invaria penelope</i> Schaufuss, 1870	Brasil, Argentina, Bolívia, Paraguai	(MILLER, 1986; GONZÁLEZ e FERNÁNDEZ- YÉPEZ, 1993) ^{21,31}	<i>Ananas comosus</i> (L.) (Abacaxi)
<i>Castnia invaria volitans</i> Lamas, 1995	Norte da Amazônia, Guianas, Venezuela, Colômbia	(LAMAS, 1995; GONZÁLEZ e STÜNNING, 2007) ^{3,61}	<i>Ananas comosus</i> (L.) (Abacaxi)
<i>Castnia lecerfi</i> Dalla Torre, 1913	Argentina, Paraguai	(RIOS e GONZALEZ, 2011) ⁴⁰	-
<i>Castnia icarus</i> (Cramer, 1774)	Brasil	(MELO e VEIGA, 2012) ⁶	<i>Ananas comosus</i> (L.) (Abacaxi)
<i>Castniomera atymnius</i> (Dalman, 1824)	Brasil	(GONZÁLEZ e STÜNNING, 2007) ³	<i>Musa</i> spp. (Banana)
<i>T. licus licus</i> (Drury, 1773)	América do Sul	(MILLER, 1995; GONZÁLEZ e STÜNNING, 2007) ^{3,63}	<i>Saccharum officinarum</i> L. (cana- de-açúcar)
<i>Telchin syphax</i> (Fabricius, 1775)	Amazônia inferior até Guiana e Guiana Francesa	(GONZÁLES, 1999; GONZÁLEZ e COCK, 2004) ^{32,60}	-
<i>Ceretes marcelserres</i> (Godart, [1824])	Argentina e Brasil	(MILLER, 1986; LAMAS, 1995) ^{21,61}	-
<i>Gazera heliconioides micha</i> (H. Druce, 1896)	Paraguai e Brasil	(MILLER, 1986) ²¹	-

<i>Paysandisia archon</i> (Burmeister, 1880)	Argentina, Uruguai, Paraguai, Sul do Brasil e Sul da Europa	(AGUILAR <i>et al.</i> , 2001) ³⁵	Palmeiras
<i>Eupalamides cyparissias</i>	Brasil, Colômbia, Peru, Equador, Guiana, Venezuela e norte do Panamá.	(CALDEIRA, 1938; KORKYTKOWSKI e RUÍZ, 1979) ^{24,41}	<i>Cocos nucifera</i> L. (Coco); <i>Elaeis guineensis</i> Jacq. (Dendê)
<i>Riechia acraeoides</i> (Guérin-Méneville, [1832])	Brasil, Argentina, Paraguai	(MILLER, 1986) ²¹	-
<i>Prometheus cochrus</i> (Fabricius, 1787)	Brasil, Paraguai	(JÖRGENSEN, 1930; MILLER, 1986) ^{21,64}	<i>Ananas comosus</i> (L.) (Abacaxi); <i>Bromelia</i> <i>antiacantha</i> ;
<i>Frostetola gramivora</i> (Schaus, 1896)	Brasil, Paraguai	(MILLER, 1986) ²¹	-
<i>Yagra fonscolombe</i> (Godart, [1824])	Brasil, Argentina, Paraguai	(RIOS e GONZALEZ, 2011) ⁴⁰	-
<i>Geyeria uruguayana</i> (Burmeister, 1879)	Brasil, Argentina, Uruguai	(MILLER, 1986) ²¹	-
<i>Ceretes thais</i> (Drury, 1782)	Sudeste do Brasil, Bolívia, Argentina, Paraguai	(MILLER, 1986) ²¹	-
<i>Synemon</i> sp	Austrália	(DOUGLAS, 2008) ⁵⁹	-

BIOLOGIA E HÁBITOS DAS PRINCIPAIS PRAGAS DA FAMÍLIA CASTNIIDAE

O interesse de pesquisas com insetos da família Castniidae tem aumentado nos últimos 20 anos devido principalmente ao potencial que insetos dessa família têm em se tornar pragas em culturas de importância, como por exemplo, *P. archon*, introduzida na Europa e atualmente considerada uma importante praga de palmeiras ornamentais.^{39,40} As lagartas de insetos da família Castniidae são em sua maioria “brocas” de troncos e raízes, e forrageiam principalmente plantas monocotiledôneas das famílias Poaceae, Bromeliaceae, Musaceae, Arecaceae e Orchidaceae.^{5,33} Esse hábito alimentar dos insetos na fase larval é o principal responsável por provocar danos às plantas hospedeiras. A seguir serão descritos biologia e hábitos de espécies de Castniidae atualmente consideradas pragas importantes.

Eupalamides cyparissias uma importante praga de palmeiras

A espécie *E. cyparissias* é uma praga de grande importância para palmeiras da América do Sul. Korkytowski e Ruíz (1979)^{19,33} em 1975 registraram a ocorrência dessa praga e observaram uma lagarta volumosa alimentando-se dos cachos de dendê e causando podridão em plantas no Peru. Esses insetos se adaptaram rapidamente às condições do ecossistema das plantas de dendê, e se estabeleceram como uma praga primária em um período curto de tempo. O grande número de cachos afetados por lagartas de *E. cyparissias*, chegou a provocar danos.³³

As lagartas da broca-da-coroa-foliar como é conhecida vulgarmente, constroem galerias no estipe (figura 1) e na coroa foliar nas plantas de dendezeiro e coqueiro, impedindo a circulação da seiva bruta e elaborada, conseqüentemente provocando a debilidade e morte da planta.^{42,43}

Externamente os danos provocados por *E. cyparissias* são observados através de injúrias como a redução do desenvolvimento das folhas novas, tombamento das folhas mais velhas, redução do número de inflorescência, abortamento das flores, apodrecimento e queda dos cachos em formação e em maturação, conseqüentemente reduzindo a produção de frutos.^{42,44}

De La Torre et al. (2004)⁴⁴ relataram que em dendezeiros na Colômbia, as folhas das palmeiras afetadas apresentam clorose ascendente, que se inicia no ápice das folhas e folíolos, provocando uma coloração alaranjada e levando ao ressecamento dos tecidos vegetais. Além

dos danos diretos, *E. cyparissias* pode provocar danos indiretos através da fermentação dos tecidos afetados e atração do besouro *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) importante praga de palmeiras, ou ainda, as galerias podem facilitar a entrada de fitopatógenos.⁴⁵



Figura 1. Injúrias internas (orifícios e galerias) provocadas por lagartas e *E. cyparissias*, em plantas de coqueiro (A) e dendezeiro (B) em plantios na cidade de Moju, Pará

Os adultos de *E. cyparissias* são mariposas grandes, com as fêmeas variando em tamanho de 17 a 20 cm de envergadura e os machos variando de 17 a 18 cm de envergadura. Os insetos adultos possuem uma coloração marrom acinzentada com sobretons de verde metálico e violeta (figura 2A)⁴¹. O dimorfismo sexual dos insetos não é visível, exceto pelo frênulo que nos machos é formado de uma única cerda e nas fêmeas por um tufo de cerdas (figura 2B e 2C).^{18,20,41}

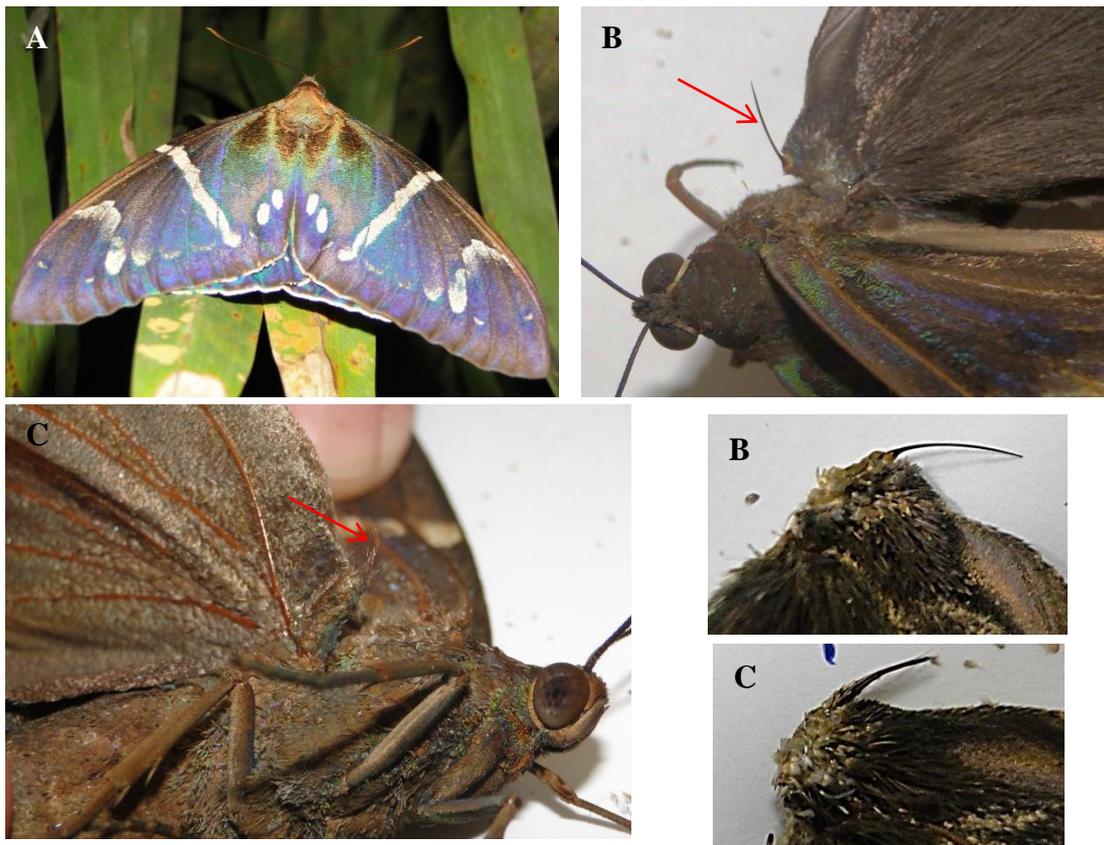


Figura 2. Adulto de *E. cyparissias* (A) e diferenciação do frênulo de machos (B) e fêmeas (C)

Os ovos são ovais e alargados com as extremidades afiladas, é perceptível as estrias longitudinais proeminentes que demonstram um aspecto característico, medem de 5 a 6 mm de comprimento e 2 mm de largura. A coloração é cinza rosado quando recém ovipositados, tornando-se mais escuro com o passar do tempo (figura 3).⁴¹



Figura 3. Ovos de *E. cyparissias*

As lagartas são de coloração leitosa, grandes e volumosas, variam em tamanho de 7 mm quando recém nascidas e podem chegar até 130 mm quando atingem o último instar (figura 4A).⁴¹As pupas são grandes, de cor castanho claro e extremidade caudal escurecida, podem variar de 64 a 95 mm de comprimento, comumente os machos são menores. As pupas normalmente estão em um casulo feito das fibras da palmeira (figura 4B), o dimorfismo sexual é percebido através dos poros oval e genital (figura 5).⁴¹



Figura 4. Pré-pupa (A) e pupa (B) de *E. cyparissias*

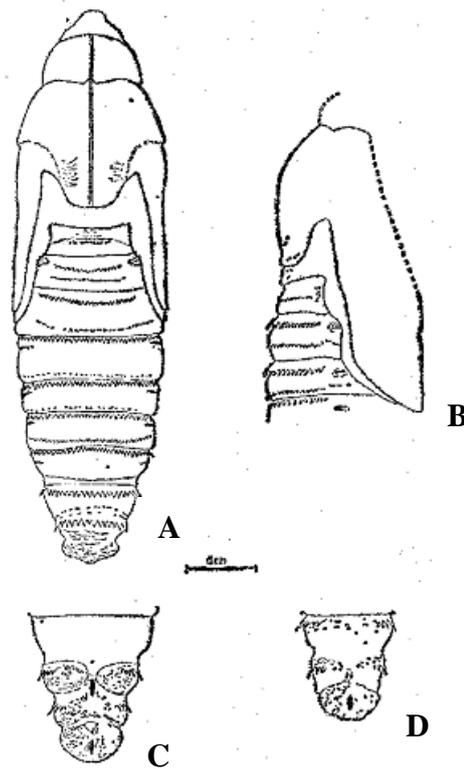


Figura 5. Detalhes de pupas machos e fêmeas de *E. cyparissias*. Vista dorsal (A), vista lateral (B), região ventral do cremaster da fêmea (C) e região ventral do cremaster do macho (D). (Korkytłowski e Ruíz (1979))

O ciclo de vida completo de *E. cyparissias* é de aproximadamente 13 meses, entretanto, variações ocorrem, podendo durar em média 300 dias (figura 6).^{41,44} Os machos adultos vivem em média 12 dias e as fêmeas adultas vivem em média 18 dias. Os ovos tem um período de incubação de 14 a 22 dias. As lagartas passam por 14 instares, com uma variação de 144 á 403 dias e duração em média de 233 dias, os estágios larvais podem ser divididos em três tipos principais, lagarta I medem até 3 cm de comprimento, correspondem aos instares de 1 á 5, lagarta II com 3 a 6 cm de comprimento, são as lagartas que correspondem aos instares de 6 a 10 e lagartas III que são aquelas com mais de 6 cm de comprimento e correspondem aos instares de 11 á 14.^{20,41}

As pré-pupas tem em média duração de 19 dias, variando de 17 a 20 dias e o período pupal tem duração de 30 dias. O ciclo biológico completo está entre 217 e 493 dias, com uma média de 314 dias.⁴¹

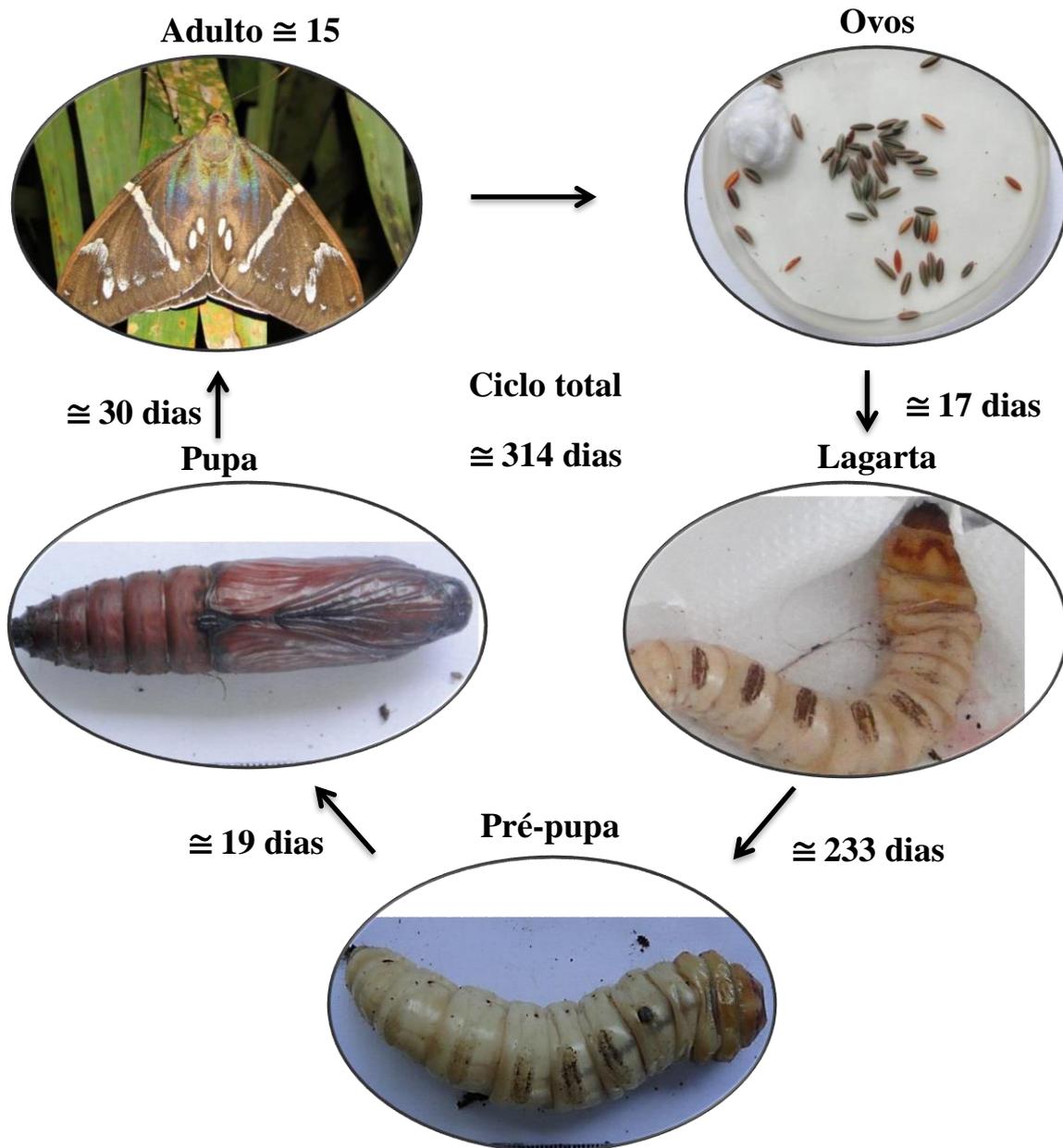


Figura 6. *Ciclo de vida de E. cyparissias*

As mariposas de *E. cyparissias* são de hábito crepuscular e seu voo se realiza durante os horários de pouca luz, frequentemente os voos ocorrem entre as 5h 30 min e 6h e entre as 18h e 18h 30 min, o voo das mariposas é rápido e sincronizado durante esses horários, já durante a noite e o dia torna-se lento. Esse comportamento está associado ao encontro de parceiros para a cópula, frequentemente dois ou três machos perseguem a fêmea e a cópula ocorre após o voo da tarde, com uma duração de até três horas.⁴¹

As fêmeas ovipositam por um período de 12 a 17 dias e podem iniciar a oviposição 24 horas após a cópula podendo ovipositar até 500 ovos/fêmea.^{41,44} A oviposição ocorre

através da eversão do ovipositor, e a postura ocorre na base da coroa foliar, o número de ovos inférteis é elevado, podendo chegar a 20 %.^{41,44}

Logo após a eclosão as lagartas são bastante móveis e procuram preferencialmente frutos recém-formados nos cachos verdes onde se alimentam e conseqüentemente formam galerias nos tecidos internos até chegar a estipe da planta.^{19,41,46} As pré-pupas migram para o exterior do estipe abaixo da coroa, durante esse estágio o inseto produz um casulo das fibras da palmeira compactado juntamente com exsudados das glândulas labiais e permanecem imóveis dentro do casulo até iniciarem a pupação. As pupas localizam-se em posição horizontal ou ligeiramente inclinadas nas axilas das bases peciolares até o momento da eclosão.⁴¹

Para o controle de *E. cyparissias* diversos métodos são citados na literatura. De La Torre et al. (2004)⁴⁴ relataram que a liberação do parasitoide *Ooencyrtus* sp (Hymenoptera: Encyrtidae) reduziu o número de lagartas em cachos de dendezeiro quando comparados com as plantas testemunhas. Entretanto Korkytowski e Ruiz (1979)⁴¹ reportaram que esse himenóptero parasita ovos, em campo, a níveis relativamente baixo. Algumas formigas dos gêneros *Odontomachus* (Hymenoptera: Formicidae), *Pheidole* (Hymenoptera: Formicidae) e *Iridomyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) foram encontradas em campo predando ovos de *E. cyparissias*.⁴¹

Algumas práticas de manejo cultural são citadas com efeito positivo para a diminuição das populações de *E. cyparissias*. A poda reduz o número de lagartas, pré-pupas e pupas, além de reduzir os sítios de oviposição, bem como a coleta manual de adultos que implica na redução de populações.⁴⁴

O controle químico através de inseticidas como acefato e carbaryl demonstrou ser promissor, entretanto o uso indiscriminadamente como única alternativa pode estimular o desenvolvimento de populações resistentes.^{23,45}

***Telchin licus* uma das principais pragas da cana-de-açúcar**

T. licus conhecida vulgarmente como broca gigante da cana-de-açúcar é considerada uma das principais pragas da cana-de-açúcar nos estados do norte e nordeste do Brasil, e era restrita somente a essas regiões.^{28,47} Em 2007 Almeida e colaboradores⁴⁷ relataram a presença pela primeira vez dessa praga atacando plantios no estado de São Paulo, acredita-se que a introdução dessa espécie tenha ocorrido através de plantas ornamentais. Além da cana-de-açúcar essa espécie pode atacar bananeiras (*Musa* sp (Zingiberales: Musaceae) e helicônias (*Heliconia* sp (Zingiberales: Heliconiaceae)).^{3,30-33}

Com a expansão da broca gigante da cana-de-açúcar para outras regiões além do Norte e Nordeste do Brasil, essa praga tornou-se um motivo de grande preocupação para o setor sucroalcooleiro e tem estimulado a busca de métodos para impedir o avanço dessa espécie.

Os danos provocados pela praga são semelhantes aos provocados pela broca da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae), entretanto, em maiores proporções.⁴⁸ Nas canas novas as lagartas perfuram o colmo internamente formando galerias, provocando uma injúria característico o “coração morto” que é a morte do broto terminal ou ainda podem provocar a perda de peso da cana afetada (figura 7).¹³ Além disso, em canas mais desenvolvidas as lagartas destroem o colmo favorecendo o desenvolvimento da podridão vermelha, doença causada por fungos, diminuindo assim a produção de açúcar.^{13,49}



Figura 7. Injúrias provocadas por *T. licus* em plantas de cana-de-açúcar.

Fonte: COPLACANA

Os insetos adultos medem aproximadamente 35 mm de comprimento e 90 mm de envergadura alar.^{13,50} São mariposas grandes, predomina a cor castanho escuro, com reflexos metálicos e furta-cores.^{13,50} O dimorfismo sexual é percebido pelo frênuo, nas fêmeas essa

estrutura é formada por sete espinhos na forma de pincel e os machos apresentam um único espinho.¹⁴

No Nordeste do Brasil os adultos surgem no verão, os voos são rápidos e ocorrem geralmente nos horários mais quentes do dia entre 10 e 14 h.³³ Após a cópula as fêmeas ovipositam de 50 a 100 ovos/fêmea em touceiras de cana-de-açúcar, preferencialmente no meio de detritos e de caules cortados.¹³

Os ovos são verdes ou marrons com estrutura poliédrica medindo cerca de 4 mm de comprimento, o período de incubação está entre sete e quatorze dias, as larvas recém eclodidas possuem a mesma coloração do ovo e quando se desenvolvem passam a ser branco leitosa.^{14,51} As lagartas podem chegar a 80 mm de comprimento e 12 mm de largura, passam por cinco instares e o período larval pode durar até 10 meses.⁵¹

As pupas são de coloração castanho escuro e estão dentro de um casulo de fibras feito da cana-de-açúcar chegando a medir até 4 cm de comprimento, esse estágio pode durar de 30 a 45 dias, ao emergirem a longevidade dos adultos é de dez a quinze dias.^{13,51} O ciclo completo de desenvolvimento do inseto é de aproximadamente 177 dias (figura 8).¹³

Diversos métodos convencionais para o controle de *T. licus* foram utilizados como o uso de inseticidas, controle biológico, resistência de plantas e mecânico-cultural, entretanto, apresentando baixa eficiência.¹⁴ As lagartas e pupas que permanecem sob o solo nos internódios dificilmente são atingidas pelos inseticidas.²⁷ Apesar do alto custo operacional, MENDONÇA et al. (1996)¹³ afirmam que o controle cultural através de catação manual das lagartas e pupas, bem como a captura de adultos utilizando redes entomológicas ainda são os mais eficientes. Por outro lado, alguns estudos propõem o uso de variedades de canas geneticamente modificadas com *Bacillus thuringiensis* (Bt).⁵²

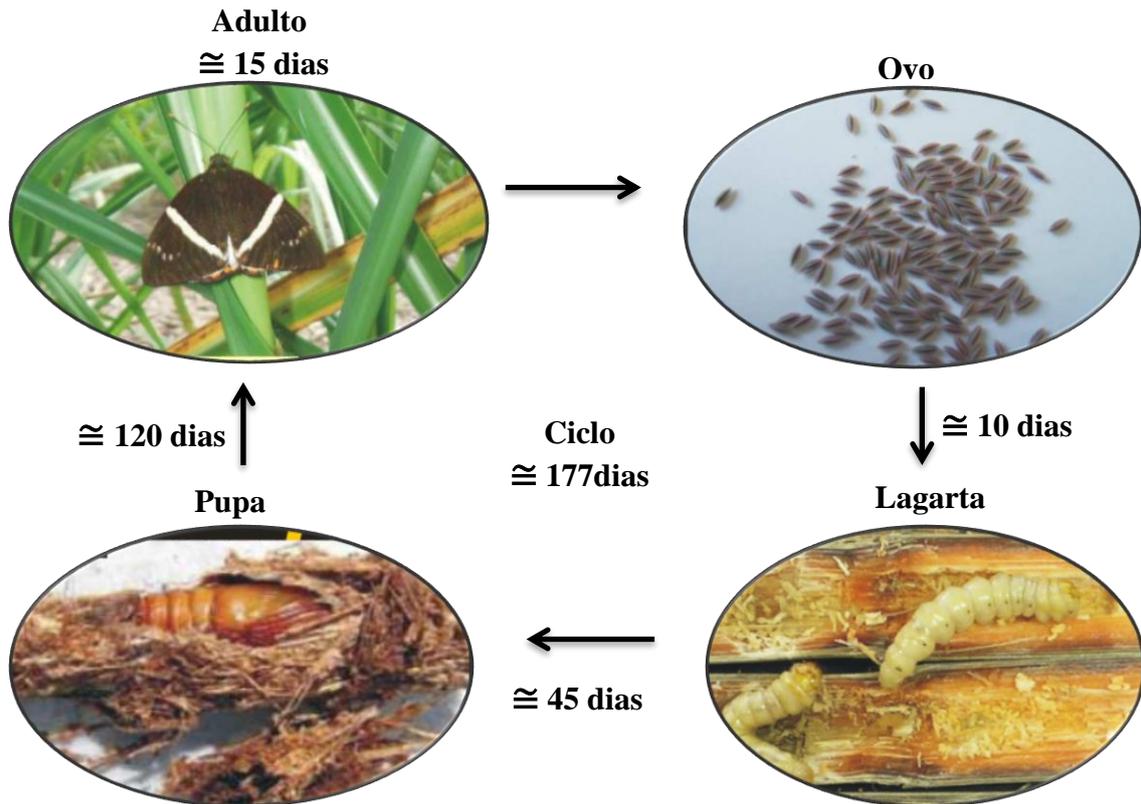


Figura 8. Ciclo de vida de *T. licus*. (Adaptado de Craveiro (2009))

***Paysandisia archon* praga de palmeiras ornamentais**

P. archon é uma espécie nativa da América do Sul que foi introduzida na Europa tornando-se uma importante praga principalmente de palmeiras ornamentais.^{3,53} Entretanto, é importante salientar que *P. archon*, não é considerada praga em seu hábitat nativo como Argentina, Paraguai, Uruguai e Brasil.⁵³

P. archon tem um potencial de atacar diversas espécies da família *Arecaceae*, Miller et al. (1986)²¹ relataram palmeiras dos gêneros *Latania*, *Chamaerops* e *Phoenix* sendo atacadas por essa praga. Monteys (2002)⁵³ constatou que *P. archon* ataca os gêneros *Trachycarpus*, *Trithrinax*, *Phoenix*, *Chamaerops*, *Butia*, *Washingtonia*, *Brahea*, *Livistona* e *Syagrus*. Aguilar et al. (2001)³⁵ observaram a presença de populações de *P. archon* estabelecidas na Espanha e em cidades vizinhas. Desde então essa praga tem se tornado uma grande preocupação para essas regiões devido ao grande potencial de danos que esses insetos podem causar.

As lagartas são endófagas e começam a se alimentar logo após a eclosão, continuam até atingir o estágio de pré-pupa, alimentam-se principalmente do interior do estipe da planta

hospedeira formando galerias e provocando severos danos, além dos danos diretos, surgem infecções secundárias provocadas por microrganismos.^{34,53,54}

As lagartas de *P. archon* podem ser encontradas em galerias em diferentes partes da planta. As lagartas de 1º instar perfuram folhas muito jovens da palmeira que brotam da coroa. Em plantas de *T. fortunei* na natureza, foi observado galerias com tamanho médio de 22,4 cm e tamanho máximo de 80 cm, em uma única planta foi observado até dez galerias.⁵⁴

As palmeiras afetadas apresentam sintomas como a presença de serragem na coroa ou tronco, galerias axiais ou transversais no estipe, desenvolvimento anormal dos brotos axilares, ressecamento anormal das folhas, deformação e torção anormal do estipe (figura 9).^{34,54}

Os ovos de *P. archon* variam de 04 a 05 mm de comprimento, são fusiformes, semelhantes a um grão de arroz e possuem de seis a oito estrias longitudinais. A incubação dura de 12 a 21 dias podendo variar de acordo com a temperatura. As lagartas são endófagas e canibais podendo atacar outras lagartas no estágio de pré-pupas que se encontram dentro do casulo de fibras. As lagartas passam geralmente por nove instares, podendo variar de sete a oito e podem chegar a 9 cm de comprimento. Esta fase é bastante longa, e pode durar cerca de dez meses em lagartas que apresentam ciclo completo de um ano e 18 meses em lagartas que apresentam ciclo completo de dois anos (figura 10).⁵⁴

As lagartas são encontradas em diferentes partes da palmeira formando galerias, quase sempre próximas ao topo (coroa), e normalmente não abandonam a planta hospedeira até alcançar a fase adulta. O estágio pré-pupal tem um período de nove a 17 dias. As pupas formadas levam aproximadamente 66 dias para completar a sua metamorfose para adulto.⁵⁴

Os adultos vivem de 43 a 52 dias. O ciclo de vida completo *P. archon* observados na Espanha foi de 389 dias (12,8 meses) em espécies que tem ciclo de um ano, e 673 dias (22,1 meses) em espécies com ciclos de dois anos.⁵⁴

Os adultos possuem asas anteriores de coloração castanho esverdeada, e asas posteriores são de coloração laranja com faixa preta transversal contendo cinco ou seis manchas brancas. O dimorfismo sexual pode ser observado por um longo ovipositor telescópico que é facilmente observado quando pressionado o abdômen da fêmea e pelo frênulo que nas fêmeas é composto de seis a nove cerdas e nos machos apenas uma cerda longa.^{34,54}

Assim como para outras espécies da família Castniidae, o controle para *P. archon* é difícil devido às lagartas serem endófagas, dificultando a eficiência dos inseticidas. Somente o

controle químico com inseticidas organofosforados (Chlorpyrifós, Acefato e Dimetoato) tem sido realmente eficiente para o controle de *P. archon*.⁵⁴



Figura 9. Injúrias em plantas de *Trachycarpus fortunei* provocados por larvas de *Paysandisia archon*. A- galerias no estipe da palmeira ; B- exúvias no estipe de *T. fortunei* infestada; C- deformação e torção anormal do estipe da palmeira ; D- ressecamento anormal da palmeira. (Sarto I Monteys e Aguilar (2005))

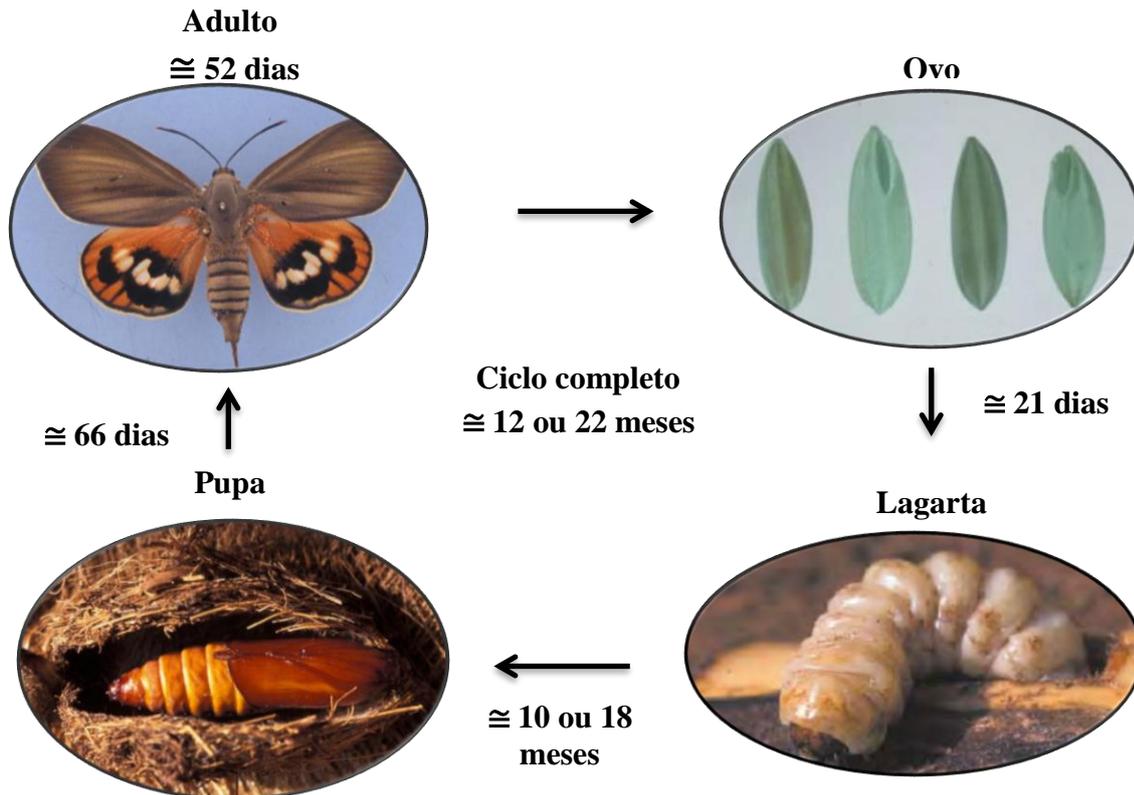


Figura 10. *Ciclo de vida de P. archon.* (Adaptado de Sarto I Monteys e Aguilar (2005))

AVANÇOS NOS ESTUDOS COMPORTAMENTAIS E IDENTIFICAÇÃO DE FEROMÔNIOS DE CASTNIIDAE

Estudos comportamentais

A descrição detalhada dos estudos comportamentais é de grande importância para o isolamento de feromônios de insetos, pois permitem caracterizar o sistema de comunicação da espécie e conseqüentemente aperfeiçoar a extração e utilização de feromônios.¹⁶ No Brasil a maioria das espécies estudadas quanto à caracterização de feromônios pertence à ordem Lepidoptera, e muitas descobertas só foram possíveis devido aos estudos iniciais de comportamento.⁵⁵ Além disso, os estudos comportamentais são essenciais para definir a atividade biológica de extratos e identificação do feromônios sexual de uma determinada espécie.⁵⁶

A maioria dos estudos com insetos da família Castniidae são relacionados à morfologia, classificação taxonômica e distribuição geográfica. Poucas espécies foram estudadas do ponto de vista químico e com ênfase na composição dos feromônios produzidos por esses insetos.

Até o presente momento somente duas espécies pragas da família Castniidae, *T. licus* e *P. archon*, tiveram estudos comportamentais com o objetivo de identificar se a comunicação sexual é mediada por feromônios.^{14,17,39,57,58}

Rebouças et al. (1999)⁵⁷ ao avaliarem a atividade de extratos de glândulas de fêmeas de *T. licus* com um a três dias de idade, observaram que os machos apresentavam movimentos de atividade sexual como antenação, pressão do abdômen nas paredes da câmara e voos em direção ao extrato. Seus estudos constataram que ao aumentar a concentração do extrato das fêmeas em um ensaio de olfatométrica, aumentava a porcentagem de insetos na região V do tubo Y, quando comparado ao hexano. Quando os machos eram submetidos somente ao controle com hexano não apresentaram os movimentos de atividade sexual.

Wadt (2012)¹⁴ apresenta um estudo sobre o comportamento reprodutivo de *T. licus* e o potencial de atratividade dos extratos de fêmeas em campo. Esse estudo demonstrou que *T. licus* apresenta atividade diurna, entre as 11:00 h e 15:00 h, sendo horário em que a cópula ocorre em plantios de cana-de-açúcar localizado na cidade de Iracemápolis, São Paulo (figura 11).

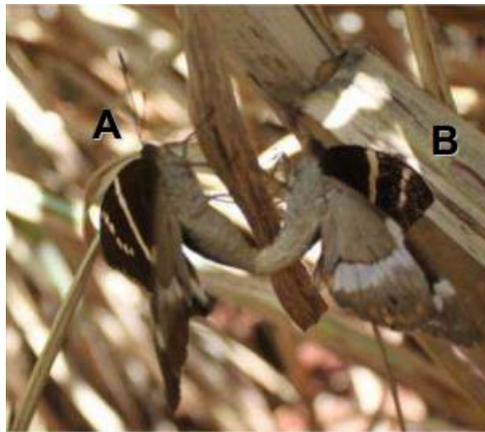


Figura 11. Casal de *T. licus* em cópula (A) fêmea, (B) macho. (Adaptado de Fonte: Wadt (2012))

Os ensaios realizados por Wadt, (2012)¹⁴ utilizando insetos “estilizados” que consistiu de um protótipo do corpo do inseto com asas verdadeira de fêmeas e septo de borracha impregnado com extrato de 30 glândulas de fêmeas de *T. licus*, quando comparado com fêmeas vivas permitiram concluir que além da atração visual, possivelmente exista a comunicação química por feromônios mediando o acasalamento entre os indivíduos.

A importância dos estudos de comportamento sexual de *T. licus* está relacionada principalmente ao horário em que um possível feromônio sexual dessa praga poderia ser liberado. Contudo, identificar a fonte emissora e receptora do feromônio é essencial, já que para os estímulos olfativos a atração geralmente resulta na localização do odor pelos indivíduos que respondem ao odor.⁵⁶ Por exemplo, quando fêmeas de Lepidoptera emitem o feromônio sexual e os machos respondem.⁵⁶

Para a espécie *P. archon*, o primeiro estudo publicado que descreve o comportamento sexual foi realizado por Sarto Monteys e Aguilar (2005)⁵⁴, posteriormente Monteys et al., (2012)³⁹ e Riolo et al. (2014)⁵⁸ descreveram as etapas envolvidas na corte desses insetos.

Os experimentos realizados por Monteys et al. (2012)³⁹ permitiram avaliar o comportamento de casais em telados (1,85 x 5,00 x 2,10 m³) e gaiolas (1,20 x 1,50 x 2,10 m³) em plantios de *T. fortunei* localizados na Espanha (figura 12). Os autores caracterizam seis etapas consecutivas na corte desses insetos, primeiro a localização do parceiro e a perseguição. Nessa etapa além dos estímulos visuais a fêmea perceberia o feromônio sexual do macho a curtas distâncias, logo após o pouso liderado pela fêmea em uma superfície vertical. Na terceira etapa a orientação, o macho se aproxima da fêmea e movimenta as asas em seguida toca a fêmea com o edeago e as antenas e logo após a tentativa de cópula e por fim a cópula.



Figura 12. Casal de *P. archon* em cópula. (Sarto I Monteys (2012))

Entretanto Monteys et al. (2012)³⁹ concluíram que a localização do parceiro para cópula ocorre através de estímulos visuais e que as antenas desses insetos são semelhantes às antenas de borboletas, as sensilas não são apropriadas para a detecção de feromônios a longas

distâncias e as fêmeas não possuem glândulas especializadas na produção de feromônios no ovipositor. O macho produz em suas asas uma mistura de Z,E-farnesal, E,E-farnesal e (E,Z)-2,13-octadecadienol percebidos pela fêmea somente a curtas distâncias. Sendo assim, o controle dessa praga não deveria ser baseado no uso de feromônios produzido por fêmeas como ocorre comumente para outras mariposas.³⁹

Riolo et al. (2014)⁵⁸ avaliaram e definiram o comportamento de corte de *P. archon* em cinco etapas principais: voo da fêmea, voo do casal, pouso próximo e cópula. Além disso, utilizaram insetos que tiveram suas antenas extraídas e protótipos de insetos para investigar a função das antenas na percepção de feromônios e os estímulos visuais que estão envolvidos no momento da corte. Riolo e colaboradores concluíram que não existe um feromônio de longa distância produzido por fêmeas, e ainda, o ovipositor não possui tecido glandular envolvido na produção de feromônios. Entretanto, confirmaram a importância das pistas visuais no momento de corte dos insetos e que os estímulos olfatórios são mais importantes nos machos do que nas fêmeas, mas, somente a curtas distâncias.⁵⁸

Apesar dos estudos comportamentais com *P. archon* não evidenciar a presença de feromônios produzido por fêmeas que poderiam ser utilizados em um MIP, os dados são necessários para refutar ou aceitar uma hipótese relacionada à produção de feromônios por fêmeas dessa espécie.

Investigação de Feromônios em Castniidae

Os estudos realizados por Rebouças et al. (1999)⁵⁷, Monteys et al. (2012)³⁹, Frérot et al. (2013)¹⁷ e Riolo et al. (2014)⁵⁸ identificaram a presença de compostos de diferentes classes químicas, alguns exercendo resposta eletrofisiológica nas antenas como em *P. archon*, ou atratividade em ensaios de olfatosmetria como em *T. licus*.

Somente um trabalho sobre a identificação de feromônios em *T. licus*, foi relatado, Rebouças et al. (1999)⁵⁷ identificou nos extratos hexânicos dos ovipositores das fêmeas de *T. licus licus* compostos pertencentes as classes dos hidrocarbonetos, ácidos carboxílicos insaturados e saturados, álcoois insaturados e aldeídos, grande parte dos compostos identificados são comuns em tecidos de insetos (Tabela 2).

Rebouças et al. (1999)⁵⁷ verificaram que extratos dos ovipositores na concentração de 1EF/10µL (Equivalente Fêmea) quando comparado com fêmeas vivas teve maior atratividade, e a atividade do macho foi proporcional ao aumento da concentração do extrato.

O primeiro trabalho sobre a investigação de compostos feromonais em *P. archon* foi realizado por Monteys et al. (2012)³⁹ e consistiu na investigação de feromônios de extratos em

hexano obtidos da cabeça, tórax, asas e abdômen de ambos os sexos e dos ovipositores das fêmeas, o qual foram identificados ácidos graxos, álcoois e aldeídos (tabela 2).

Tabela 2. Compostos identificados em espécies da família Castniidae

Composto	Família Castniidae							
	<i>P. archon</i>							
	<i>T. licus licus</i>		Monteys		Riolo		Frérot	
	Rebouças <i>et al.</i> , (1999)		<i>et al.</i> , (2012)		<i>et al.</i> , (2014)		<i>et al.</i> , (2013)	
M*	F**	M	F	M	F	M	F	
Hidrocarbonetos								
Heptadecano (C ₁₇ H ₃₆)							x	
heneicosano (C ₂₁ H ₄₄)		x						
docosano (C ₂₂ H ₄₆)		x						
tricosano (C ₂₃ H ₄₈)		x						
tetracosano (C ₂₄ H ₅₀)		x						
pentacosano (C ₂₅ H ₅₂)		x						
hexacosano (C ₂₆ H ₅₄)		x						
heptacosano (C ₂₇ H ₅₆)		x						
hentriacontano (C ₃₁ H ₆₄)		x						
β-springeno (C ₂₀ H ₃₂)		x						
Limoneno (C ₁₀ H ₁₆)							x	
p-cimeno (C ₁₀ H ₁₄)							x	
Pentadecano (C ₁₅ H ₃₂)							x	
Hexadecano (C ₁₆ H ₃₄)							x	
β-cariofileno (C ₁₅ H ₂₄)							x	
Tetradecano (C ₁₄ H ₃₀)							x	
Ácidos graxo								
Ácido palmitoleico (C ₁₆ H ₃₀ O ₂)		x						
Ácido palmítico (C ₁₆ H ₃₂ O ₂)		x	x	x			x	
Ácido linoleico (C ₁₈ H ₃₂ O ₂)		x						
Ácido (Z)-11-hexadecenoico (C ₁₆ H ₃₀ O ₂)			x	x				

	M*	F**	M	F	M	F	M	F
Ácidos graxo (cont.)								
Ácido oleico (C ₁₈ H ₃₄ O ₂)			x	x		x		
Álcoois								
2-etilhexanol (C ₈ H ₁₈ O)						x		
Nonanol (C ₉ H ₂₀ O)						x		
2-butoxietanol (C ₆ H ₁₄ O ₂)						x		
(E,Z)-2,13-octadecadienol (C ₁₈ H ₃₄ O)			x					x
Geraniol (C ₁₀ H ₁₈ O)						x		
Álcool benzílico (C ₇ H ₈ O)						x		
Aldeídos								
Decanal (C ₁₀ H ₂₀ O)						x		
Benzaldeído (C ₇ H ₆ O)						x		
Nonanal (C ₉ H ₁₈ O)						x		
Z,E-farnesal (C ₁₅ H ₂₄ O)			x					
E,E-farnesal (C ₁₅ H ₂₄ O)			x					
Heptanal (C ₇ H ₁₄ O)						x		
Octanal (C ₈ H ₁₆ O)						x		
Cetona								
Acetofenona (C ₈ H ₈ O)						x		
Geranil acetona (C ₁₃ H ₂₂ O)						x		
6-metil-2-heptenona (C ₈ H ₁₄ O)						x		
Outros								
Diclorobenzeno (C ₆ H ₄ Cl ₂)						x		
(2-butoxi etoxi)-2-etanol (C ₈ H ₁₈ O ₃)						x		

*M = Macho **F = Fêmea

Nos ensaios eletrofisiológicos, cada extrato, cabeça, tórax, asas, abdômen e ovipositor foram testados nas antenas do sexo oposto e apresentaram baixa atividade antenográfica, a resposta nas antenas dos machos foi menor que das fêmeas. Os extratos do tórax e das asas do macho foram os mais ativos nas antenas de ambos os sexos. Uma quantidade maior de compostos foi identificado nos extratos dos machos.³⁹

Segundo Monteys et al., (2012)³⁹, em mariposas da espécie *P. archon* o macho libera feromônios que atuam somente a curtas distâncias, tais compostos foram identificados como sendo Z,E-farnesal, E,E-farnesal e (E,Z)-2,13-octadecadienol, presentes tanto nos

voláteis coletados com Porapak Q quanto nas extrações por hexano o qual foram detectados como compostos ativos em EAD.

Nos extratos das asas e tórax dos machos e ovipositor das fêmeas Monteys e colaboradores identificou a presença dos ácidos graxos: Ácido (Z)-11-hexadecenóico, Ácido Palmítico e Ácido Oleico, com esses dois últimos ácidos também nos extratos do abdômen dos machos, sendo ativos nos ensaios eletroantegráficos (Tabela 2).³⁹

Após os estudos de Monteys et al. (2012)³⁹, o trabalho realizado por Frérot et al. (2013)¹⁷ identificou a presença de um órgão androconial no segundo par de pernas dos machos de *P. archon* responsável pela liberação do álcool (E,Z)-2,13-octadecadienol, composto também identificado por Monteys et al. (2012)³⁹ nos machos, no entanto, em extratos das asas. Nos ensaios eletroantegráficos, Frérot et al. (2013)¹⁷ constatou que o composto (E,Z)-2,13-octadecadienol elicitou uma fraca resposta antegráfica nas antenas de ambos os sexos.

Riolo et al. (2014)⁵⁸ identificou 24 compostos nos extratos dos ovipositores de fêmeas de *P. archon* com 24 horas de vida (tabela 2), entretanto os autores relataram que nenhum desses compostos foram ativos nas antenas de ambos os sexos, ao contrário do que foi observado por Monteys et al. (2012)³⁹ os ácidos palmítico e oleico não se apresentaram ativos nas antenas desses insetos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo ofereceu uma análise integrativa do comportamento reprodutivo de mariposas da família Castniidae consideradas pragas de importância econômica e demonstra que os avanços nas pesquisas com insetos dessa família se faz necessário na tentativa de buscar alternativas de controle além do uso de inseticidas. Tais pragas são incisivas e de difícil controle não só em culturas de palmeiras e cana-de-açúcar no Brasil, mas também em culturas de arecáceas em países da América do Sul, América Central e Europa.

Apesar dos estudos com espécies-pragas da família Castniidae ainda não apresentar avanços significativos quanto ao uso de feromônios para monitoramento e controle dessas, algumas questões puderam ser respondidas quanto ao sistema de comunicação desses insetos. Para as espécies *T. licus* e *P. archon*, é constatado que além da comunicação química via feromônios, os insetos se utilizam de outros fatores durante o comportamento de corte, a atração visual seria uma das principais pistas para a localização do parceiro, além da movimentação dos insetos como os voos de perseguição.

Para a espécie *E. cyparissias*, estudos comportamentais, morfológicos, químicos e eletrofisiológicos ainda são necessários para desvendar o sistema de comunicação entre esses insetos objetivando a busca de compostos feromonais que possam ser aplicados no Manejo Integrado de Pragas.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à CAPES pela bolsa concedida, INCT, SOCOCO, MARBORGES AGROINDÚSTRIA S. A. e MEJER AGROFLORESTAL.

REFERÊNCIAS

1. Zarbin, P. H.; Rodrigues, M. A.; Lima, E. R.; *Quim. Nova* **2009**, 32,722.
2. Pinto-Zevallos, D. M.; Zarbin, P. H.; *Quim. Nova* **2013**, 36, 1509.
3. González, J.; Stünning, D.; *Entomol. Z.* **2007**,117, 89.
4. Moraes, S. S.; Duarte, M.; Gonzalez, J. M.; *Zootaxa* **2010**, 2421, 1.
5. Lamas, G.; *Revista Peruana de Entomología* **1993**, 35, 13.
6. Melo, J. P. R.; Veiga, A. F. S. L.; *Biologico* **2012**, 74, 5.

7. Saraiva, M. B. S.; Gontijo, T. S.; Fernandes, E. A.; Silva-Júnior, A. G.; *Revista Brasileira de Energia* **2015**, *17*, 103.
8. AGRIANUAL – Anuário da Agricultura Brasileira. Dendê. São Paulo: FNP Consultoria e Agroinformativos, **2009**, 495.
9. Glass, V. *Expansão do dendê na Amazônia brasileira: Elementos para uma análise dos impactos sobre agricultura familiar no nordeste do Pará*, ONG Repórter Brasil: São Paulo, 2013.
10. Martins C, Junior J. *Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional: Panorama 2014*, 1st ed., Embrapa Tabuleiros Costeiros: Aracaju, 2014.
11. Silva, A. D. B. et al. *Injeção de inseticidas no estipe de dendezeiros para controle de lagartas de *Eupalamides dedalus* (Cramer)(Lepidoptera: Castniidae)*, Embrapa Amazônia Oriental, 2003.
12. http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_08_08_09_39_29_boletim_cana_portugues_-_abril_2013_1o_lev.pdf, acessada em julho 2015.
13. Mendonça, A.; Viveiros, A.; Sampaio, F. *A broca gigante da cana-de-açúcar, *Castnia licus* Drury, 1770 (Lep.: Castniidae). Pragas da cana-de-açúcar*, Insetos & Cia: Maceió, 1996.
14. Wadt, L. *Dissertação de Mestrado*, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Brasil, 2012.
15. Goulart, H. F.; Lima, M. R. F.; Moraes, R. K. S.; Bernardo, V. B.; *Rev. Virtual Quim.* **2015**, *7*, 1205.
16. Vilela, E. F. *Feromônios de insetos:(biologia, química e emprego no manejo de pragas);* Vilela, E. F.; Della Lucia, T. M. C., eds.; Holos Editora: Ribeirão Preto, 2001.
17. Frérot, B.; Delle-Vedove, R.; Ollivier, L. B.; Zagatti, P.; Ducrot, P. H.; Grison, C.; Hossaert, M.; Petit, E.; *Chemoecology* **2013**, *23*, 137.
18. Genty, P.; Desmier De Chenon, R.; Morin, J.; *Oleagineux* **1978**, *33*, 325.
19. Korytkowski, G. C.; Ruiz, A. E.; *Revista Peruana de Entomología* **1979**, *22*, 49.
20. Hugenot, R.; Vera, J.; *Oleagineux.* **1981**, *36*, 543.
21. Miller, J. Y. *Tese de Doutorado*, University of Florida, EUA, 1986.
22. Henderson, A.; Galeano-Garces, G.; Bernal, R.; *Field guide to the palms of the Americas*, Princeton University Press: New Jersey, 1997.
23. Müller, A. A.; Silva, A. B.; Souza, L. A.; Buecke, J.; Guimarães, L. G.; Silva, J. S. O.; Vale, M. P.; Lins, P. M. P.; Ohashi, O. S.; *Controle químico de lagartas de *Eupalamides dedalus* em dendezeiros*. Embrapa Amazônia Oriental, 2000.

24. Caldeira, E.S.; Vieira, J. T.; *Primeiro catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Estado do Pará*, Diretoria Geral da Agricultura e Pecuária do Estado do Pará: Belém, 1938.
25. Raymundo, B.; *O Campo*. **1930**, 2, 46.
26. Myers, J.; *Bull. Entomol. Res.* **1935**, 26, 181.
27. Guagliumi, P.; *Pragas da cana-de-açúcar, Nordeste do Brasil*, 10^o ed., Coleção Canavieira: Rio de Janeiro, 1972.
28. Silva-Brandao, K. L.; Almeida, L. C.; Moraes, S. S.; Consoli, F. L.; *Bull. Entomol. Res.* **2013**, 103, 89.
29. Costa Lima, A.; *Um novo inimigo da cana: a broca *Castnia licus* (Drury) descoberta em Pernambuco*, 4^o ed., Chácaras e Quintais: São Paulo, 1928.
30. Miller, J. Em *Immature Insects*; MILLER, J.; STEHR, F. W. eds.; Kendall/Hunt: Dubuque, 1987.
31. González, J.; Fernández-Yépez, F.; *Memorias de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*. **1993**, 53, 47.
32. González, J. M.; Cock, M. J. A.; *Zootaxa*. **2004**, 762, 1.
33. Moraes, S. S.; Duarte, M.; *Revista Brasileira de Entomologia*. **2009**, 53, 245.
34. Monteys, V. S.; *Resumos da Palm Pest Mediterranean Conference*, Nice, France, 2013.
35. Aguilar, L.; Miller, J.; Monteys, S. V.; *Shilap Revista de Lepidopterología*. **2001**, 29, 86.
36. Drescher, J.; Dufay, A.; *Revue Horticole-Pepinieristes Horticulteurs et Maraichers* **2001**, 429, 48.
37. Monteys, V. S.; Aguilar, L.; *Shilap Revista de Lepidopterología* **2001**, 29, 280.
38. Lamas, G.; *Revista Peruana de Entomología* **2004**, 44, 43.
39. Monteys, V. S.; Acín, P.; Rosell, G.; Quero, C.; Jiménez, M. A.; Guerrero, A.; *PLoS One* **2012**, 7, e29282.
40. Rios, S. D.; Gonzalez, J. M.; *Zootaxa* **2011**, 3055, 43.
41. Korkytowski, C. A.; Ruíz, E. R.; *Revista Peruana de Entomologia* **1979**, 22, 49.
42. Souza, L. D.; Silva, A. B.; Müller, A. A.; Lins, P. M. P.; Ohashi, O. S.; *Testes de inseticidas para o controle de *Eupalamides dedalus* em coqueiros*. Embrapa Amazônia Oriental, 1998.
43. Aldana, R.; Aldana, J.; Calvache, H.; Franco, P.; *Plagas de la palma de aceite en Colombia*. Cenipalma: Bogotá, 2005.
44. De La Torre, R. C. A.; Calvache, H. H.; Higuera, O.; *Revista Palmas* **2004**, 25, 249.

45. Bernardino, A. S.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Viçosa, Brasil, 2007.
46. Mariau, D.; Huguenot, R.; *Oléagineux* **1983**, 38, 227.
47. Almeida, L. C.; Dias Filho, M. M.; De Beni Arrigoni, E.; *Rev. Agric. (Piracicaba, Braz.)*. **2007**, 82, 223.
48. Silva Júnior, M. P.; Nicola, M. V.; Rossi, M. M.; *Nucleus* **2008**, 5, 49.
49. Villas Boas, A. M.; Alves, S. B.; *An. Soc. Entomol. Bras.* **1988**, 17, 305.
50. Mendonça, A. F.; *Guia das principais pragas da cana-de-açúcar na América Latina e Caribe*, Insetos e Cia: Maceió, 1996.
51. Botelho, P.; Garcia, J.; Macedo, L. *Outras lagartas que atacam a cana-de-açúcar*. Biocontrol: Sertãozinho, 2006.
52. Craveiro, K. I. C. *Tese de Doutorado*, Universidade de Brasília, Brasil, 2009.
53. Monteys, V. S.; *Nota lepidopterologica* **2002**, 25, 3.
54. Monteys, V. S.; Aguilar, L.; *Nachr. entomol. Ver. Apollo* **2005**, 26, 61.
55. Bento, J. M. S. Em *Considerações sobre a história do estudo e emprego de feromônios no Brasil. Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas*; Vilela, E.; Della Lucia, T. M. C., eds.; Holos editora: Ribeira Preto, 2001, cap. 16.
56. Eiras, A. E.; Neto, A. M. *Olfatometria aplicada ao estudo do comportamento de insetos. Feromônios de insetos: Biologia, química e emprego no manejo de pragas*; VILELA, E.; Della Lucia, T. M. C., eds.; Holos editora: Ribeira Preto, 2001, cap. 3.
57. Rebouças, L. M. C.; Caraciolo, M. S. B.; Sant'ana, A. E. G.; *Quim. Nova* **1999**, 22, 645.
58. Riolo, P.; Verdolini, E.; Anfora, G.; Minuz, R. L.; Ruschioni, S.; Carlin, S.; Isidoro, N.; *J. Econ. Entomol.* **2014**, 107, 1009.
59. Douglas, F.; *Dissertação de Mestrado*, University of Ballarat, Austrália, 2008.
60. Gonzáles, J.; *Scientific Journal from the Experimental* **1999**, 7, 229.
61. Lamas, G.; *Revista peruana de Entomología* **1995**, 37, 73.
62. Joicey, J.; Talbot, G.; *The Annals and Magazine of Natural History* **1925**, 16, . 633.
63. Miller, J.Y.; *Checklist: Part 2* **1995**, 2, 133.
64. Jörgensen, P.; *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* **1930**, 14, 175.

4 ATIVIDADE DIÁRIA DE *Eupalamides cyparissias* Fab. (LEPIDOPTERA: CASTNIIDAE) EM PLANTIOS DE ARECÁCEAS NO ESTADO DO PARÁ E ESTUDO DE ESTRUTURAS MORFOLÓGICAS

(Artigo padronizado segundo Journal of Insect Science)

Comportamento sexual e estruturas
morfológicas de *E. cyparissias*

Journal of Insect Scienci

D. L. COSTA

LPqRN-IQB-UFAL. Av Lourival
Melo Mota, S/N - Tabuleiro dos
Martins, 57072-900
Maceió, Alagoas, Brasil.

Telefone: +55 82 3214 1388

e-mail: dannilimac@hotmail.com

Atividade diária de *Eupalamides cyparissias* Fab. (Lepidoptera: Castniidae) em plantios de arecáceas no estado do Pará e estudo de estruturas morfológicas

D. L. Costa¹, A. E. G. Santana¹

¹Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais - LPqRN, Instituto de Química e Biotecnologia – IQB, Universidade Federal de Alagoas – UFAL. Maceió, Alagoas, Brasil.

Resumo

A broca-da-coroa-foliar *Eupalamides cyparissias* Fab. (Lepidoptera: Castniidae) é uma praga de areáceas nativa da América do Sul, os adultos são mariposas que variam em tamanho de 170 a 205 mm de envergadura, o dimorfismo sexual é possível através da observação do frênuo dos machos que é composto de uma única cerda. Apesar de ser considerada uma praga de grande impacto nas culturas de dendezeiro e coqueiro no estado do Pará, estudos evidenciando o comportamento sexual e estruturas envolvidas na comunicação entre esses insetos não haviam sido reportados. Estudos comportamentais são importantes para a caracterização do sistema de comunicação da espécie praga, bem como para aperfeiçoar o desempenho da utilização e extração de feromônios. Além disso, estudos para a investigação de células glandulares nos ovipositores de fêmeas e a caracterização de sensilas presente nas antenas de machos e fêmeas são importantes para entender o sistema de comunicação entre esses insetos e propor estratégias para o seu controle. Sendo assim, este trabalho teve por objetivo observar a atividade diária em ambos os sexos e identificar estruturas morfológicas envolvidas na produção e recepção de feromônios em *E. cyparissias*. Essas informações servirão de suporte para estudos de isolamento e identificação do feromônio. As observações de campo foram realizadas em culturas de dendê no município de Moju, Pará. No Laboratório de Fitossanidade da fazenda Socôco, foram realizadas as observações de comportamento bem como a criação dos insetos. O ovipositor foi dissecado para observação de estruturas. Cortes histológicos foram submetidos à coloração por Hematoxilina-Eosina - HE para avaliação de células glandulares, a análise foi realizada por microscopia de luz convencional através de uma câmera digital (Olympus, DP25) adaptada ao microscópio (Olympus, BX41). As antenas foram analisadas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) utilizando-se microscópio Shimadzu, modelo SSX-550 Superscan. Observações de campo permitiram confirmar que mariposas em plantios de dendê no Pará são bastante ativas em horário crepuscular entre as 6:00 h e 7:30 h e entre as 18:30 h e 19:30 h. Apesar de não se ter observado cópula no campo e no laboratório, comportamentos característicos de corte foram constatados como exposição do ovipositor, exposição de cláspes, exposição do ovipositor e bater das asas, caminhar batendo as asas, movimentos abdominais, caminhada orientada, antenação e contato. A análise histológica permitiu identificar células glandulares localizadas próximas a cutícula na região proximal dorsal do ovipositor. Nas antenas de machos e fêmeas cinco tipos de sensilas foram observadas, tricóide, caética, esquamiforme, coelocônica e aurícula. Comportamentos característicos observados e as estruturas morfológicas permitem inferir substâncias químicas mediando a comunicação entre esses insetos.

Palavras-chave: *Eupalamides cyparissias*; histologia do ovipositor; comportamento sexual.

Introdução

A ordem Lepidoptera, é um dos grupos de animais mais diversos com cerca de 160.000 espécies descritas o qual inclui borboletas e mariposas (Kristensen et al. 2007). A comunicação entre insetos dessa ordem pode envolver a utilização de sinais visuais, acústicos e olfatórios (Delle-Vedove et al. 2014).

A localização do parceiro sexual em muitas mariposas é mediada principalmente por feromônios produzidos por fêmeas, pois nesse grupo, as fêmeas são predominantemente emissoras e os machos receptores. Os compostos atraentes de longa distância são considerados como sendo um eficiente método para o monitoramento das populações de pragas (Carde e Baker 1984, Carde e Minks 1995, Delle-Vedove et al. 2014).

Entretanto, em borboletas diurnas, os sinais visuais são utilizados por ambos os sexos, para a detecção de fêmeas por machos e avaliação da fêmea para a escolha do macho para a cópula (Jiggins et al. 2001, Papke et al. 2007). A procura do parceiro sexual em borboletas é baseada em pistas visuais e liberação de feromônios pelos machos que atuam somente a curtas distâncias (Boppré 1984). Os sinais de comunicação não são exclusivos e podem ser exibidos nas diferentes fases de reconhecimento e escolha do parceiro, constituindo uma sequência de comportamentos complexos que conduzirá a cópula (Klein e De Araújo 2010, Delle-Vedove et al. 2014).

A comunicação química entre machos e fêmeas de Lepidoptera é importante para definir o comportamento de corte e acasalamento desses insetos. Os estudos comportamentais são de grande importância para a caracterização do sistema de comunicação da espécie praga, bem como para aperfeiçoar o desempenho da utilização e extração de feromônios (Vilela e Della Lucia 1987). As descrições detalhadas do comportamento de corte são importantes para o desenvolvimento de novas ferramentas para o manejo integrado de pragas (Witzgall et al. 2010).

Uma praga que tem sido caracterizada como uma séria ameaça às culturas do coqueiro (*Cocos nucifera* L., Arecaceae) e do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq., Arecaceae), é vulgarmente conhecida como broca-da-coroa-foliar, *Eupalamides cyparissias* Fab. (Lepidoptera: Castniidae) (Korkytowski e Ruíz 1979, Silva et al. 2003). Para o estado do Pará essas palmeiras são consideradas as mais importantes em termos sociais e econômicos, gerando um grande número de empregos (Müller et al. 2000, Silva et al. 2003).

E. cyparissias pode ser encontrada com as seguintes sinonímias, *Cyparissius daedalus* Cramer, *Castnia daedalus* Cramer, *Eupalamides daedalus* Cramer e *Lapaeumides*

daedalus (Cram.) (Howard et al. 2001, González e Cock 2004). Os adultos são mariposas grandes que variam em tamanho de 170 a 205 mm de envergadura nas fêmeas e 170 a 185 mm nos machos, esses insetos possuem uma coloração marrom acinzentado com verde metálico e tons de violeta (Korkytowski e Ruíz 1979). O dimorfismo sexual na espécie não é acentuado, a sexagem é possível através da observação do frênuo que nos machos é composto de uma única cerda (Korkytowski e Ruíz 1979).

Os ovos de *E. cyparissias* possuem um formato oval com estrias profundas variando em tamanho de 5 a 6 mm e são facilmente reconhecidos, já as lagartas medem entre 110 e 130 mm (Vasquez et al. 2008). Esses insetos possuem um ciclo de vida longo entre 217 e 493 dias, desses, a fase larval dura entre 144 e 403 dias, pupas em média 30 dias e adultos média de 15 dias (Korkytowski e Ruíz 1979).

Para *E. cyparissias*, estudos evidenciando o comportamento sexual de cópula ou estruturas especializadas na produção e recepção dos odores até o presente momento não foram relatados. Sabe-se que, geralmente, as fêmeas de Lepidoptera são responsáveis pela produção do feromônio sexual que seria produzido em glândulas epidermais em áreas membranosas localizados no ovipositor (Hallberg e Poppy 2003).

A maioria dos insetos da ordem Lepidoptera produz feromônios em glândulas localizadas nos últimos segmentos abdominais das fêmeas, comumente as glândulas de feromônios sexual estão localizadas em uma membrana intersegmental localizada entre os 7° e 8° ou 8° e 9°/10° segmentos abdominais (Islam et al. 2010, Percy-Cunningham e Macdonald 1987, Yin et al. 1991, Ma e Roelofs 2002). A investigação de células glandulares na região do ovipositor de fêmeas de *E. cyparissias* se faz necessário para entender o local de produção dos feromônios.

Em muitas glândulas de feromônios as células são hipertrofiadas resultando em células glandulares que estão em contato direto com a superfície da cutícula. O feromônio é produzido por essas células e transportado através da cutícula, em seguida, é disseminado na superfície da cutícula (Percy-Cunningham e Macdonald 1987). Comumente as glândulas ocorrem na superfície dorsal ou ventral ou se estende em forma de um anel (Yin et al. 1991).

Os feromônios e outros semioquímicos como os cairomônios são percebidos através de sensilas especializadas localizadas principalmente nas antenas, nas quais os sinais químicos são traduzidos em atividade nervosa (Leal 2005).

A importância do conhecimento do sistema olfatório em insetos-praga está relacionada principalmente ao desenvolvimento eficiente do seu controle utilizando semioquímicos. As antenas dos insetos são estruturas sensoriais periféricas que estão

envolvidas na detecção de importantes estímulos ambientais, diversas modalidades sensoriais estão relacionadas a essas estruturas como olfatórias, gustatórias, mecanorreceptores e termosensórias (Zacharuk 1985, Hartenstein 2005, Xiangqun et al. 2014).

As antenas dos insetos possuem vários tipos de sensilas, a percepção de sinais químicos influenciam no comportamento do inseto como localização do hospedeiro, alimentação, atração do parceiro sexual e sítios de oviposição (Zacharuk 1980, Xiangqun et al. 2014).

Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar o comportamento em machos e fêmeas de *E. cyparissias*, bem como investigar estruturas morfológicas envolvidas na produção e recepção de feromônios.

Material e Métodos

Coleta e manutenção dos insetos

As pré-pupas e pupas de *E. cyparissias* foram coletadas em plantios de dendê da empresa Marborges localizada no município de Moju, Pará (01° 59' 27" de Latitude Sul e 48° 36' 33.1" de Longitude Oeste). As pré-pupas foram deixadas em seu casulo e colocadas em caixas de plástico (15 cm de diâmetro x 10 cm de altura) com papel filtro no fundo sendo umidificadas duas vezes por dia. As pupas foram retiradas do casulo de fibras, sexadas e passaram por uma limpeza manual, em seguida, foram borrifadas com uma solução de hipoclorito de sódio a 0,02% e imediatamente secas em papel toalha. Cada pupa foi mantida individualmente em placa de Petri com papel de filtro no fundo umidificado duas vezes por dia.

As pupas machos e fêmeas foram mantidas em salas separadas para evitar que a habituação do sistema sensorial interferisse no comportamento dos insetos (Bartell, 1977). As pré-pupas e pupas permaneceram em condições de laboratório com temperatura de 27 °C ± 1, umidade relativa de 79% ± 1 com 12/12h de fotofase e escotofase, até o momento da emergência dos adultos.

À medida que as pupas próximas de emergir eram identificadas, foram transferidas para gaiolas de madeira (30 cm x 30 cm x 25 cm), permanecendo até o momento da emergência do adulto sob as mesmas condições mencionadas acima. Após a emergência dos adultos, esses eram transferidos para um telado de dimensões (3,5 m x 3,75 m x 2,20 m) por onde permaneciam até o momento dos experimentos.

Observações de comportamento em campo, semi-condições de campo e laboratório

As observações de campo foram realizadas de 21 á 26 de janeiro de 2013 em culturas de dendezeiro pertencentes à empresa Marborges localizada no município de Moju, Pará (2° 7' 00" de Latitude Sul e 48° 38' 00" de Longitude oeste) a 70,7 Km da capital Belém (fig. 1). Durante seis dias consecutivos os insetos foram observados em campo, nos horários de atividade desses insetos de acordo com Korkytowski e Ruíz (1979), entre as 5:30 e 19:30 horas.

Observações de campo dos adultos de *E. cyparissias* foram realizadas na tentativa de confirmar o horário de maior atividade desses insetos segundo relatado por Korkytowski e

Ruíz (1979) bem como a cópula. Essa confirmação foi necessária pois os estudos anteriores foram realizados nas cidades de Tocache (Peru) e de San Martin (Colômbia) (Korkytowski e Ruíz, 1979; De La Torre *et al.*, 2004). Até o presente momento, estudos evidenciando aspectos comportamentais desses insetos em plantios de dendê no Brasil não haviam sido relatados.

Fig. 1. Plantio de dendê localizado na cidade de Moju, Pará (01° 59' 27'' de Latitude Sul e 48° 36' 33.1'' de Longitude Oeste)



Observações comportamentais de *E. cyparissias* também foram realizadas no Laboratório de Fitossanidade da fazenda Socôco, Moju, Pará. Para esse experimento foram utilizados doze machos e doze fêmeas virgens com 24 e 48 horas de emergência. Em cada gaiola (dimensões 40cm x 30cm x 40 cm) estavam um casal (♂/♀). Todas as observações de comportamento sexual foram realizadas em sala com temperatura controlada $27\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$ e umidade relativa de $75 \pm 5\%$ e fotofase de 12h (fig. 2A). Os insetos foram observados durante as 12 horas da escotofase a intervalos de 40 minutos. Cada observação foi realizada durante 20 minutos. Os comportamentos foram analisados para descrever se os insetos apresentavam comportamentos característicos do acasalamento como chamamento das fêmeas, corte dos machos e acasalamento.

Também foram realizadas observações comportamentais em telado de dimensões (3 m x 3,5 m x 2,2 m) localizado na parte externa do mesmo laboratório, em temperatura e umidade ambiente (fig. 2B). Algumas mudas de coqueiro foram colocadas dentro do telado. Após 2 horas de emergência os insetos adultos eram transferidos para o telado. As observações também ocorreram nos horários de atividade desses insetos como mencionado

anteriormente. Dez observações foram realizadas, cada uma composta de uma fêmea e dois machos virgens que foram avaliados diretamente quanto à presença dos comportamentos característicos de corte. Todas as observações foram registradas com o auxílio de uma filmadora Sony (AVCHD).

Fig. 2. Gaiolas (A) e telado (B) utilizados para observação do comportamento sexual de *E. cyparissias*.



Análises estatísticas

Os dados obtidos das 12 observações comportamentais realizadas em laboratório foram submetidos à análise de normalidade pelo teste Lilliefors ($P < 0.05$) e de homogeneidade de variância pelo teste de Barlett ($P < 0.05$). Tendo em vista que os dados não apresentaram ajuste à curva normal, bem como homogeneidade de variância, procedeu-se a análise não paramétrica. Assim, foi realizado o teste de comparação de médias de Wilcoxon. Para as análises foi utilizado o programa Sistema de Análise Estatística e Genética, “SAEG” V.5.1UFV-1995.

Dissecação da genitália feminina

As fêmeas de *E. cyparissias* foram anestesiadas em éter por dois minutos, em seguida com o auxílio de um bisturi o abdômen foi removido e mergulhado em uma solução de KOH a 10% e levado a banho-maria por um período de 30 minutos. Após esse procedimento, o abdômen foi retirado da solução e colocado em uma placa de Petri com solução desengordurante (50% de acetona, 20% de etanol e 30% de água). Com o auxílio de

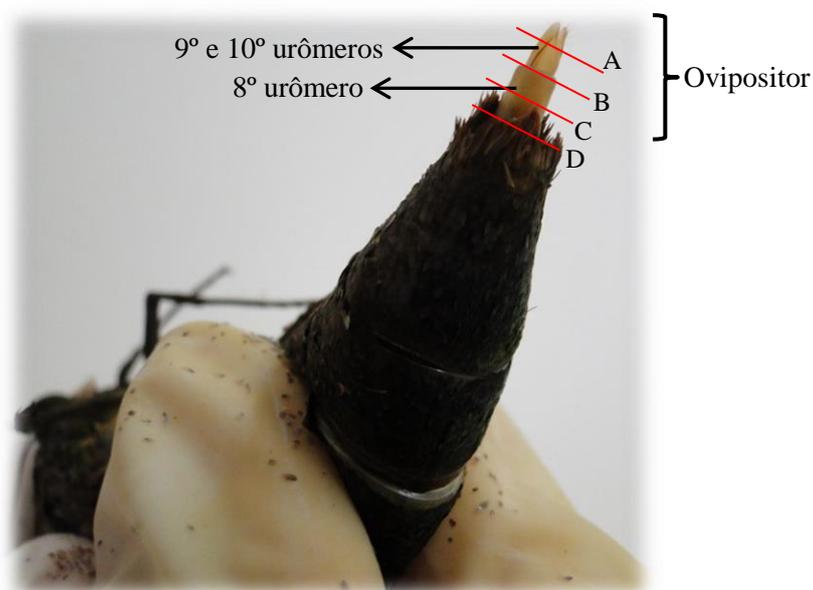
um pincel as escamas e gorduras foram totalmente removidas, com isso, foi realizada a dissecação dos últimos urômeros abdominais para visualização das estruturas do ovipositor.

Preparação histológica do ovipositor

Os experimentos histológicos foram realizados no Laboratório de Biologia Celular, LBC da Universidade Federal de Alagoas, UFAL.

As fêmeas de *E. cyparissias* foram anestesiadas em freezer por 10 minutos, em seguida com o auxílio de um bisturi os ovipositores foram removidos na base do 8º segmento abdominal (Fig. 3). Logo após o órgão foi imediatamente mergulhado em solução de fixação Methacan (60 % de metanol absoluto, 30 % de clorofórmio e 10 % de ácido acético glacial) a temperatura ambiente (25 °C), por um período de cinco horas. Depois desse período o mesmo foi desidratado com etanol a 100%, clarificado com xilol, e incluído em parafina. Em seguida, o material parafinado foi levado ao micrótomo (Slee, RM2125) para a realização de cortes de 5 µm, que foram feitos transversalmente em quatro posições A, B, C e D (fig. 3) e longitudinalmente ao órgão. Em seguida, os cortes foram desparafinados com xilol, reidratados por tratamento com soluções de concentrações decrescentes de etanol (100%, 90% e 70%) e submetidos à coloração para avaliação estrutural (Hematoxilina-Eosina - HE). A análise foi realizada por microscopia de luz convencional através de uma câmera digital (Olympus, DP25) adaptada ao microscópio (Olympus, BX41).

Fig. 3. Região posterior abdominal da fêmea de *E. cyparissias* mostrando a região dos cortes histológicos no ovipositor.



A, B, C e D – Posição dos cortes transversais.

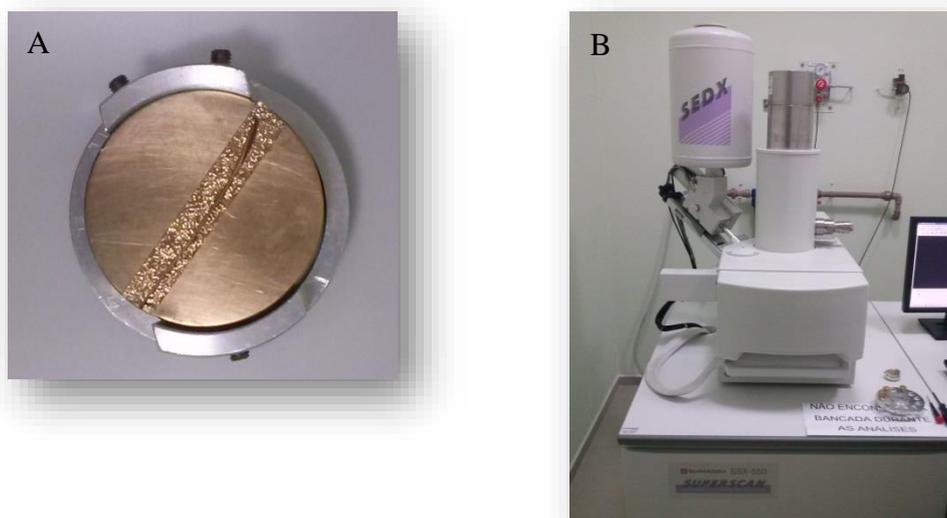
Preparação das antenas para microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Os experimentos de MEV foram realizados no Laboratório de Caracterização de Materiais do grupo de Óptica e Nanoscopia do Instituto de Física, IF da Universidade Federal de Alagoas, UFAL.

A preparação das antenas para a MEV foi realizada segundo protocolo definido por Yang et al. (2009). As antenas foram removidas de insetos machos e fêmeas vivos e rapidamente fixadas. Para a fixação, as antenas foram mantidas por 20 minutos em uma solução de glutaraldeído a 2,5% e em seguida tratados com uma solução de etanol a 75% em um banho de ultrassom por cinco minutos.

Após esse tempo as antenas passaram por uma desidratação gradual em solução de etanol a 80%, 90%, 95% e 100% por cinco minutos cada. Depois desse processo as antenas foram colocadas em papel toalha para a retirada do excesso de etanol e em seguida foram montadas em uma base de metal (figura 4A) utilizando fita adesiva e metalizadas em metalizador Sanyu Electron, modelo Quick Coater SC-701. A corrente durante o processo de metalização com alvo de ouro foi de 10 mA durante 6 minutos. As antenas foram analisadas e fotografadas em microscópio Shimadzu, modelo SSX-550 Superscan (figura 4B). Foram utilizadas três antenas de insetos de cada sexo.

Fig. 4. Base com a antena metalizada (A) e microscópio eletrônico de varredura (MEV) (B).



Resultados e Discussão

Atividade diária de *E. cyparissias* em campo

Durante as observações de campo realizadas nos plantios de dendezeiro na cidade de Moju, Pará, pôde-se confirmar hábitos de comportamento já mencionados para *E. cyparissias*. O início das observações ocorreu às 5:30 h, o nascer do sol nessa cidade incia-se por volta das 6:00 h, até esse horário os insetos permaneciam em repouso no estipe da planta. Após às 6:00 h os insetos adultos iniciam o voo no dendezal, sobrevoando entre os estipes e acima das copas. Pôde-se constatar que o voo se dá geralmente em grupo. Durante todo o horário crepuscular os insetos voam ativamente. Por volta das 7:00 h, quando encerra-se o crepúsculo e o sol aparece totalmente observou-se mariposas em repouso nas folhas e estipe da planta, no período das 7:30 h as 18:30 h não foi detectado voo dos insetos.

Durante todo o dia os insetos não apresentaram voo característico de perseguição e corte, permaneceram em repouso nas plantas de dendê. Somente a partir das 18:30 h os insetos novamente apresentam o voo característico de perseguição, persistindo até por volta das 19:30 h. Após anoitecer os insetos cessam o voo e permanecem novamente em repouso nas plantas de dendê. Segundo Korkytowski e Ruíz (1979), em plantios de dendê localizado na cidade de Tocache, Peru, os insetos adultos de *E. cyparissias* estão muito bem adaptados durante os horários de 5:30 e 6:00 horas e 18:00 e 18:30 horas, apresentando voos rápidos e sincronizados, esse mesmo comportamento foi confirmado nos plantios de dendê da cidade de Moju, Pará, Brasil. De acordo com os mesmo autores esse horário específico está relacionado ao encontro de parceiros para a cópula que ocorreria logo após o voo de perseguição. Entretanto, durante os seis dias consecutivos de observação nos plantios de dendezeiro não foram observados cópula.

Provavelmente a dificuldade de observação de cópulas nesses insetos está relacionada ao local que ocorrem. Korkytowski e Ruíz (1979) menciona que a cópula ocorreria na região apical da palmeira. Devido a dificuldade de acesso, essa região da planta não foi observada após o voo para confirmação dessa informação.

Atividade diária de machos e fêmeas de *E. cyparissias* em laboratório

Apesar dos adultos de *E. cyparissias* exibirem um horário específico para o voo de perseguição como foi observado nos plantios de dendê na cidade de Moju, Pará, os casais

foram avaliados em gaiolas durante 12 horas da escotofase. Oito tipos de comportamento em adultos de *E. cyparissias* foram observados de acordo com a tabela 1.

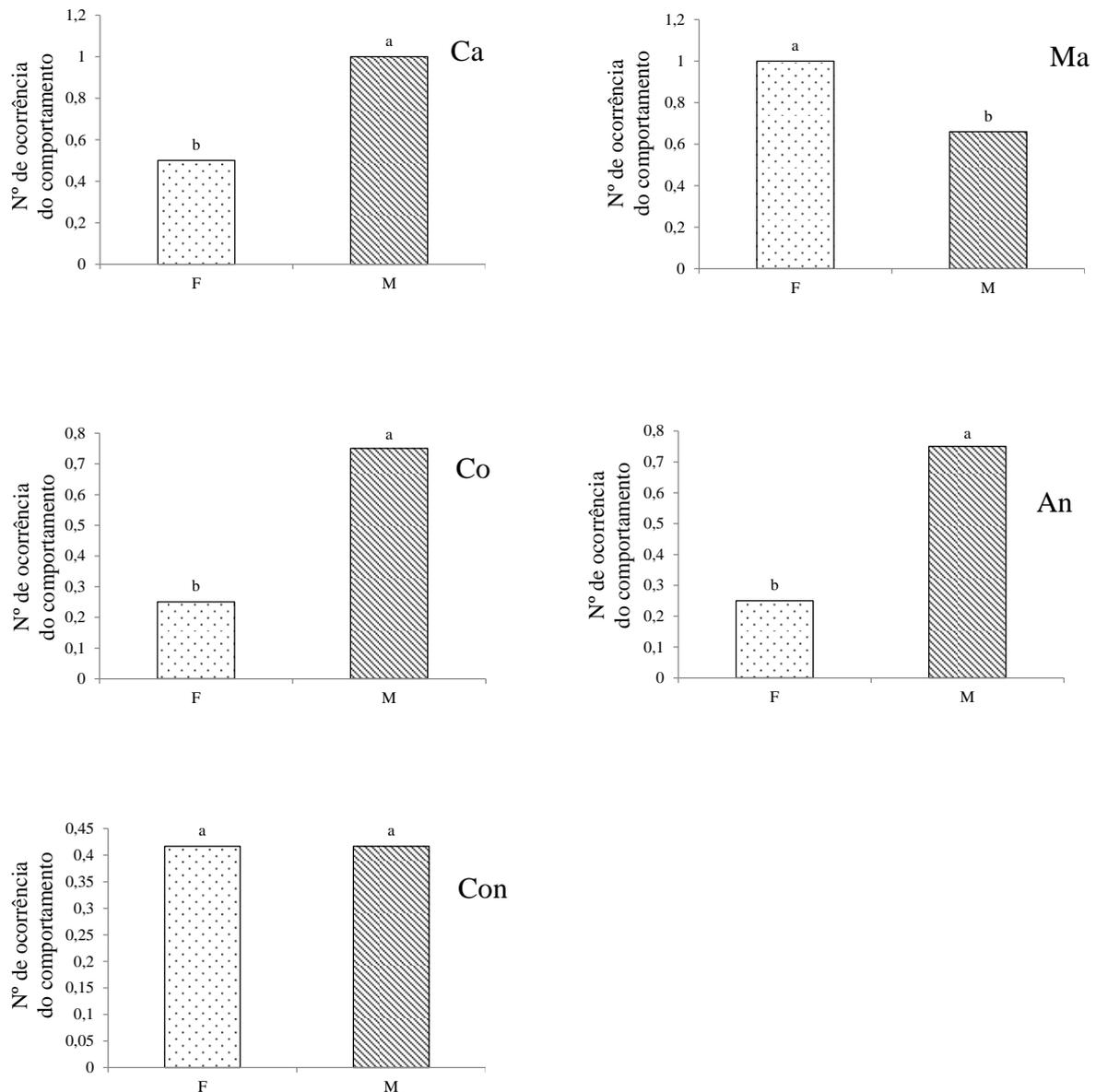
Tabela 1. Comportamentos sexuais observados em machos e fêmeas de *E. cyparissias*.

Comportamento	Sexo
Exposição do ovipositor	♀
Exposição do ovipositor e bater das asas	♀
Exposição de cláspes	♂
Caminhar batendo as asas	♀ / ♂
Movimentos abdominais	♀ / ♂
Caminhada orientada ao sexo oposto	♀ / ♂
Antenação	♀ / ♂
Contato	♀ / ♂

Através do teste de Wilcoxon pôde-se observar que os comportamentos caminhar batendo as asas, caminhada orientada ao sexo oposto e antenação foram significativamente maior nos machos que nas fêmeas e os movimentos abdominais foram observados com maior frequência nas fêmeas (fig. 5). Apesar dos insetos apresentarem comportamentos característicos de corte, em nenhuma das observações a cópula ocorreu. Riolo et al. 2014 relataram que em *P. archon* o voo é uma etapa inicial e essencial para o sucesso da cópula, entretanto, a impossibilidade do voo nas gaiolas pode ter influenciado a ausência de cópula em *E. cyparissias*.

Apesar da não ocorrência de cópula nos casais observados (n=12), ambos os sexos apresentaram comportamentos característicos de corte. Para as fêmeas os comportamentos exposição do ovipositor e bater das asas (Eob) e movimentos abdominais (Ma) e para os machos, exposição de cláspes (Ec), caminhar batendo as asas (Ca), caminhada orientada ao sexo oposto (Co) e antenação (An), baseado na literatura para lepidópteros esses comportamentos evidenciam a produção de substâncias feromonais para atração do parceiro (Howse et al., 1998).

Figura 5. Comparação dos comportamentos de machos e fêmeas de *E. cyparissias*.



Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre os sexos não diferem entre si pelo teste de Wilcoxon $P < 0,05$. Ca – caminhar batendo as asas; Ma – movimentos abdominais; Co – caminhada orientada ao sexo oposto; An – antenação; Con – contato. Dados dos números de observações transformados em $\sqrt{x+0,5}$

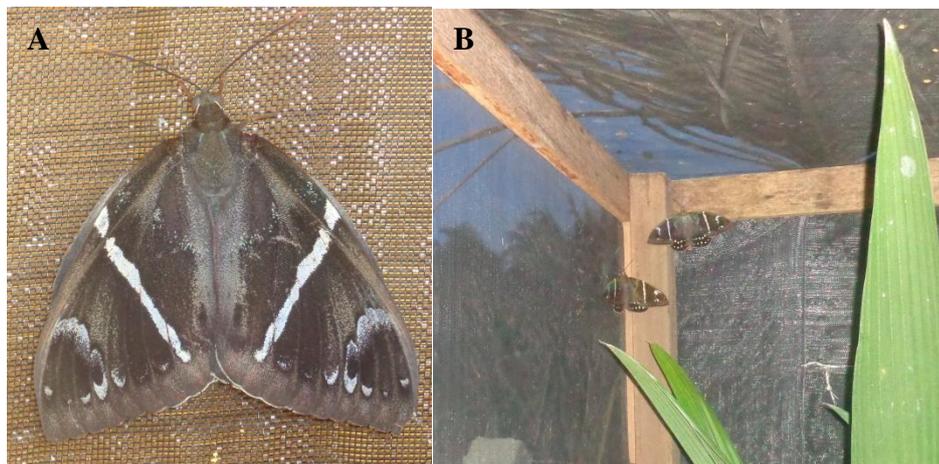
Atividade diária de machos e fêmeas de *E. cyparissias* em semi-condições de campo

As observações realizadas em telado externo permitiram constatar que durante todo o horário de luz intensa do dia (entre as 7:30 e 18:00 horas) os insetos adultos permanecem imóveis (Fig 6A). Somente nos horários crepusculares específicos como mencionado

anteriormente, os insetos iniciam sua atividade de voo. No telado, os insetos apresentaram voo de perseguição nos mesmos horários observados em campo. Os seguintes comportamentos foram observados: a fêmea e os dois machos movimentam-se no telado em voos serpentinos, a fêmea pouso, movimenta as asas e expõe o ovipositor continuamente, o macho pouso e caminha em direção a fêmea movimentando as asas e os insetos se aproximam (Fig. 6B). Entretanto, a cópula não foi observada em nenhuma das repetições (n=10).

Experimentos de observação do comportamento sexual de *T. licus* (Lepidoptera: Castniidae) demonstrou que o número de cópulas foi baixo, de um total de dez observações realizado em telado (3,7 m x 3,9 m 5,8 m) somente duas cópulas foram constatadas (Wadt 2012). Segundo Wadt (2012) esse baixo número de cópula estaria relacionado ao pequeno espaço do telado necessário para realização do voo nupcial. Provavelmente a ausência de cópula em *E. cyparissias* quando observadas em telado pode está associada ao pequeno espaço para o voo de perseguição desses insetos. De acordo com as observações de campo pôde-se constatar que os insetos voam ativamente, como se os machos perseguissem as fêmeas. Essa etapa pode ser essencial para que a cópula ocorra.

Figura 6. *E. cyparissias* em repouso no telado durante o dia (A) e casal próximo no horário de atividade (B).



Morfologia do ovipositor de *Eupalamides cyparissias*

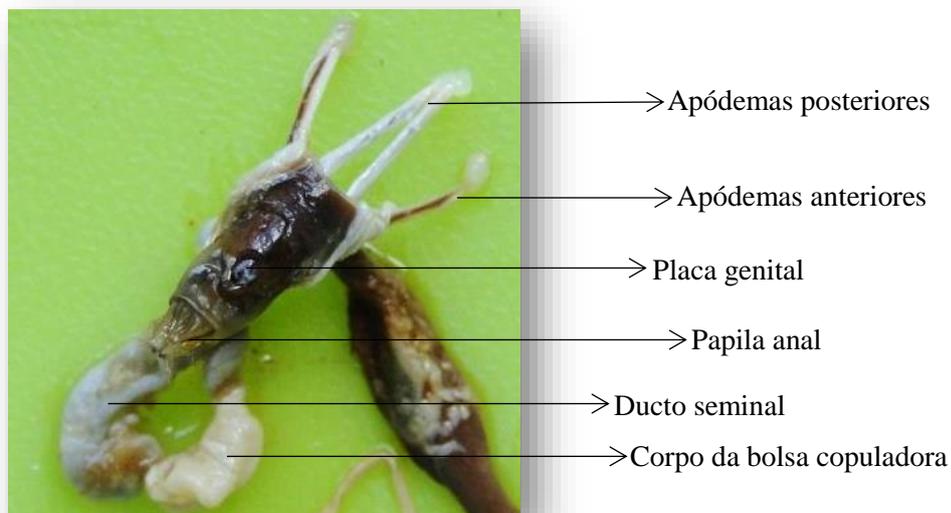
A genitália externa em *E. cyparissias* (fig. 7) constitui-se de um ovipositor substitucional sendo formado de segmentos abdominais posteriores extensíveis. Esse tipo de ovipositor ocorre em muitos insetos incluindo a ordem Lepidoptera (Archer 2005, Matsuda 2013). A morfologia da genitália externa de *E. cyparissias* é considerada de importância

taxonômica, essa região possui estruturas internas para receber o órgão copulatório do macho e seus espermatozoides, bem como estruturas externas utilizadas para oviposição.

O ovipositor de *E. cyparissias* é telescópico, formado pelo prolongamento dos oitavo, nono e décimo segmentos abdominais. A extensão do órgão se dá através dos músculos, dois pares de apódemas permitem a inserção dos músculos envolvidos no movimento do ovipositor.

Para *T. licus* foi descrito que as margens anteriores do oitavo e nono segmentos abdominais possuem dois longos pares de apófise (anteriores e posteriores) (Moraes e Duarte 2009). Essas mesmas estruturas foram observadas em *E. cyparissias*. Assim como, os mesmos autores descreveram para *T. licus* que o nono e décimo segmentos são fundidos, representados pelas papilas anais que são um par de estruturas pareadas lateralmente, estruturas também constatadas no ovipositor de *E. cyparissias* (fig. 7).

Figura 7. Genitália feminina de *Eupalamides cyparissias* vista dorsal.



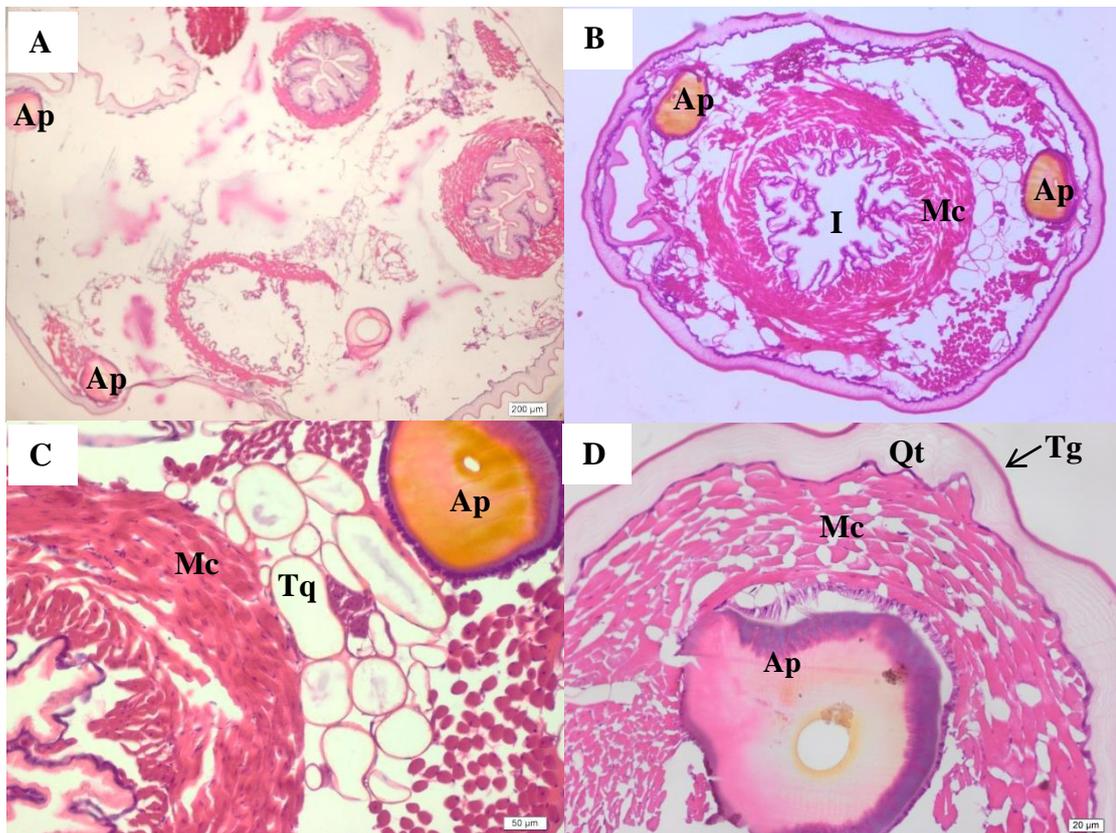
Histologia do ovipositor de *Eupalamides cyparissias*

Os cortes histológicos dos ovipositores permitiram a identificação das estruturas que serão descritas a seguir. Os apódemas (fig. 8A-B) estão presentes em toda a extensão do ovipositor que vai do 8° ao 9°/10° segmentos, sua função está relacionada ao movimento contínuo desse órgão. Envolvendo o apódema está o tecido muscular que permite os movimentos de retração e distensão do ovipositor (fig. 8D). A musculatura presente nesse órgão em *Ostrinia nubilalis* (Hübner, 1796) (Lepidoptera: Crambidae) serve para controlar os

movimentos das papilas anais no momento da oviposição e no chamamento (Ma e Roelofs 2002). O intestino também está envolvido por tecido muscular (fig. 8B) controlando o movimento dessa região.

Características específicas são observadas em tecidos de insetos que possuem glândulas de feromônios. As células glandulares apresentam hipertrofia, núcleos grandes e citoplasma típico de intensa atividade secretória como numerosos vacúolos e retículos endoplasmático liso, grandes quantidades de ribossomos e um complexo de Golgi desenvolvido (Percy e Weatherston 1974). Essas características foram levadas em consideração para diferenciar os tecidos do ovipositor de *E. cyparissias*.

Figura 8. Histologia do ovipositor de *Eupalamides cyparissias* (cortes transversais).



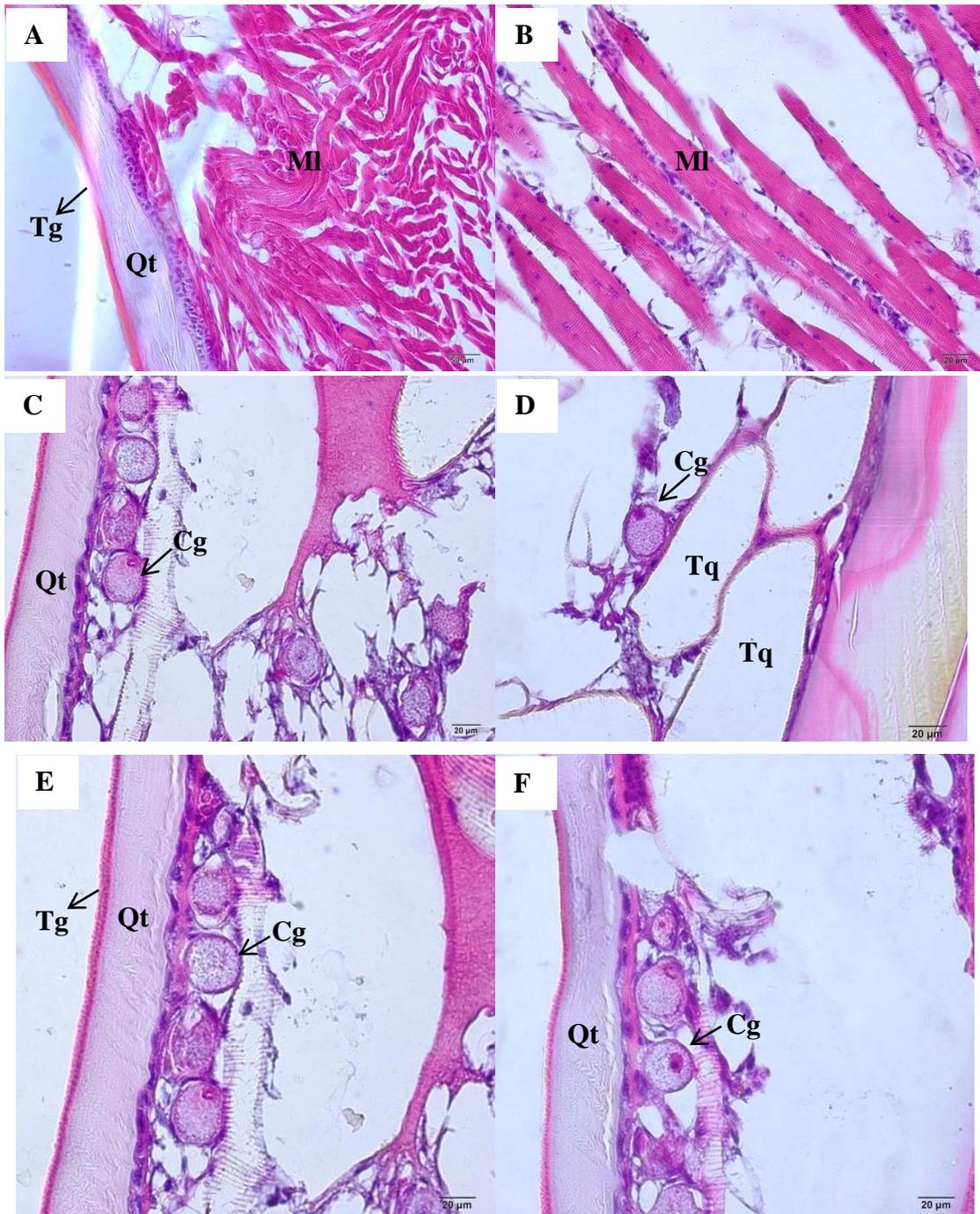
Ap- Apódema; Mc- Tecido muscular (musculatura circular); Qt -Quitina; In- Intestino; Tq-Traquéia; Tg – Tegumento. A e B aumento 40x, C aumento 200x e D aumento 400x. Coloração hematoxilina e eosina.

Estudos realizados por Zohry (2013) evidenciaram em *Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833) (Lepidoptera: Noctuidae) a presença de células características de epitélio glandular na região ventral do 9º segmento abdominal próximo ao tegumento. Em mariposas da espécie *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae) as células produtoras de feromônios sexual estão localizadas entre os 8º e 9º segmentos abdominais ocupando as regiões dorsal e ventral (Raina et al. 2000).

A localização das células glandulares pode variar na região do ovipositor, podem está como uma camada de células localizada na região ventral ou dorsal, com áreas distintas ou ainda essas células podem formar um anel contínuo entre essas regiões (Percy-Cunningham e Macdonald 1987). Nos cortes obtidos do ovipositor de *E. cyparissias* foi observado a presença das células glandulares localizadas na região proximal dorsal do ovipositor (fig. 9C-9F). As células glandulares em *E. cyparissias* foram observadas como uma camada simples localizada próximo a camada cuticular, a presença dessas células com um grande núcleo circular e citoplasma com a presença de grânulos evidenciam a atividade secretória dessas células (fig. 9D).

Nos cortes histológicos dos ovipositores de *E. cyparissias* não foi constatado estrutura de glândula, baseado nas observações pode-se inferir que nesse inseto, a produção do feromônios se dá em células específicas localizadas próximas a cutícula e não em uma estrutura de tecidos organizados formando uma glândula. Essa variação na localização ou estruturas glandulares produtoras de feromônios ocorre nas diversas famílias de Lepidoptera (Yin et al. 1991, Raina et al. 2000, Ma e Roelofs 2002, Islam et al. 2010, Fónagy et al. 2011, Zohry 2013).

Figura 9. Histologia do ovipositor de *Eupalamides cyparissias* (cortes longitudinais).

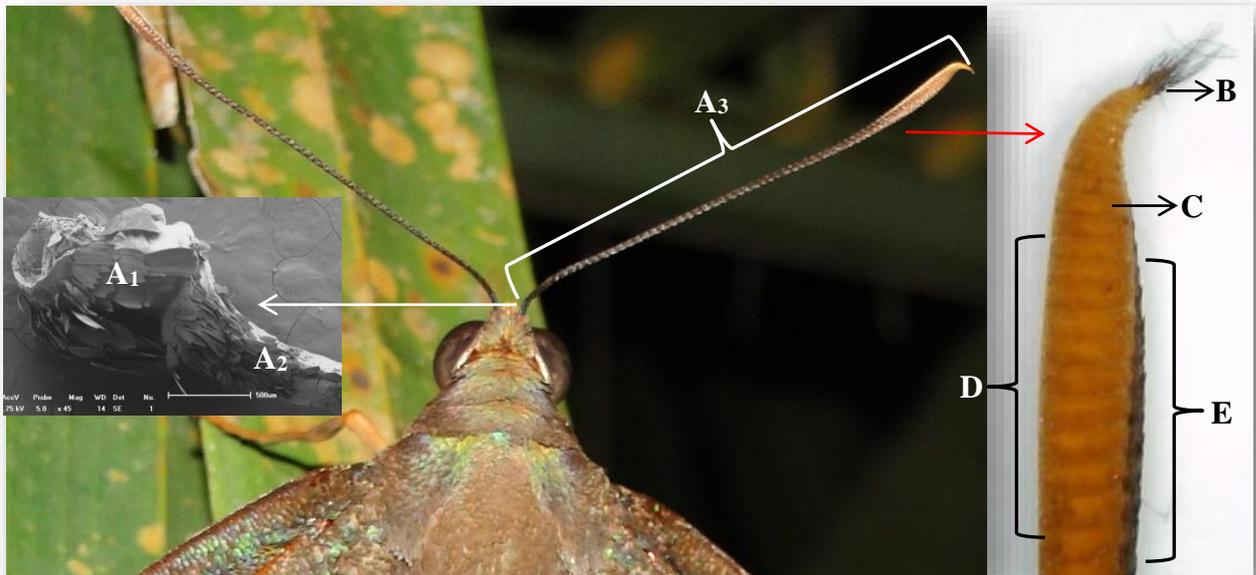


MI – Tecido muscular (fibras musculares longitudinais); Qt - Quitina; Tq-Traquéia; Tg – Tegumento; Cg – Células glandulares. E – aumento 20x, A á F – aumento 40x.

Morfologia das Antenas de *E. cyparissias*

Pôde-se observar que as antenas de machos e fêmeas de *E. cyparissias*, localizadas entre os olhos composto, são formadas de três partes principais, escapo, pedicelo e flagelo, o flagelo é a região longa da antena que é dividido em segmentos menores denominado de antenômeros (fig. 10). Cinco tipos de sensilas foram observados nas antenas de machos e fêmeas de *E. cyparissias*, tricóide, caética, esquamiforme, coelocônica e auricflica (figs, 11 a 15), essas sensilas estão localizadas na região ventral da antena, sendo denominada de área sensilar, na região dorsal e em toda a sua extensão abaixo da área sensilar a antena está coberta por escamas.

Figura 10. Regiões da antena de *E. cyparissias*.



A₁ - escapo; **A₂** – pedicelo; **A₃** – flagelo; **B** – apículo; **C** – flagerômero ou antenômero; **D** – região ventral da antena; **E** – região dorsal da antena.

Externamente as sensilas possuem um eixo cuticular de vários tamanhos e formas, as diferenças morfológicas estão relacionadas a sua função (Hartenstein 2005).

As sensilas tricóide, são longas, largas na base e seu diâmetro diminui de tamanho à medida que se aproxima do ápice. De acordo com Hartenstein (2005), as sensilas tricóide atuam principalmente como quimiorreceptores (receptores olfativos). Constatou-se que esse tipo de sensila aparece em maior quantidade nas antenas de ambos os sexos de *E. cyparissias*. As sensilas tricóide são comuns em espécies da ordem Lepidoptera. Estudos demonstraram a

presença de sensilas tricóide em *Paysandia archon* (Burmeister 1879) (Lepidoptera: Castniidae) o qual se constatou que a área sensilar é maior nas antenas das fêmeas (Monteys et al. 2012, Ruschioni et al. 2015). A espécie *Coleophora obducta* (Meyrick, 1931) (Lepidoptera: Coleophoridae) apresenta sensilas tricóide distribuída sobre a superfície dorsal do flagelo, sendo mais abundante nas antenas de fêmeas dessa espécie (Yang et al. 2009).

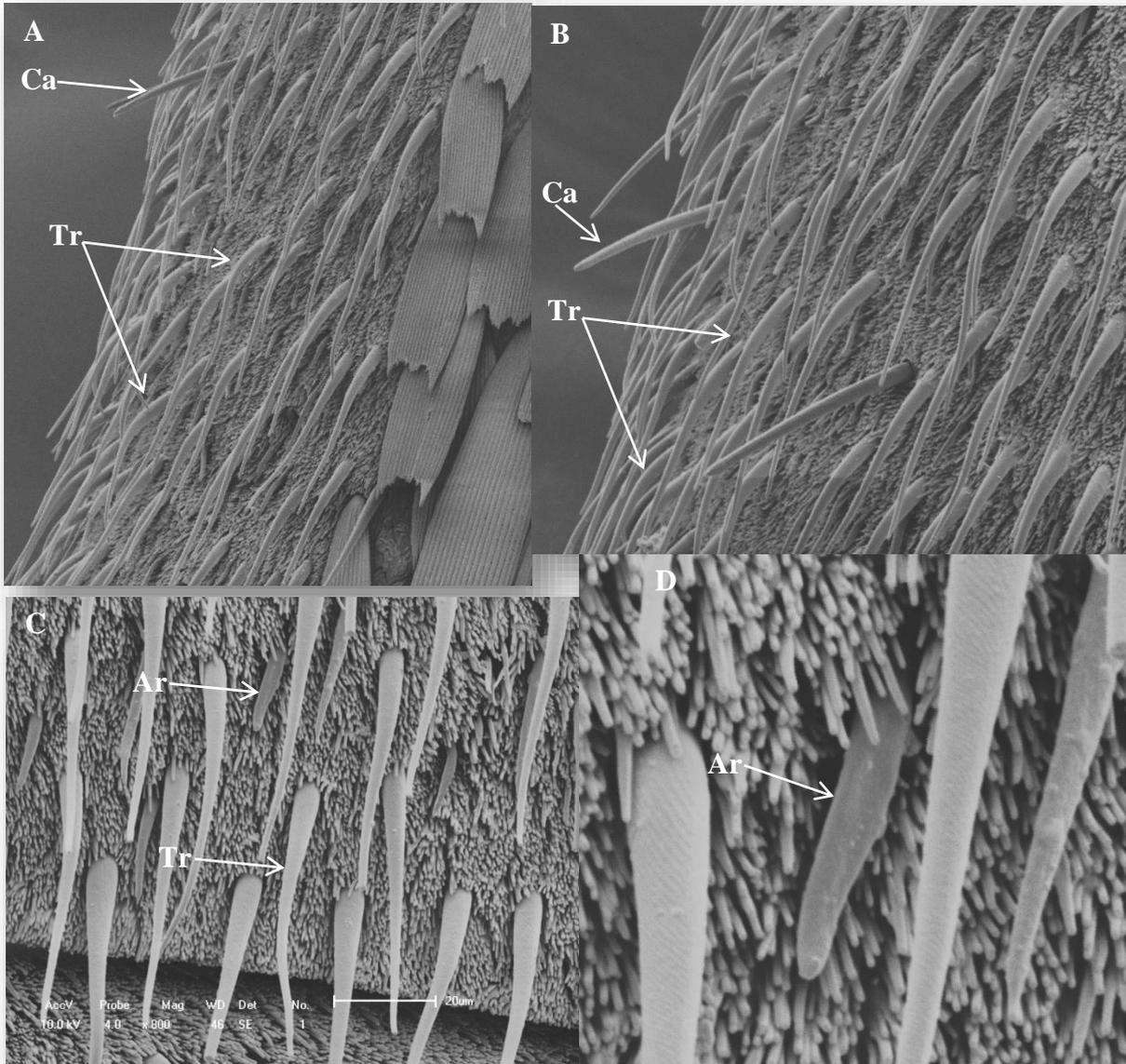
As sensilas caéticas são retas aparentam-se com cerdas, são largas na base e afiladas na porção distal, são distribuídas principalmente entre as sensilas tricóides, ao longo do flagelo. Esse tipo de sensila foi observado em antenas de machos e fêmeas de *E. cyparissias*. Segundo Hartenstein (2005), as sensilas caéticas estão relacionadas principalmente a função mecanoreceptora, entretanto essas sensilas também podem atuar como quimiorreceptoras. Em *P. archon* as sensilas caéticas estão relacionada a funções mecanoreceptoras e quimiorreceptoras (Ruschioni et al. 2015).

Sensilas esquamiformes distribuem-se nas antenas de machos e fêmeas de *E. cyparissias* na área sensilar (região ventral) já próxima da área com escamas (região dorsal), essas sensilas parecem com escamas, são alongadas com a extremidade distal afilada. Yang et al. (2009) relataram a presença de sensilas esquamiformes em antenas de machos e fêmeas de *C. obducta*, entretanto somente nos últimos segmentos do flagelômero. Em espécies de *Parnara* sp. (Lepidoptera: HesperIIDae) as sensilas esquamiformes foram observadas ao longo da base ou centro do flagelo entre as escamas (Xiangqun et al. 2014).

As sensilas coelocônicas aparecem em pequenos grupos em áreas específicas das antenas de *E. cyparissias*. Essas sensilas estão associadas à função olfatória ou dupla função como olfatória e termoreceptoras (Altner e Prillinger 1980, Keil 1999). Em *C. obducta*, as sensilas coelocônicas ocorrem na região distal dos flagelos de machos e fêmeas (Yang et al. 2009). As sensilas coelocônicas são frequentemente receptores de temperatura, umidade e CO₂ (Hartenstein 2005, Yang et al. 2009).

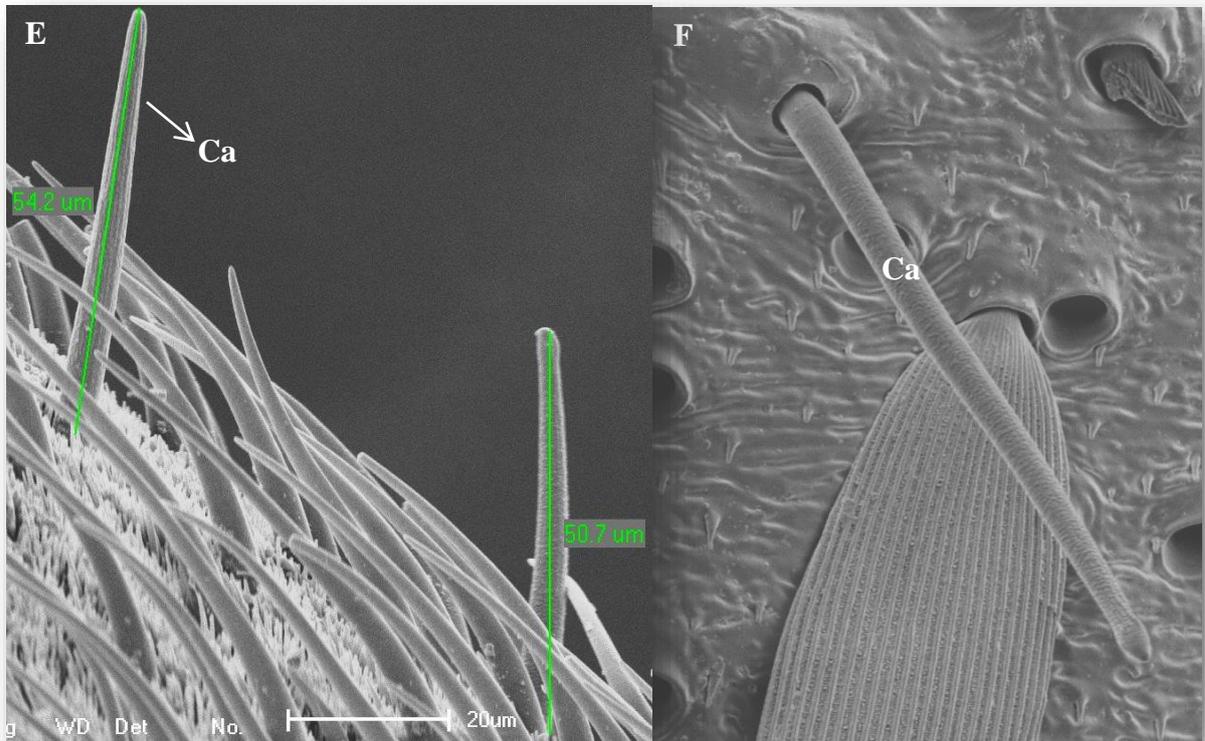
As sensilas auricílicas são curtas e possui um eixo cuticular achatado, essas sensilas não são encontradas facilmente nas antenas de machos e fêmeas de *E. cyparissias*. Em *P. archon* esse tipo de sensila foi relatado em maior quantidade em antenas de fêmeas quando comparada com as antenas dos machos (Monteys et al. 2012, Ruschioni et al. 2015). Estudos demonstram que as sensilas auricílicas estão envolvida na detecção de odores de plantas ou feromônios (Anderson et al. 2000, Ebbinghaus et al. 1998).

Figura 11. Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das antenas de fêmeas de *Eupalamides cyparissias*. **Tr** – sensila tricóide; **Ca** – sensila caética; **Ar** – sensila auricífica.



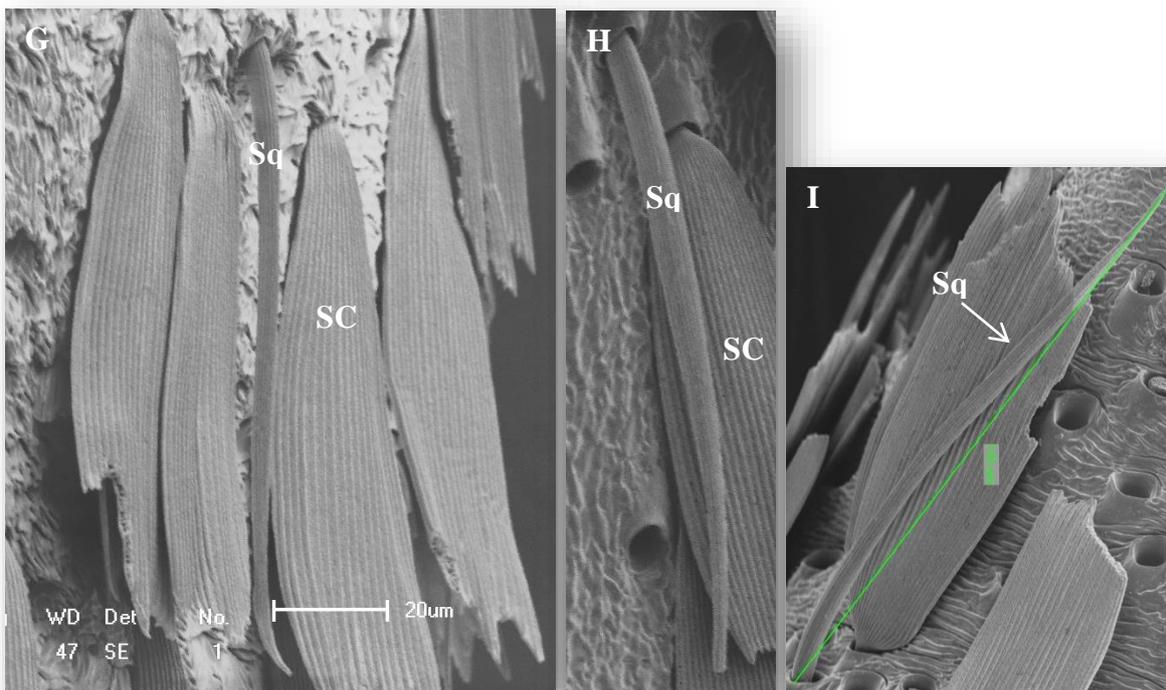
A- aumento 240 x; **B-** aumento 400 x; **C-** aumento 800 x; **D –** Aumento 1500 x.

Figura 12. Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das antenas de fêmeas de *Eupalamides cyparissias*. Ca – Caética.



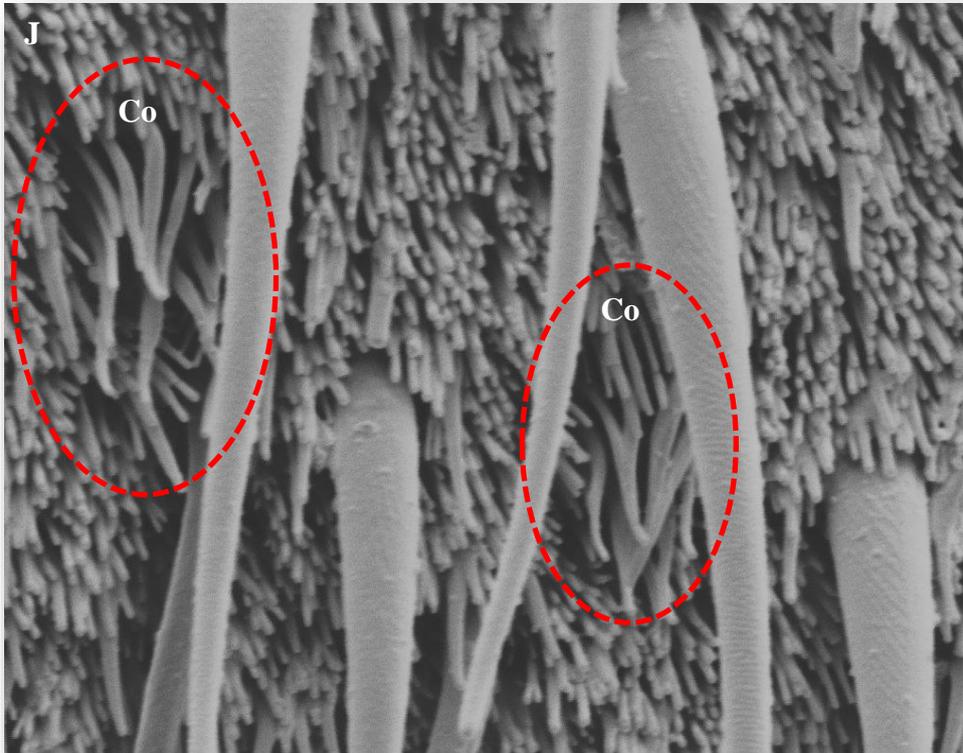
E – Aumento 700 x; **F** – Aumento 350 x.

Figura 13. Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das antenas de fêmeas de *Eupalamides cyparissias*. Sq – sensila esquamiforme; SC – escamas.



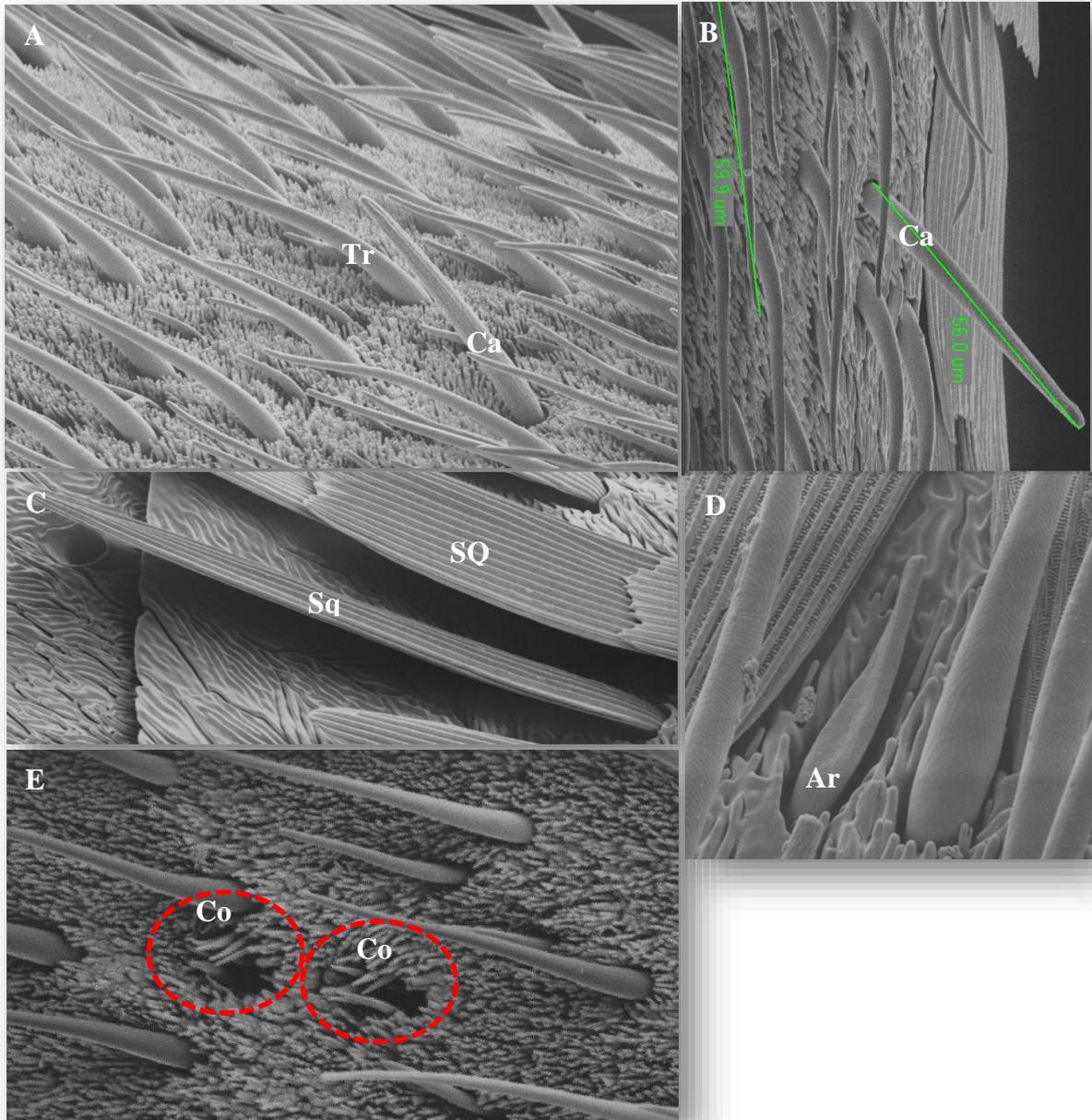
G - Aumento 500 x; **H** – Aumento 450 x; **I** – Aumento 700 x.

Figura 14. Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das antenas de fêmeas de *Eupalamides cyparissias*. Co – sensila coelocônica.



J – Aumento 1500x.

Figura 15. Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das antenas de machos de *Eupalamides cyparissias*. Tr – sensila tricóide; Ca – sensila caética; Ar – sensila auricílica; Sq – sensila esquamiforme; SQ – escama.



A – Aumento 600 x; **B** – Aumento 600 x; **C** – Aumento 800 x; **D** – Aumento 2000 x; **E** – Aumento 450 x.

Conclusões

Os resultados reportados neste trabalho fornecem as primeiras observações sobre a atividade diária em machos e fêmeas de *E. cyparissias*. Apesar da cópula não ter sido observada em campo e nos experimentos em laboratório, comportamentos característicos de corte pôde ser constatado para as mariposa de ambos os sexos. As células glandulares observadas nos cortes histológicos dos ovipositores de fêmeas devem estar relacionadas à produção de feromônios. As sensilas tricóides, atuam principalmente como quimiorreceptores e estiveram presente em maior quantidade quando comparadas com as sensilas caéticas, esquamiformes, coelocônicas e auricílicas, tanto nas antenas dos machos quanto nas antenas das fêmeas. Baseado nas observações comportamentais e na identificação das estruturas morfológicas pode-se inferir que compostos químicos estão presentes, mediando a comunicação entre ambos os sexos.

Referências

- Anderson, P., E. Hallberg e M. Subchev. 2000.** Morphology of antennal sensilla auricillica and their detection of plant volatiles in the Herald moth, *Scoliopteryx libatrix* L. (Lepidoptera: Noctuidae). *Arthropod Struct. Dev.* 29: 33–41.
- Altner, H., e L. Prillinger. 1980.** Ultrastructure of invertebrate chemo-, thermo-, and hygroreceptors and its functional significance. *Int. Rev. Cytol.* 67: 69-139.
- Archer, M. 2005.** The Insects: An Outline of Entomology. *Austral Ecology.* 30: 612-613.
- Bartell, R. J. 1977.** Behavioral responses of Lepidoptera to pheromones, pp 201-230. *In* H. H. Shorey e J. J. Mc-kelvey junior (eds.), *Chemical control of insect behavior; teory and application.* John Wiley, New York.
- Boppré, M. 1984.** Chemically mediated interactions between butterflies, pp 259-275. *In* R. I. Vane-Wright e P. R. Arckery (eds.), *The Biology of Butterflies.* Academic Press, London.
- Carde, R. T., e T. C. Baker. 1984.** Sexual communication with pheromones. pp 355-383. *In* W. J. Bell e R. T. Cardé (eds.), *Chemical ecology of insects:* Springer.
- Carde, R. T., e A. K. Minks. 1995.** Control of moth pests by mating disruption: successes and constraints. *Annu. Rev. Entomol.* 40: 559-585.

- De la torre, R. C. A., H. H. Calvache, e O. Higuera. 2004.** Manejo integrado de *Cyparissius daedalus* Cramer en los Llanos Orientales. *Revista Palmas*. 25: 249-258.
- Delle-Vedove, R., B. Frérot, M. Hossaert-McKey, e L. Beaudoin-Ollivier. 2014.** Courtship Behavior of the Castniid Palm Borer, *Paysandisia archon*: Potential Roles of Male Scents and Visual Cues in a Day-Flying Moth. *J. Insect Sci.* 14: 1-14.
- Ebbinghaus, D., P. M, Losel, M. Lindemann, J. Scherckenbeck, e C. P. W Zebitz. 1998.** Detection of major and minor sex pheromone components by the male codling moth *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Insect Physiol.* 44: 49–58.
- Fónagy, A., K. Moto, A. Ohnishi, M. Kurihara, J. Kis, e S. Matsumoto. 2011.** Studies of sex pheromone production under neuroendocrine control by analytical and morphological means in the oriental armyworm, *Pseudaletia separata*, Walker (Lepidoptera: Noctuidae). *Gen. Comp. Endocrinol.* 172: 62-76.
- González, J. M., e M. J. Cock. 2004.** A synopsis of the Castniidae (Lepidoptera) of Trinidad and Tobago. *Zootaxa*. 762: 1-19.
- Hallberg, E., e G. Poppy. 2003.** Exocrine glands: Chemical communication and chemical defense. *Handbook of Zoology, Lepidoptera Vol 2*.
- Hartenstein, V. 2005.** Development of insect sensilla. *Compr. Mol. Insect Sci.* 1: 379-419.
- Howard, F. W., R. Giblin-Davis, D. Moore, e R. Abad. 2001.** Insects on palms. Cabi, New York, USA.
- Howse, P. E., I. D. Stevens, e O. T. Jones. 1998.** Insect pheromones and their use in pest management. Chapman & Hall, London.
- Islam, M. D., M. S. Ali, M. W. Islam. 2010.** A note on sex pheromone gland of *Eublemma amabilis* moore (Lepidoptera: Noctuidae). *Pakistan Entomologist*. 32: 111-115.
- Jiggins, C. D., R. E. Naisbit, R. L. Coe, J. Mallet. 2001.** Reproductive isolation caused by colour pattern mimicry. *Nature*. 411: 302-305.
- Keil, T. A. 1999.** Morphology and development of the peripheral olfactory organs. *In* B. S. Hansson(eds.), *Insect olfaction*. Springer, Lund, Sweden.
- Klein, A. L., e A. M. Araújo. 2010.** Courtship behavior of *Heliconius erato phyllis* (Lepidoptera, Nymphalidae) towards virgin and mated females: conflict between attraction and repulsion signals?. *Journal of ethology*. 28: 409-420.
- Korkytowski, C. A., e E. R. Ruíz. 1979.** El barreno de los rácimos de la palma aceitera, *Castnia daedalus* (Cramer) Lepidopt.: Castniidae, en la plantacion de Tocache-Peru. *Revista Peruana de Entomologia*. 22: 49-62.

- Kristensen, N. P., M. J. Scoble, O. Karsholt. 2007.** Lepidoptera phylogeny and systematics: the state of inventorying moth and butterfly diversity. *Zootaxa*. 1668: 699-747.
- Leal, W. S. 2005.** Pheromone reception, pp. 1-36. *In* S. Schulz (eds.), *The Chemistry of Pheromones and Other Semiochemicals II*. Springer, Germany.
- Ma, P. W., W. L. Roelofs. 2002.** Sex pheromone gland of the female European corn borer moth, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera, Pyralidae): ultrastructural and biochemical evidences. *Zool. Sci.* 19: 501-511.
- Matsuda, R. 2013.** Morphology and evolution of the insect abdomen: with special reference to developmental patterns and their bearings upon systematics. Elsevier, Hungary.
- Moraes, S. S., M. Duarte. 2009.** Morfologia externa comparada das três espécies do complexo *Telchin licus* (Drury) (Lepidoptera, Castniidae) com uma sinonímia. *Revista Brasileira de Entomologia*. 53: 245-265.
- Müller, A. A., A. B. Silva, L. A. Souza, J. Buecke, L. G. Guimarães, J. S. O. Silva, M. P. Vale, P. M. P. Lins, e O. S. Ohashi. 2000.** Controle químico de lagartas de Eupalamides dedalus em dendezeiros. Embrapa Amazônia Oriental (Comunicado Técnico). 38: 1-4.
- Papke, R. S., D. J. Kemp, e R. L. Rutowski. 2007.** Multimodal signalling: structural ultraviolet reflectance predicts male mating success better than pheromones in the butterfly *Colias eurytheme* L.(Pieridae). *Anim. Behav.* 73: 47-54.
- Percy-Cunningham, J., e J. Macdonald. 1987.** Biology and ultrastructure of sex pheromone-producing glands. *Pheromone biochemistry*. Academic Press.
- Percy, J., e J. Weatherston. 1974.** Gland structure and pheromone production in insects. *Pheromones*. 11: 34.
- Raina, A. K., W. P. Wergin, C. A. Murphy, e E. F. Erbe. 2000.** Structural organization of the sex pheromone gland in *Helicoverpa zea* in relation to pheromone production and release. *Arthropod Struct. Dev.* 29: 343-353.
- Riolo, P., E. Verdolini, G. Anfora, R. L. Minuz, S. Ruschioni, S. Carlin, e N. Isidoro. 2014.** Perching Mate-Locating Strategy in *Paysandisia archon* (Lepidoptera: Castniidae): Behavioral and Morpho-Physiological Investigations. *J. Econ. Entomol.* 107: 1009-1021.
- Ruschioni, S., P. Riolo, E. Verdolini, E. Peri, S. Guarino, S. Colazza, R. Romani, e N. Isidoro. 2015.** Fine structure of antennal sensilla of *Paysandisia archon* and electrophysiological responses to volatile compounds associated with host palms. *PLoS One*. 10(4): e0124607.
- Monteys, V. S., P. Acin, G. Rosell, C. Quero, M. A. Jimenez, e A. Guerrero. 2012.** Moths behaving like butterflies. Evolutionary loss of long range attractant pheromones in castniid moths: a *Paysandisia archon* model. *PLoS One*. 7: e29282.

- Silva, A. D. B., A. A. Müller, L. A. Souza, J. S. O. Silva, J. Bueke, M. P. Vale, e O. S. Ohashi. 2003.** Injeção de inseticidas no estipe de dendezeiros para controle de lagartas de *Eupalamides dedalus* (Cramer) (Lepidoptera: Castniidae). Embrapa Amazônia Oriental (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento). 23: 1-17.
- Vasquez, J., C. Delgado, G. Couturier, K. Mejia, L. Freitas, D. Castillo. 2008.** Pest insects of the palm tree *Mauritia flexuosa* L.f., dwarf form, in Peruvian Amazonia. *Fruits*. 63: 227-238.
- Vilela, E. F., T. M. C. Della Lucia. 1987.** Feromônios de insetos:(biologia, química e emprego no manejo de pragas). Holos Editora, Ribeirão Preto, São Paulo, BR.
- Wadt, L. 2012.** Comportamento reprodutivo da broca gigante da cana-de-açúcar, *Telchin licus* (Drury, 1773)(Lepidoptera: Castniidae), como base para seu controle. M. S. thesis, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- Witzgall, P., P. Kirsch, A. 2010.** Cork. Sex pheromones and their impact on pest management. *J. Chem. Ecol.* 36: 80-100.
- Xiangqun, Y., G. Ke, Y. Feng, Z. Yalin. 2014.** Ultrastructure of antennal sensilla of four skipper butterflies in *Parnara* sp. and *Pelopidas* sp. (Lepidoptera, Hesperiiidae). *Zookeys*. 399: 17-27.
- Yang, H., S. C. Yan, D. Liu., 2009.** Ultrastructural observations on antennal sensilla of *Coleophora obducta* (Meyrick)(Lepidoptera: Coleophoridae). *Micron*. 40: 231-238.
- Yin, L. R., C. Schal, R. T. Cardé. 1991.** Sex pheromone gland of the female tiger moth *Holomelina lamae* (Lepidoptera: Arctiidae). *Can. J. Zool.* 69: 1916-1921.
- Zacharuk, R. 1985.** Antennae and sensilla. *Comprehensive insect physiology. Biochemistry and pharmacology*. 6: 1-69.
- Zacharuk, R. Y. 1980.** Ultrastructure and function of insect chemosensilla. *Annu. Rev. Entomol.* 25: 27-47.
- Zohry, N. M. 2013.** Histological studies of the pheromone-producing gland in female of *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *D. Histology & Histochemistry*. 4(1): 15-28.

5 INVESTIGAÇÃO DE FEROMÔNIOS EM *Eupalamides cyparissias* Fab. (Lepidoptera: Castniidae)

(Artigo padronizado segundo PLOSOne)

INVESTIGAÇÃO DE FEROMÔNIOS EM *Eupalamides cyparissias* Fab. (Lepidoptera: Castniidae)

Danielle de Lima Costa¹, Antônio Euzébio Goulart Santanna¹

¹Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais - LPqRN, Instituto de Química e Biotecnologia – IQB, Universidade Federal de Alagoas – UFAL. Maceió, Alagoas, Brasil.

Resumo

Eupalamides cyparissias Fab. (Lepidoptera: Castniidae) conhecida vulgarmente como broca-da-coroa-foliar ou broca gigante das palmeiras é uma mariposa amplamente distribuída na região amazônica incluindo o Brasil. Essa espécie nativa da América do Sul é uma das principais pragas do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) e do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.). Os danos provocados por essa praga incluem abertura de grandes galerias no estipe das palmeiras que podem atingir desde a coroa foliar até regiões meristemáticas, paralisando o transporte de solutos na planta, provocando a redução do crescimento e morte. Atualmente o controle dessa praga é feito através da injeção de inseticida na planta que apresenta baixa eficiência, ou a introdução de uma haste metálica dentro das galerias para retirada de lagartas e pupas. O manejo integrado através do uso de feromônios para essa espécie é uma boa alternativa. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi a investigação de feromônios em machos e fêmeas de *E. cyparissias*. As pupas foram obtidas de plantios de dendezeiro localizados no estado do Pará, Brasil e mantidas em condições de laboratório, 27 °C ± 1, umidade relativa de 79% ± 1 com 12/12h de fotofase e escotofase. Após a emergência dos adultos com idade de 24 e 48 horas, procedeu-se anestesia com éter etílico e as partes do corpo dissecadas para preparação dos extratos em hexano HPLC. Os seguintes extratos foram obtidos: extratos das asas anterior e posterior de machos e fêmeas e extratos do ovipositor e órgão sexual dos machos. A avaliação de bioatividade dos extratos foi avaliada através da CG-EAD e a separação e identificação dos compostos através da CG-EM. A quantificação dos sinais dos cromatogramas foi realizada utilizando o método de Anova de Kruskal-Wallis e o conjunto de amostras foi submetido à análise estatística multivariada pela técnica de PCA (Análise de Componentes Principais) através do uso de ferramentas desenvolvidas para a plataforma do MatLab. As substâncias identificadas nos extratos pertencem a classes dos alcanos, monoterpenos, sesquiterpenos, álcoois, aldeídos, ésteres, ácidos carboxílicos e esteroides. Os seguintes compostos específicos de machos foram identificados: 7,11-hexadecadienal, 7,11-hexadecadien-1-ol, espringeno, geranil linalol e geranil geraniol. Como compostos específicos de fêmeas foram identificados α -coapaeno, trans-cariofileno, 1-hexadecanol, 9-hexadecenoato de octadecila e hexadecanoato de octadecila. Análise de CG-EAD revelou atividade da antena da fêmea aos compostos geranil geraniol, nonacosano e β -sitosterol presente nos extratos da asa posterior dos machos.

Palavras-chaves: *Eupalamides cyparissias*, Castniidae, broca gigante das palmeiras.

Introdução

O cultivo do coqueiro (*Cocos nucifera* L., Arecaceae) e do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq., Arecaceae) representa uma das principais atividades agroindustriais na região norte e nordeste do Brasil. A área cultivada com coqueiro no Brasil é de aproximadamente 257 mil ha [1]. Para o dendezeiro a área é de aproximadamente 140 mil ha [2]. O Brasil ocupa atualmente a 4ª posição no ranking mundial de produção de coco sendo responsável por 80% da produção de coco da América do Sul [1]. Para a cultura do dendê o Brasil ocupa o 10º lugar na produção mundial [3]. O estado da Bahia lidera a produção de coco no País, com relação a área plantada, seguida por Ceará, Sergipe e Pará, o qual destaca-se pela produtividade [1]. Já o cultivo do dendê tem a produção nacional concentrada no estado do Pará [2].

Os danos causados pelos insetos-praga ocasionam prejuízos consideráveis na cultura de palmeiras em diferentes estágios de crescimento e desenvolvimento, e podem ser observados desde a implantação da cultura [4]. Diversas pragas são conhecidas mundialmente atacando plantas de coqueiro e dendezeiro, algumas ocorrem em regiões específicas e podem variar de importância de uma região para outra. Dentre essas pragas destaca-se a broca-da-coroa-foliar ou broca do dendezeiro, *Eupalamides cyparissias* Fab. (Lepidoptera: Castiniidae).

E. cyparissias é uma mariposa nativa da América do Sul com ampla distribuição na região Amazônica incluindo Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Venezuela e o Norte do Panamá [5-7]. *E. cyparissias* pode ser considerada uma das principais pragas do coqueiro e do dendezeiro. Sabe-se que esses insetos podem reduzir o rendimento dos cachos em até 20% [8]. Além dessas culturas esse inseto-praga ataca palmeiras como a bananeira (*Musa* sp, Musaceae) e o açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart., Arecaceae) [9].

Os danos provocados pelos diferentes estágios larvais de *E. cyparissias* são os mais diversos e atingem tanto plantas adultas quanto plantas jovens, afetando assim a produção [10, 11]. Nos primeiros estágios a lagarta de *E. cyparissias* alimenta-se da epiderme do pecíolo da folha e abre uma galeria na região da inflorescência, causando danos aos pedúnculos florais [12]. Durante todo o estágio larval *E. cyparissias* abre galerias nas bases foliares e estipe da planta [13].

As galerias feitas pelas lagartas podem chegar a 2,5 m de comprimento e 3,5 cm de diâmetro, são sinuosas e com bordas irregulares. O desenvolvimento dessas galerias dificulta a circulação da seiva bruta e elaborada provocando a debilidade e a morte da palmeira [5, 13].

As primeiras injúrias externas provocadas por *E. cyparissias* se manifestam através da podridão da planta nos tecidos afetados e desprendimento dos frutos. A inflorescência atacada torna-se enfraquecida e os frutos caem pouco antes de se desenvolverem, se o ataque acontecer mais cedo as flores caem e não há produção, podendo levar uma planta jovem à morte [10, 12].

Ainda externamente, a planta atacada apresenta arqueamento foliar, amarelecimento, redução do tamanho das folhas, dando um aspecto de raleamento à região da copa da palmeira. Além disso, danos indiretos ocorrem através da fermentação dos tecidos danificados e conseqüentemente atração do besouro *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) importante praga para a cultura de palmeiras [14, 15].

Para o controle de *E. cyparissias* nas condições de agricultura local, as lagartas podem ser destruídas com a injeção de um inseticida ou a introdução de uma haste metálica dentro das galerias [12]. Estudos com inseticidas permitiu identificar o carbosulfan como sendo o mais eficaz no combate a essa praga nos plantios de coqueiro, já para o dendezeiro o acefato e carbaryl foram os mais promissores [15, 16]. Entretanto, estudos demonstram que o uso de injeção de inseticidas no estipe das plantas infestadas não é a melhor opção, pois, os inseticidas apresentaram baixa eficiência, além disso, o traumatismo provocado pelos furos nas plantas propicia a contaminação por microrganismo que conseqüentemente levam a necrose do tecido [17].

A utilização indiscriminada de inseticidas não-seletivos ou com mesmo modo de ação é dispendiosa e acarretam conseqüências como o desenvolvimento de populações resistentes, contaminação ambiental, presença de resíduos tóxicos nos produtos de colheita, aparecimento de novas pragas, eliminação da entomofauna benéfica e contaminação dos trabalhadores rurais [18].

Sendo assim, algumas medidas de manejo cultural tem ajudado os produtores na redução de populações de *E. cyparissias*, como a limpeza das coroas, que consiste em eliminar os cachos podres, pois são mais atrativas para fêmeas, além da coleta de lagartas e pupas que é realizada utilizando-se um gancho metálico o qual é introduzido nas axilas das bases peciolares, e a coleta de adultos utilizando redes entomológicas [5, 11, 19].

Inimigos naturais foram observados atacando diferentes estágios do desenvolvimento de *E. cyparissias*. Para o estágio de ovos têm-se o parasitoide do gênero *Ooencyrtus* (Hymenoptera: Encyrtidae) e algumas formigas predadoras dos gêneros *Odontomachus*, *Pachycondyla*, *Pheidole*, *Azteca*, *Iridomyrmex* e *Crematogaster* [5, 10]. Nos estágios

seguintes de lagarta, pré-pupa e pupa, foram registrados espécies de *Hololepta* sp e insetos da ordem Coleoptera, como *Carciops* sp. e *Photinus noctuificus* [5, 10].

Metodologias mais sustentáveis podem ser aplicadas ao manejo integrado de pragas como, a utilização de semioquímicos com propriedade feromonal. Os maiores avanços para o controle de pragas na agricultura têm ocorrido com o uso de feromônios sexuais. Esses compostos são estudados a pouco mais de 50 anos e sua aplicação tem-se mostrado eficiente, além de contribuindo para a preservação do meio ambiente [20]. Até o presente momento não há relatos de trabalhos com avaliação e identificação de feromônios de *E. cyparissias*, demonstrando assim a necessidade de estudos com esse objetivo.

Material e Métodos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Fitossanidade da Empresa Socôco localizado no município de Moju – PA e no Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais – LPqRN da Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

Coletas e manutenção dos insetos em laboratório

As coletas para realização do estudo foram conduzidas no período de 26 de setembro de 2012 á 29 de novembro de 2014. Inicialmente foram identificadas áreas de ocorrência da broca da coroa foliar em culturas de dendê localizadas no estado do Pará, que permitiriam a coleta de material suficiente para realização dos estudos.

As coletas foram realizadas nos meses de setembro de 2012, fevereiro de 2013 e novembro de 2014. As pupas foram coletadas em plantios de dendê da empresa Marborges localizada no município de Moju, Pará (2° 7' 00" de Latitude Sul e 48° 38' 00" de Longitude oeste) e da empresa Mejer, localizada no município de Bonito, Pará (fig. 1).



Figura. 1. Área de coleta de *Eupalamides cyparissias* em plantações de dendê (*Elaeis guineensis*) no estado do Pará.

As pré-pupas e pupas, em seu casulo, foram retiradas da região axilar do pecíolo das palmeiras com o auxílio de um gancho de ferro (fig.2). O material coletado foi levado para o Laboratório de Fitossanidade da fazenda Socôco, Moju, Pará.



Figura 2. Coleta de pupas de *E. cyparissias* em plantas de dendezeiro. (A) coleta manual, (B) detalhe do gancho para coleta.

Após a chegada do material no laboratório, as pré-pupas e pupas passaram por uma triagem. Cada casulo contendo a pré-pupa foi examinado a fim de eliminar o excesso de material orgânico e acondicionados em caixas de plástico (20 cm x 15 cm x 10 cm) com papel filtro no fundo sendo umidificadas com água destilada uma vez ao dia.

As pupas foram retiradas do casulo de fibras, sexadas e passaram por uma limpeza manual e em seguida foram borrifadas com uma solução de hipoclorito de sódio a 0,02% e imediatamente secas em papel toalha. Cada pupa foi mantida individualmente em placa de Petri com papel de filtro no fundo sendo umidificado com água destilada uma vez ao dia. A diferenciação sexual das pupas foi realizada observando a região terminal do abdômen segundo Butt e Cantu (1962) (fig. 3).



Figura 3. Dimorfismo sexual em de pupas de *Eupalamides cyparissias*.

As pupas machos e fêmeas foram mantidas em salas separadas. As pré-pupas e pupas permaneceram em condições de laboratório com temperatura de $27\text{ °C} \pm 1$, umidade relativa de $79\% \pm 1$ com 12/12h de fotofase e escotofase, até o momento da emergência dos adultos (fig. 4).



Figura 4. Manutenção de *Eupalamides cyparissias* em laboratório. (A) pré-pupas, (B) pupas em placa de Petri.

A medida que as pupas chegavam próximo a emergência (fig. 5), eram transferidas para gaiolas de madeira (30 cm x 30 cm x 25 cm) permanecendo até a emergência do adulto. Cerca de duas horas após a emergência dos adultos, esses eram transferidos para um telado de dimensões (3,5 m x 3,75 m x 2,20 m) por onde permaneciam até o momento dos experimentos.



Figura 5. Pupa de *Eupalamides cyparissias* próxima de emergir.

Preparação dos extratos de machos e fêmeas de *E. cyparissias*

Para a obtenção dos extratos foram utilizados insetos adultos (machos e fêmeas) com 24 e 48 horas de emergência (fig. 6A). As extrações foram realizadas somente nos horários de atividade desses insetos entre 5:30 e 6:30 horas e entre 18:30 e 19:30 horas. Antes das extrações os insetos foram anestesiados em éter etílico por 1 minuto. Foram preparados seis tipos de extratos, asa anterior (fig. 6B1) e asa posterior (fig. 6B2) de machos e fêmeas, órgão sexual dos machos (fig. 6C) e ovipositor (fig. 6D). Para cada par de asas foi utilizado 300 μ L de hexano (grau HPLC destilado), já para cada órgão sexual do macho ou ovipositor da fêmea utilizou-se 100 μ L do mesmo solvente.

As extrações foram realizadas por um período de 20 minutos (fig. 6E) e o sobrenadante foi transferido para uma vial com capacidade de 2,0 mL (fig. 6F). Para cada extrato foi acumulado 10 partes do inseto, um total de três extratos para cada parte do inseto

foi obtido. Os extratos foram filtrados em lã de vidro e acondicionados em freezer a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ até seguirem para as análises.

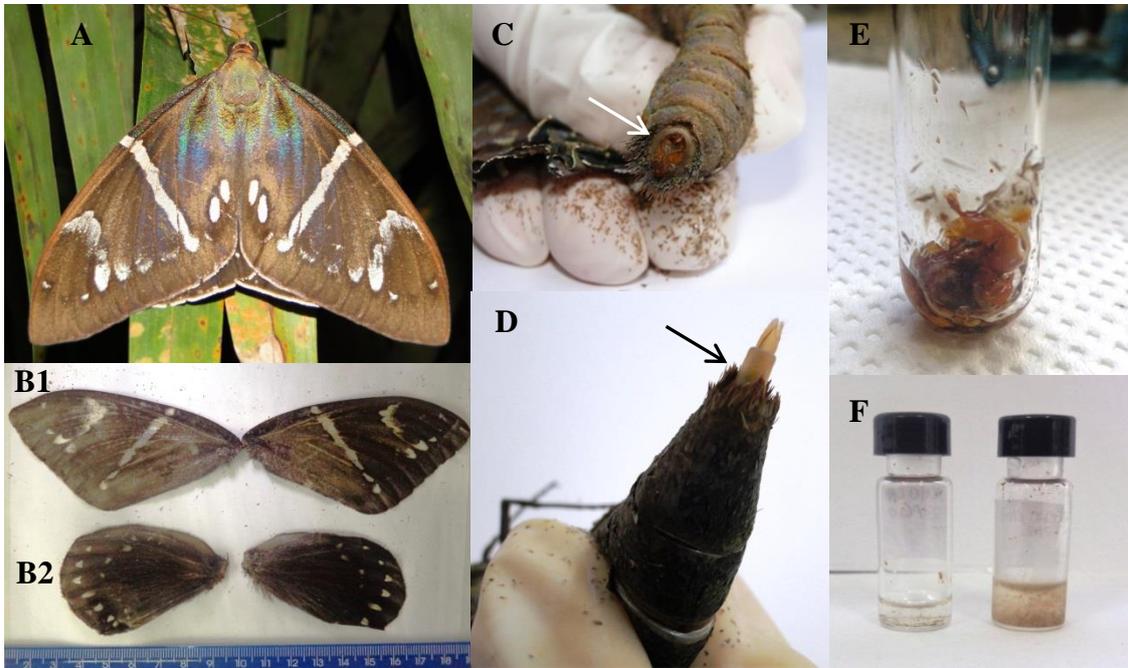


Figura 6. Regiões do corpo de *Eupalamides cyparissias* utilizadas para preparação dos extratos. A, inseto adulto, B1, asas anteriores, B2, asas posteriores, C, órgão sexual do macho, D, ovipositor, E, órgão sexual do macho após extração, F, extratos hexânicos.

Cromatografia gasosa acoplada a eletroantenografia CG-EAD

As análises eletrofisiológicas foram realizadas com antenas de machos versus extrato do ovipositor da fêmea e antena da fêmea versus extrato da asa posterior do macho. Para cada análise utilizou-se $2\ \mu\text{L}$ do extrato. Para a separação dos compostos foi utilizado um CG (Schimadzu, CG-2010) acoplado a um detector DIC equipado com uma coluna RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 μm Restetek®) e a um detector eletroantenográfico (DEA). O CG foi operado a uma temperatura inicial de 50°C durante cinco minutos, e em seguida elevado a uma taxa de $8^{\circ}\text{C}/\text{min}$ até 300°C , sendo mantida nessa temperatura por 10 min. A temperatura do injetor e do detector foram fixadas em 250°C e 300°C respectivamente.

Cada antena foi cortada na posição dos 20° á 27° flagerômeros e posteriormente introduzida em um capilar de vidro contendo solução salina que foi acoplado nos eletrodos de Ag-AgCl (fig. 7). A amplificação dos sinais elétricos foi realizada através de um amplificador de alta impedância (IDA-4, Syntech Hilversum, Holanda) e analisados utilizando o programa

Syntech GC-EAD32 versão 4.6, 2008. Os compostos foram considerados ativos quando apresentavam atividade eletroantegráfica em duas ou mais séries. Foram realizadas 7 repetições das antenas dos machos e 12 repetições das antenas das fêmeas.

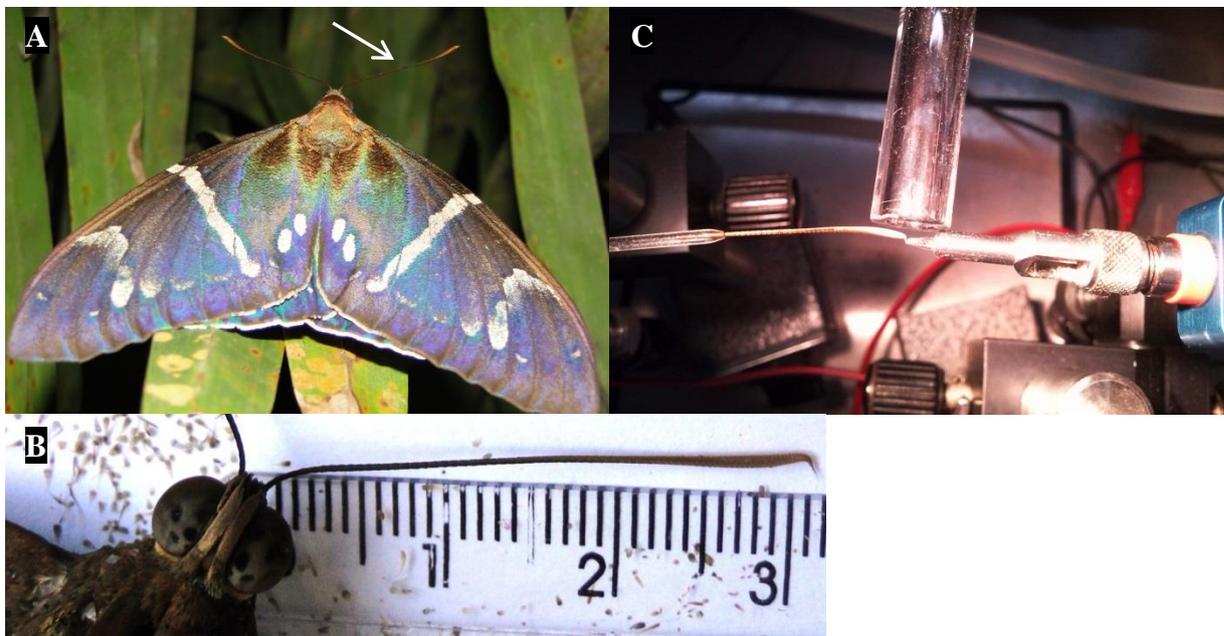


Figura 7. Antena de *E. cyparissias*. A e B, detalhe da antena, C, Antena acoplada aos eletrodos de Ag-AgCl do CG-EAD.

Análise química por cromatografia gasosa (CG) e espectrometria de massas (EM)

Todos os extratos foram analisados em cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrômetro de massas (CG/EM) – QP 2010 Ultra (Shimadzu), utilizando coluna Rtx – 5 (Crossbond® 95% dimethyl polysiloxane e 5% diphenyl) (30 m x 0.25 mm i.d. x 0.25 μ m, RESTEK) e hélio como gás de arraste. A programação de temperatura foi a mesma utilizada para o CG-EAD. Cada extrato foi injetado no modo splitless em alíquotas de 2 μ L.

Os compostos foram identificados pelas suas características de fragmentação no espectrômetro de massas, comparação com espectros da biblioteca e com padrão analítico das substâncias. Para auxiliar na identificação estrutural dos compostos foram utilizados os espectros de massas do banco de dados do Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST08 e NIST08s) e da biblioteca Wiley 229 [21]. O índice de Kovats (IK) foi calculado para cada composto relatado mediante a equação de Van den Dool e Kratz para cromatografia gasosa com temperatura programada, usando uma solução padrão de alcanos de 7 a 30 átomos de carbono [22].

Preparação dos padrões analíticos

Para auxiliar na identificação dos compostos presentes nos extratos de *E. cyparissias* foram preparadas soluções de padrões analíticos comerciais da marca Sigma-Aldrich®. Todos os padrões foram preparados na concentração de 1 mmol/L em solvente orgânico hexano HPLC. Os padrões que não puderam ser obtidos de padrões comerciais foram sintetizados. Para obtenção do padrão acetato de farnesila, foi realizada uma reação de acetilação do álcool farnesol. Para obtenção do 9,12-octadecadienol e 9,12-octadecadienal foi realizada a reação de metilação do ácido linoleico e em seguida reações de redução para obtenção do álcool e do aldeído.

Para obtenção do acetato de farnesila, uma quantidade de 6mg do farnesol (95%, Sigma-Aldrich) foi deixado em contato com piridina e anidrido acético por 36 horas. Em seguida, o material reacional foi colocado em gelo e adicionado de uma solução de HCl a 0,1M e deixado sob agitação por 1h. As etapas seguintes consistiram na extração do material em funil de separação utilizando diclorometano, lavagem desta solução com bicarbonato de sódio e solução salina saturada. A fase orgânica foi deixada por 2h em sulfato de sódio e posteriormente o solvente foi removido em evaporador rotativo.

Para a reação de metilação foi utilizado 5g do ácido-9-12-octadecadienoico (ácido linoleico) em metanol seco (100 mL) ao qual foi adicionado 1,5mL de H₂SO₄ concentrado e deixado em refluxo por 4h. Após esse período o material reacional foi filtrado em papel filtro. As etapas seguintes consistiram em diluição em água destilada (200 mL), neutralização com KOH 1 mol/L, extração com solvente orgânico (clorofórmio) em funil de separação e lavagem com solução salina de bicarbonato de sódio saturada. A fase orgânica foi deixada por 2h em sulfato de sódio e em seguida concentrada em evaporador rotativo. Uma parte do produto dessa reação foi submetido a uma reação de redução com LiAlH₄ em THF para obtenção do álcool.

Análise estatística dos extratos de machos e fêmeas de *E. cyparissias*

Os dados obtidos das 18 amostras (6 x 3) analisadas no CG-EM com extensão (*.cdf) foram desmembrados e, em conjunto, submetidos à processos de normalização, alinhamento e quantificação dos sinais de absorção utilizando o programa MatLab® (R2013a, Matworks). A quantificação relativa de cada um dos compostos presentes, foi realizada tendo como base os

valores das intensidades dos sinais dos cromatogramas do CG vinculados aos seus tempos de retenção, utilizando o método de Anova de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$). O conjunto de amostras foi submetido à análise estatística multivariada pela técnica de PCA através do uso de ferramentas desenvolvidas para a plataforma do MatLab.

Resultados e Discussão

Resposta eletroantegráfica

Ao submeter antenas das fêmeas de *E. cyparissias* ao detector eletroantegráfico acoplado a cromatografia gasosa, frente ao extrato das asas posterior dos machos, observou-se uma resposta antegráfica fraca das antenas das fêmeas em três repetições, para quatro diferentes compostos. Esses compostos foram numerados de acordo com a ordem de eluição (fig. 8). Os índices de Kovats para cada composto estão representados na Tabela 1.

Figura 8. Cromatograma do extrato hexânico das asas anterior de machos e resposta eletroantegráfica da antena da fêmea em *E. cyparissias*.

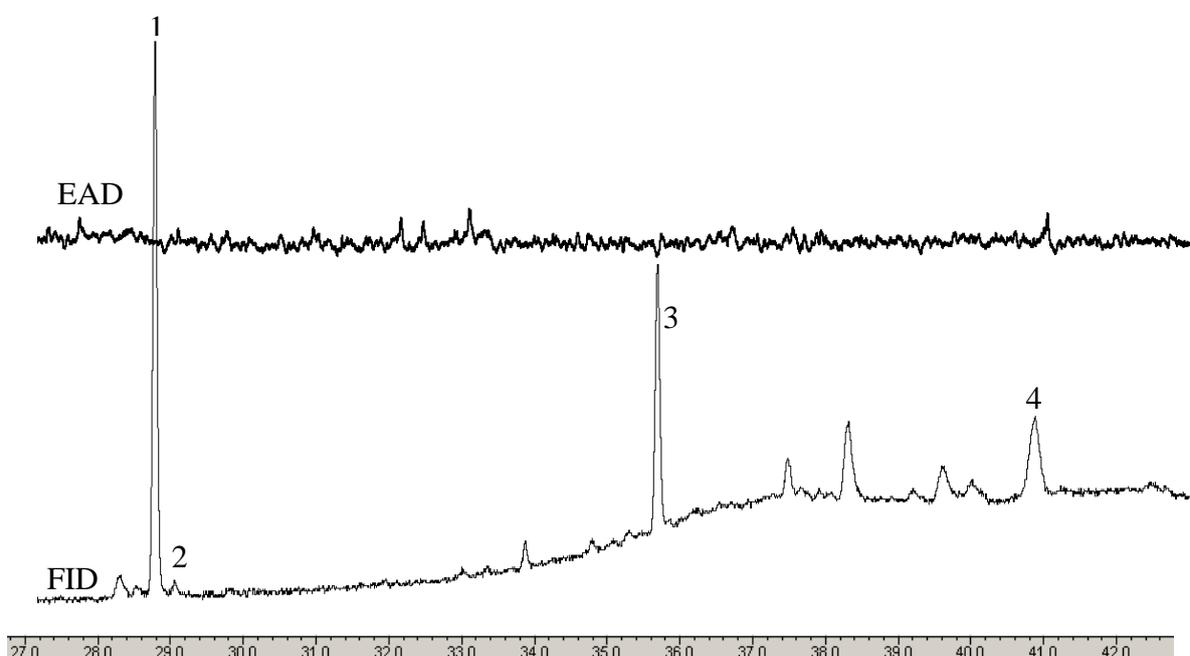


Tabela 1. Índice de Kovats correspondentes às respostas em CG-EAD.

Composto	IK ^a
1	2196
2	2219
3	2900
4	3350

^aÍndice de Kovats; *IK não calculado; coluna RTX-5

Os índices de Kovats correspondem aos compostos identificados nas análises de CG-EM como sendo os compostos (1) Geranil geraniol, (2) Geranil geraniol isômero, (3) Nonacosano e (4) β -Sitosterol.

As antenas dos machos que foram submetidas ao detector eletroantegráfico acoplado a cromatografia gasosa não apresentaram resposta antegráfica. Entretanto, o pequeno número de insetos disponíveis para os bioensaios não possibilitou repetições suficientes, somente sete antenas foram utilizadas para os experimentos. Sendo que, um maior número de análises se faz necessário para conclusão desse resultado.

Composição química dos extratos de machos e fêmeas de *Eupalamides cyparissias*

As análises dos dados obtidos por CG-EM dos 18 extratos de machos e fêmeas de *E. cyparissias* permitiu identificar um total de 37 compostos nos seis tipos de extratos (asas anterior e posterior de machos e fêmeas, ovipositor e órgão sexual do macho). Os extratos são essencialmente compostos de substâncias pertencente a classe dos alcanos (cadeia linear e ramificada), monoterpênos, sesquiterpênos, álcoois, aldeídos, ésteres, ácidos carboxílicos e esteroides. Desses, dezessete compostos estiveram presentes em todos os tipos de extratos de machos e fêmeas, sete compostos são comuns a diferentes partes do corpo de machos e fêmeas, oito compostos são específicos de machos e cinco compostos são específicos de fêmeas (tabelas 2-5).

As figuras 9 e 10 representam a sobreposição do perfil cromatográfico de íons totais dos extratos de machos e fêmeas respectivamente. As figuras de 11 a 16 são relativas aos cromatogramas de íons totais de cada extrato de macho e fêmea analisados. Somente os compostos que estiveram presentes nas três repetições de cada extrato analisado foram considerados para discussão como componentes efetivos de *E. cyparissias* os quais estão representados nas tabelas 2-5.

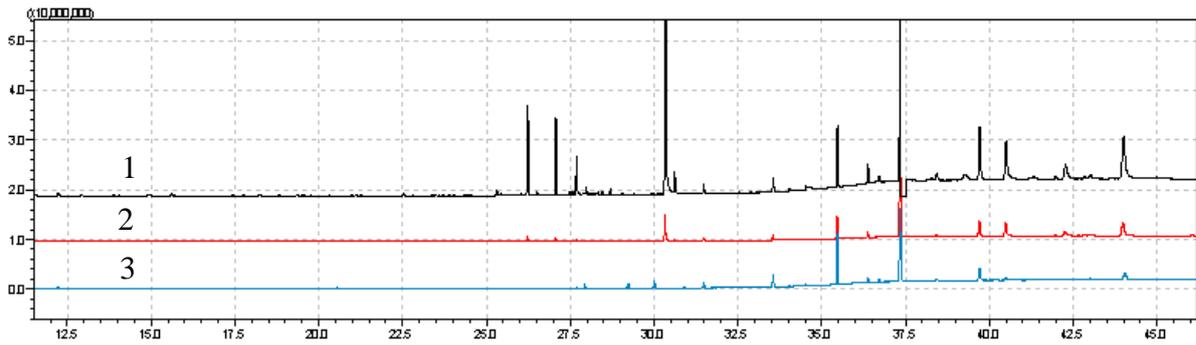


Figura 9. Perfil dos cromatogramas de íons totais dos extratos dos machos de *E. cyparissias*. 1 – Extrato macho asa posterior; 2- Extrato Macho asa anterior; 3- Extrato macho órgão sexual.

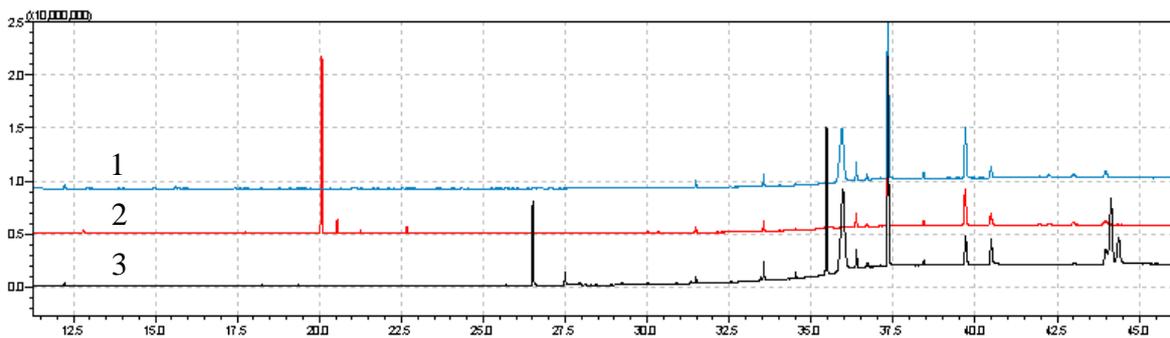
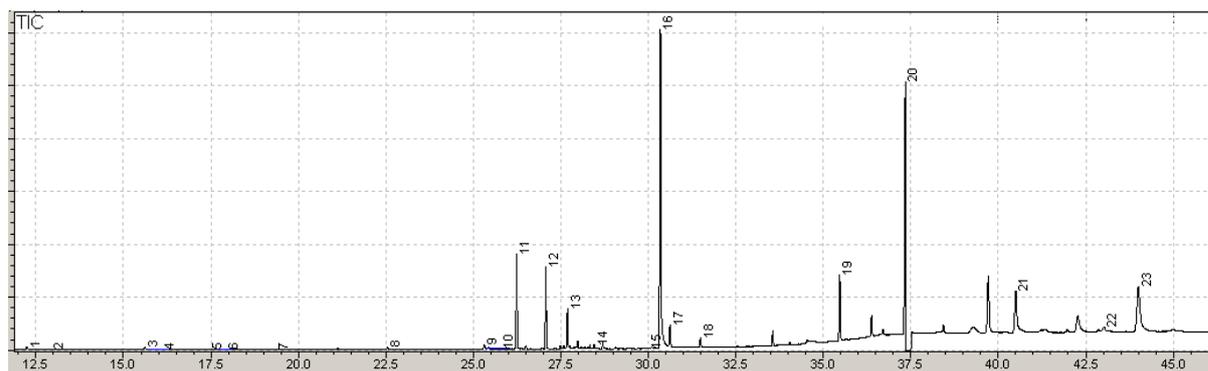


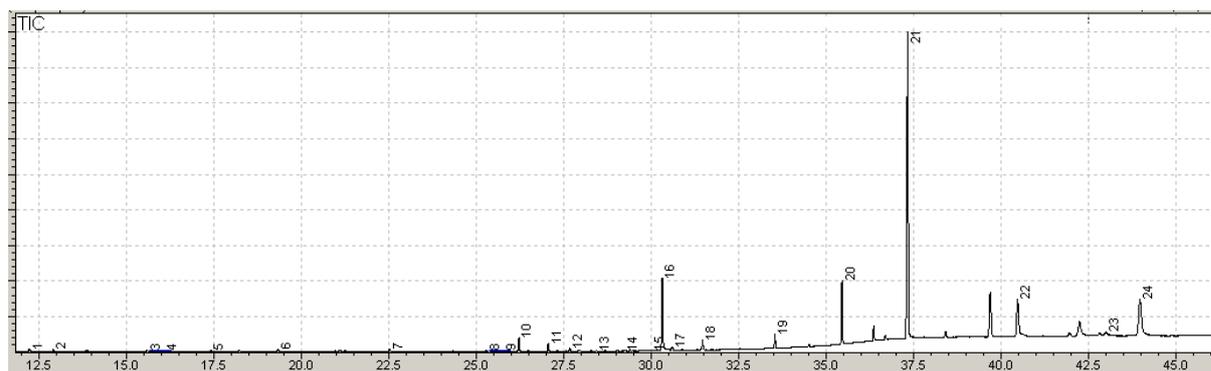
Figura 10. Perfil dos cromatogramas de íon totais dos extratos das fêmeas de *E. cyparissias*. 1- Extrato fêmea asa posterior; 2- Extrato fêmea asa anterior; 3- Extrato fêmea ovipositor.

As figuras de 11 a 16 representam os cromatogramas de íons totais de todos os extratos de machos e fêmeas de *E. cyparissias*, após a análise e comparação de todos os picos presente nos cromatogramas identificou-se os compostos presente em todos os extratos de machos e fêmeas (tabela 2), compostos comum em diferentes extratos de machos e fêmeas (tabela 3) e os compostos específicos de machos (tabela 4) e específicos de fêmeas (tabela 5).



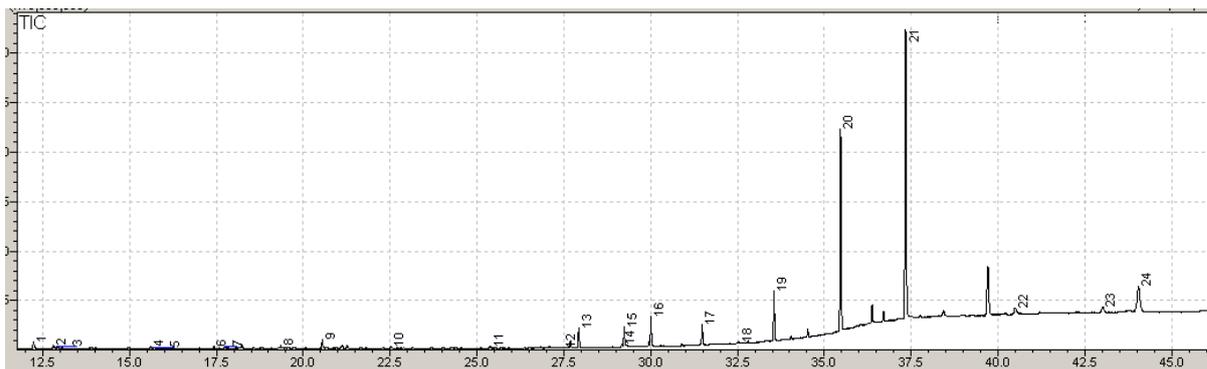
Pico	IK ^a	Composto	Referência ^b ou IK do padrão
1	1031	Limoneno	1029
2	1061	3,8-dimetil-undecano	Gómez et al., (1993)
3	1186	Naftaleno	Adams (1995)
4	1191	1-Dodeceno	Adams (1995)
5	1282	4,6-dimetil-dodecano	-
6	1300	Tridecano	1299
7	1391	1-Tetradeceno	Leffingwell e Alford (2005)
8	1592	1-Hexadeceno	Adams (1995)
9	1787	7,11-Hexadecadienal	Naka et al., (2003)
10	1792	1-Octadeceno	Bin Ahmad e Bin Jantan (2003)
11	1857	7,11-Hexadecadien-1-ol	Naka et al., (2003)
12	1921	Isômero espringeno	Heinrich et al., (2002)
13	1971	Isômero espringeno	-
14	2033	Geranil linalol	Radulovic et al., (2010)
15	2167	Oleato de Etila	Lalel et al., (2003)
16	2196	Geranil geraniol	Tret'yakov (2007)
17	2219	Geranil geraniol isômero	Tret'yakov (2007)
18	2299	Tricosano	Adams (1995)
19	2700	Heptacosano	Spiewok et al., (2006)
20	2900	Nonacosano	Bestmann et al., (1988)
21	3157	Colesterol	-
22	3304	Campesterol	Alberts et al., (1992)
23	3350	β -Sitosterol	-

Figura 11. Cromatograma de íons totais do extrato das asas posterior do macho de *E. cyparissias*. ^aIK – Índice de Kovats calculado; ^bReferências para índices de Kovats dos compostos analisados em colunas RTX-5.



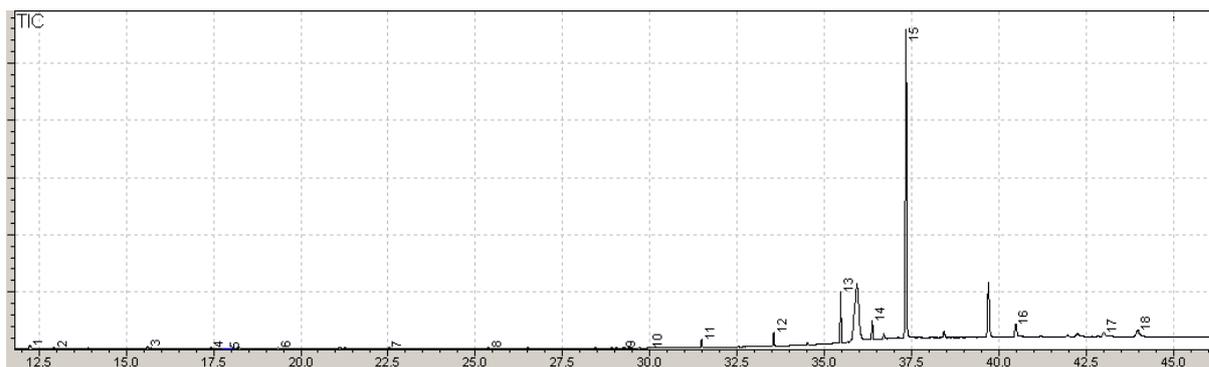
Pico	IK ^a	Composto	Referência ^b ou IK do padrão
1	1031	Limoneno	1029
2	1061	3,8-dimetil-undecano	Gómez et al., (1993)
3	1186	Naftaleno	Adams (1995)
4	1191	1-Dodeceno	Adams (1995)
5	1282	4,6-dimetil-dodecano	-
6	1391	1-Tetradeceno	Leffingwell e Alford (2005)
7	1592	1-Hexadeceno	Adams (1995)
8	1787	7,11-Hexadecadienal	Naka et al., (2003)
9	1792	1-Octadeceno	Bin Ahmad e Bin Jantan (2003)
10	1856	7,11-Hexadecadien-1-ol	Naka et al., (2003)
11	1921	Isômero espringeno	Heinrich et al., (2002)
12	1970	Isômero espringeno	-
13	2033	Geranil linalol	Radulovic et al., (2010)
14	2099	Oleato de metila	2099
15	2166	Oleato de Etila	Lalel et al., (2003)
16	2194	Geranil geraniol	Tret'yakov (2007)
17	2219	Geranil geraniol isômero	Tret'yakov (2007)
18	2300	Tricosano	Adams (1995)
19	2500	Pentacosano	Adams (1995)
20	2700	Heptacosano	Spiewok et al., (2006)
21	2900	Nonacosano	Bestmann et al., (1988)
22	3156	Colesterol	-
23	3303	Campesterol	Alberts et al., (1992)
24	3349	β -Sitosterol	-

Figura 12. Cromatograma de íons totais do extrato das asas anterior do macho de *E. cyparissias*. ^aIK – Índice de Kovats calculado; ^bReferências para índices de Kovats dos compostos analisados em colunas RTX-5.



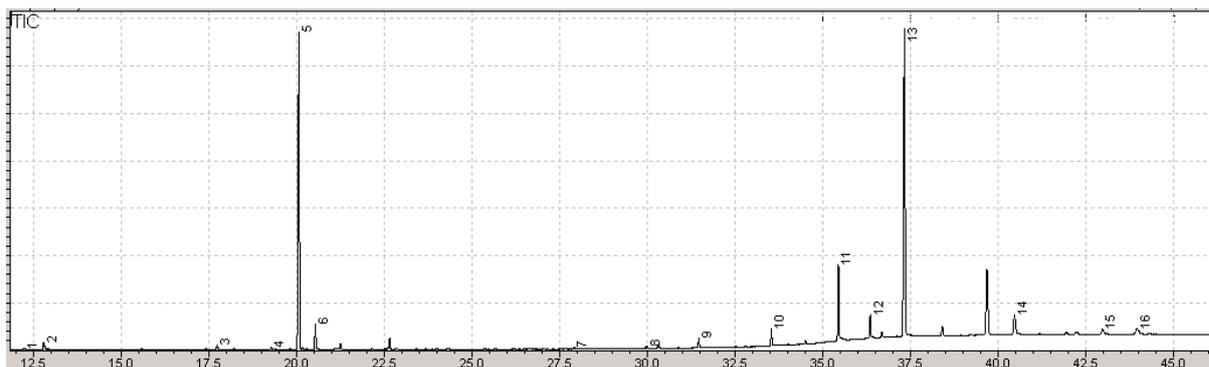
Pico	IK ^a	Composto	Referência ^b ou IK do padrão
1	1031	Limoneno	1029
2	1056	2-Octenal	1054
3	1061	3,8-dimetil-undecano	Gómez et al., (1993)
4	1186	Naftaleno	Adams (1995)
5	1191	1-Dodeceno	Adams (1995)
6	1282	4,6-dimetil-dodecano	-
7	1299	Tridecano	1299
8	1391	1-Tetradeceno	Leffingwell e Alford (2005)
9	1464	2-Dodecenal	1464
10	1591	1-Hexadeceno	Adams (1995)
11	1792	1-Octadeceno	Bin Ahmad e Bin Jantan (2003)
12	1954	Ácido palmítico	Adams et al., (2004)
13	1990	Palmitato de etila	Adams (1995)
14	2093	Linoleato de metila	Pino et al., (2005)
15	2099	Oleato de metila	2099
16	2166	Oleato de etila	Lalel et al., (2003)
17	2300	Tricosano	Adams (1995)
18	2400	Tetracosano	Fokialakis et al., (2003)
19	2500	Pentacosano	Adams (1995)
20	2700	Heptacosano	Spiewok et al., (2006)
21	2900	Nonacosano	Bestmann et al., (1988)
22	3157	Colesterol	-
23	3304	Campesterol	Alberts et al., (1992)
24	3352	β -Sitosterol	-

Figura 13. Cromatograma de íons totais do extrato do órgão sexual do macho de *E. cyparissias*. ^aIK – Índice de Kovats calculado; ^bReferências para índices de Kovats dos compostos analisados em colunas RTX-5.



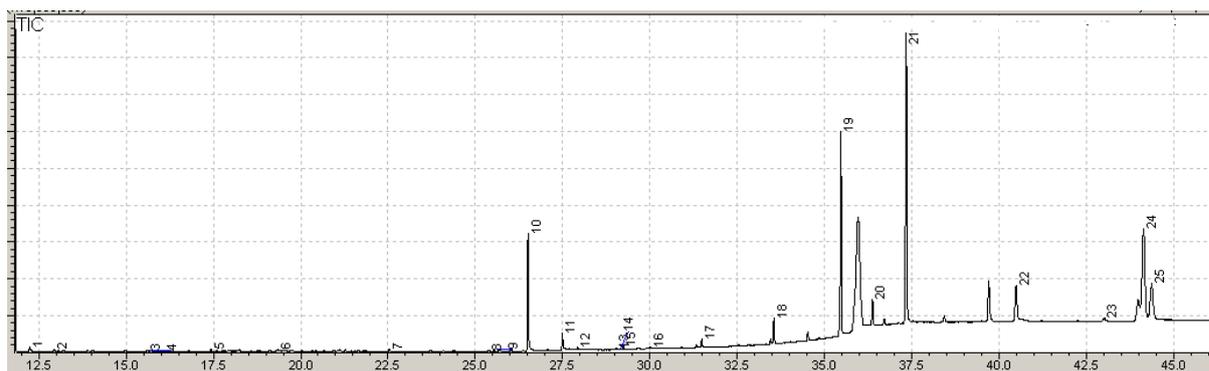
Pico	IK ^a	Composto	Referência ^b ou IK do padrão
1	1031	Limoneno	1029
2	1061	3,8-dimetil-undecano	Gómez et al., (1993)
3	1186	Naftaleno	Adams (1995)
4	1282	4,6-dimetil-dodecano	-
5	1299	Tridecano	1299
6	1391	1-Tetradeceno	Leffingwell e Alford (2005)
7	1592	1-Hexadeceno	Adams (1995)
8	1792	1-Octadeceno	Bin Ahmad e Bin Jantan (2003)
9	2099	Oleato de Metila	2099
10	2166	Oleato de Etila	Lalel et al., (2003)
11	2300	Tricosano	Adams (1995)
12	2500	Pentacosano	Adams (1995)
13	2700	Heptacosano	Spiewok et al., (2006)
14	2800	Octacosano	Bestmann et al., (1988)
15	2900	Nonacosano	Bestmann et al., (1988)
16	3156	Colesterol	-
17	3304	Campesterol	Alberts et al., (1992)
18	3349	β -Sitosterol	-

Figura 14. Cromatograma de íons totais do extrato da asa posterior da fêmea de *E. cyparissias*. ^aIK – Índice de Kovats calculado; ^bReferências para índices de Kovats dos compostos analisados em colunas RTX-5.



Pico	IK ^a	Composto	Referência ^b ou IK do padrão
1	1031	Limoneno	1029
2	1055	2-Octenal	1054
3	1299	Tridecano	1299
4	1387	α -copaeno	Hognadottir et al., (2003)
5	1435	trans-cariofileno	1435
6	1464	2-Dodecenal	1464
7	1990	Palmitato de etila	Adams (1995)
8	2166	Oleato de Etila	Lalel et al., (2003)
9	2300	Tricosano	Adams (1995)
10	2500	Pentacosano	Adams (1995)
11	2700	Heptacosano	Spiewok et al., (2006)
12	2800	Octacosano	Bestmann et al., (1988)
13	2900	Nonacosano	Bestmann et al., (1988)
14	3156	Colesterol	-
15	3303	Campesterol	Alberts et al., (1992)
16	3349	β -Sitosterol	-

Figura 15. Cromatograma de íons totais do extrato da asa anterior da fêmea de *E. cyparissias*. ^aIK – Índice de Kovats calculado; ^bReferências para índices de Kovats dos compostos analisados em colunas RTX-5.



Pico	IK ^a	Composto	Referência ^b ou IK do padrão
1	1031	Limoneno	1029
2	1061	3,8-dimetil-undecano	Gómez et al., (1993)
3	1186	Naftaleno	Adams (1995)
4	1191	1-Dodeceno	Adams (1995)
5	1282	4,6-dimetil-dodecano	-
6	1391	1-Tetradeceno	Leffingwell e Alford (2005)
7	1592	1-Hexadeceno	Adams (1995)
8	1793	1-Octadeceno	Bin Ahmad e Bin Jantan (2003)
9	1815	Hexadecanal	Marque et al., (2000)
10	1878	1-Hexadecanol	1878
11	1955	Ácido palmítico	Shamsardakani et al., (2003)
12	1990	Palmitato de etila	Pino et al., (2005)
13	2082	1-Octadecanol	2082
14	2093	Linoleato de metila	Tellez et al., (2002)
15	2099	Oleato de metila	2099
16	2167	Oleato de Etila	Lalel et al., (2003)
17	2300	Tricosano	Adams (1995)
18	2500	Pentacosano	Adams (1995)
19	2700	Heptacosano	Spiewok et al., (2006)
20	2800	Octacosano	Bestmann et al., (1988)
21	2900	Nonacosano	Bestmann et al., (1988)
22	3157	Colesterol	-
23	3304	Campesterol	Alberts et al., (1992)
24	3357	9- Hexadecenoato de octadecila	-
25	3368	Hexadecanoato de octadecila	-

Figura 16. Cromatograma do extrato do ovipositor da fêmea de *E. cyparissias*. ^aIK – Índice de Kovats calculado; ^bReferências para índices de Kovats dos compostos analisados em colunas RTX-5

Compostos presentes em todos os extratos de machos e fêmeas de *E. cyparissias*

A tabela 2 relaciona os compostos que foram identificados nos seis tipos de extratos de *E. cyparissias*, sendo esses, extratos das asas anterior e posterior de machos e fêmeas, do ovipositor e do órgão sexual do macho.

Tabela 2. Compostos presentes em todas as amostras de machos e fêmeas de *E. cyparissias*.

Fórmula molecular	Composto	IK^a	m/z (%)	Referência^b ou IK do padrão^c
C ₁₀ H ₁₆	Limoneno	1031	39 (22); 41 (22); 53 (27); 68 (100); 79 (40); 93 (69); 121 (21); 136 (10)	1029
C ₁₃ H ₂₈	3,8-Dimetil-undecano	1061	43 (95); 57 (100); 71 (71); 85 (46); 113 (6); 155 (0,2)	Gómez et al., (1993)
C ₁₀ H ₈	Naftaleno	1186	51 (9); 64 (6); 86 (0,9); 102 (10); 128 (100); 130 (0,5)	Adams (1995)
C ₁₂ H ₂₄	1-Dodeceno	1191	41 (85); 43 (94); 55 (100); 56 (85); 69 (71); 70 (63); 83 (53); 97 (31); 125 (3); 140 (2); 168 (1)	Adams (1995)
C ₁₄ H ₃₀	4,6-Dimetil-dodecano	1282	43 (89); 57 (100); 71 (91); 85 (57); 113 (8); 155(2)	-
C ₁₄ H ₂₈	1-Tetradeceno	1391	41 (84); 43 (94); 55 (100); 69 (81); 83 (71); 97 (47); 111 (20); 196 (0,3)	Leffingwell e Alford (2005)
C ₁₆ H ₃₂	1-Hexadeceno	1592	41 (91); 43 (81); 55 (100); 56 (50); 57 (67); 69 (68); 70 (48); 83 (55); 97 (41); 111 (19); 125 (5); 140 (1); 224 (0,1)	Adams (1995)
C ₁₈ H ₃₆	1-Octadeceno	1792	41 (71); 43 (96); 55 (100); 57 (97); 69 (65); 83 (70); 97 (65); 111 (27); 139 (2); 252 (0,02)	Bin Ahmad e Bin Jantan (2003)
C ₂₀ H ₃₈ O ₂	Oleato de Etila (9-Octadecenoato de etila)	2166	41 (64); 55 (100); 69 (59); 83 (49); 88 (42); 97 (55); 123 (16); 180 (8); 222 (7); 264 (7); 310 (1)	Lalel et al., (2003)
C ₂₃ H ₄₈	Tricosano	2300	43 (65); 57 (100); 71 (73); 85 (47); 99 (17); 113 (10); 169 (1,4); 225 (0,2); 324 (0,01)	Adams (1995)
C ₂₅ H ₅₂	Pentacosano	2500	43 (62); 57 (100); 71 (74); 85 (47); 99 (18); 113 (10); 141 (4); 155 (2); 169(1); 352 (0,06)	Adams (1995)
C ₂₇ H ₅₆	Heptacosano	2700	43 (59); 57 (100); 71 (77); 85 (51); 99 (21); 113 (13); 141 (5); 155 (3); 169 (2); 380	Bestmann et al., (1988)

			(0,01)	
C ₂₈ H ₅₈	Octacosano	2800	43 (54); 57 (100); 71 (75); 85 (51); 99 (21); 113 (13); 141 (6); 155 (4); 169 (2)	Bestmann et al., (1988)
C ₂₉ H ₆₀	Nonacosano	2900	43 (57); 57 (100); 71 (78); 85 (54); 99 (22); 113 (14); 141 (6); 155 (4); 169 (2)	Bestmann et al., (1988)
C ₂₇ H ₄₆ O	Colesterol	3156	43 (80); 57 (62); 67 (58); 81 (100); 95 (87); 105 (93); 121 (51); 145 (83); 159 (54); 173 (28); 213 (46); 247 (22); 275 (45); 353 (34); 368 (31); 386 (23)	-
C ₂₈ H ₄₈ O	Campesterol	3305	43 (100); 55 (78); 81 (80); 95 (76); 107 (77); 119 (50); 145 (69); 159 (51); 173 (29); 213 (53); 231 (29); 255 (36); 273 (24); 289 (41); 315 (50); 367 (33); 382 (31); 400 (37)	Alberts et al., (1992)
C ₂₉ H ₅₀ O	β-Sitosterol	3350	43 (100); 57(74); 81 (81); 95 (76); 121 (44); 145 (67); 159 (48); 173 (28); 199 (22); 213 (52); 255 (38); 303 (40); 329 (49); 381 (31); 396 (31)	-

Fase estacionária: DB5; ^aIK-Índice de Kovats; ^bReferência da literatura; ^cIK calculado do padrão; m/z – razão massa/carga; % - intensidade relativa; ^xnão calculado.

O composto identificado como Limoneno teve sua confirmação através de comparação com padrão comercial analisado nas mesmas condições das amostras. O índice de Kovats e o padrão de fragmentação do espectro de massas foi idêntico ao padrão. A presença desse composto nos extratos de *E. cyparissias* provavelmente está associada aos seus hábitos alimentares. Durante a fase de lagarta o inseto alimenta-se constantemente do estipe das palmeiras obtendo assim essa substância no momento da alimentação.

O Limoneno é um monoterpene sintetizado por plantas fazendo parte da composição dos óleos essenciais, no entanto, essa substância é frequentemente encontrada em feromônios de insetos, em grande parte esses terpenos são encontrados como terpenos simples ou como compostos derivados desses [23, 24]. Estudos demonstraram a presença do Limoneno nas mais diversas famílias de plantas, incluindo as da família Arecaceae a qual pertence *Cocos nucifera* (coco) e *Elaeis guineensis* (dendê) plantas hospedeiras de *E. cyparissias* [25, 26].

Riolo et al., (2014) relatou a presença do Limoneno em extratos dos ovipositores de fêmeas de *Paysandisia archon* (Burmeister, 1880) (Lepidoptera: Castniidae) com 1 e 24 h de idade, no entanto, não houve resposta eletrofisiológica nas antenas dos machos submetidos aos ensaios com EAD. Entretanto, para algumas espécies de Lepidoptera o Limoneno pode atuar como aleloquímico ou feromônio [27-33].

Em *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae), uma praga de crucíferas, o limoneno apresentou significativa atividade repelente e deterrente atuando assim como alomônio [27]. Os estudos realizados com *Thyriniteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae), uma importante praga do eucalipto, sugerem que esse composto atua como um atrativo [28].

A identificação do Limoneno em lepidópteras da família Papilionidae em espécies do gênero *Papilio* sugere que esse composto pode atuar como feromônio ou alomônio a depender da espécie [29-31]. Nas espécies de *Pieris melete* Ménétriés, 1857 e *Pieris napi* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Pieridae) o Limoneno tem atividade feromonal e em *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller, 1775) (Lepidoptera: Tortricidae) exerce a função de cairomônio [32, 33].

Os monoterpenos podem atuar como importantes pistas olfativas para os insetos facilitando a identificação da planta hospedeira [24]. Por outro lado, algumas espécies de cupim e formigas utilizam essa substância como feromônios de alarme [34-36].

Além do Limoneno, todos os compostos representados na tabela 2, tiveram suas estruturas sugeridas após análise dos espectros de massas. Além disso, o índice de Kovats relatado na literatura para a mesma fase estacionária (RTX-5) foi utilizado como referência (tabela 2).

Os hidrocarbonetos presente em todos os extratos de *E. cyparissias*, foi a maior classe de lipídios observada no corpo dos insetos de ambos os sexos. Esses compostos comumente são encontrados na cutícula de insetos, a função dos hidrocarbonetos pode estar relacionada à proteção contra a perda de água por desidratação ou repelência durante a chuva. Os hidrocarbonetos cuticulares são sintetizados no tegumento do inseto, mais especificamente em células chamadas de oenócitos [23, 37]. Para os insetos sociais os hidrocarbonetos estão associados principalmente ao reconhecimento entre indivíduos da mesma espécie [23].

Para o composto identificado como 3,8-Dimetil-undecano nenhum relato foi encontrado na literatura da sua presença em insetos da ordem Lepidoptera. Para o pico identificado como sendo o composto 1-Dodeceno, estudo menciona atividade repelente em *Trichoplusia ni* (Lepidoptera:Noctuidae) [38]. Já em *Pogomyrmex barbatus* (Hymenoptera: Formicidae) o 1-Dodeceno foi relatado compondo a mistura de feromônios da glândula de Dufour [39].

Os hidrocarbonetos identificados nos extratos que apresentaram índices de Kovats na faixa de 1391 á 2900 (C₁₄ á C₂₉) são estruturas lineares, provavelmente esses compostos são

cuticulares, já que os hidrocarbonetos lineares são compostos com maior ponto de ebulição conferindo ao inseto maior proteção contra a perda de água [23, 40].

O composto 1-Tetradeceno não havia sido relatado até o momento para insetos da ordem Lepidoptera, sua atividade está associada a insetos das ordens Coleoptera e Hymenoptera. Em insetos da ordem Coleoptera o 1-Tetradeceno foi identificado em secreções defensivas de *Hydissus feronioides* (Pascoe, 1866) (Coleoptera: Tenebrionidae), *Tribolium castaneum* (H.) e *Tribolium freemani* Hinton (Coleoptera: Tenebrionidae) [41, 42]. Espécies da ordem Hymenoptera apresentam o 1-Tetradeceno compondo o feromônio de machos da espécie *Eulaema cingulata* (Fabricius, 1804) (Hymenoptera: Apidae) [43]. Compondo a mistura de feromônios das glândulas de Dufour esse composto foi relatado em formigas do gênero *Pogonomyrmex* [39].

O 1- Hexadeceno é um hidrocarboneto comumente sintetizado por insetos, em Lepidoptera esse composto foi relatado fazendo parte da composição do feromônio de borboletas macho da espécie *Amauris tartarea* Mabille, 1876 (Lepidoptera: Nymphalidae) [37]. Em ordens como Coleoptera e Hymenoptera esse composto foi descrito como feromônio e alomônio. Cruz-López et al., (2007), identificou o 1-Hexadeceno em secreções de glândulas mandibulares de abelhas da espécie *Oxytrigona mediorufa* (Cockerell, 1913) (Hymenoptera: Apidae) compondo o feromônio de alarme e as substâncias defensivas dessa espécie. Em Formigas do gênero *Pogonomyrmex* compondo as secreções da glândula de Dufour [39]. Para duas espécies de Coleoptera do gênero *Tribolium* esse composto foi identificado em secreções defensivas [42].

Até o presente momento não houve relatos para o composto 1-Octadeceno em espécies de Lepidoptera. A presença desse composto é comum em espécies de insetos sociais da ordem Hymenoptera, como em formigas dos gêneros *Ectatomma*, *Myrmica* e *Diacamma*, compondo as secreções da glândula de Dufour [44, 45].

A presença do éster insaturado Oleato de etila ainda não havia sido relatado para insetos da ordem Lepidoptera, já para a ordem Hymenoptera esses o utilizam como feromônio de alarme [46, 47].

A série de alcanos lineares com 23 á 29 átomos de carbono, esteve presente em todos os extratos de machos e fêmeas de *E. cyparissias* como representado na tabela 2. Os n-alcanos são considerados uma das maiores classes de hidrocarbonetos presente em insetos [48]. Sabe-se que o perfil de hidrocarbonetos em insetos tende a ser espécie- específicos [49]. A presença dos alcanos em insetos da ordem Lepidoptera está associada a funções como, compondo

hidrocarbonetos cuticulares envolvido no reconhecimento a curtas distâncias ou compondo a mistura de feromônio liberado por machos e fêmeas [37, 40, 50, 51].

Todos os extratos de *E. cyparissias* apresentaram os n-alcanos tricosano, pentacosano e heptacosano descritos também por Rebouças et al., (1999), em glândulas feromonais de fêmeas de *T. licus licus* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Castniidae). Provavelmente, a presença desses compostos está associada aos hidrocarbonetos cuticulares importantes para o reconhecimento entre as espécies, principalmente a curtas distâncias.

No entanto, é importante salientar que a literatura descreve a presença do tricosano em diversas espécies de lepidópteros, fazendo parte da composição de feromônios sexuais desses insetos [37, 40, 50-59].

A presença do Tricosano também foi relatada em extratos de escamas do corpo de fêmeas de *Orgia leucostigma* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Lymantriidae) e nos voláteis das glândulas de fêmeas de *Myelois cribella* (Lepidoptera: Pyralidae) e *Notarcha derogata* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera: Crambidae) [52, 54, 56]. Nos extratos dos ovipositores de fêmeas o tricosano esteve presente nas espécies *Ostrinia nubilalis* (Hübner, 1796) (Lepidoptera: Crambidae) e *Merophyas divulsana* (Walker, 1863) (Lepidoptera: Tortricidae) [53, 59]. Esse mesmo composto foi descrito compondo a mistura de feromônios nos extratos de hairpencil de machos de várias espécies do gênero *Amauris* (Danaiidae) [37].

O composto identificado como Pentacosano foi relatado em diversas espécies de lepidópteros, na maioria fazendo parte dos compostos cuticulares, que são importantes como feromônios de reconhecimento a curtas distâncias entre as espécies, ou ainda compondo a mistura de feromônios liberado por fêmeas [37, 52, 54, 60].

O Heptacosano em machos de *Colias eurytheme* Boisduval, 1852 (Lepidoptera: Pieridae) compõe parte da mistura de feromônio responsável pela atração de fêmeas [61]. Schulz et al., (1993) identificou o heptacosano em órgãos androconiais de machos de diversas espécies do gênero *Amauris* compondo a mistura de feromônios sexuais.

Os compostos identificados nos extratos de *E. cyparissias* como Octacosano e Nonacosano também são relatados compondo os feromônios de espécies do gênero *Amauris* e são produzidos pelos machos nos órgão androconiais e atuando na atração da fêmea co-específica [37]. Entretanto, em *Orgyia leucostigma* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Lymantriidae) esses compostos são produzidos pelas fêmeas e compõe a mistura de feromônios responsável pela atração dos machos [56].

O Nonacosano se mostrou um composto ativo em antenas de fêmeas de *E. cyparissias* (fig. 8), contudo, por se tratar de um composto presente em todos os extratos de

machos e fêmeas de *E. cyparissias* descarta-se a possibilidade de ser um feromônio sexual. Entretanto, a composição dos hidrocarbonetos cuticulares é de importância para o reconhecimento entre as espécies. Em *E. cyparissias* a atividade desse composto não foi avaliada sendo assim, bioensaios utilizando padrão analítico são necessários para confirmação dessa hipótese.

A presença dos compostos Colesterol, Campesterol e Sitosterol nos extratos de *E. cyparissias* está associada a sua alimentação. O inseto em sua fase larval alimenta-se exclusivamente de sua planta hospedeira, mais especificamente do estipe da palmeira. Além disso, os esteroides podem ser sintetizados somente pelas plantas e pelos animais superiores, mas não pelos insetos [23].

De acordo com Morgan et al., (2004), os insetos que se alimentam das folhas ou floema das plantas, tendem a converter esteroides das plantas, como por exemplo o β -sitosterol em colesterol. A bio-transformação ocorre no intestino do inseto, através de uma reação de desalquilação. Essa mesma transformação pode ocorrer com o campesterol, no entanto, a presença desse esteroide é menos comum em plantas superiores [23]. O colesterol e alguns esteroides equivalentes são considerados nutrientes essenciais para os insetos, além disso, o colesterol é um importante precursor dos ecdisteróides [23, 63, 64]. Sendo assim, a presença do colesterol e seus precursores seriam justificados nos extratos de *E. cyparissias*.

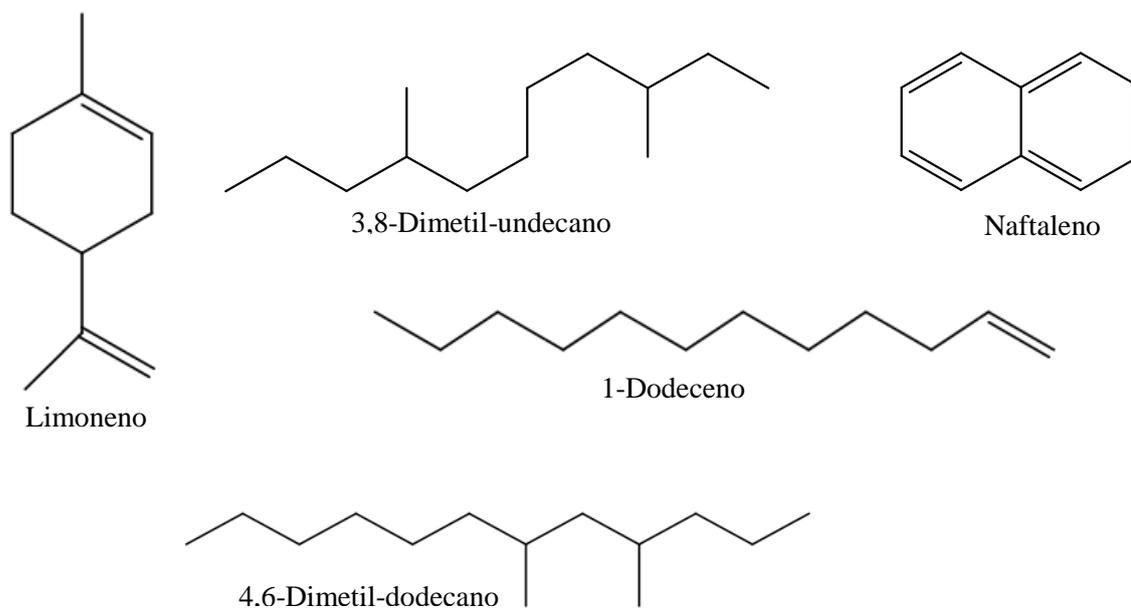
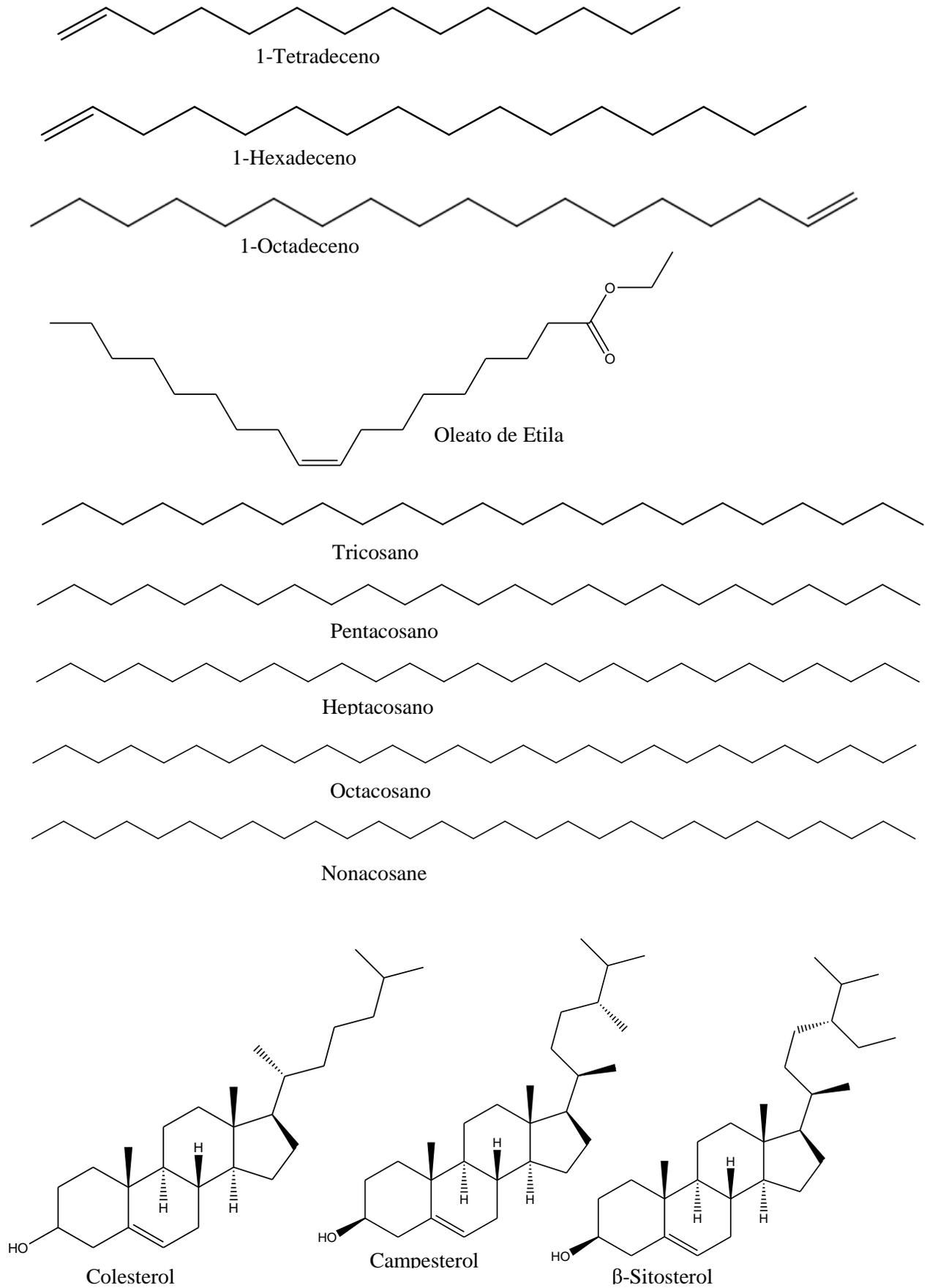


Figura 17. Compostos presente em todos os extratos de *E. cyparissias*.



Cont. **Figura 17.**

Compostos em comum nos diferentes extratos de machos e fêmeas de *E. cyparissias*

A tabela 3 relaciona os compostos que estiveram presentes nos diferentes extratos de machos e fêmeas de *E. cyparissias*. As últimas colunas da tabela 3 informam quais as regiões do corpo de cada inseto macho e fêmea esses compostos estiveram presente. As análises dos espectros de massas e comparação com índice de retenção dos padrões comerciais e com o índice de retenção reportados na literatura permitiram a identificação desses compostos.

Os aldeídos 2-Octenal e 2-Dodecenal estiveram presentes significativamente nos extratos do órgão sexual de machos e em maior concentração nos extratos da asa anterior de fêmeas (S5.1 fig. e S5.3 fig., pags 135 e 136) de *E. cyparissias*. Além das análises dos espectros de massas, essas estruturas foram confirmadas mediante a comparação do espectro de massas e índice de Kovats de padrões comerciais analisados nas mesmas condições dos extratos (tabela 3).

Para a ordem Lepidoptera poucas atividades estão relacionadas ao 2-Octenal. A presença desse composto em larvas de *Cydia pomonella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Tortricidae) estaria associada à atratividade de outras larvas co-específicas para locais de pupação, atuando como um feromônio de agregação entre larvas dessa espécie [66]. A presença desse composto também foi relatada compondo a mistura de voláteis de larvas de *Pieris brassicae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Pieridae), entretanto, sua atividade não foi descrita [67].

Em insetos da ordem Heteroptera a atividade para o 2-Octenal está associada a compostos de defesa, compondo o extrato da glândula de percevejos que liberam essas substâncias quando ameaçados [68]. Para Coleoptera esse composto está presente em extratos das secreções defensivas da espécie *Eusphalerum signatum* (Markel, 1857) (Coleoptera: Staphylinidae) [69].

Para o aldeído identificado como 2- Dodecenal não há relatos desse composto sendo produzido por insetos da ordem Lepidoptera. Para abelhas da espécie *Macropis fulvipes* (Fabricius, 1804) (Hymenoptera: Melittidae) esse composto atua como um atraente [70]. Por outro lado, diversos compostos da classe dos aldeídos são produzidos em secreções de insetos e funcionariam como repelentes para outras espécies [71].

Tabela 3. Compostos identificados em regiões do corpo de machos e fêmeas da Broca-da-coroa-foliar (*E. cyparissias*).

Fórmula molecular	Composto	IK ^a	m/z (%)	Referência ^b ou IK do padrão ^c	Asa Ant.		Asa Post.		Org. sex.	Ovi .
					M	F	M	F		
C ₈ H ₁₄ O	2-Octenal*	1055	41 (96); 55 (100); 70 (80); 83 (54); 97 (11); 111 (2)	1054	-	+	-	-	+	-
C ₁₃ H ₂₈	Tridecano*	1300	43 (72); 57 (100); 71 (57); 85 (32); 99 (6); 113 (2); 141 (1); 184 (0,5)	1299	-	+	+	+	+	-
C ₁₂ H ₂₂ O	2-Dodecenal*	1464	41(100); 43 (90); 55 (83); 57 (69); 70 (87); 83 (55); 97 (21); 111 (7)	1464	-	+	-	-	+	-
C ₁₆ H ₃₂ O ₂	Ácido Palmítico	1955	43 (94); 60 (86); 73 (100); 97 (26); 115 (17); 129 (40); 157 (17); 171 (15); 213 (18); 227 (5); 256 (8)	Shamsardaka ni et al., (2003)	-	-	-	-	+	+
C ₁₈ H ₃₆ O ₂	Palmitato de Etila	1990	43 (45); 55 (29); 88 (100); 101 (58); 157 (10); 284 (1)	Pino et al., (2005)	-	+	-	-	+	+
C ₁₉ H ₃₄ O ₂	Linoleato de Metila	2093	41 (40); 55 (59); 67 (100); 81 (86); 95 (53); 110 (14); 150 (7); 294 (1)	Tellez et al., (2002)	-	-	-	-	+	+
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	Oleato de Metila	2099	41 (57); 55 (100); 67 (38); 69 (68); 74 (54); 83 (54); 97 (43); 110 (20); 222 (6); 264 (9)	2099	+	-	-	+	+	+

Fase estacionária: *Diferença significativa de concentração entre as partes do corpo do inseto (P < 0,05); DB5; ^aIK-Índice de Kovats; ^bReferência da literatura; ^cIK calculado do padrão; m/z – razão massa/carga; % - intensidade relativa; (+) presença; (-) ausência; Asa ant. (asa anterior); Asa Post. (asa posterior); Org sex. (órgão sexual do macho); Ovi. (ovipositor); M-macho; F-fêmea.

O n-alcano Tridecano foi identificado nos extratos da asa posterior e órgão sexual dos machos e nos extratos das asas anterior e posterior das fêmeas de *E. cyparissias*. A concentração do Tridecano foi significativamente maior nos extratos da asa anterior das fêmeas (S5.2 Fig., pag. 135). Para insetos da ordem Heteroptera esse composto pode atuar como feromônio ou alomônio [72, 73], e em Diptera como atraente [74]. Nos insetos da ordem Coleoptera o tridecano foi identificado exercendo atividade de alomônio e feromônio [75].

Apesar dos compostos, Ácido palmítico, Palmitato de etila, Linoleato de metila e Oleato de metila terem sido constatados em insetos macho e fêmea de *E. cyparissias*, a análise estatística demonstrou que não há diferença significativa de concentração nas partes do corpo de ambos os sexos (S5.4 a S5.6, pags. 139 e 140).

A presença do Ácido palmítico foi constatada nos extratos do órgão sexual dos machos e ovipositor de *E. cyparissias* (tabela 3). Os ácidos graxos são metabólitos primários e são importantes fontes de muitos metabólitos secundários, sendo um importante precursor para a síntese de feromônios [23]. O ácido palmítico é um constituinte comum dos órgãos vegetais em espécies de plantas da família Arecaceae [76].

Além disso, segundo Ando *et al.*, (2004) os feromônios podem ser classificados de acordo com sua estrutura química, os feromônios do tipo I são compostos com cadeias entre C₁₀ e C₁₈ com álcoois primários, acetatos ou aldeídos com até 3 insaturações. Com isso, o ácido palmítico pode ser considerado um precursor para a síntese de feromônios em lepidópteras.

O Ácido palmítico foi relatado nos extratos ativos de glândulas de fêmeas de *T. licus licus* [50]. Para a espécie *P. archon* o ácido palmítico, presente nos extratos das asas do macho, elicitou resposta eletrofisiológica nas antenas das fêmeas [77]. Riolo *et al.*, (2014) também identificou o ácido palmítico nos extratos dos ovipositores de *P. archon*.

Nos extratos de *E. cyparissias* foi observado a ocorrência de esterificação de ácidos graxos. A produção de ésteres a partir dos ácidos graxos é uma reação comum em muitas espécies de Lepidoptera, na maioria esses compostos fazem parte da mistura feromonal [78].

O composto Palmitato de etila, éster do Ácido palmítico, em *Amyelois transitella* (Walker, 1863) (Lepidoptera: Pyralidae) foi descrito como sendo o principal componente da mistura de feromônios das fêmeas, além disso, o mesmo estudo demonstrou que esse composto exerce atividade atrativa para *Pyralis farinalis* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Pyralidae) [79].

Para o Linoleato de metila, éster derivado do Ácido linoleico, atividades foram descritas para Lepidopteras das famílias Pieridae e Tortricidae. Em *Pieris rapae crucivora* (Linnaeus, 1758) (Pieridae) esse composto esteve presente em extratos das asas e do corpo de machos e fêmeas, compondo a mistura de feromônios responsáveis pelo reconhecimento do parceiro sexual [80]. Em *Bonagota salubricola* (Meyrick, 1931) (Lepidoptera: Tortricidae) o Linoleato de metila foi identificado em extratos ativos de glândulas abdominais de fêmeas [81, 82].

Para o éster do Ácido oleico, Oleato de metila, não há relatos de atividade biológica em lepidópteros. A literatura descreve esse composto compondo a mistura feromonal presente nas glândulas de Dufour de Hymenoptera [47].

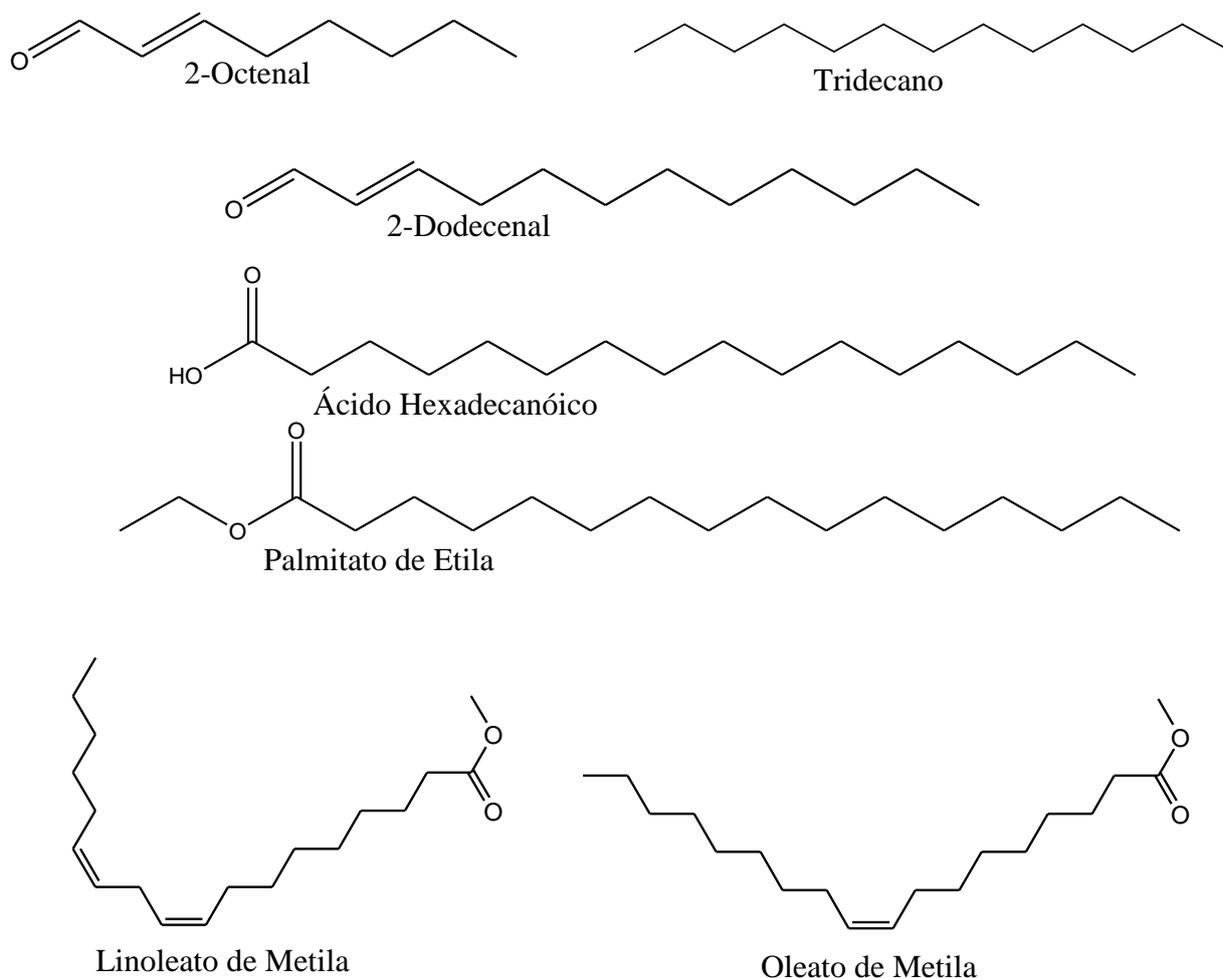


Figura 19. Compostos identificados em diferentes partes do corpo de machos e fêmeas de *E. cyparissias*.

Compostos específicos de machos de *E. cyparissias*

A tabela 4 representa os compostos de *E. cyparissias* específicos dos machos e as partes do corpo do inseto em que esses compostos foram identificados. Todos os compostos classificados como específicos dos machos apresentaram diferença estatística significativa em concentração quando comparados aos extratos de partes do corpo das fêmeas (S6.1 Fig. a S6.8 Fig., pags. 138 a 141).

O composto identificado como o aldeído 7,11-Hexadecadienal esteve presente nos extratos das asas anterior e posterior dos machos de *E. cyparissias*. A literatura relatou diversas atividades para os isômeros (Z,Z)-7,11-Hexadecadienal e (Z,E)-7,11-Hexadecadienal em Lepidoptera, quando em mistura com outros compostos. O composto (Z,Z)-7,11-Hexadecadienal foi identificado no extrato de fêmeas da *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) [83]. Em testes de campo, uma mistura contendo o (Z,Z)-7,11-Hexadecadienal demonstrou ser um importante atraente para mariposas machos de *P. citrella*, e para outras espécies do mesmo gênero [84-87].

Verificou-se também a presença do álcool 7,11-Hexadecadien-1-ol somente nos extratos das asas dos machos de *E. cyparissias*. Assim como para o aldeído, a isomeria espacial ainda não foi definida. Para insetos da ordem Lepidoptera a literatura relata atividade para os dois isômeros desse composto. O álcool (Z,E)-7,11-Hexadecadien-1-ol foi relatado na literatura como substância atrativa para *Argyresthia beta* (Argyresthiidae) quanto testado em campo [84]. Os isômeros (Z,E) e (Z,Z)-7,11-Hexadecadien-1-ol fazem parte do feromônio de fêmeas de *Pectinophora gossypiella* (Saunders 1844) (Lepidoptera: Gelechiidae) atraindo machos co-específicos [88].

Tabela 4. Compostos identificados como específicos de machos da Broca-da-coroa-foliar (*E. cyparissias*).

Fórmula molecular	Composto	IK^a	m/z (%)	Referência^b ou IK do padrão^c	Asa ant.	Asa Post.	Org. sex.
C ₁₆ H ₂₈ O	7,11-Hexadecadienal*	1787	55 (91); 67 (100); 81 (62); 95 (36); 109 (17); 137 (6)	Naka et al., (2003)	+	+	-
C ₁₆ H ₃₀ O	7,11-Hexadecadien-1-ol*	1857	41 (82); 55 (100); 67 (70); 81 (70); 95 (43); 110 (13)	Naka et al., (2003)	+	+	-
C ₂₀ H ₃₂	Espringeno isômero*	1921	41 (40); 69 (100); 81 (36); 93 (34); 120 (11); 133 (13); 161 (5); 187 (2); 272 (0,3)	Heinrich et al., (2002)	+	+	-
C ₂₀ H ₃₂	Espringeno isômero*	1954	41 (50); 69 (100); 81 (41); 93 (52); 107 (30); 120 (7); 133 (6); 161 (3); 187 (1); 272 (0,4)	-	-	+	+
C ₂₀ H ₃₂	Espringeno isômero*	1971	41 (47); 69 (100); 81 (49); 93 (52); 107 (30); 120 (5); 133 (5); 161 (3); 187 (1); 272 (0,4)	Zhao et al., (2006)	+	+	+
C ₂₀ H ₃₄ O	Geranil linaol*	2033	41 (43); 69 (100); 81 (46); 93 (37); 121 (10); 135 (7); 161 (5); 203 (1)	Radulovic et al., (2010)	+	+	-
C ₂₀ H ₃₄ O	Geranil geraniol*	2196	41 (56); 55 (19); 69 (100); 81 (73); 93 (36); 95 (27); 107 (23); 109 (14); 121 (17); 136 (12); 147 (5); 161 (6)	Tret'yakov (2007)	+	+	-
C ₂₀ H ₃₄ O	Geranil geraniol isômero*	2219	41; 69; 81; 93; 95; 107; 109; 121; 136; 149;	-	+	+	-

Fase estacionária: DB5; *Concentração significativamente maior nos machos ($P < 0,05$); ^aIK-Índice de Kovats; ^b Referência da literatura; ^cIK calculado do padrão; m/z – razão massa/carga; % - intensidade relativa; (+) presença; (-) ausência; Asa ant. (asa anterior); Asa Post. (asa posterior); Org sex. (órgão sexual do macho).

Os compostos com índices de Kovats em 1921, 1954 e 1971 estão relacionados com o composto β -espringeno relatado na literatura. Os espectros de massas de todos os compostos presentes nessa região apresentaram intensidade dos íons e semelhança na feição do espectro para o β -espringeno. Sendo assim, foi considerado que esses compostos possivelmente são isômeros do espringeno diferenciando somente a geometria da ligação dupla.

Para insetos da ordem Lepidoptera o composto β -espringeno foi identificado somente em uma espécie, do qual pertence a ordem Castniidae. Os trabalhos realizados por Rebouças et al., (1999) identificou esse composto em extratos das glândulas abdominais de fêmeas de *T. licus licus* (Castniidae).

O espringeno é um diterpeno isômero do farneseno, essa molécula pode ser formada a partir da desidratação do geranil geraniol [89, 90]. O composto geranil geraniol também foi identificado nos extratos de machos de *E. cyparissias* o que provavelmente poderia explicar a presença do espringeno.

Para insetos da ordem Hymenoptera a literatura relata o composto espringeno compondo a mistura de feromônios nos extratos das glândulas de Dufour da espécie *Nannotrigona testaceicornis* (Lepeletier) (Hymenoptera: Apidae) e em secreções da glândula mandibular de *Melipona beecheii* Bennett, 1831 (Hymenoptera: Apidae) e *Bombus morrisoni* Cresson, 1878 (Hymenoptera: Apidae) [89, 91, 92].

O composto identificado como geranil linalol esteve presente nos extratos das asas anterior e posterior somente dos machos de *E. cyparissias*. A presença desse composto ainda não havia sido relatada para insetos da família Castniidae. O geranil linalol é um álcool terciário diterpeno, comum em insetos da ordem Hymenoptera [23]. Atividades para esse composto estão relacionadas a insetos das ordens Isoptera e Hymenoptera, atuando como alomônio e feromônio respectivamente [93, 94].

O composto que apresentou Índice de Kovats 2196 corresponde ao Geranil geraniol. O pico para esse composto foi consideravelmente intenso principalmente nos extratos das asas posteriores. O respectivo pico com índice de Kovats de 2219 de menor intensidade presente também nos extratos das asas anterior e posterior dos machos foi sugerido ser um isômero do Geranil geraniol devido a sua grande similaridade em feição do espectro de massas.

A resposta eletroantegráfica da antena das fêmeas de *E. cyparissias* (fig. 8) com o extrato das asas do macho revelou que o Geranil geraniol é um componente bioativo. Entretanto, análises utilizando a substância padrão em diferentes concentrações se faz necessário para confirmação dessa atividade.

A literatura também não relata a presença do composto geraniol em Lepidopteras. Entretanto, em insetos da ordem Hymenoptera é bastante comum, constituindo os feromônios das glândulas labiais de machos de *B. morrisoni* e nas glândulas de Dufour de insetos da ordem *Formica* (Hymenoptera: Formicidae) [92, 95].

Os terpenóides que estiveram presente nos extratos de *E. cyparissias*, são compostos comumente encontrados na natureza e são importantes como feromônios, compostos de defesa, ou compostos com atividade deterrentes ou fungicidas [23, 93].

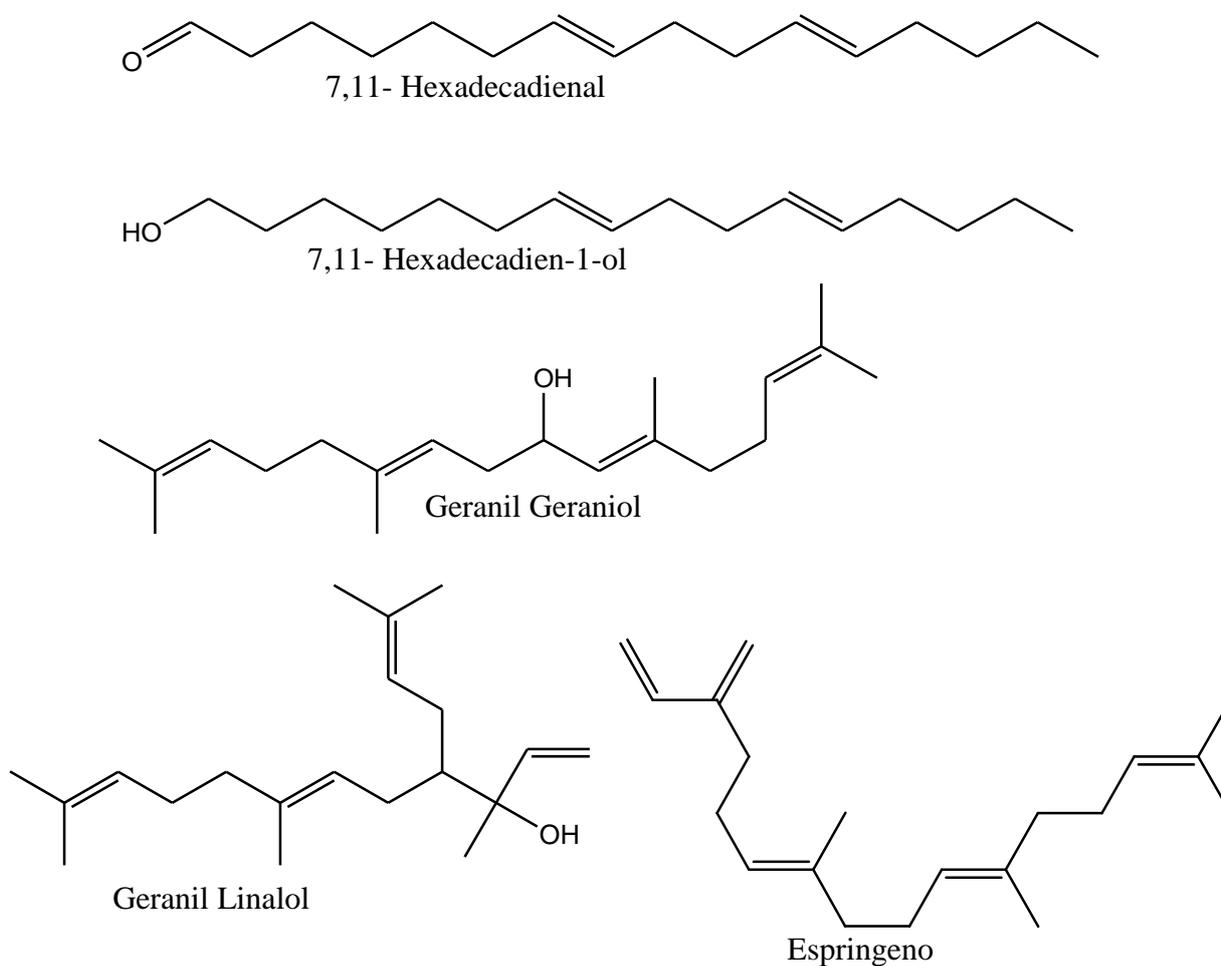


Figura 20. Estruturas dos compostos específico dos machos de *E. cyparissias*.

Compostos específicos de fêmeas de *E. cyparissias*

A tabela 5 relaciona todos os compostos que foram detectados somente em fêmeas de *E. cyparissias*. A concentração desses compostos foi significativamente maior nas partes do corpo das fêmeas quando comparados aos machos (S7.1 Fig. a S7.5 Fig., pags. 142-144).

Os compostos com Índice de Kovats 1387 e 1435 foram identificados somente nos extratos das asas anterior das fêmeas de *E. cyparissias*. A comparação do Índice de Kovats da literatura e a análise dos espectros de massas permitiram identificar esses compostos como pertencente à classe dos sesquiterpenos cíclicos, α -Copaeno e trans-cariofileno respectivamente. O composto com Índice de Kovats 1435 foi confirmado por comparação com amostra do padrão comercial trans-cariofileno (tabela 5).

Até o presente momento nenhuma atividade biológica foi relatada para o α -copaeno em insetos da ordem Lepidoptera. A presença desse composto não é comum em extratos de insetos. Entretanto, em um grande número de plantas é conhecido por ser um importante atrante para diversas espécies [96, 97]. Atividades descritas na literatura, para esse composto, estão relacionadas principalmente à atratividade em insetos da ordem Coleoptera, como *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) (Coleoptera: Dryophthoridae), *Lucanus cervus* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Lucanidae) e *Scolytus intricatus* (Ratzeburg, 1837) (Coleoptera: Curculionidae) [96, 98, 99].

Estudos realizados com *P. archon*, um importante inseto-praga da família Castniidae, revelou a presença do β -cariofileno nos extratos de fêmeas com 1 hora e 24 horas de idade [74]. O β -cariofileno atua como um importante composto atrativo para algumas espécies de lepidópteras. Estudos realizados por Batista-Pereira *et al.*, (2006) confirmaram em ensaios de GC-EAD que as antenas de *T. arnobia* e *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1848) (Lepidoptera: Pyralidae) apresentam atividade eletrofisiológica quando testadas com β -cariofileno [28, 100].

O composto β -cariofileno também foi reportado como um dos constituintes das secreções liberadas pelo órgão osmeterial das lagartas de espécies do gênero *Papilio* atuando como um importante alomônio defensivo [30].

Para o 1-Hexadecanol foi observado um pico de alta intensidade nos cromatogramas, além da similaridade com o índice de retenção reportado na literatura e análise do espectro de massas, a confirmação foi realizada com o padrão comercial.

Tabela 5. Compostos identificados como específicos de fêmeas da Broca-da-coroa-foliar (*E. cyparissias*).

Fórmula molecular	Composto	IK ^a	m/z (%)	Referência ^b ou IR do padrão ^c	Asa ant.	Asa Post.	Ovi.
C ₁₅ H ₂₄	α -Copaeno*	1387	41 (31); 55 (17); 77 (22); 105 (100); 119 (88); 133 (11); 161 (56); 204 (4)	Hognadottir et al., (2003)	+	-	-
C ₁₅ H ₂₄	Trans-cariofileno*	1435	41 (96); 69 (100); 79 (74); 93 (91); 120 (33); 133 (60); 161 (19); 175 (5); 189 (8)	1435	+	-	-
C ₁₆ H ₃₄ O	1-Hexadecanol*	1878	43 (89); 55 (100); 83 (92); 97 (72); 111 (35); 154 (2); 168 (2); 196 (2); 224 (0,2)	1878	-	-	+
C ₃₄ H ₆₆ O ₂	9- Hexadecenoato de octadecila*	3357	43 (78); 57 (100); 69 (90); 83 (74); 97 (72); 111 (41); 138 (16); 152 (28); 194 (16); 236 (40); 255 (10)	-	-	-	+
C ₃₄ H ₆₈ O ₂	Hexadecanoato de octadecila*	3368	43 (72); 57 (100); 83 (67); 97 (68); 111 (39); 129 (13); 196 (5); 213 (6); 239 (7); 257 (84)	-	-	-	+

Fase estacionária: DB5; *Concentração significativamente maior nas fêmeas (P < 0,05); ^aIK-Índice de Kovats; ^bReferência da literatura; ^cIK calculado do padrão; m/z – razão massa/carga; % - intensidade relativa; (+) presença; (-) ausência; Asa ant. (asa anterior); Asa Post. (asa posterior); Ovi. (ovipositor).

O 1-Hexadecanol é um importante álcool primário já identificado em espécies de machos e fêmeas da ordem Lepidoptera como feromônios sexual.

Em extratos obtidos dos ovipositores de *Diaphania nitidalis* (Stoll, 1781) (Lepidoptera: Crambidae), o 1-Hexadecanol esteve presente na composição do feromônio sexual reponsável pela atração dos machos [103]. Em borboletas da espécie *Tirumala formosa* (Godman, 1880) (Lepidoptera: Danainae) esse composto foi identificado nos extratos do hairpencil dos machos [37]. Em fêmeas de *Heliothis virescens* (Fabrícus, 1781) (Lepidoptera: Noctuidae) o 1-Hexadecanol compõem a mistura de feromônios presente no extrato da glândula, responsável pela resposta atrativa dos machos, e nos machos da mesma espécie esse composto foi identificado no hairpencil, sendo liberado quando esses são estimulados pela fêmea [102, 103].

O composto 1-Hexadecanol também foi relatado compondo a mistura do feromônio sexual das fêmeas de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1805) (Lepidoptera: Noctuidae) e estimulou resposta eletrofisiológica nas antenas dos machos coespecíficos [104]. Os dois últimos picos presente nos extratos do ovipositor das fêmeas de *E. cyparissias* foram identificados como sendo os ésteres 9- Hexadecenoato de octadecila e Hexadecanoato de octadecila, relatos na literatura para esses compostos em outras espécies de Lepidoptera não foi encontrado.

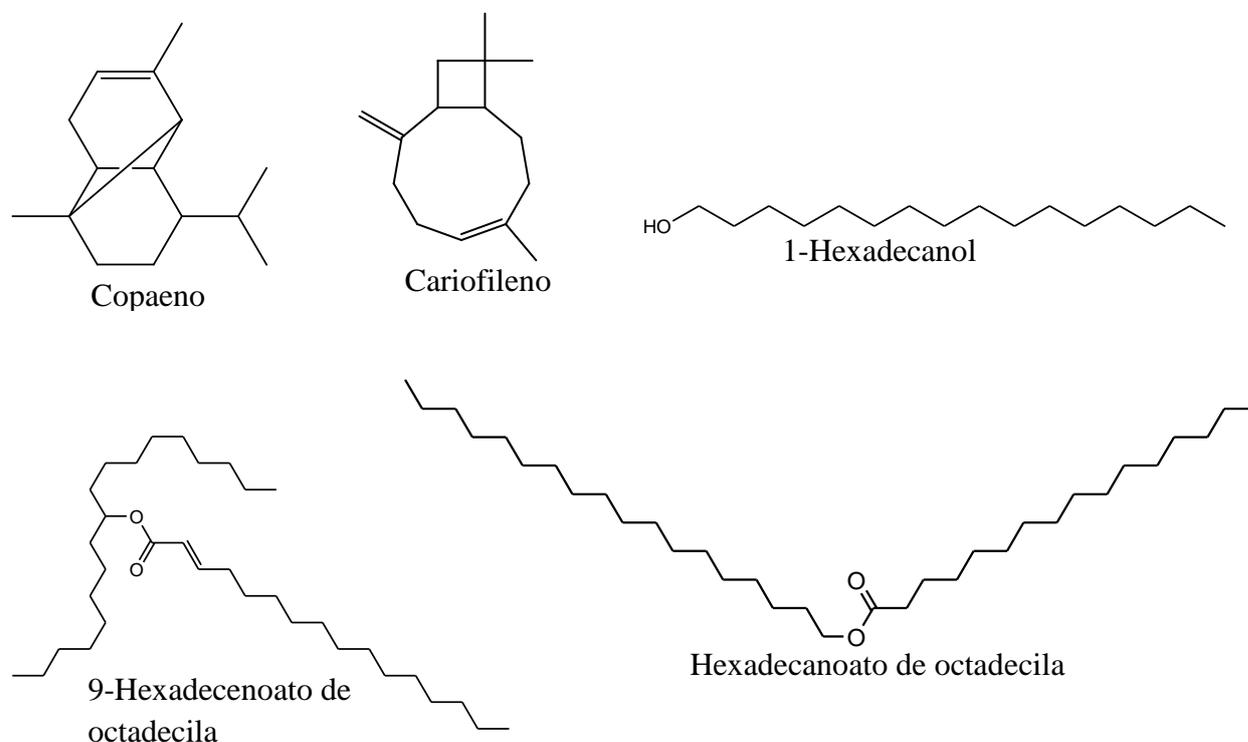


Figura 21. Estruturas dos compostos específicos das fêmeas de *E. cyparissias*.

Análise de componentes principais (ACP) dos extratos de *E. cyparissias*

A análise multivariada dos cromatogramas de íons totais de todos os extratos de machos e fêmeas de *E. cyparissias* (fig. 22) permitiu observar a uniformidade de compostos dentre as repetições, e identificar quais extratos de machos e fêmeas possuem composição mais semelhante. As variáveis que contribuem com informação similar são agrupadas próximas, isso significa que são variáveis correlacionadas, quando as variáveis são negativamente correlacionadas elas se posicionam em quadrantes diagonalmente opostos [105].

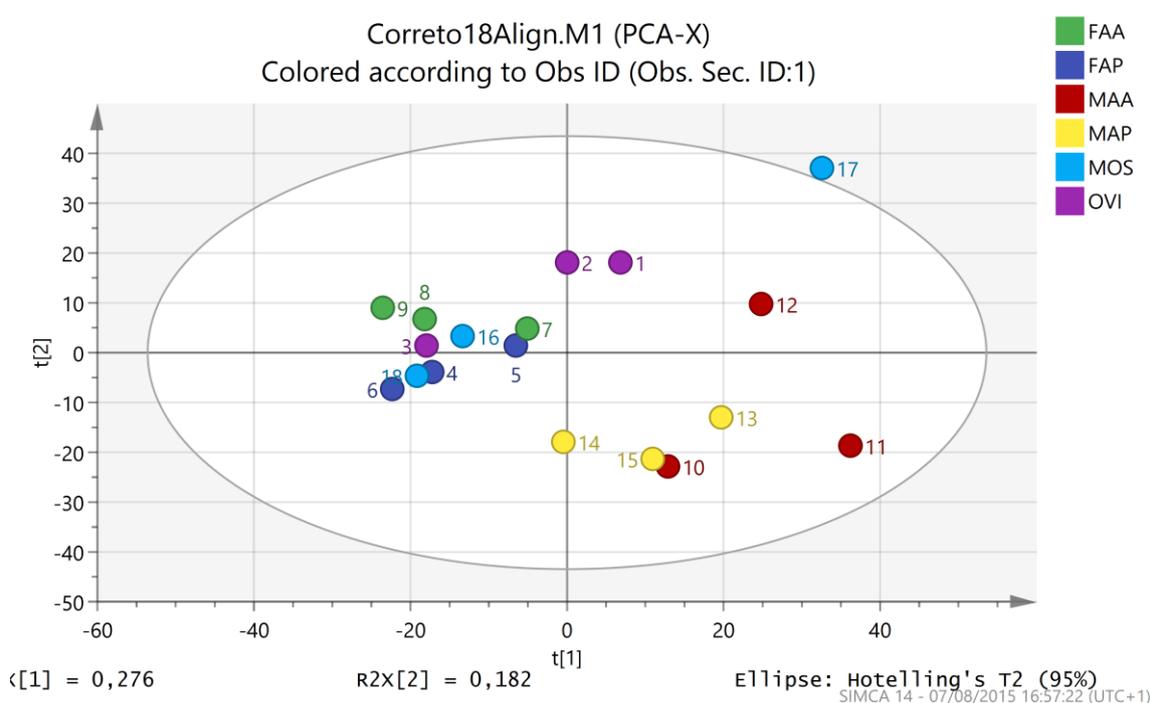


Figura 22. Análise de Componente Principal (ACP) dos extratos de machos e fêmea de *E. cyparissias*. FAA- extrato da asa anterior das fêmeas, FAP- extrato da asa posterior das fêmea, MAA- extrato da asa anterior dos macho, MAP- extrato da asa posterior dos macho, MOS- extrato do órgão sexual dos machos. OVI- extrato do ovipositor das fêmeas, PC1 responsável por 27,21 % da variação, PC2 responsável por 17,94% da variação.

A Análise de Componente Principal demonstrou que o agrupamento das variáveis relacionadas aos extratos de diferentes partes do corpo das fêmeas, está mais próximo quando comparado agrupamento das variáveis do macho. O ovipositor e as asas anterior e posterior das fêmeas apresentam uma maior correlação quando comparado aos extratos do macho.

Sendo assim, diferentes partes do corpo das fêmeas apresentam maior similaridade de compostos.

Dentre os extratos do macho, as repetições da asa posterior (13, 14 e 15) apresentaram uma maior uniformidade de compostos, pois estão agrupadas próximas. Já para as amostras do órgão sexual do macho, duas apresentaram melhor uniformidade (amostras 16 e 18), a amostra 17 não apresentou o mesmo padrão de concentração das outras repetições. Esse resultado pode estar relacionado à concentração maior de um ou mais compostos nesse extrato, o que provoca o distanciamento da mesma.

Isso demonstra que as asas anterior e posterior dos machos de *E. cyparissias* apresentam compostos bem diferentes dos compostos do órgão sexual desses e, dos compostos presentes nas partes do corpo das fêmeas. A maioria das substâncias identificadas como específicas dos machos está presente nas asas. As asas dos machos são responsáveis pela maior diferenciação de compostos em *E. cyparissias*.

Conclusões

O presente estudo representou uma contribuição para as investigações a cerca dos compostos presentes em *E. cyparissias*, uma importante praga para as principais palmeiras de importância econômica no Brasil e em diversos países da América do Sul. O estudo é inédito, pois, até então não havia relatos na literatura de trabalhos com esse objetivo.

Além disso, o conhecimento das substâncias identificadas como específicas dos machos e específicas das fêmeas de *E. cyparissias* deverão ser testadas em ensaios de EAG e em campo e poderá servir de subsídio para o uso de semioquímicos no manejo integrado dessa praga, método até então não utilizado. Os compostos aqui identificados, em sua maioria, estão relacionados a compostos já identificados em espécies da ordem Lepidoptera, exercendo atividade biológica como feromônios ou aleloquímicos.

Referências

1. Martins C, Junior J. Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional: Panorama 2014. Embrapa Tabuleiros Costeiros Documentos. 2014.
2. GLASS, V. Expansão do dendê na Amazônia brasileira: Elementos para uma análise dos impactos sobre agricultura familiar no nordeste do Pará. ONG Repórter Brasil. 2013. Disponível em: < <http://reporterbrasil.org.br/documentos/Dende2013.pdf>>. Acesso em: 19 de julho de 2015.
3. Oosterveer P. Promoting sustainable palm oil: viewed from a global networks and flows perspective. *Journal of Cleaner Production*. 2014, 1-8.
4. Dal Molin IL, Barreto MR. Ocorrência e controle de Curculionidae em *Cocos nucifera* L. em Sinop, Mato Grosso. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*. 2012;33(1):53-64.
5. Korkytowski CA, Ruíz ER. El barrenado de los rácimos de la palma aceitera, *Castnia daedalus* (Cramer) Lepidopt.: Castniidae, en la plantación de Tocache-Peru. *Revista Peruana de Entomología*. 1979; 22: 49-62.
6. Genty P, Desmier de Chenon R, Morin J. Las plagas de la palma de aceitera en América Latina. *Oleagineux (Francia)*. 1978;33(7):325-419.
7. Huguenot R, Vera J. Description de *Castnia daedalus* Cramer (Lepidoptera: Castniidae) parasito de la palma aceitera en Suramérica y métodos de lucha. *Francia*. 1981; 36(11): 543-8.
8. Delgado C, Couturier G. Relationship between *Mauritia flexuosa* and *Eupalamides cyparissias* in the Peruvian Amazon. *Palms*. 2003; 47(2): 104-6.
9. Viégas IJM, Müller AA. Cultura do dendezeiro na amazônia brasileira. Belém, Embrapa Amazônia Oriental. 2000.
10. De la Torre RCA, Calvache HH, Higuera O. Manejo integrado de *Cyparissius daedalus* Cramer en los Llanos Orientales. *Revista Palmas*. 2004; 25: 249-58.
11. Korytkowski Guillén CA, Ruíz E. Estado actual de las plagas de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacquin) en Tananta (Huallaga Central, San Martín, Perú). *Revista Peruana de Entomología*. 1979; 22: 17-20.
12. Vasquez J, Delgado C, Couturier G, Mejia K, Freitas L, Castillo D. Pest insects of the palm tree *Mauritia flexuosa* L.f., dwarf form, in Peruvian Amazonia. *Fruits*. 2008; 63(4): 227-38.
13. Aldana R, Aldana J, Calvache H, Franco P. Plagas de la palma de aceite en Colombia. Bogotá, Cenipalma. 2005.
14. Bernardino A S. Flutuação populacional da broca-da-coroa-foliar *Eupalamides cyparissias* (Lepidoptera: Castiniidae) em plantios de dendê (*Elaeis guineensis*) no estado do Pará. M.Sc. Thesis, Universidade Federal de Viçosa. 2007.

15. Müller AA, Silva AB, Souza LA, Buecke J, Guimarães LG, Silva JSO, et al. Controle químico de lagartas de *Eupalamides dedalus* em dendezeiros. Embrapa Amazônia Oriental. 2000.
16. Souza L, Silva AB, Muller A, Lins P, Ohashi O. Testes de inseticidas para o controle de *Eupalamides dedalus* em coqueiros. Embrapa Amazônia Oriental (Boletim de Pesquisa, 201). 1998; 1-14.
17. Silva AB, Müller AA, Souza LA, Silva JSO, Buecke J, Vale MP, et al. Injeção de inseticidas no estipe de dendezeiros para controle de lagartas de *Eupalamides dedalus* (Cramer)(Lepidoptera: Castniidae). Belém: Embrapa Amazônia Oriental (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 23). 2003; 1-16.
18. Pérez D, Iannacone J. Efectividad de extractos botánicos de diez plantas sobre la mortalidad y repelencia de larvas de *Rhynchophorus palmarum* L., insecto plaga del Pijuayo *Bactris gasipaes* Kunth en la Amazonía del Perú. Agricultura Técnica. 2006; 66(1): 21-30.
19. Schuiling M, Dinther J. Ecology and control of *Castnia dedalus*, a major pest of oil palm in Brazil. J. Appl. Entomol. 1980; 90(1-5): 161-74.
20. Zarbin PH, Rodrigues MA, Lima ER. Feromônios de insetos: tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. Quim Nova. 2009; 32(3): 722-31.
21. Babushok V, Linstrom P, Reed J, Zenkevich I, Brown R, Mallard W, et al. Development of a database of gas chromatographic retention properties of organic compounds. J Chromatogr A. 2007; 1157(1): 414-21.
22. Girard B. Retention index calculation using Kovats constant model for linear temperature-programmed gas chromatography. J Chromatogr A. 1996; 721(2): 279-88.
23. Morgan ED. Biosynthesis in insects: Royal society of chemistry; 2004.
24. Schoonhoven LM, Van Loon JJ, Dicke M. Insect-plant biology: Oxford University Press; 2005.
25. Knudsen J, Tollsten L, Ervik F. Flower scent and pollination in selected neotropical palms. Plant Biology. 2001; 3(6): 642-53.
26. Knudsen JT. Floral scent chemistry in geonomoid palms (Palmae: Geonomeae) and its importance in maintaining reproductive isolation. Mem N Y Bot Gard. 1999; 141-68.
27. Zhang M, Ling B, Chen S, Liang Gw, Pang X. Repellent and oviposition deterrent activities of the essential oil from *Mikania micrantha* and its compounds on *Plutella xylostella*. Insect Sci. 2004; 11(1): 37-45.
28. Batista-Pereira LG, Fernandes JB, Corrêa AG, Silva M, Vieira PC. Electrophysiological responses of eucalyptus brown looper *Thyrintina arnobia* to essential oils of seven *Eucalyptus* species. J Braz Chem Soc. 2006; 17(3): 555-61.
29. Honda K. Volatile constituents of larval osmeterial secretions in *Papilio protenor* Demetrius. J Insect Physiol. 1980; 26(1): 39-45.

30. Honda K. Larval osmeterial secretions of the swallowtails (*Papilio*). *J Chem Ecol.* 1981; 7(6): 1089-113.
31. Burger B, Munro Z, Röth M, Spies H, Truter V, Geertsema H, et al. Constituents of osmeterial secretion of pre-final instar larvae of citrus swallowtail, *Papilio demodocus* (Esper) (Lepidoptera: Papilionidae). *J Chem Ecol.* 1985; 11(8): 1093-113.
32. Gabel B, Thiéry D, Suchy V, Marion-Poll F, Hradsky P, Farkas P. Floral volatiles of *Tanacetum vulgare* L. attractive to *Lobesia botrana* den. et schiff. females. *J Chem Ecol.* 1992; 18(5): 693-701.
33. Hayashi N, Kuwahara Y, Komae H. The scent scale substances of male *Pieris* butterflies (*Pieris melete* and *Pieris napi*). *Experientia.* 1978; 34(6): 684-5.
34. Hayashi N, Komae H. The trail and alarm pheromones of the ant, *Pristomyrmex pungens* Mayr. *Experientia.* 1977; 33(4): 424-5.
35. Moore B. Volatile terpenes from *Nasutitermes soldiers* (Isoptera, Termitidae). *J Insect Physiol.* 1964; 10(2): 371-5.
36. Moore B. Studies on the chemical composition and function of the cephalic gland secretion in Australian termites. *J Insect Physiol.* 1968; 14(1): 33-9.
37. Schulz S, Boppre M, Vane-Wright R. Specific mixtures of secretions from male scent organs of African milkweed butterflies (Danainae). *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 1993; 342(1300): 161-81.
38. Liu SH, Norris DM, Lyne P. Volatiles from the foliage of soybean, *Glycine max*, and lima bean, *Phaseolus lunatus*: their behavioral effects on the insects *Trichoplusia ni* and *Epilachna varivestis*. *J Agric Food Chem.* 1989; 37(2): 496-501.
39. Hölldobler B, Morgan ED, Oldham NJ, Liebig J, Liu Y. Dufour gland secretion in the harvester ant genus *Pogonomyrmex*. *Chemoecology.* 2004; 14(2): 101-6.
40. Arsene C, Schulz S, Van Loon JJ. Chemical polymorphism of the cuticular lipids of the cabbage white *Pieris rapae*. *J Chem Ecol.* 2002; 28(12): 2627-31.
41. Brown W, Doyen J, Moore B, Lawrence J. Chemical composition and taxonomic significance of defensive secretions of some Australian Tenebrionidae (Coleoptera). *Aust. J. Entomol.* 1992; 31(1): 79-89.
42. Suzuki T, Nakakita H, Kuwahara Y. Defensive secretions and hydrocarbons of two *Tribolium* species and their hybrids (Coleoptera: Tenebrionidae). *Appl. Entomol. Zool. (Jpn.)*. 1988; 23(3): 329-37.
43. Whitten WM, Young AM, Williams NH. Function of glandular secretions in fragrance collection by male euglossine bees (Apidae: Euglossini). *J Chem Ecol.* 1989; 15(4): 1285-95.
44. Morgan ED, Jungnickel H, Keegans SJ, Do Nascimento RR, Billen J, Gobin B, et al. Comparative survey of abdominal gland secretions of the ant subfamily Ponerinae. *J Chem Ecol.* 2003; 29(1): 95-114.

45. Cammaerts M, Evershed R, Morgan E. Comparative study of the Dufour gland secretions of workers of four species of *Myrmica* ants. *J Insect Physiol.* 1981; 27(1): 59-65.
46. Dani FR, Morgan ED, Jones GR, Turillazzi S, Cervo R, Francke W. Species-specific volatile substances in the venom sac of hover wasps. *J Chem Ecol.* 1998; 24(6): 1091-104.
47. Shimron O, Hefetz A, Tengo J. Structural and communicative functions of Dufour's gland secretion in *Eucera palestinae* (Hymenoptera; Anthophoridae). *Insect Biochem.* 1985; 15(5): 635-8.
48. Blomquist GJ, Bagnères A-G. *Insect hydrocarbons: biology, biochemistry, and chemical ecology*: Cambridge University Press; 2010.
49. Howard RW, Blomquist GJ. Ecological, behavioral, and biochemical aspects of insect hydrocarbons. *Annu Rev Entomol.* 2005; 50: 371-93.
50. Rebouças L, Caraciolo MS, Sant'Ana AE, Pickett JA, Wadhams LJ, Pow EM. Composição química da glândula abdominal da fêmea da mariposa *Castnia licus* (Drury) (Lepidoptera: Castniidae): possíveis feromônios e precursores. *Quim Nova.* 1999; 22(5): 645-8.
51. Ômura H, Honda K. Chemical composition of volatile substances from adults of the swallowtail, *Papilio polytes* (Lepidoptera: Papilionidae). *Appl. Entomol. Zool. (Jpn.)*. 2005; 40(3): 421-7.
52. HIMENO K, HONDA H. (E, Z)-and (E, E)-10, 12-Hexadecadienals, Major Components of Female Sex Pheromone of the Cotton Leaf-Roller, *Notarcha derogata* (FABRICIUS) (Lepidoptera: Pyralidae). *Appl. Entomol. Zool. (Jpn.)*. 1992; 27(4): 507-15.
53. Klun J, Bierl-Leonhardt B, Schwarz M, Litsinger J, Barrion A, Chiang H, et al. Sex pheromone of the Asian corn borer moth. *Life Sci.* 1980; 27(17): 1603-6.
54. Attygalle A, Cai-Hong W, Schwarz J, Vostrowsky O, Hasenfuss I, Bestmann H. Sex pheromone of female *Myelois cribrella* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae). *J Chem Ecol.* 1988; 14(2): 485-94.
55. Nishida R, Schulz S, Kim C, Fukami H, Kuwahara Y, Honda K, et al. Male sex pheromone of a giant danaine butterfly, *Idea leuconoe*. *J Chem Ecol.* 1996; 22(5): 949-72.
56. Grant G, Frech D, MacDonald L, Slessor K, King G. Copulation releaser pheromone in body scales of female whitemarked tussock moth, *Orgyia leucostigma* (Lepidoptera: Lymantriidae): Identification and behavioral role. *J Chem Ecol.* 1987; 13(2): 345-56.
57. Frérot B, Renou M, Descoins C, Gallois M. A sex pheromone for *Argyrotaenia pulchellana* (Haw.) (Lepidoptera, Tortricinae). *Agronomie (France)*. 1984; 4: 565-572.
58. Descoins C, Einhorn J, Lalanne-Cassou B, Pralavorio M, Deschamps N, Gallois M. Etude de la sécrétion phéromonale de la tordeuse européenne de l'œillet: *Cacoecimorpha pronubana* (Hb.), Lep. Tortricidae, Tortricinae. *Agronomie.* 1985; 5(1): 19-26.

59. Whittle C, Bellas T, Bishop A. Sex pheromone of lucerne leafroller, *Merophyas divulsana* (Walker) (Lepidoptera: Tortricidae): evidence for two distinct populations. *J Chem Ecol.* 1991; 17(9): 1883-95.
60. Leonhardt S, Blüthgen N, Schmitt T. Smelling like resin: terpenoids account for species-specific cuticular profiles in Southeast-Asian stingless bees. *Insectes Soc.* 2009; 56(2): 157-70.
61. Sappington TW, Taylor OR. Developmental and environmental sources of pheromone variation in *Colias eurytheme* butterflies. *J Chem Ecol.* 1990; 16(9): 2771-86.
62. Alberts AC, Sharp TR, Werner DI, Weldon PJ. Seasonal variation of lipids in femoral gland secretions of male green iguanas (*Iguana iguana*). *J Chem Ecol.* 1992; 18(5): 703-12.
63. Schowalter TD. *Insect ecology: an ecosystem approach*: Academic Press; 2006.
64. Gullan P, Cranston PS. *The insects: An outline of entomology*. Blackwell Publishing, Oxford; 2005.
65. Haynes KF, Millar JG. *Methods in Chemical Ecology Volume I- Chemical Methods*: Springer; 1998.
66. Jumean Z, Gries R, Unruh T, Rowland E, Gries G. Identification of the larval aggregation pheromone of codling moth, *Cydia pomonella*. *J Chem Ecol.* 2005; 31(4): 911-24.
67. Fernandes F, Pereira DM, de Pinho PG, Valentão P, Pereira JA, Bento A, et al. Metabolic fate of dietary volatile compounds in *Pieris brassicae*. *Microchem J.* 2009; 93(1): 99-109.
68. Waterhouse D, Forss D, Hackman R. Characteristic odour components of the scent of stink bugs. *J Insect Physiol.* 1961; 6(2): 113-21.
69. Dettner K, Reissenweber F. The defensive secretion of Omaliinae and Proteininae (Coleoptera: Staphylinidae): its chemistry, biological and taxonomic significance. *Biochem Syst Ecol.* 1991; 19(4): 291-303.
70. Dötterl S, Schäffler I. Flower scent of floral oil-producing *Lysimachia punctata* as attractant for the oil-bee *Macropis fulvipes*. *J Chem Ecol.* 2007; 33(2): 441-5.
71. Jacobson M. Chemical insects attractants and repellents. *Annu Rev Entomol.* 1966; 11(1): 403-22.
72. Baggini A, Bernardi R, Casnati G, Pavan M, Ricca A. Ricerche sulle secrezioni difensive di insetti Emitteri Eterotteri (Hem. Heteroptera). *Eos.* 1966; 42: 7-26.
73. Calam D, Scott G. The scent gland complex of the adult cotton stainer bug, *Dysdercus intermedius*. *J Insect Physiol.* 1969; 15(10): 1695-702.
74. Heiduk A, Brake I, Tolasch T, Frank J, Jürgens A, Meve U, et al. Scent chemistry and pollinator attraction in the deceptive trap flowers of *Ceropegia dolichophylla*. *S. Afr. J. Bot.* 2010; 76(4): 762-9.

75. Balestrazzi E, Valcurone Dazzini M, Bernardi Md, Vidari G, Vita-Finzi P, Mellerio G. Morphological and chemical studies on the pygidial defence glands of some Carabidae (Coleoptera). *Naturwissenschaften*. 1985; 72(9): 482-4.
76. Riolo P, Verdolini E, Anfora G, Minuz RL, Ruschioni S, Carlin S, et al. Perching Mate-Locating Strategy in *Paysandisia archon* (Lepidoptera: Castniidae): Behavioral and Morpho-Physiological Investigations. *J Econ Entomol*. 2014; 107(3): 1009-21.
77. Monteys VS, Acin P, Rosell G, Quero C, Jimenez MA, Guerrero A. Moths behaving like butterflies. Evolutionary loss of long range attractant pheromones in castniid moths: a *Paysandisia archon* model. *PloS one*. 2012; 7(1): e29282.
78. Blomquist GJ, Vogt RG. Insect pheromone biochemistry and molecular biology: The biosynthesis and detection of pheromones and plant volatiles: Academic press; 2003.
79. Leal W, Pedrazzoli ALP, Kaissling KE, Morgan T, Zalom F, Pesak D, et al. Unusual pheromone chemistry in the navel orangeworm: novel sex attractants and a behavioral antagonist. *Naturwissenschaften*. 2005; 92(3): 139-46.
80. Honda K, Kawatoko M. Exocrine substances of the white cabbage butterfly, *Pieris rapae crucivora* (Lepidoptera: Pieridae). *Appl. Entomol. Zool. (Jpn.)*. 1982; 17(3): 325-31.
81. Eiras AE, Kovaleski A, Vilela EF, Chambon JP, Unelius CR, Borg-Karlson A-K, et al. Sex pheromone of the Brazilian apple leafroller, *Bonagota cranaodes* Meyrick (Lepidoptera, Tortricidae). *Z Naturforsch C*. 1999; 54(12): 595-601.
82. Unelius CR, Eiras A, Witzgall P, Bengtsson M, Kovaleski A, Vilela EF, et al. Identification and synthesis of the sex pheromone of *Phtheochroa cranaodes* (Lepidoptera: Tortricidae). *Tetrahedron Letters*. 1996; 37(9): 1505-8.
83. Vang LV, Islam MA, Do ND, Hai TV, Koyano S, Okahana Y, et al. 7, 11, 13-Hexadecatrienal identified from female moths of the citrus leafminer as a new sex pheromone component: synthesis and field evaluation in Vietnam and Japan. *J Pestic Sci*. 2008; 33(2): 152-8.
84. Ando T, Taguchi K-y, Uchiyama M, Ujiye T, Kuroko H. (7Z, 11 Z)-7, 11-Hexadecadienal: Sex Attractant of the Citrus Leafminer Moth, *Phyllocnistis citrella* STAINTON (Lepidoptera, Phyllocnistidae). *Agric Biol Chem*. 1985; 49(12): 3633-5.
85. Kawahara AY, Jones M, Jia Q, Lapointe SL, Stansly PA. A synthetic pheromone for *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) attracts multiple leafminer species. *Fla. Entomol*. 2013; 96(3): 1213-6.
86. Leal WS, Pedrazzoli ALP, Cossé AA, Murata Y, Bento JMS, Vilela EF. Identification, synthesis, and field evaluation of the sex pheromone from the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*. *J Chem Ecol*. 2006; 32(1): 155-68.
87. Moreira JA, McElfresh JS, Millar JG. Identification, synthesis, and field testing of the sex pheromone of the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*. *J Chem Ecol*. 2006; 32(1): 169-94.

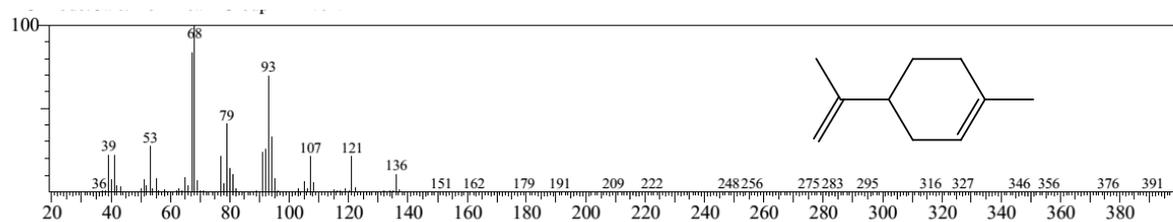
88. Bierl B, Beroza M, Staten R, Sonnet P, Adler V. The pink bollworm sex attractant. *J Econ Entomol.* 1974; 67(2): 211-6.
89. Cruz-López L, Patricio EFL, Morgan ED. Secretions of stingless bees: the Dufour gland of *Nannotrigona testaceicornis*. *J Chem Ecol.* 2001; 27(1): 69-80.
90. Bertsch A, Schweer H, Titze A. Analysis of the labial gland secretions of the male bumblebee *Bombus griseocollis* (Hymenoptera: Apidae). *Z Naturforsch C.* 2004; 59: 701-7.
91. Cruz-López L, Malo EA, Morgan ED, Rincon M, Guzmán M, Rojas JC. Mandibular gland secretion of *Melipona beecheii*: chemistry and behavior. *J Chem Ecol.* 2005; 31(7): 1621-32.
92. Bertsch A, Schweer H, Titze A. Chemistry of the cephalic labial gland secretions of male *Bombus morrisoni* and *B. rufocinctus*, two North American bumblebee males with perching behavior. *J Chem Ecol.* 2008; 34(10): 1268-74.
93. Quintana A, Reinhard J, Faure R, Uva P, Bagnères A-G, Massiot G, et al. Interspecific variation in terpenoid composition of defensive secretions of European *Reticulitermes termites*. *J Chem Ecol.* 2003; 29(3): 639-52.
94. Appelgren M, Bergström G, Svensson B, Cederberg B. Marking pheromones of *Megabombus* bumble bee males. *Acta Chem Scand.* 1991; 45: 972-4.
95. Bergström G, Löfqvist J. Chemical congruence of the complex odoriferous secretions from Dufour's gland in three species of ants of the genus *Formica*. *Journal of Insect Physiology.* 1973;19(4):877-907.
96. Vrkočová Pn, Valterova I, Vrkoč J, Koutek Br. Volatiles released from oak, a host tree for the bark beetle *Scolytus intricatus*. *Biochem Syst Ecol.* 2000; 28(10): 933-47.
97. Crook DJ, Khrimian A, Francese JA, Fraser I, Poland TM, Sawyer AJ, et al. Development of a host-based semiochemical lure for trapping emerald ash borer *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae). *Environ Entomol.* 2008; 37(2): 356-65.
98. Ndiege IO, Budenberg WJ, Lwande W, Hassanali A. Volatile components of banana pseudostem of a cultivar susceptible to the banana weevil. *Phytochemistry.* 1991; 30(12): 3929-30.
99. Harvey DJ, Hawes CJ, Gange AC, Finch P, Chesmore D, Farr I. Development of non-invasive monitoring methods for larvae and adults of the stag beetle, *Lucanus cervus*. *Insect Conservation and Diversity.* 2011; 4(1): 4-14.
100. Soares MG, Batista-Pereira LG, Fernandes JB, Corrêa AG, Da Silva MFG, Vieira PC, et al. Electrophysiological responses of female and male *Hypsipyla grandella* (Zeller) to *Swietenia macrophylla* essential oils. *J Chem Ecol.* 2003; 29(9): 2143-51.
101. Klun J, Leonhardt B, Schwarz M, Day A, Raina A. Female sex pheromone of the pickleworm, *Diaphania nitidalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *J Chem Ecol.* 1986; 12(1): 239-49.

102. Teal P, Tumlinson J, Heath R. Chemical and behavioral analyses of volatile sex pheromone components released by calling *Heliothis virescens* (F.) females (Lepidoptera: Noctuidae). *J Chem Ecol.* 1986; 12(1): 107-26.
103. Teal P, Tumlinson J. Isolation, identification, and biosynthesis of compounds produced by male hairpencil glands of *Heliothis virescens* (F.)(Lepidoptera: Noctuidae). *J Chem Ecol.* 1989; 15(1): 413-27.
104. Zhang J-P, Salcedo C, Fang Y-L, Zhang R-J, Zhang Z-N. An overlooked component:(Z)-9-tetradecenal as a sex pheromone in *Helicoverpa armigera*. *J Insect Physiol.* 2012; 58(9): 1209-16.
105. Eriksson L, Johansson E, Kettaneh-Wold N, Wold S. Multi-and megavariable data analysis: principles and applications: Umetrics; 2001.
106. Ando T, Inomata S-i, Yamamoto M. Lepidopteran sex pheromones. *The Chemistry of Pheromones and Other Semiochemicals I*: Springer; 2004. p. 51-96.
107. Butt B A, Cantu E. Sex determination of lepidopterous pupae. USDA, 1962.

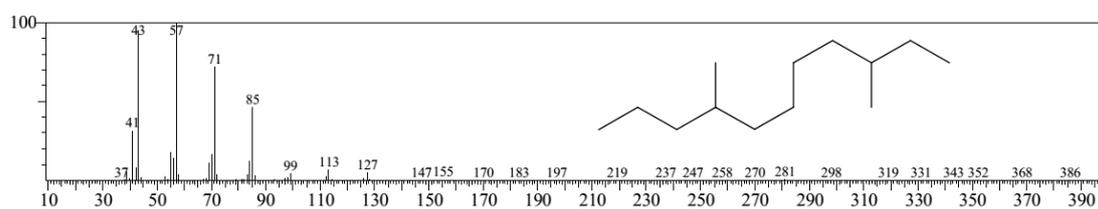
Informações de Suporte

S1 Fig. Espectros de massas dos compostos representados na tabela 2.

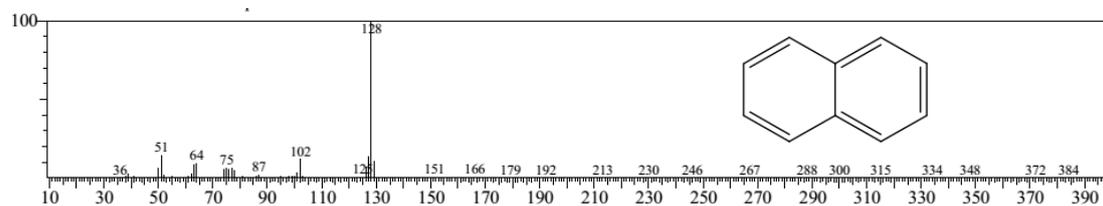
Limoneno



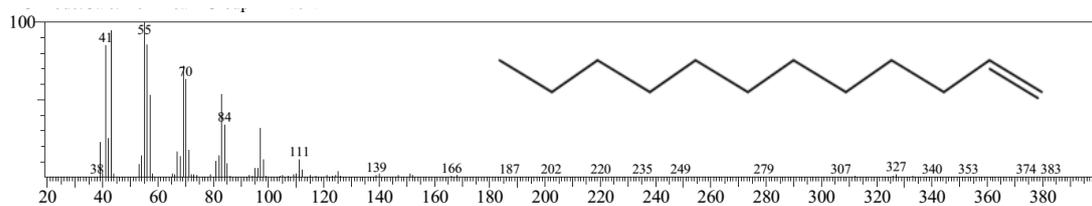
3,8dimetil-undecano



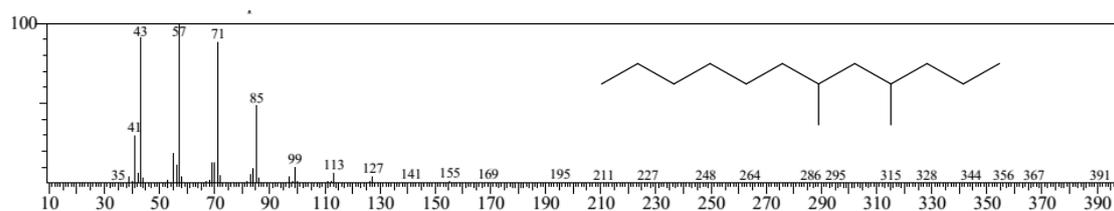
Naftaleno



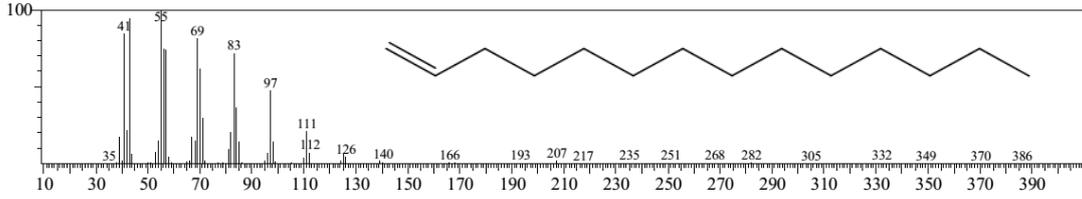
1-Dodeceno



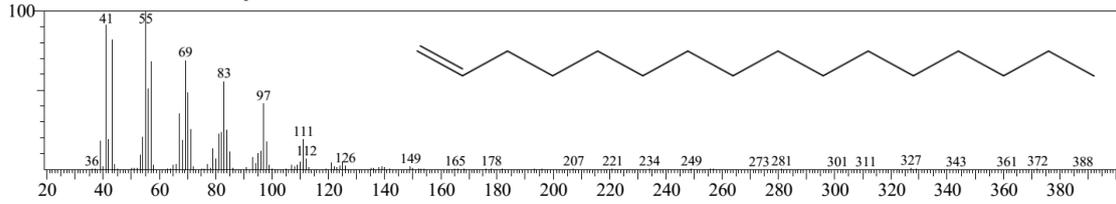
4,6-dimetil-dodecano



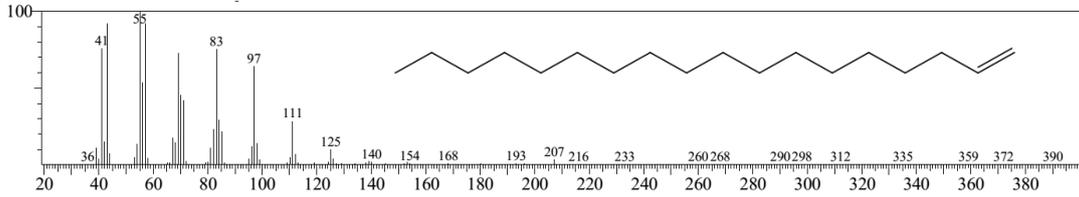
1-Tetradeceno.



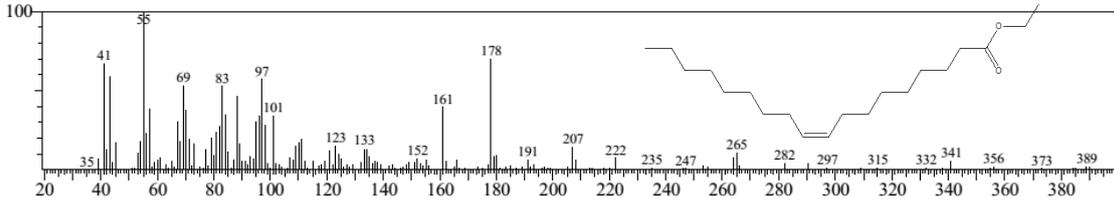
1-Hexadeceno



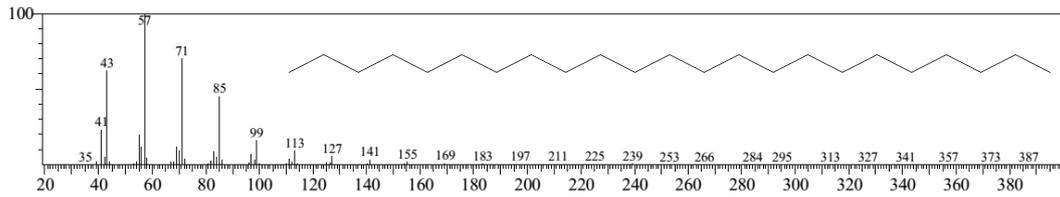
1-Octadeceno



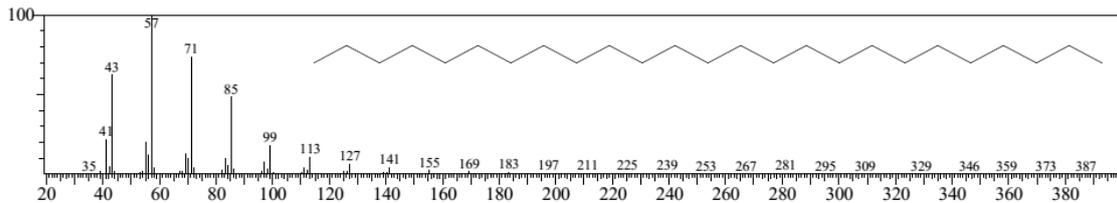
Oleato de Etila



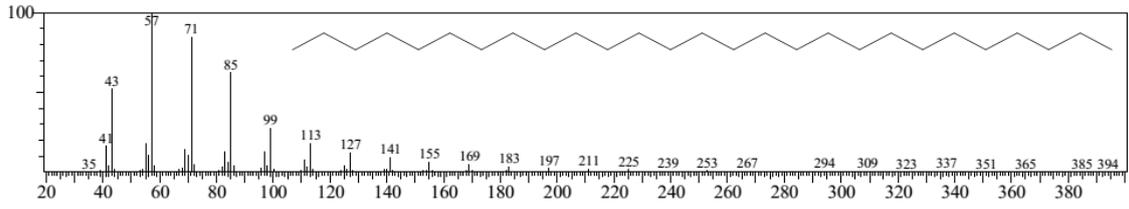
Tricosano



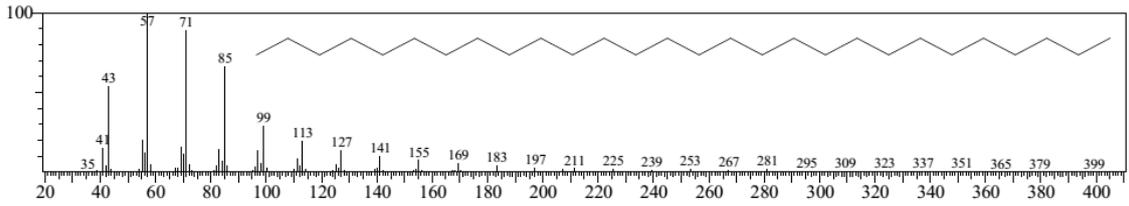
Pentacosano



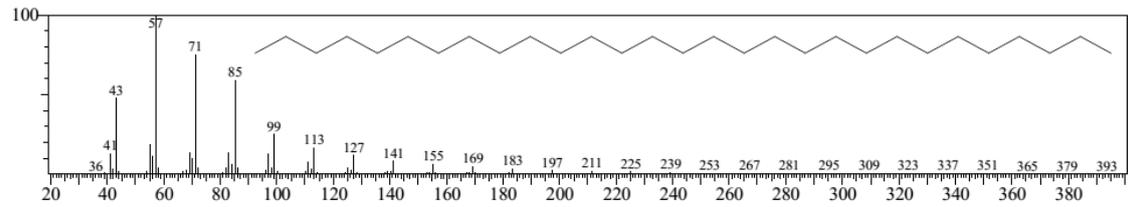
Heptacosano



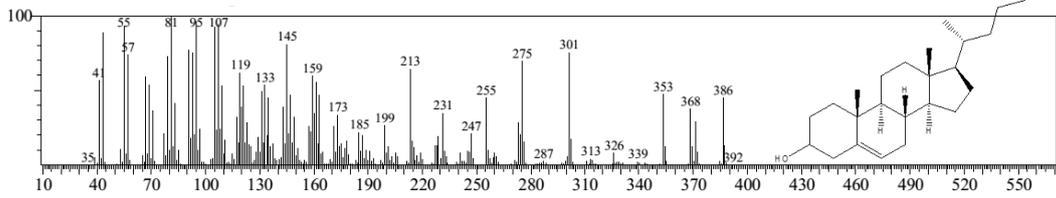
Octacosano



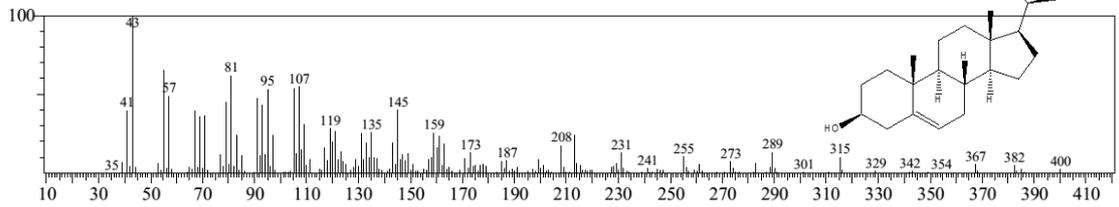
Nonacosano



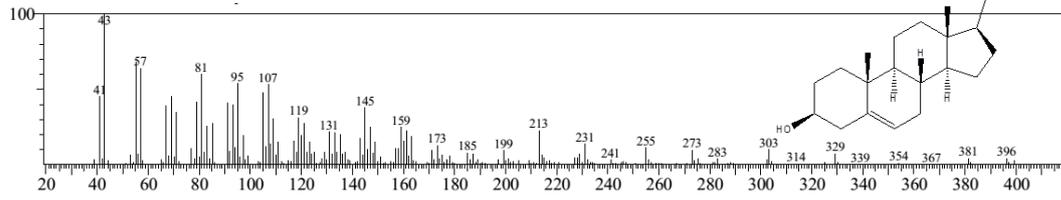
Colesterol



Campesterol

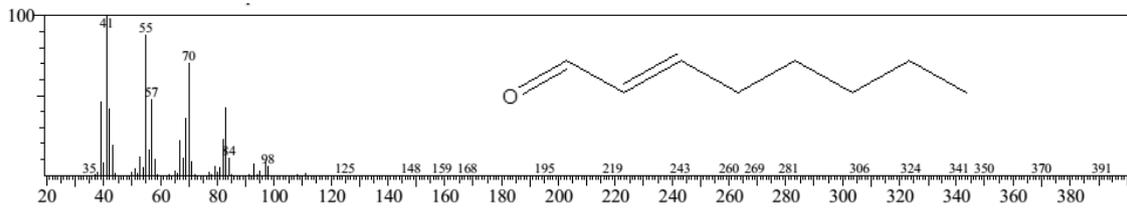


β -Sitosterol

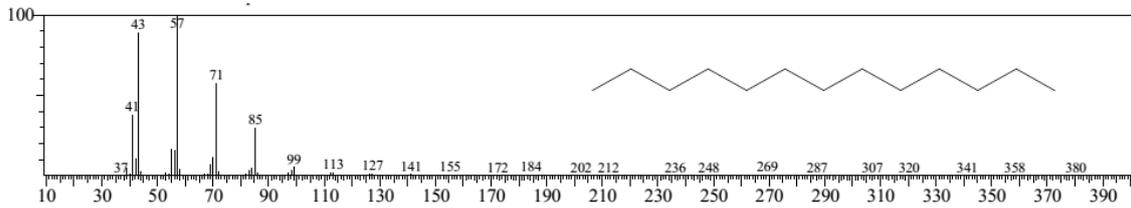


S2 Fig. Espectros de massas dos compostos representados na tabela 3.

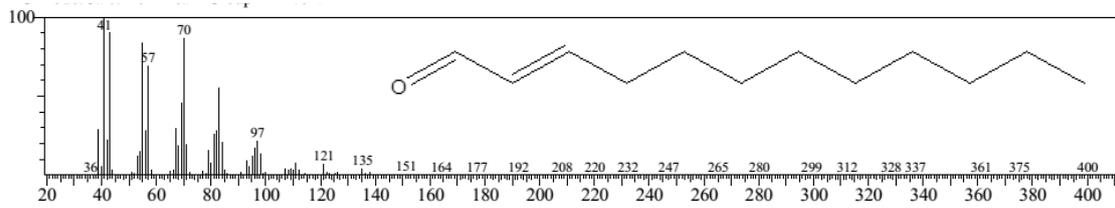
2-octenal



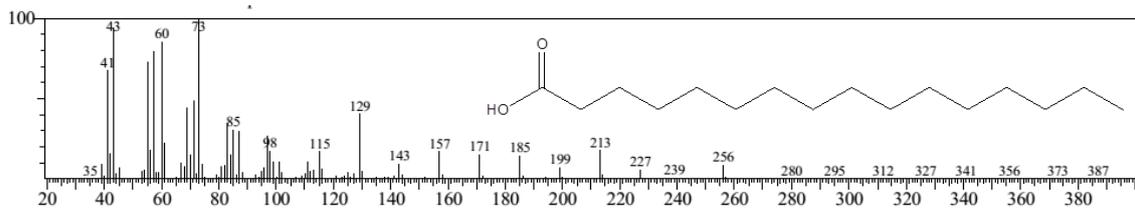
Tridecano



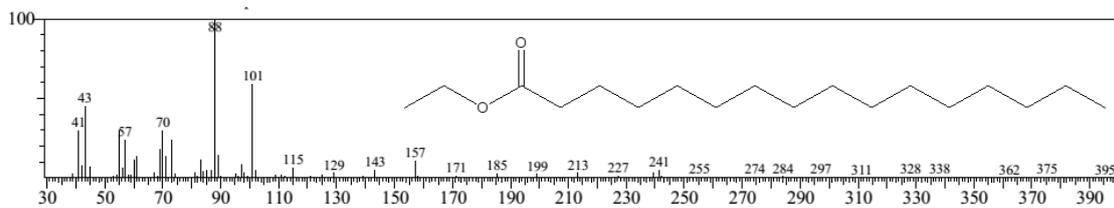
2-dodecenal



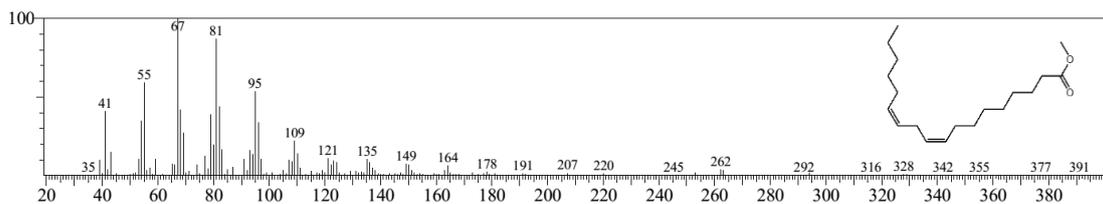
Ácido Palmítico



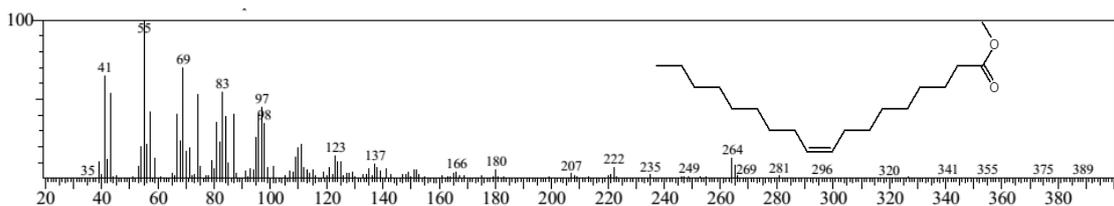
Palmitato de etila



Linoleato de metila

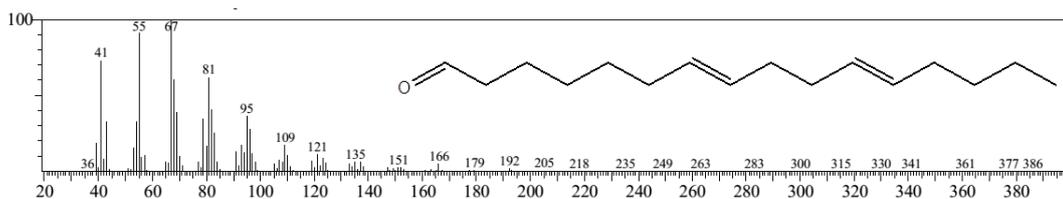


Oleato de metila

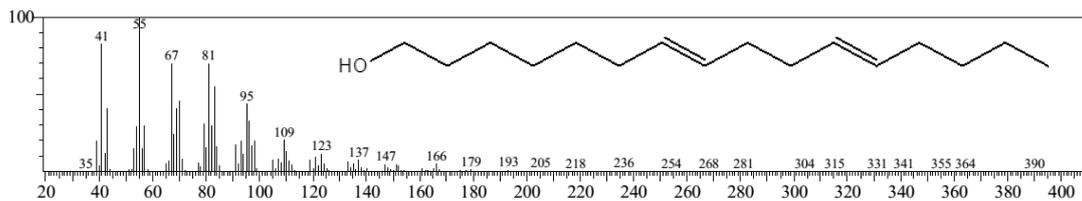


S3 Fig. Espectros de massas dos compostos representados na tabela 4.

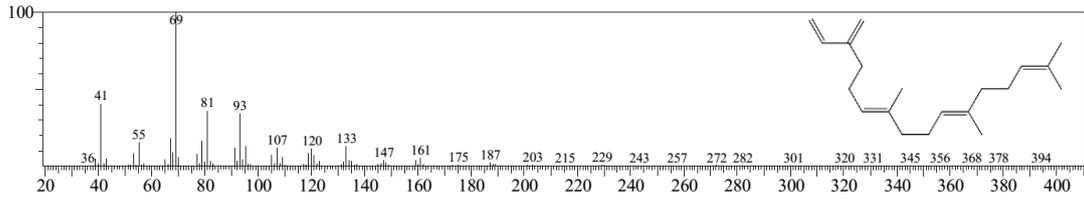
7,11-Hexadecadienal



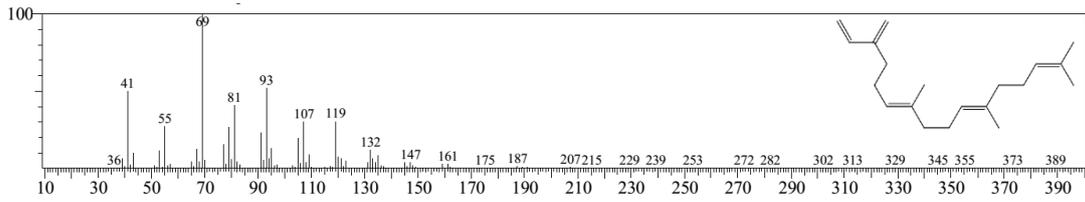
7,11-Hexadecadien-1-ol



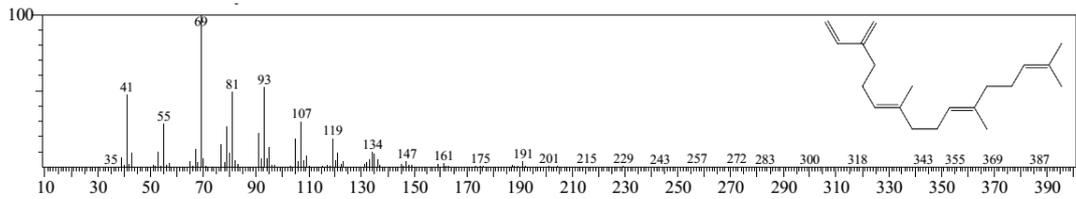
Espringeno isômero



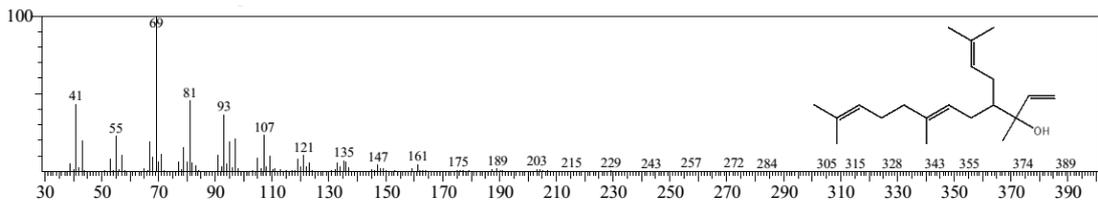
Espringeno isômero



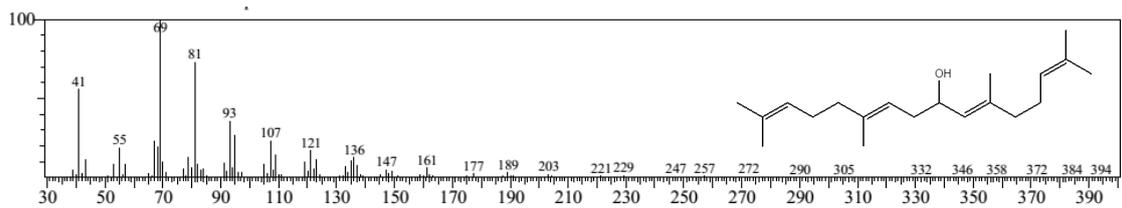
Espringeno isômero



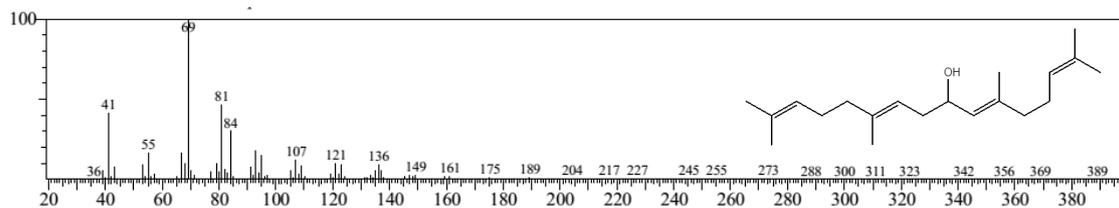
Geranyl linalol



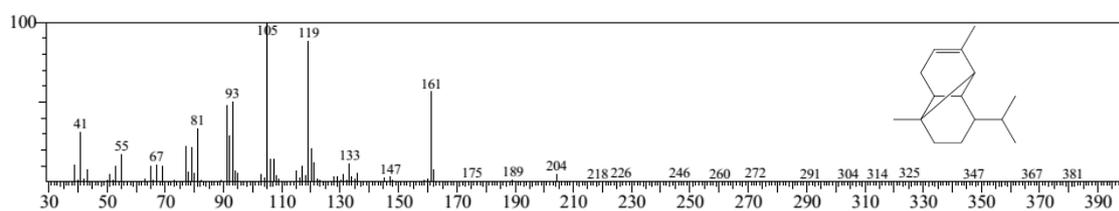
Geranyl geraniol



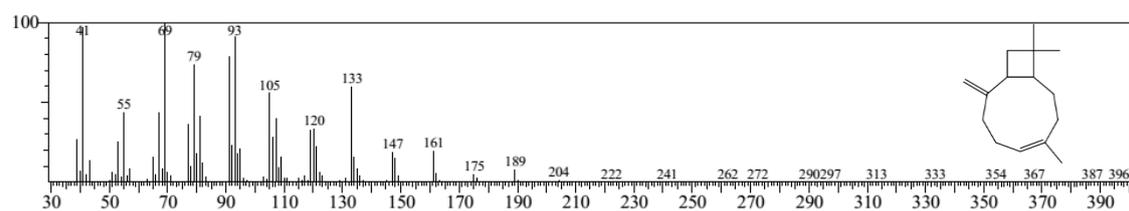
Geranyl geraniol isômero



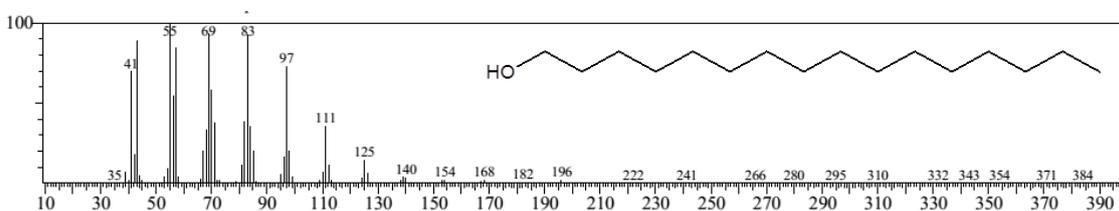
S4 Fig. Espectros de massas dos compostos representados na tabela 5.

 α -copaeno

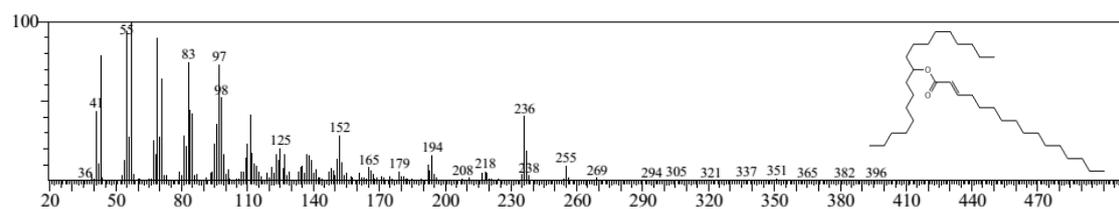
Trans-cariofileno



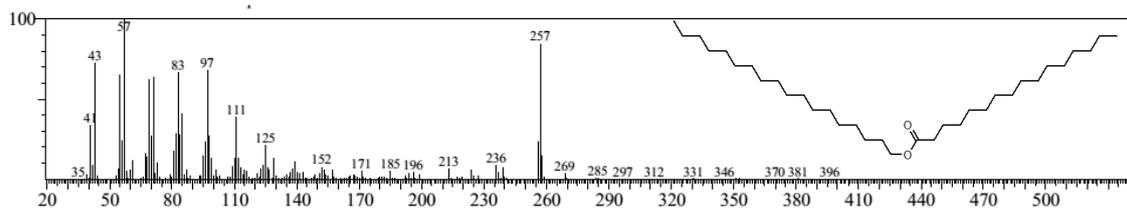
1-Hexadecanol



9-Hexadecenoato de octadecila

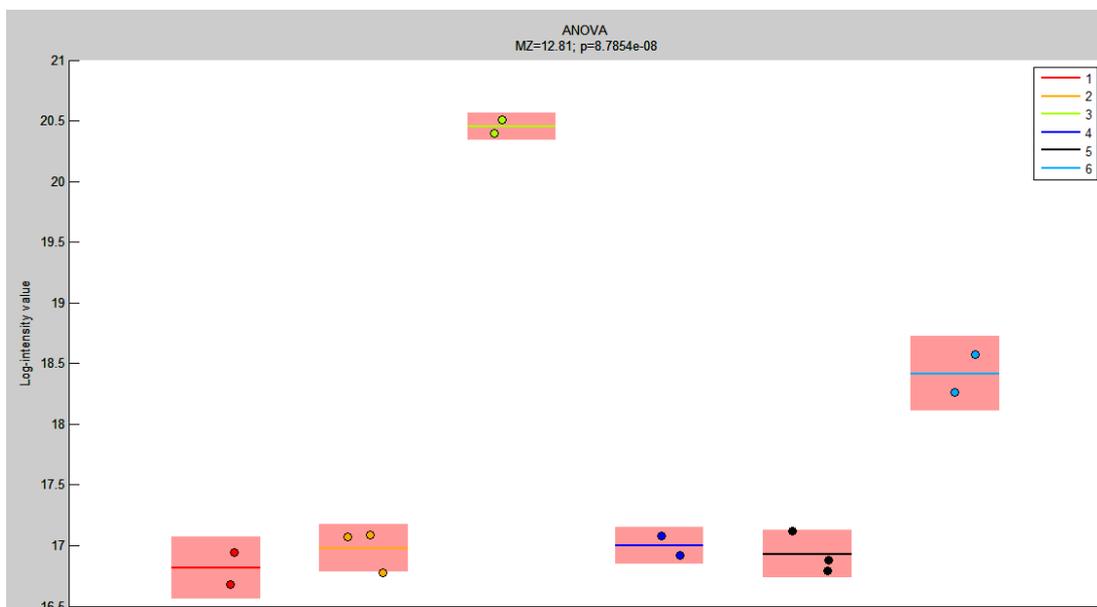


Hexadecanoato de octadecila



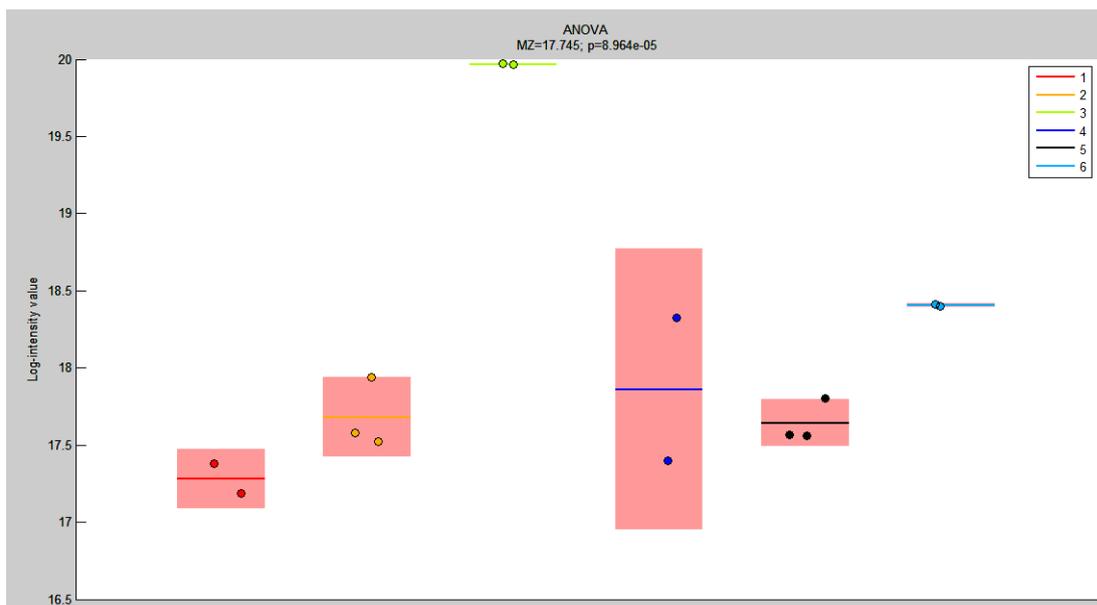
S5 Fig. Quantificação de compostos em comum nos diferentes extratos de machos e fêmeas de *E. cyparissias* (representados na tabela 3).

S5.1 Fig. Quantificação do composto 2-Octenal (IK 1055)



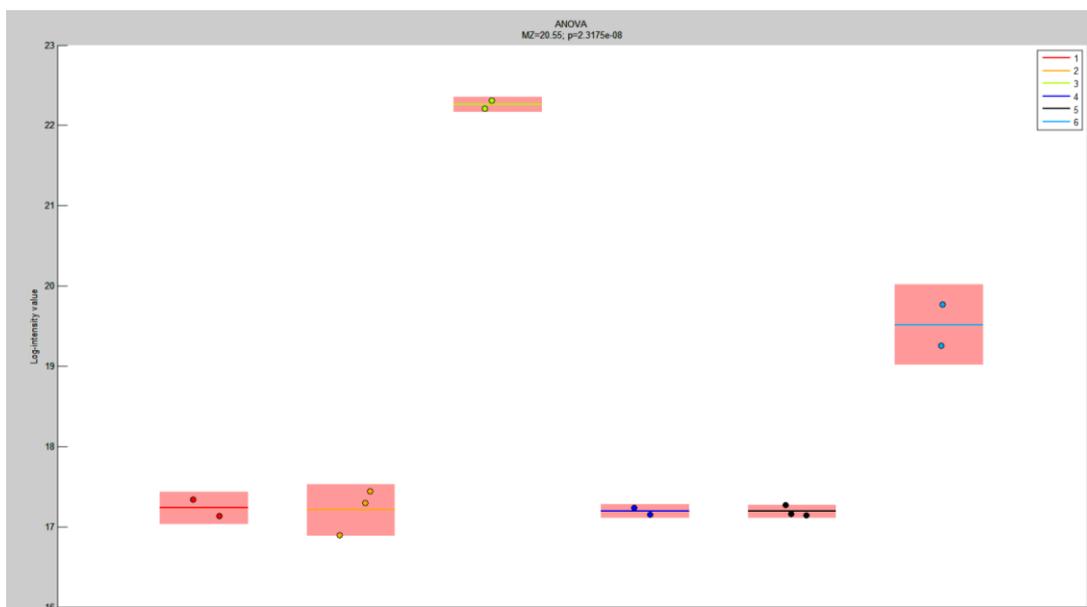
1 – Extrato Ovipositor; **2** – Extrato fêmea asa posterior; **3** – Extrato fêmea asa anterior; **4** – Extrato macho asa posterior; **5** – Extrato macho asa anterior; **6** – Extrato macho órgão sexual. IK, Índice de Kovats.

S5.2 Fig. Quantificação do composto Tridecano (IK 1299).



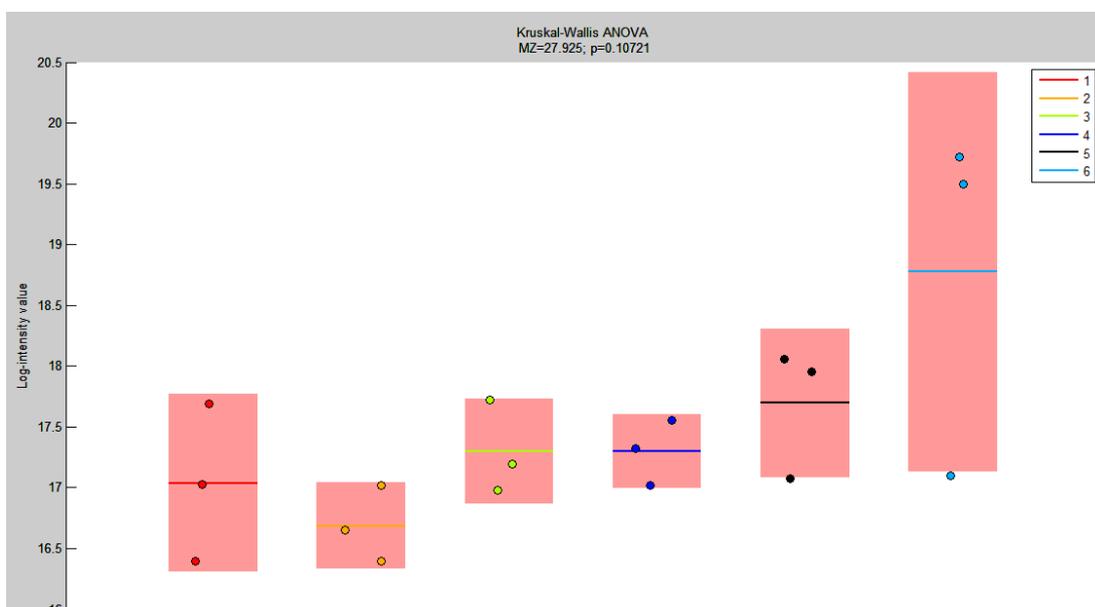
1 – Extrato Ovipositor; **2** – Extrato fêmea asa posterior; **3** – Extrato fêmea asa anterior; **4** – Extrato macho asa posterior; **5** – Extrato macho asa anterior; **6** – Extrato macho órgão sexual. IK, Índice de Kovats.

S5.3 Fig. Quantificação do composto 2-Dodecenal (IK 1464)



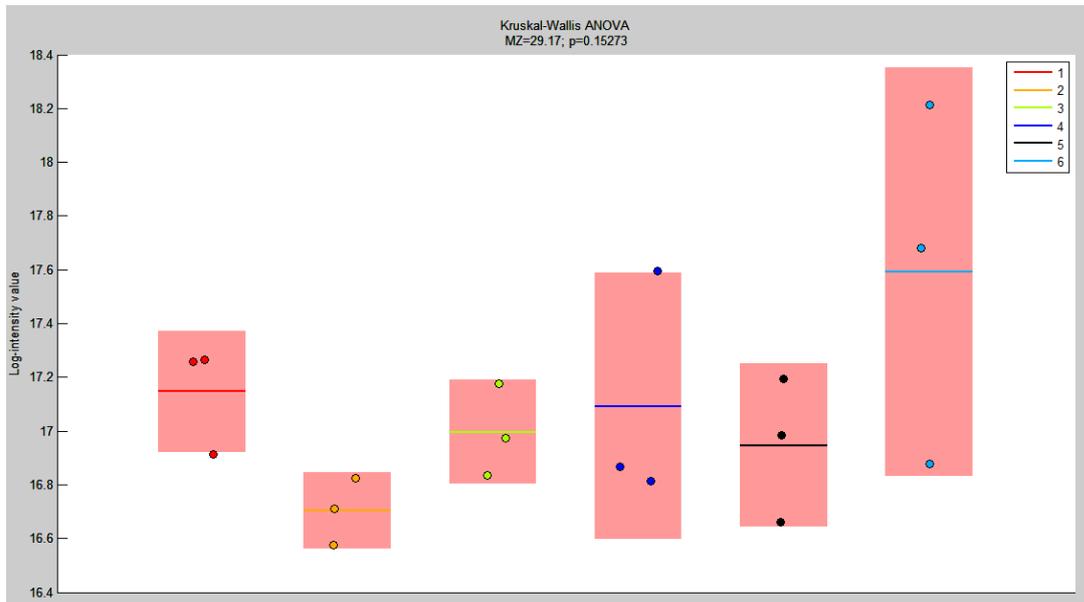
1 – Extrato Ovipositor; **2** – Extrato fêmea asa posterior; **3** – Extrato fêmea asa anterior; **4** – Extrato macho asa posterior; **5** – Extrato macho asa anterior; **6** – Extrato macho órgão sexual. IK, Índice de Kovats.

S5.4 Fig. Quantificação do composto Palmitato de Etila (IK 1990)



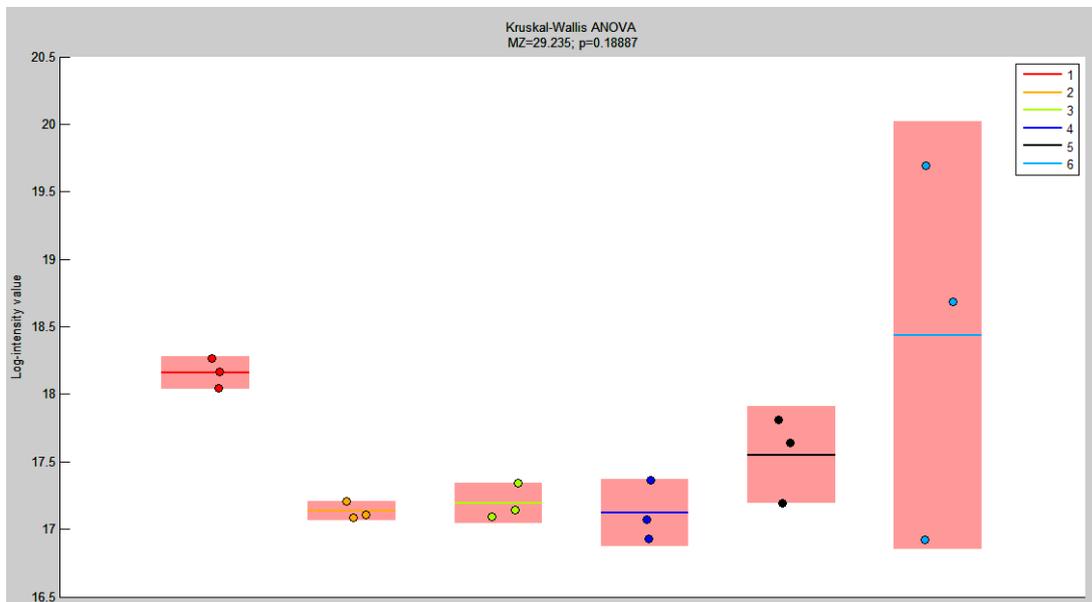
1 – Extrato Ovipositor; **2** – Extrato fêmea asa posterior; **3** – Extrato fêmea asa anterior; **4** – Extrato macho asa posterior; **5** – Extrato macho asa anterior; **6** – Extrato macho órgão sexual. IK, Índice de Kovats.

S5.5 Fig. Quantificação do composto Linoleato de Metila (IK 2093)



1 - 1 – Extrato Ovipositor; **2** – Extrato fêmea asa posterior; **3** – Extrato fêmea asa anterior; **4** – Extrato macho asa posterior; **5** – Extrato macho asa anterior; **6** – Extrato macho órgão sexual. IK, Índice de Kovats.

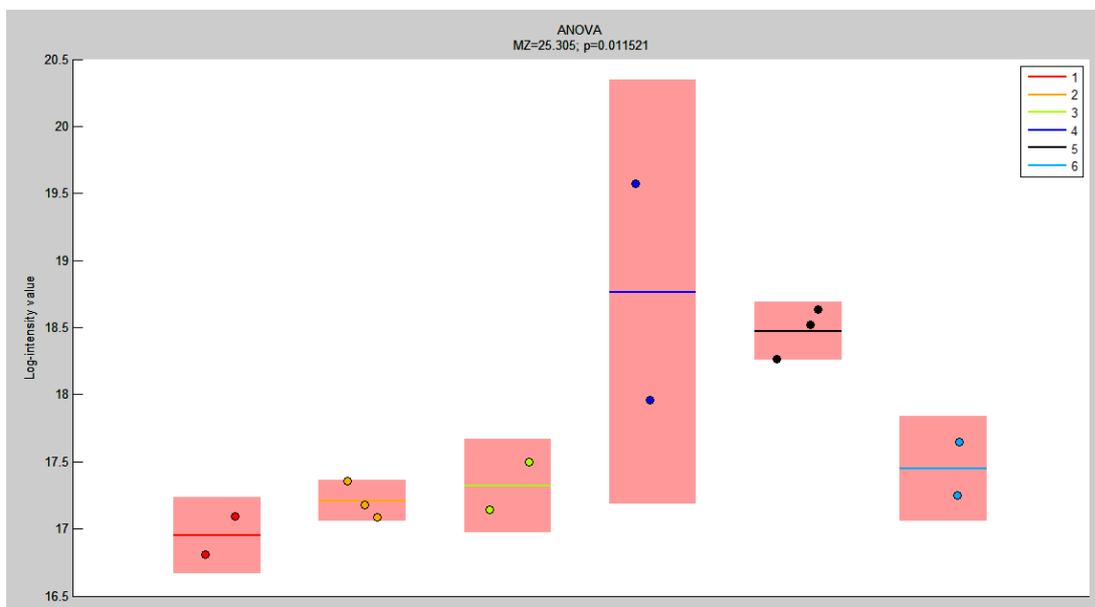
S5.6 Fig. Quantificação do composto Oleato de Metila (IK 2099)



1 – Extrato Ovipositor; **2** – Extrato fêmea asa posterior; **3** – Extrato fêmea asa anterior; **4** – Extrato macho asa posterior; **5** – Extrato macho asa anterior; **6** – Extrato macho órgão sexual. IK, Índice de Kovats.

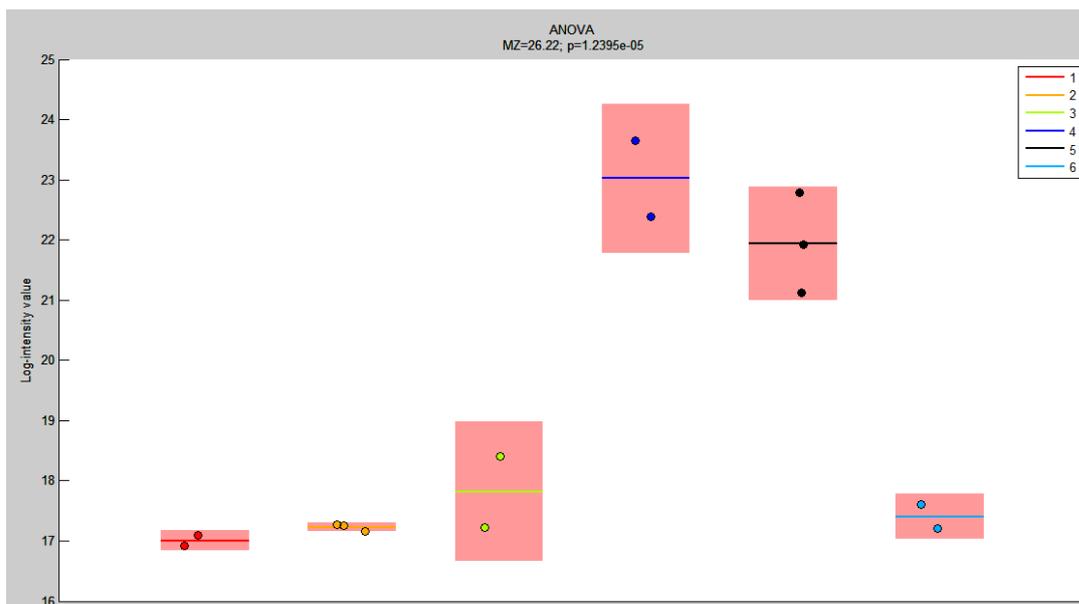
S6 Fig. Quantificação dos compostos específicos de machos (Representados na tabela 4).

S6.1 Fig. Quantificação do composto 7,11-Hexadecadienal (IK 1787)



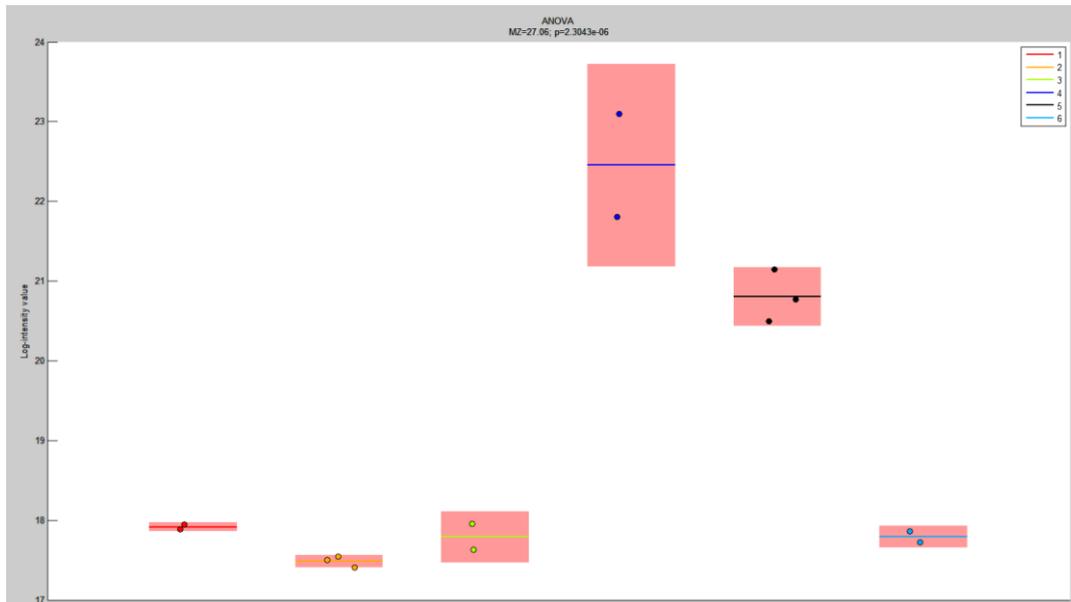
1 – Extrato Ovipositor; **2** – Extrato fêmea asa posterior; **3** – Extrato fêmea asa anterior; **4** – Extrato macho asa posterior; **5** – Extrato macho asa anterior; **6** – Extrato macho órgão sexual. IK, Índice de Kovats.

S6.2 Fig. Quantificação do composto 7,11-Hexadecadien-1-ol (IK 1857)



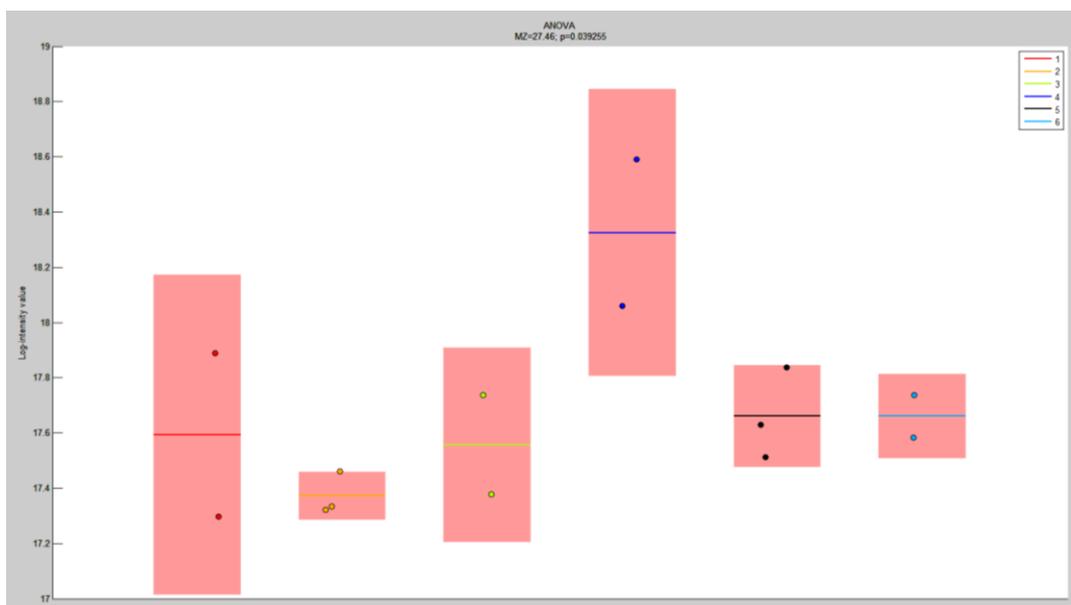
1 – Extrato Ovipositor; **2** – Extrato fêmea asa posterior; **3** – Extrato fêmea asa anterior; **4** – Extrato macho asa posterior; **5** – Extrato macho asa anterior; **6** – Extrato macho órgão sexual. IK, Índice de Kovats.

S6.3 Fig. Quantificação do composto Espringeno isômero (IK 1921).



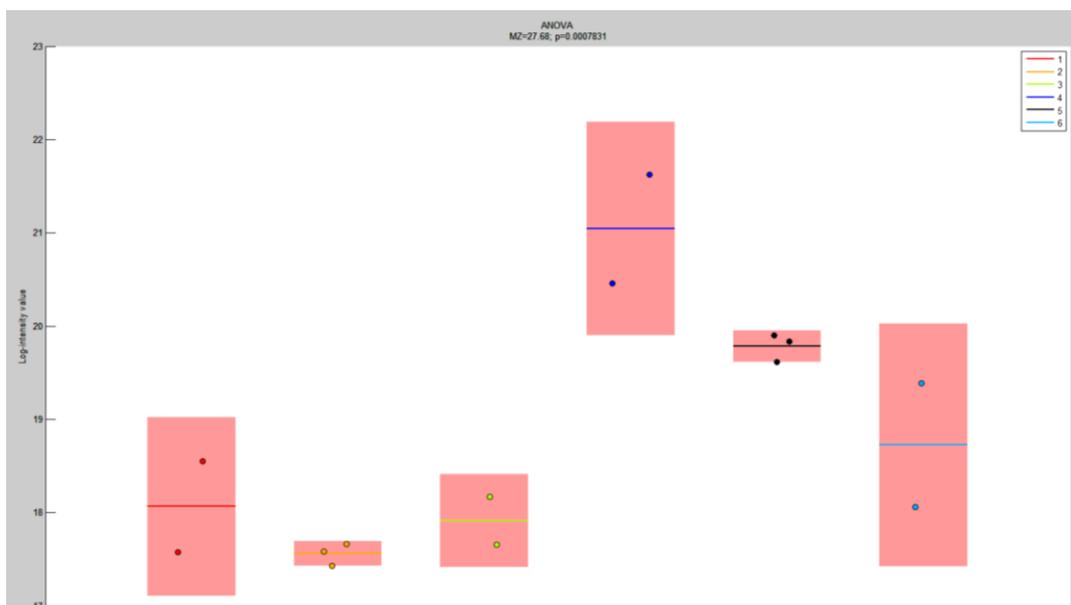
1 – Extrato Ovipositor; **2** – Extrato fêmea asa posterior; **3** – Extrato fêmea asa anterior; **4** – Extrato macho asa posterior; **5** – Extrato macho asa anterior; **6** – Extrato macho órgão sexual. IK, Índice de Kovats.

S6.4 Fig. Quantificação do composto Espringeno isômero (IK 1954).



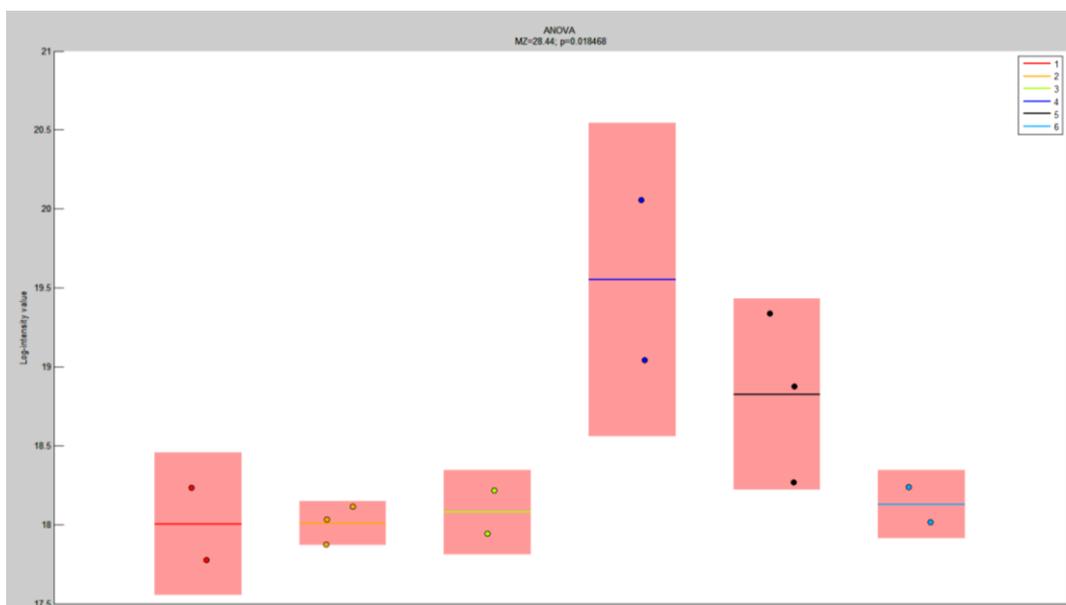
1 – Extrato Ovipositor; **2** – Extrato fêmea asa posterior; **3** – Extrato fêmea asa anterior; **4** – Extrato macho asa posterior; **5** – Extrato macho asa anterior; **6** – Extrato macho órgão sexual. IK, Índice de Kovats.

S6.5 Fig. Quantificação do composto Espringeno isômero (IK 1971).



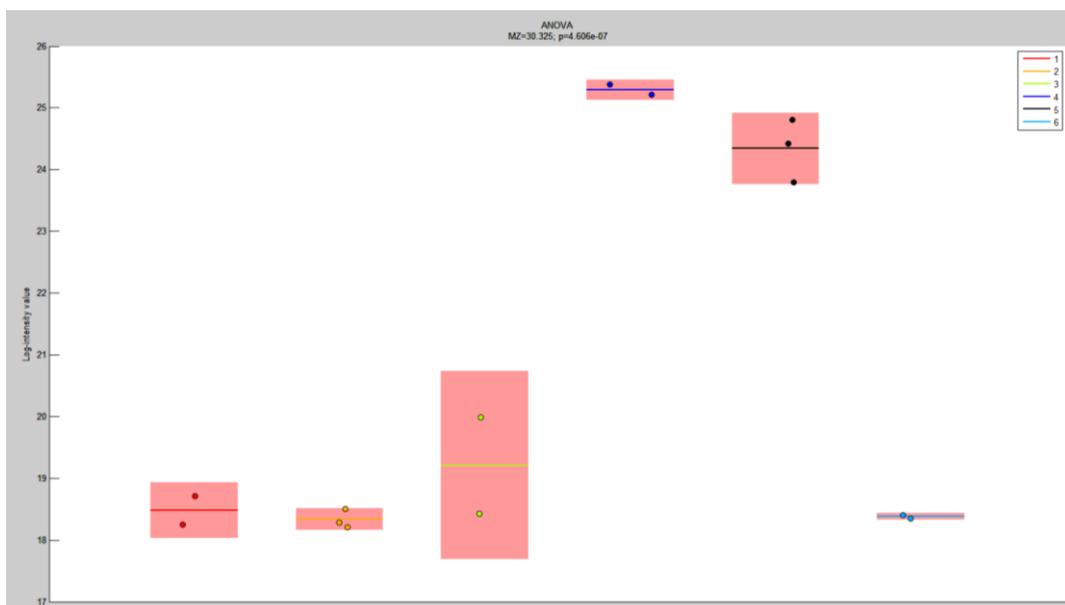
1 – Extrato Ovipositor; **2** – Extrato fêmea asa posterior; **3** – Extrato fêmea asa anterior; **4** – Extrato macho asa posterior; **5** – Extrato macho asa anterior; **6** – Extrato macho órgão sexual. IK, Índice de Kovats.

S6.6 Fig. Quantificação do composto Geranil linalol (IK 2033).



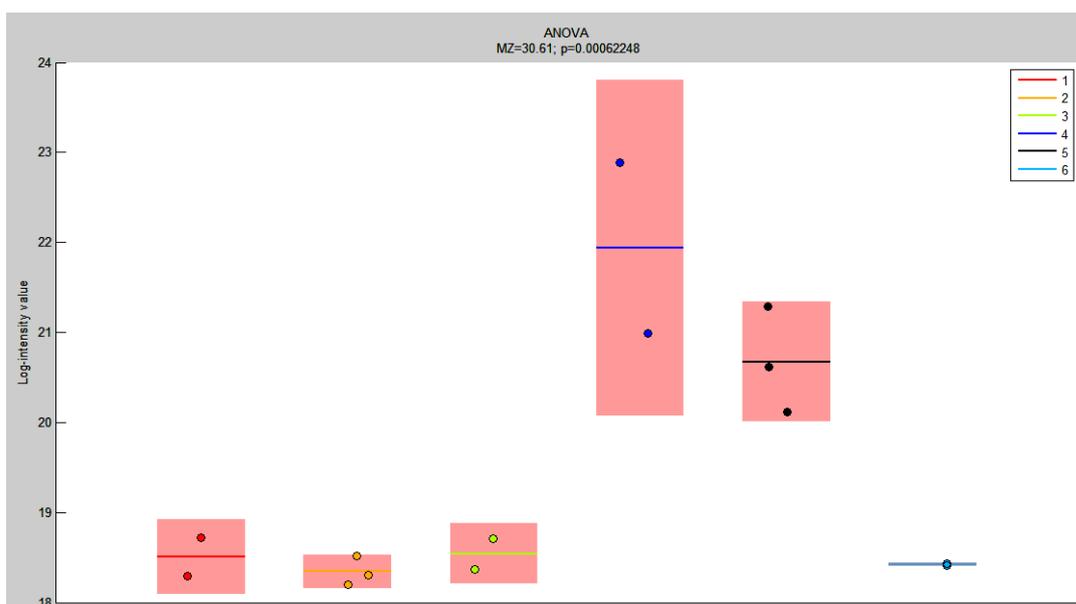
1 – Extrato Ovipositor; **2** – Extrato fêmea asa posterior; **3** – Extrato fêmea asa anterior; **4** – Extrato macho asa posterior; **5** – Extrato macho asa anterior; **6** – Extrato macho órgão sexual. IK, Índice de Kovats.

S6.7 Fig. Quantificação do composto Geraniol geraniol (IK 2196).



1 – Extrato Ovipositor; **2** – Extrato fêmea asa posterior; **3** – Extrato fêmea asa anterior; **4** – Extrato macho asa posterior; **5** – Extrato macho asa anterior; **6** – Extrato macho órgão sexual. IK, Índice de Kovats.

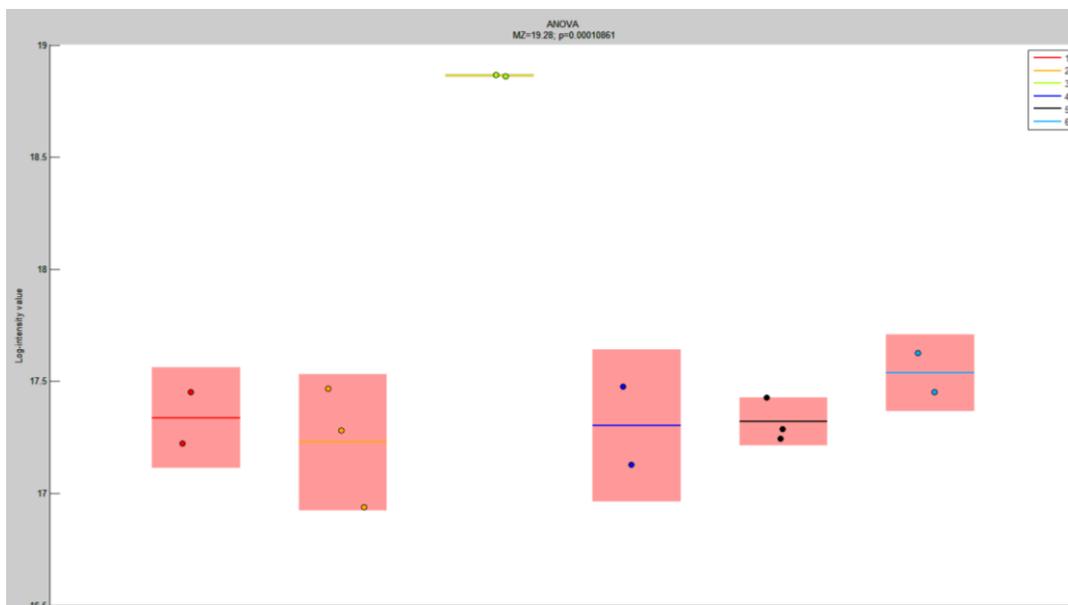
S6.8 Fig. Quantificação do composto Geraniol geraniol isômero (IK 2219).



1 – Extrato Ovipositor; **2** – Extrato fêmea asa posterior; **3** – Extrato fêmea asa anterior; **4** – Extrato macho asa posterior; **5** – Extrato macho asa anterior; **6** – Extrato macho órgão sexual. IK, Índice de Kovats.

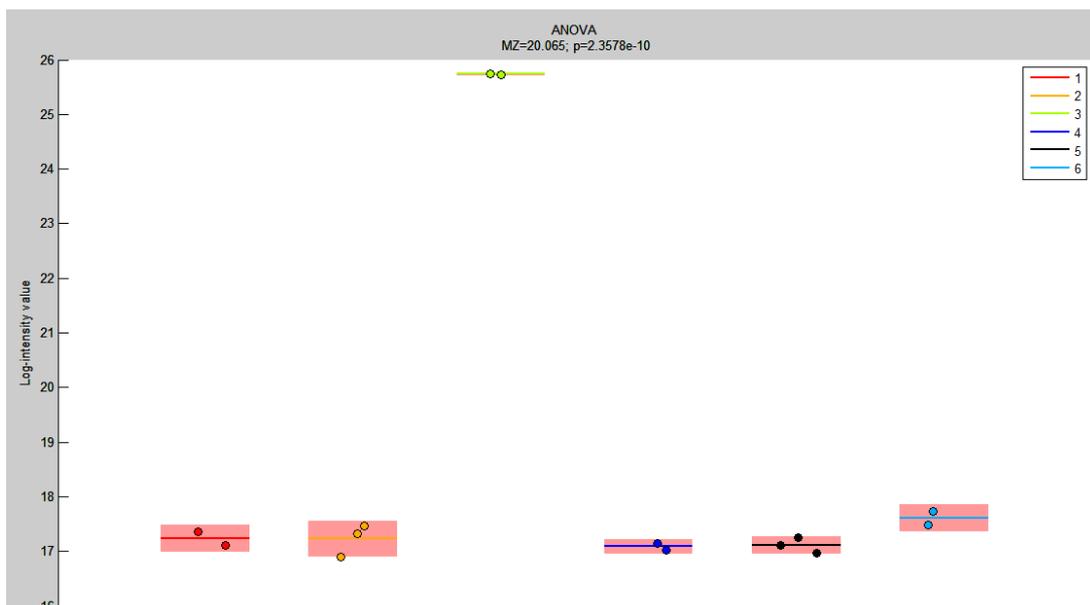
S7 Fig. Quantificação dos compostos específicos de fêmeas (Representados na tabela 5).

S7.1 Fig. Quantificação do composto α -Copaeno (IK 1387).



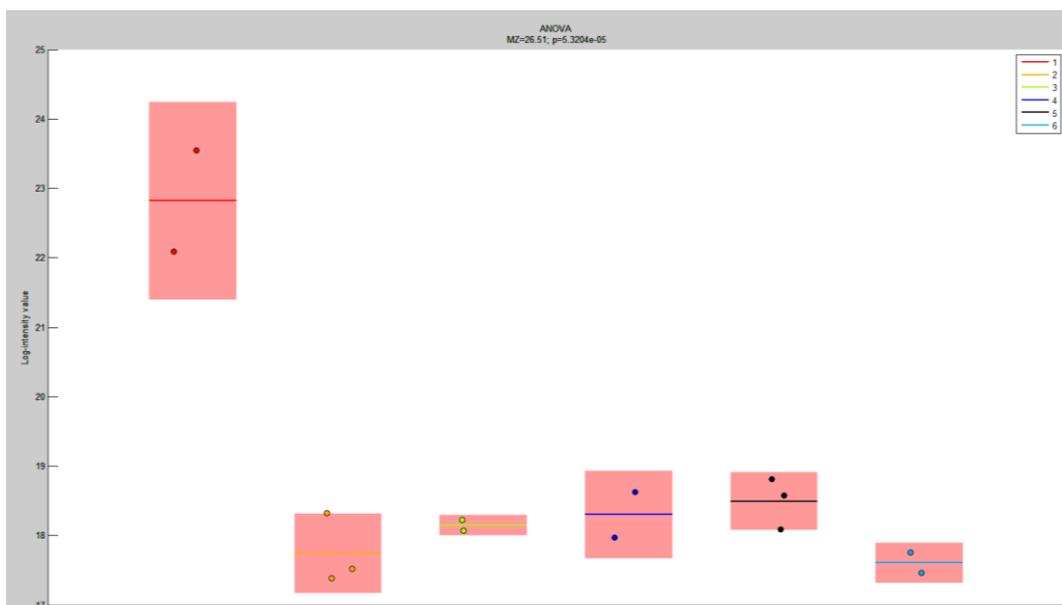
1 – Extrato Ovipositor; **2** – Extrato fêmea asa posterior; **3** – Extrato fêmea asa anterior; **4** – Extrato macho asa posterior; **5** – Extrato macho asa anterior; **6** – Extrato macho órgão sexual. IK, Índice de Kovats.

S7.2 Fig. Quantificação do composto Trans-cariofileno (IK 1432)



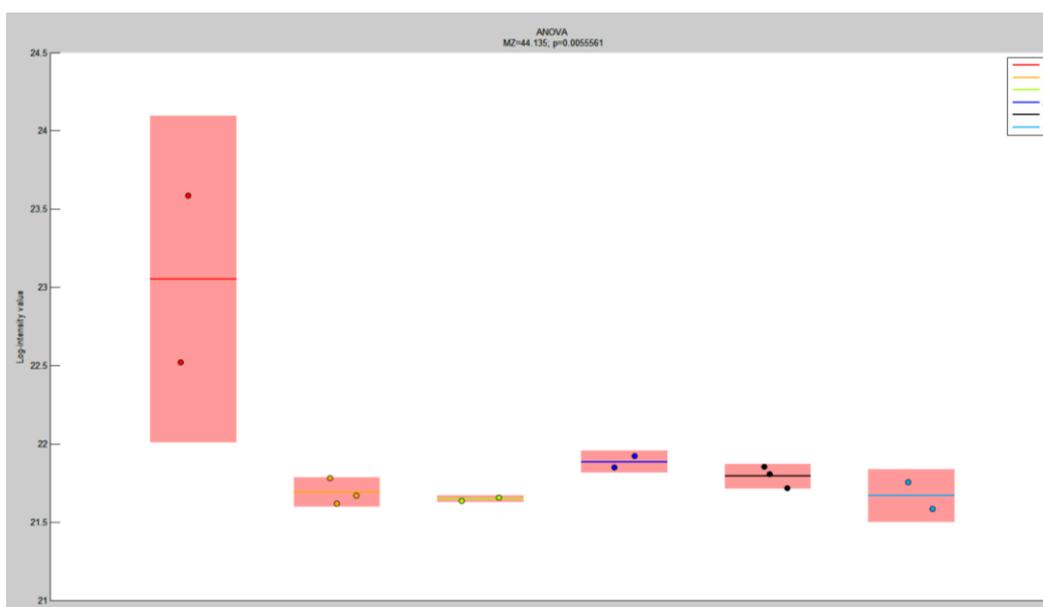
1 – Extrato Ovipositor; **2** – Extrato fêmea asa posterior; **3** – Extrato fêmea asa anterior; **4** – Extrato macho asa posterior; **5** – Extrato macho asa anterior; **6** – Extrato macho órgão sexual. IK, Índice de Kovats.

S7.3 Fig. Quantificação do composto 1-Hexadecanol (IK 1878)



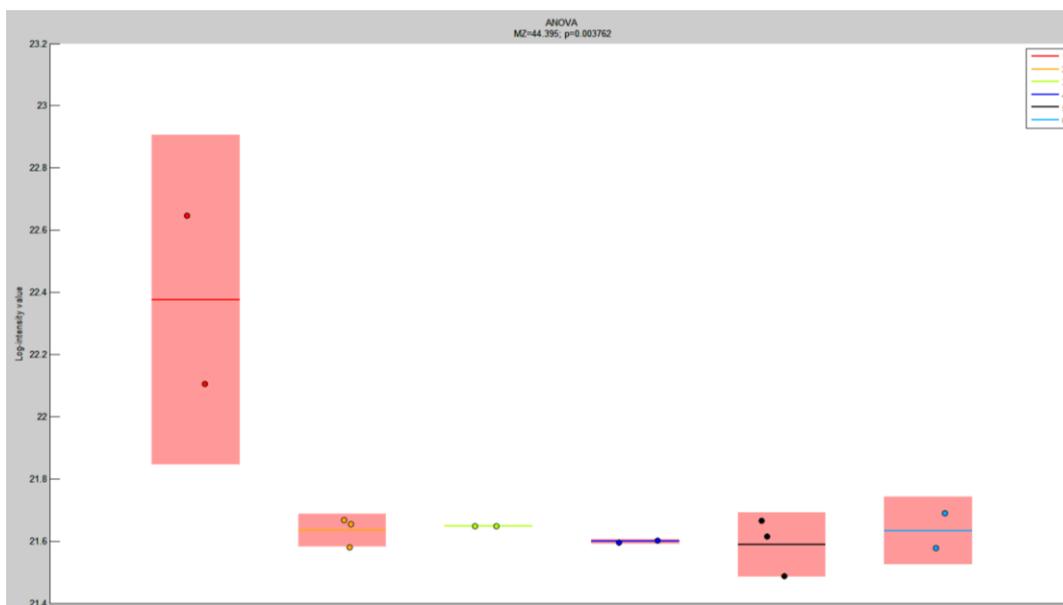
1 – Extrato Ovipositor; **2** – Extrato fêmea asa posterior; **3** – Extrato fêmea asa anterior; **4** – Extrato macho asa posterior; **5** – Extrato macho asa anterior; **6** – Extrato macho órgão sexual. IK, Índice de Kovats.

S7.4 Fig. Quantificação do composto 9-Hexadecenoato de octadecila (IK 3357).



1 – Extrato Ovipositor; **2** – Extrato fêmea asa posterior; **3** – Extrato fêmea asa anterior; **4** – Extrato macho asa posterior; **5** – Extrato macho asa anterior; **6** – Extrato macho órgão sexual. IK, Índice de Kovats.

S7.5 Fig. Quantificação do composto Hexadecanoato de octadecila (IK 3368).



1 – Extrato Ovipositor; **2** – Extrato fêmea asa posterior; **3** – Extrato fêmea asa anterior; **4** – Extrato macho asa posterior; **5** – Extrato macho asa anterior; **6** – Extrato macho órgão sexual. IK, Índice de Kovats.

6 CONCLUSÕES GERAIS E PERSPECTIVAS

As observações de campo dos adultos de *Eupalamides cyparissias* em plantios de dendê no estado do Pará demonstrou que os insetos são ativos durante horários específicos entre as 6:00h e 7:30h e entre as 18:30h e 19:30h, esse comportamento pode está associado ao momento de corte e acasalamento dessa espécie.

As observações em laboratório e em semi-condições de campo permitiram identificar comportamentos característicos de corte em machos e fêmeas. Os comportamentos exposição do ovipositor, exposição do ovipositor e bater das asas e movimentos abdominais para as fêmeas, e os comportamentos exposição de cláspes, caminhar batendo as asas, caminhada orientada ao sexo oposto e antenação para os machos.

A análise histológica do ovipositor permitiu identificar células glandulares localizadas próximas a cutícula na região proximal dorsal. Cinco tipos de sensilas foram identificadas nas antenas de machos e fêmeas de *E. cyparissias*: tricóide, caética, esquamiforme, coelocônica e aurícula, com maior número de sensilas tricóides nas antenas de ambos os sexos.

Foram identificados cinco compostos específicos dos machos: 7,11-hexadecadienal, 7,11-hexadecadien-1-ol, espringeno, geranil linalol e geranil geraniol. Para as fêmeas cinco compostos foram exclusivos dessas: α -coapaeno, trans-cariofileno, 1-hexadecanol, 9-hexadecenoato de octadecila e Hexadecanoato de octadecila.

As antenas das fêmeas exibiram atividade antenográfica para os seguintes compostos: geranil geraniol, nonacosano e β -sitosterol, presentes nos extratos das asas posterior dos machos.

Os estudos comportamentais, morfológico e químico realizados nesse trabalho, evidenciam que em *E. cyparissias* a comunicação entre machos e fêmeas é mediada por feromônios. A confirmação da bioatividade dos compostos aqui identificados, principalmente os compostos específicos de machos e os específicos de fêmeas, poderá ser realizada utilizando padrões comerciais em ensaios de CG-EAG frente às antenas de ambos os sexos. Após a confirmação dos compostos bioativos, tais substâncias deverão ser testadas para avaliar a atratividade dos insetos em armadilhas de campo.