

WAGNER DE SOUZA TAVARES

**EXTRATOS BOTÂNICOS COMO ALTERNATIVA ECOLÓGICA DE
CONTROLE DE *Sitophilus zeamais* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) E
Spodoptera frugiperda (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2015

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

T231e
2015
Tavares, Wagner de Souza, 1984-
Extratos botânicos como alternativa ecológica de
controle de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) e
Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) / Wagner de
Souza Tavares. - Viçosa, MG, 2015.
xvii, 87f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador : José Cola Zanuncio.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Milho. 2. Plantas - Doenças e pragas - Controle
biológico. 3. Inseticidas. 4. *Sitophilus zeamais*.
5. *Spodoptera frugiperda*. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação
em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 632.96

WAGNER DE SOUZA TAVARES

**EXTRATOS BOTÂNICOS COMO ALTERNATIVA ECOLÓGICA DE
CONTROLE DE *Sitophilus zeamais* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) E
Spodoptera frugiperda (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 15 de janeiro de 2015.

Fernanda Fernandes Heleno

Rosenilson Pinto

Hany Ahmed Fouad Hanafy Mahmoud

Sebastião Lourenço de Assis Júnior

José Cola Zanuncio
(Orientador)

AGRADEÇO

Agradeço a Deus por ter me concedido a vida, fé, saúde e paz.

OFEREÇO

Ofereço aos meus pais, Claudia Corrêa de Souza Tavares e Olavo Antonio Tavares de Abreu como uma forma de gratidão pelo conforto oferecido, educação investida, responsabilidades concebidas e conselhos sugeridos, ao longo da minha vida.

DEDICO

Dedico *In Memoriam* ao meu avô, José de Souza Amorim (Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil), que faleceu em 30 de dezembro de 2010. Ao Prof. Fernando Petacci (Universidade Federal de Goiás, Departamento de Química, *campus* Catalão, Catalão, Goiás, Brasil), que faleceu em 15 de junho de 2012. Ao Prof. Sérgio de Freitas (Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, São Paulo, Brasil), que faleceu em 21 de fevereiro de 2012. Meus sinceros sentimentos e eterna admiração.

Dedico também *In Memoriam* aos meus avós, Raimunda Pires Tavares e Vital Antônio Tavares (paternos) (Inhaúma, Minas Gerais, Brasil) e Raquel Corrêa de Souza (materna) (Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil).

“Glorioso mártir São Sebastião, soldado de Cristo e exemplo de cristão, hoje vimos pedir a vossa intercessão junto ao trono do Senhor Jesus, nosso Salvador, por Quem destes a vida. Vós que vivestes a fé e perseverastes até o fim, pedi a Jesus por nós para que sejamos testemunhas do amor de Deus. Vós que esperastes com firmeza nas palavras de Jesus, pedi-Lhe por nós, para que aumente a nossa esperança na ressurreição. Vós que vivestes a caridade para com os irmãos, pedi a Jesus para que aumente o nosso amor para com todos. Enfim, glorioso mártir São Sebastião, proteja-nos contra a peste, fome e a guerra; defendei as nossas plantações e os nossos rebanhos, que são dons de Deus para o nosso bem e para o bem de todos. E defendei-nos do pecado, que é o maior de todos os males. Assim seja.” (Oração a São Sebastião)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter me dado força e sabedoria para transpor as dificuldades encontradas durante esta caminhada e por permitir a concretização deste trabalho.

Ao orientador, Prof. José Cola Zanuncio (Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Entomologia, Viçosa, Minas Gerais, Brasil), pela acolhida, amizade, confiança, estímulo à pesquisa, ensinamentos e orientação decisiva para a concretização desse trabalho e ao longo dos meus cursos de Mestrado e Doutorado.

Ao Pesq. Ivan Cruz (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil) pelos conselhos e ensinamentos compartilhados durante meus estágios e por sempre acreditar no meu potencial, oferecendo-me um estímulo contínuo à pesquisa científica.

Ao Eng.º Agr.º Luciano Cordoval de Barros (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil) pela amizade sincera e confiança mútua, creditando-me a oportunidade de conviver no projeto das Barraginhas e Lago de Múltiplo Uso, o qual foi muito importante para meu crescimento pessoal e experiência profissional.

Ao Prof. Sebastião Lourenço de Assis Júnior (Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Departamento de Engenharia Florestal, Diamantina, Minas Gerais, Brasil), membro titular de minha banca examinadora, pelos valiosos conselhos, confiança, motivação e por estar ao meu lado durante meus estudos.

À co-orientadora, Pesq. Jesusa Crisostomo Legaspi (United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service, CMAVE/Florida A&M University - Center for Biological Control, Tallahassee, Florida, Estados Unidos da América) pela atenção, simpatia, ensinamentos, orientação e por me aceitar no treinamento no exterior.

Ao Prof. Murray Bruce Isman (University of British Columbia, Faculty of Land and Food Systems, Vancouver, British Columbia, Canadá) pela atenção, aprendizado, ensinamentos, ética, motivação para pesquisa, simplicidade, respeito e por me aceitar no treinamento no exterior.

Ao co-orientador, Prof. José Eduardo Serrão (Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Biologia Geral, Viçosa, Minas Gerais, Brasil) pela atenção, companheirismo, pontualidade e valiosas sugestões para aprimoramento deste trabalho, e por disponibilizar parte do material para realização desta pesquisa.

À Prof^a. Lêda Rita D'Antonino Faroni (Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, Viçosa, Minas Gerais, Brasil), pela amizade, companheirismo, ensinamentos, sinceridade e simpatia.

Ao Prof. Marcus Alvarenga Soares (Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Departamento de Agronomia, Diamantina, Minas Gerais, Brasil) pela ajuda, amizade, sugestões e parceria no desenvolvimento das pesquisas.

À Prof^a. Terezinha Maria Castro Della Lucia (Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Biologia Animal, Viçosa, Minas Gerais, Brasil), pela atenção, conselhos, educação, sinceridade e simpatia.

Ao Prof. Rosenílson Pinto (Universidade do Estado de Minas Gerais, Faculdade de Engenharia, João Monlevade, Minas Gerais, Brasil), membro titular de minha banca examinadora, pela amizade, atenção, disponibilidade e pontuais sugestões para realização desse trabalho.

Ao Prof. Alexandre Igor de Azevedo Pereira (Instituto Federal Goiano, *campus* Urutaí, Urutaí, Goiás, Brasil) pela ajuda, amizade, ensinamentos, fidelidade e parceria nos trabalhos. Grande companheiro.

À co-orientadora, Dr^a. Teresinha Vinha Zanuncio (Universidade Federal de Viçosa, Sociedade de Investigações Florestais, Viçosa, Minas Gerais, Brasil) pela ajuda, amizade, ensinamentos, saudável convivência e simpatia.

À Dr^a. Rita Seffrin (Kwantlen Polytechnic University, Langley, British Columbia, Canadá) pela amizade, atenção, companheirismo, simpatia e força.

À Dr^a. Yasmin Akhtar (University of British Columbia, Faculty of Land and Food Systems, Vancouver, British Columbia, Canadá) pelo acompanhamento nas pesquisas, atenção, ensinamentos e saborosas comidas paquistanesas oferecidas. Minha grande admiração.

Ao Prof. Rodrigo Diniz Silveira (Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Departamento de Zootecnia, Diamantina, Minas Gerais, Brasil) pela amizade, confiança, conselhos e motivação.

Ao Dr. José Milton Milagres Pereira (Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Biologia Animal, Viçosa, Minas Gerais, Brasil) pela amizade, atenção, conselhos pessoais e valiosas sugestões para realização desse trabalho.

Ao MS.c. Claubert Wagner Guimarães de Menezes (Universidade Federal de Lavras, Departamento de Agronomia/Fitotecnia, Lavras, Minas Gerais, Brasil) pela ajuda mútua, parceria nos trabalhos, amizade e companheirismo.

Ao Dr. Hany Ahmed Fouad Hanafy Mahmoud (Sohag University, Plant Protection Department, El-Kawther, Sohag, Egito), membro titular de minha banca examinadora, pelos trabalhos em parceria, amizade, companheirismo e confiança.

Aos grandes amigos e conterrâneos, MS.c. Caio de Oliveira Moreira e MS.c. Felipe Galuppo Fonseca (Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Departamento de Produção Vegetal, Diamantina, Minas Gerais, Brasil) e MS.c. Roney Mendes Gott (Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Produção Vegetal, Rio Paranaíba, Minas Gerais, Brasil) pela amizade, companheirismo, força e experiências compartilhadas.

Ao MS.c. Geisel Hudson Graziotti (Departamento de Química, Universidade Federal de Goiás, Catalão, Goiás, Brasil) e MS.c. Amauri Alves de Souza Junior (Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Química, Araraquara, São Paulo, Brasil) pela ajuda na condução dos experimentos com *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae).

À Prof^a. Silvia de Sousa Freitas (Departamento de Química, Universidade Federal de Goiás, Catalão, Goiás, Brasil), Pesq. Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil), Prof. Luciano Morais Liao (Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil) e Dr^a. Leila Maria Leal Parente (Departamento de Patologia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil) pela ajuda na seleção das plantas, obtenção dos extratos, condução dos experimentos, escrita dos trabalhos e sugestões na parte de química.

Ao Prof. Aristônio Magalhães Teles (Universidade Federal de Goiás, Departamento de Biologia Geral, Instituto de Ciências Biológicas, Goiânia, Goiás, Brasil) pela coleta de plantas e identificação de *Curcuma longa* (Zingiberaceae) e *Terminalia catappa* (Combretaceae).

Ao Prof. Hélder Nagai Consolaro (Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás, Catalão, Goiás, Brasil) pela coleta das plantas e identificação de *Psychotria capitata*, *Psychotria goyazensis*, *Psychotria hoffmannseggiana* e *Psychotria prunifolia* (Rubiaceae).

Ao Prof. Carlos Sigueyuki Sedyama (Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, Viçosa, Minas Gerais, Brasil) pela ajuda em uma parte das análises estatísticas.

Ao Prof. Márcio Henrique Pereira Barbosa (Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, Viçosa, Minas Gerais, Brasil) por acreditar em meu

potencial e ajuda financeira em uma parte de minha viagem para realização do treinamento no exterior.

Ao B.Sc. Neil Miller (United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service, CMAVE/Florida A&M University - Center for Biological Control, Tallahassee, Florida, Estados Unidos da América) pela ajuda na condução dos experimentos, amizade, atenção e disponibilidade.

À Suzilei Castro pela amizade, amor, apoio, carinho e cumpridade. Bons momentos vividos juntos.

Aos parceiros internacionais, Prof. Gregg S. Nuessly (University of Florida, Everglades Research & Education Center, Belle Glade, Flórida, Estados Unidos da América), Prof. Lambert Kanga (Center for Biological Control, College of Agriculture and Food Sciences, Florida Agricultural & Mechanical University, Tallahassee, Florida, Estados Unidos da América), Prof. Muhammad Haseeb (Center for Biological Control, College of Agriculture and Food Sciences, Florida Agricultural & Mechanical University, Tallahassee, Florida, Estados Unidos da América), Prof. Philip C. Stevenson (University of Greenwich, Chatham Maritime, Kent, Reino Unido), Dr. Robert L. Meagher, Jr. (United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Gainesville, Flórida, Estados Unidos da América) e Dr. Waldemar Klassen (University of Florida, Tropical Research & Education Center, Homestead, Florida, Estados Unidos da América; Florida Entomologist, Editor) pela amizade, confiança, parcerias e valiosos conselhos e ensinamentos.

Pela amizade e companheirismo, agradeço aos colegas de república, B.Sc. Marcos Júnior e B.Sc. Tiago Sousa, e demais colegas, B.Sc. Ahmad Zaid (Arábia Saudita), Dr. Alexandre Faria da Silva, Dr. Amritesh Shukla (Índia), Dr. Ancidérton Antonio de Castro, B.Sc. Andrew Sikorski (Polônia), M.Sc. Anicia Miles (Filipinas), M.Sc. Antônio Costa, M.Sc. Arley José Fonseca, M.Sc. David Owens (Estados Unidos da América), B.Sc. Dean Jurgensen (Canadá), M.Sc. Douglas Silva Parreira, Elenice Oliveira, Fahad (Arábia Saudita), Dr. Fernanda Fernandes Heleno (membro titular de minha banca examinadora), M.Sc. Gabriely Köerich Souza, B.Sc. Gabriel Luiz Padoan Gonçalves, M.Sc. Gunasegaran Chelliah (Malásia), Hyunjoon Mike Kim (Coréia do Sul), M.Sc. Isabel Moreira da Silva, B.Sc. Isabela Resende Barros, B.Sc. Janaína Barcelos, M.Sc. Janaína Canaan Rezende, M.Sc. Julius Eason (Estados Unidos da América), Dr. Leandro do Prado Ribeiro, M.Sc. Luis Oswaldo Viteri Jumbo (Equador), Dr. Mauricio José Fornazier, Dr. Patrik Luiz Pastori, M.Sc. Pedro Guilherme Lemes Alves, Dr. Robson José Esteves Pelúzio, Sarah (Coréia do Sul), B.Sc. Seb Pearce

(Austrália), Takahito Kato (Japão), M.Sc. Tavia Gordon (Jamaica), B.Sc. Vanessa Queiroz, Dr. Veríssimo Gibran Mendes de Sá e B.Sc. Yang Shixin (Coreia do Sul).

Ao Departamento de Fitotecnia/Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela oportunidade de realização do Mestrado e Doutorado e valiosa contribuição em minha formação pessoal e profissional. Extendo meus agradecimentos a Sr^a. Tatiani e Sr^a Lidia, secretárias desse Departamento, pelo apoio constante.

Ao Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LCBI) do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (BIOAGRO) pela infraestrutura, equipamentos e materiais, os quais foram disponibilizados para realização de parte desta pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro para realização de parte desta pesquisa e concessão da bolsa de estudos durante meu curso de Doutorado.

Ao Programa Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estágio no exterior e apoio financeiro para realização de parte desta pesquisa, respectivamente. Agradeço, também, ao programa Pesquisador Visitante do Exterior (PVE) da CAPES pelos recursos financeiros disponibilizados para a vinda da Pesq. Jesusa Crisostomo Legaspi à Viçosa, a qual me serviu como um primeiro contato para meu treinamento no exterior no laboratório desta pesquisadora.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pela concessão da bolsa de estudos durante meu curso de Mestrado e apoio financeiro de parte desta pesquisa, respectivamente.

À Universidade Federal de Goiás (UFG) por permitir a coleta de plantas em sua área e disponibilizar infraestrutura, equipamentos e materiais, para realização de parte desta pesquisa.

À Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil) pelo apoio logístico para realização de parte dos testes com *S. frugiperda*.

À Fazenda Macaúba (Catalão, Goiás, Brasil) pelo fornecimento dos rizomas de açafraão-da-terra, *Curcuma longa* (Zingiberaceae).

Ao Smithsonian Tropical Research Institute (STRI) (Washington, District of Columbia, Estados Unidos da América) pelo fornecimento das fotos das quatro espécies de *Psychotria* (Rubiaceae).

BIOGRAFIA

WAGNER DE SOUZA TAVARES, filho de Cláudia Corrêa de Souza Tavares e de Olavo Antônio Tavares de Abreu, nasceu em Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil em dia 27 de dezembro de 1984.

Graduou-se em Agronomia, em dezembro de 2007, obtendo o título de bacharel (Engenheiro Agrônomo), pelo Departamento de Agronomia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) em Diamantina, Minas Gerais, Brasil.

Durante os períodos de férias da graduação, estagiou na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) em Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil, com mais de 1.000 horas de estágio realizado.

Trabalhou na Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento (FAPED), no projeto Difusão das Tecnologias Sociais “Barraginhas” e “Lago de Múltiplo Uso” no Semiárido, Sertão do São Francisco e na Zona Urbana, patrocinado pela Petrobras e coordenado pela Embrapa Milho e Sorgo, entre 2008 e 2009.

Em agosto de 2009, ingressou no Mestrado em Fitotecnia pelo Departamento de Fitotecnia/Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais, Brasil, defendendo sua dissertação em 27 de julho de 2011.

Logo após a conclusão de seu Mestrado, ingressou no Doutorado pelo mesmo Departamento e Universidade de seu Mestrado em Viçosa.

Durante seu período no Doutorado, realizou treinamentos (Doutorado Sanduíche) na “Faculty of Land and Food Systems” (LFS) da “University of British Columbia” (UBC) em Vancouver, British Columbia, Canadá e no “United States Department of Agriculture (USDA) - Agricultural Research Service (ARS), Center for Medical, Agricultural, and Veterinary Entomology (CMAVE)/Florida Agricultural & Mechanical University (FAMU) - Center for Biological Control (CBC)” em Tallahassee, Florida, Estados Unidos da América.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	4

CAPÍTULO 1

Extratos de *Terminalia catappa* (Combretaceae) como inseticida natural contra *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)

RESUMO.....	13
PALAVRAS-CHAVE.....	13
INTRODUÇÃO.....	14
MATERIAL E MÉTODOS.....	15
Local experimental.....	15
Coleta, identificação e depósito das amostras de <i>Terminalia catappa</i>	15
Extração e obtenção da solução de <i>Terminalia catappa</i>	15
Obtenção e tratamento dos ovos de <i>Spodoptera frugiperda</i> e análise estatística.....	16
Teste em lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i> e análise estatística.....	17
RESULTADOS.....	18
Eficiência do extrato de <i>Terminalia catappa</i> para ovos de <i>Spodoptera frugiperda</i>	18
Efeito deterrente do extrato de <i>Terminalia catappa</i> em lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i>	18
DISCUSSÃO.....	18
CONCLUSÕES.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19

CAPÍTULO 2

Ar-turmerona de rizomas de *Curcuma longa* (Zingiberaceae) e efeitos sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) e *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)

RESUMO.....	28
PALAVRAS-CHAVE.....	28
INTRODUÇÃO.....	29
MATERIAL E MÉTODOS.....	30
Locais experimentais.....	30
Obtenção dos ovos e lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i> e adultos de <i>Sitophilus zeamais</i>	31
Obtenção dos rizomas de <i>Curcuma longa</i>	31
Isolamento de <i>ar-turmerona</i>	31
Medições dos espectros de <i>ar-turmerona</i>	32
Avaliação da atividade de repelência de <i>ar-turmerona</i> contra <i>Sitophilus zeamais</i> e análise estatística.....	32
Atividade inibidora da alimentação de <i>ar-turmerona</i> sobre <i>Sitophilus zeamais</i> e análise estatística.....	33
Efeito ovicida de <i>ar-turmerona</i> sobre <i>Spodoptera frugiperda</i> e análise estatística.....	33
Toxicidade de <i>ar-turmerona</i> para lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i> e análise estatística.....	34
Índices Nutricionais de <i>Spodoptera frugiperda</i> com dieta artificial tratada com <i>ar-turmerona</i>	35
RESULTADOS.....	35
Rendimento das extrações.....	35
Dados de espectroscopia para <i>ar-turmerona</i>	36
Atividade repelente de <i>ar-turmerona</i> contra <i>Sitophilus zeamais</i>	36
Inibição da alimentação de <i>ar-turmerona</i> : peso de <i>Sitophilus zeamais</i>	36
Mortalidade de <i>Sitophilus zeamais</i> após alimentação de <i>ar-turmerona</i>	36
Efeito ovicida de <i>ar-turmerona</i> sobre <i>Spodoptera frugiperda</i>	37
Mortalidade e efeito colateral nas lagartas sobreviventes de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentadas com <i>ar-turmerona</i>	37
Índices Nutricionais de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentada com <i>ar-turmerona</i> ...	37
DISCUSSÃO.....	37
CONCLUSÕES.....	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

CAPÍTULO 3

Seleção de extratos de caules e folhas de *Psychotria* spp. (Rubiaceae) contra *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) e *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) para proteção de milho

RESUMO.....	57
PALAVRAS-CHAVE.....	57
INTRODUÇÃO.....	58
MATERIAL E MÉTODOS.....	59
Local experimental do teste com <i>Spodoptera frugiperda</i> e manutenção desse inseto.....	59
<i>Sitophilus zeamais</i> : local experimental e manutenção.....	60
Coleta do material vegetal e extração.....	60
Atividade antialimentar dos extratos de <i>Psychotria</i> spp. sobre <i>Sitophilus zeamais</i>	60
Efeito repelente dos extratos de <i>Psychotria</i> spp. sobre <i>Sitophilus zeamais</i>	61
Efeito dos extratos de <i>Psychotria</i> spp. sobre a eclosão de <i>Spodoptera frugiperda</i>	62
Efeito do consumo dos extratos de <i>Psychotria</i> spp. sobre <i>Spodoptera frugiperda</i>	62
RESULTADOS.....	63
Rendimento das extrações das partes de <i>Psychotria</i> spp.....	63
Efeitos dos extratos de <i>Psychotria</i> spp. sobre <i>Sitophilus zeamais</i>	63
Massa corporal dos adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> tratados com extratos de <i>Psychotria</i> spp.....	63
Repelência imediata e residual dos extratos de <i>Psychotria</i> spp. sobre <i>Sitophilus zeamais</i>	64
Toxicidade dos extratos de <i>Psychotria</i> spp. sobre ovos de várias idades de <i>Spodoptera frugiperda</i>	64
Eficiência dos extratos de <i>Psychotria</i> spp. sobre lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i>	64
Parâmetros das lagartas recuperadas de <i>Spodoptera frugiperda</i> após alimentação com extratos de <i>Psychotria</i> spp.....	64
DISCUSSÃO.....	65

CONCLUSÕES.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
CONCLUSÃO GERAL.....	87

RESUMO

TAVARES, Wagner de Souza, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 2015. **Extratos botânicos como alternativa ecológica de controle de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) e *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae).** Orientador: José Cola Zanuncio. Coorientadores: José Eduardo Serrão, Teresinha Vinha Zanuncio e Jesusa Crisostomo Legaspi.

Amendoeira-da-praia ou castanheira, *Terminalia catappa* L. (Combretaceae); açafão-da-terra, *Curcuma longa* L. (Zingiberaceae) e *Psychotria* spp. (Rubiaceae) ocorrem em todo Brasil, incluindo os locais com cultivos de milho, *Zea mays* L. (Poaceae). O impacto de extratos e óleo essencial dessas plantas sobre o gorgulho-do-milho, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) e a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae), pragas do milho, é pouco conhecido. O objetivo desta tese foi avaliar os efeitos inseticida e repelente de extrato bruto de folhas de *T. catappa*; ar-turmerona, extraída dos rizomas de *C. longa* e extratos brutos de quatro espécies de *Psychotria* abundantes no bioma Cerrado (tipo-Savana) do Brasil, sobre adultos de *S. zeamais* e ovos e lagartas de *S. frugiperda*. Soluções dos extratos e óleo essencial foram aplicadas sobre grupos de 20 ovos recém-depositados ou com um ou dois dias de idade de *S. frugiperda*; as lagartas eclodidas oriundas desses ovos foram contadas por grupo de ovos após quatro dias da aplicação das soluções. Lagartas de três dias de idade de *S. frugiperda* foram introduzidas em copos de plástico sobre a dieta artificial tratada com as soluções dos extratos e óleo essencial; a mortalidade dessas lagartas foi avaliada a cada 24 h; lagartas sobreviventes após este tratamento, com 13 dias de idade, foram utilizadas para a medição dos parâmetros largura da cápsula cefálica, comprimento e peso corporal; os Índices Nutricionais foram avaliados no segundo e terceiro capítulos desta tese com os dados das lagartas sobreviventes oriundas deste experimento. A mortalidade de *S. zeamais* foi avaliada até 30 dias da alimentação com grãos de milho tratados com as soluções dos extratos e óleo essencial. Indivíduos de *S. zeamais* foram pesados antes do início de um experimento e até 30 dias para obtenção da atividade inibidora da alimentação das soluções. A atividade repelente das soluções contra *S. zeamais* foi realizada tratando 20 g de grãos de milho com as soluções com avaliação após 24 h e a atividade repelente residual com recipientes contendo os grãos de milho tratados reinfestados após terem sido armazenados por até 45 dias; o Índice de Preferência foi calculado no segundo e terceiro capítulos desta tese com os dados de repelência. O

extrato de folhas de *T. catappa* apresentou alto poder ovicida e lagarticida sobre *S. frugiperda*, controlando maior número de imaturos até o terceiro dia de exposição e reduziu a largura cefálica, o peso e comprimento do corpo das lagartas sobreviventes desse inseto. Indivíduos de *S. zeamais* morreram após seis dias de contato com *ar-turmerona* a 1% (m.m⁻¹), enquanto os de *S. frugiperda* mostraram uma taxa de mortalidade de 58% após ingestão desse composto a 1% (m.v⁻¹). A largura da cápsula cefálica, o comprimento e o peso do corpo das lagartas sobreviventes de *S. frugiperda* expostas a *ar-turmerona* foram 60,0%; 59,6% e 93,8% menores que aquelas lagartas do controle, respectivamente. Peso seco do alimento ingerido, fezes produzidas, ganho de peso e peso seco do alimento assimilado e metabolizado por lagartas sobreviventes de *S. frugiperda* foram menores com dieta artificial tratada com *ar-turmerona*. Eclosão de lagartas de ovos recém-depositados ou com um ou dois dias de idade de *S. frugiperda* tratados com *ar-turmerona* foi 48,63%; 14,18% e 48,53%, respectivamente. A toxicidade de *Psychotria* spp. para as pragas de milho variou entre as espécies e partes (caules ou folhas) dessas plantas; extratos de caules de *Psychotria hoffmannseggiana* (Willd. ex Roem. & Schult.) Müll. Arg. e de *Psychotria capitata* Ruiz & Pavon foram mais tóxicos para *S. zeamais* e aqueles de caules de *Psychotria goyazensis* Müll. Arg. para *S. frugiperda*. Os extratos e óleo essencial das plantas testadas têm potencial, em baixas concentrações, para o controle de *S. zeamais* e *S. frugiperda* em cultivos de milho no Brasil.

ABSTRACT

TAVARES, Wagner de Souza, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, January, 2015. **Botanical extracts as ecological alternative of control of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae).** Adviser: José Cola Zanuncio. Co-advisers: José Eduardo Serrão, Teresinha Vinha Zanuncio and Jesusa Crisostomo Legaspi.

Tropical almond, *Terminalia catappa* L. (Combretaceae); turmeric, *Curcuma longa* L. (Zingiberaceae) and *Psychotria* spp. (Rubiaceae) occur throughout Brazil, which includes sites with crops of corn, *Zea mays* L. (Poaceae). The impact of extracts and essential oil of these plants on the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) and fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae), corn pests, is little known. The aim of this thesis was to assess the insecticidal and repellent effects of crude extract of leaves of *T. catappa*; ar-turmerone, extracted from rhizomes of *C. longa* and crude extracts of four species of *Psychotria* abundant in the Cerrado (Savannah-type) biome of Brazil, on adults of *S. zeamais* and eggs and larvae of *S. frugiperda*. Solutions of the extracts and essential oil were applied on groups of 20 newly-deposited eggs or with one- or two-days-old *S. frugiperda*; the hatched larvae obtained from these eggs were counted per group of eggs after four days of solution applications. Three-day-old *S. frugiperda* larvae were introduced into plastic cups on artificial diet treated with the solutions of the extracts and essential oil; the mortality of these larvae was assessed every 24 h; survival larvae after this treatment, with 13-days-old, were used for measuring parameters of head capsule width, length and weight; the Nutritional Indexes were assessed in the second and third chapters of this thesis with data from survival larvae obtained from this treatment. The mortality of *S. zeamais* was assessed up to 30 days of feeding with corn grains treated with the solutions of the extracts and essential oil. Individuals of *S. zeamais* were weighed before starting the experiment, and up to 30 days to obtain the inhibitory activity of the feeding on the solutions. The repellent activity of the solutions against *S. zeamais* was done by treating 20 g of corn grains with the solutions with assess after 24 h and residual repellent activity with the containers with the corn grains treated reinfested after being stored for up to 45 days; the Preference Index was calculated in the second and third chapters of this thesis with data of repellency. The leaf extract of *T. catappa* showed high ovicidal power and larvicide on *S. frugiperda*, controlling higher number of immature until the third day of exposure and reduced the

head width, the weight and body length of survival larvae of this insect. Individuals of *S. zeamais* died after six days of contact with *ar*-turmerone at 1% (m.v⁻¹), while those of *S. frugiperda* showed a mortality rate of 58% after intake of this compound at 1% (m.v⁻¹). The width of the head capsule and the length and body weight of the survival larvae of *S. frugiperda* exposed to *ar*-turmerone were 60.0%; 59.6% and 93.8% lower than those of larvae of the control, respectively. Dry weight of ingested food, faeces produced, weight gain and dry weight of the assimilated and metabolized food by survival larvae *S. frugiperda* were lower with artificial diet treated with *ar*-turmerone. Hatching of larvae from newly-deposited eggs or with one- or two-days-old *S. frugiperda* treated with *ar*-turmerone was 48.6%; 14.2% and 48.5%, respectively. The toxicity of *Psychotria* spp. for corn pests varied between the species and parts (leaves and stems) of these plants; extracts of stems of *Psychotria hoffmannseggiana* (Willd. ex Roem. & Schult.) Müll. Arg. and of *Psychotria capitata* Ruiz & Pavon were more toxic for *S. zeamais* and those of stems of *Psychotria goyazensis* Müll. Arg. for *S. frugiperda*. The extracts and essential oil of the tested plants have the potential, at low concentrations, for the control of *S. zeamais* and *S. frugiperda* in corn crops in Brazil.

INTRODUÇÃO GERAL

Inseticidas persistentes, de amplo espectro de ação, podem ser tóxicos aos organismos não-alvo e, também, causar danos ambientais (Viana *et al.*, 2009; Tavares *et al.*, 2010a; Castro *et al.*, 2012). Além disso, esses produtos podem resultar em indivíduos resistentes, necessitando pesquisas para o descobrimento de novas substâncias com atividade inseticida e de formas de controle de insetos-praga como a atividade anti-alimentar e repelente de compostos de plantas do bioma Cerrado (tipo-Savana) do Brasil (Pereira *et al.*, 2002; Tavares *et al.*, 2009, 2011a).

A amendoeira-da-praia ou castanheira, *Terminalia catappa* L. (Combretaceae), provavelmente nativa das regiões tropicais da África, Ásia e Oceania, foi introduzida em vários países para sombreamento urbano e de beiras de praias, pois suas folhas são compridas e largas (Nakamoto *et al.*, 2009; Polesna *et al.*, 2011; Soto *et al.*, 2012). Além disso, se adapta a ambientes de climas diversos e tem baixa exigência em fertilidade do solo (Zimpfer *et al.*, 2002; Tavares *et al.*, 2011b, 2013a). Sua reprodução por sementes contribui para uma dispersão rápida para ambientes não-colonizados (Meeham *et al.*, 2002; Ivani *et al.*, 2008; Tavares *et al.*, 2013b). Galhos dessa planta é fonte de proteína para pequenos ruminantes em países africanos do semi-árido (Ezeokonkwo & Dodson, 2004; Arrazola *et al.*, 2008; Nwosu *et al.*, 2008). Algumas de suas substâncias são manipuladas para fabricação de medicamentos para humanos (importância farmacêutica e médica) (Joyeux *et al.*, 1995; Chu *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2010) e no tratamento da água para produção de peixes (importância veterinária) (Chansue, 2007). Folhas de *T. catappa* caem durante o outono (espécie caducifólia), tornando-a ineficiente no sombreamento e sujando o chão dos locais urbanos e das praias (Tavares *et al.*, 2011c, 2014a). Além disso, morcegos (Chiroptera) que se alimentam de seus frutos (Rodriguez-Duran & Vasquez, 2001; Singaravelan *et al.*, 2009) expelem fezes arroxeadas difíceis de remoção quando em contato com tecido de roupas e lataria de veículos (Tavares *et al.*, 2014a).

O açafrão-da-terra, *Curcuma longa* L. (Zingiberaceae), planta herbácea, perene e com ramificações laterais compridas, é originada do sudeste da Ásia, provavelmente, da Índia (Sharma *et al.*, 2011). O pó de açafrão-da-terra é extraído dos rizomas, secos e moídos dessa planta e tem uma série de usos na culinária (Hammerschmidt, 1997; Palaniswamy, 2001; Tilak *et al.*, 2004). Compostos metabolizados pela planta têm, também, propriedades antioxidante, antibacteriana, antiinflamatória, analgésica e digestiva, e alguns estão, atualmente, sendo investigados para o tratamento do câncer,

Mal de Alzheimer e problemas do fígado (Chattopadhyay *et al.*, 2004; Ali *et al.*, 2006; Mariyappan & Vijayaragavan, 2007). O suco fresco, extratos aquosos e óleos essenciais de *C. longa* mostram, também, atividade inseticida contra insetos-praga e repelente para mosquitos (Iqbal *et al.*, 2010; Sukari *et al.*, 2010; Damalas, 2011). *Curcuma longa* é colhida quando a parte aérea é perdida após a floração e seus rizomas estão com coloração amarela intensa, possivelmente, indicando a presença de pigmentos mais concentrados (Bambirra *et al.*, 2002; Hossain, 2010; Fouad *et al.*, 2014).

Fatores genéticos, planta matriz, tipo de solo, adubação, época de colheita, horário de coleta, modo de secagem do material vegetal, tempo de armazenamento e fatores ambientais afetam a composição química e o teor de óleos essenciais dos rizomas de *C. longa* (Bansal *et al.*, 2002; Chane-Ming *et al.*, 2002; Naz *et al.*, 2011). A composição e volatilidade dos óleos essenciais de *C. longa* determinam o cheiro característico do açafreão-da-terra, enquanto compostos fenólicos fixos, como a curcumina e seus derivados, são responsáveis pela coloração amarela intensa dos rizomas (Petacci *et al.*, 2012; Tavares *et al.*, 2014b). Óleos essenciais voláteis de *C. longa* contêm uma mistura de cetonas e alcoóis sesquiterpênicos, os últimos, majoritariamente, dos tipos bisabolano e germacrano (Zhang *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2010; Xiao *et al.*, 2011).

A família Rubiaceae compreende mais de 2.000 espécies em, aproximadamente, 120 gêneros no Brasil (Bremer, 2009; Bremer & Eriksson, 2009). Plantas desta família são cultivadas para a produção de café (*Coffea* spp.) e plantas ornamentais e, também, para fins medicinais, com os membros do gênero *Cinchona* produzindo quinino; além disso, algumas espécies podem envenenar ruminantes, como os membros do gênero *Palicourea* (De Kochko *et al.*, 2010; Tavares *et al.*, 2014c). *Psychotria capitata* Ruiz & Pavon tem atividades antibacteriana e antiinflamatória e está, atualmente, sendo investigada como um tratamento para tuberculose (Vasconcelos *et al.*, 2008; Moraes *et al.*, 2011; Willcox, 2011). *Psychotria goyazensis* Müll. Arg. produz o esteróide β -sitosterol e, juntamente com *Psychotria hoffmannseggiana* (Willd. ex Roem. & Schult.) Müll. Arg. e *Psychotria prunifolia* (Kunth) Steyererm, é rica em alcaloides que são metabolitos secundários e utilizados como medicamentos, como a morfina (Faria *et al.*, 2010). Alcaloides produzidos por *Psychotria* spp. originam a partir do aminoácido triptofano, em sua maior parte, indol não-iridoídicos, especialmente, triptamínicos e polindólicos (Leal & Elisabetsky, 1996).

O gorgulho-do-milho, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) é uma praga importante de cultivos de milho, *Zea mays* L. (Poaceae) no

campo e em unidades armazenadoras e pode se instalar por infestação-cruzada (Tigar *et al.*, 1994; Demissie *et al.*, 2008; Vazquez-Castro *et al.*, 2009). Larvas e adultos dessa praga danificam grãos inteiros e sadios, incluindo milho; arroz, *Oryza sativa* L.; aveia, *Avena sativa* L.; centeio, *Secale cereale* L.; cevada, *Hordeum vulgare* (L.) Barley e trigo, *Triticum aestivum* L. (Poaceae) (Lale & Yusuf, 2000; Ukeh *et al.*, 2010). O gorgulho-do-milho coloca seus ovos no interior dos grãos, onde as larvas se desenvolvem (Larrain *et al.*, 1995). Conseqüências do efeito prejudicial da redução de peso e perda de qualidade física e fisiológica dos grãos infestados resultam, principalmente, dos efeitos adicionais causados por agentes de deterioração (microrganismos) (Hell *et al.*, 2000). O desenvolvimento das larvas no interior do grão dificulta o uso de inseticidas contra esse inseto e seus adultos poderiam ser repelidos por óleos essenciais voláteis (Huang *et al.*, 2011; Fouad *et al.*, 2012), como *ar-turmerona* oriunda do açafraão-da-terra.

A lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae) é a principal praga do milho no Brasil (Cruz *et al.*, 1999; Senna *et al.*, 2003; Tavares *et al.*, 2010b). Lagartas de *S. frugiperda*, primeiramente, se alimentam dos remanescentes de seus ovos, onde as mesmas permanecem em repouso durante 10-12 h, a partir do qual iniciam a alimentação dos tecidos verdes e suculentos da planta, deixando a epiderme membranosa intacta (Barros *et al.*, 2010). Excrementos frescos indicam a presença de lagartas no interior do cartucho do milho (Busato *et al.*, 2004). A planta de milho é mais sensível à *S. frugiperda* 40-45 dias após a germinação. Pesticidas, incluindo os inseticidas podem, apenas, ser aplicados quando, aproximadamente, 20% das folhas estiverem raspadas e as lagartas com 10-12 mm de comprimento para reduzir impacto negativo em inimigos naturais (Figueiredo *et al.*, 1999). Inseticidas de contato são efetivos contra ovos e lagartas jovens de *S. frugiperda* externas ao cartucho da planta, enquanto compostos com propriedades anti-alimentares são mais efetivos contra lagartas jovens no interior do cartucho (Adamczyk *et al.*, 1999; Al-Sarar *et al.*, 2006; Blessing *et al.*, 2010).

O objetivo desta tese é identificar o composto *ar-turmerona*, extraído e purificado dos rizomas de *C. longa* e determinar seu efeito inseticida e repelente, além dos extratos brutos de *T. catappa* e de quatro espécies de *Psychotria* abundantes no Cerrado (tipo-Savana) do Brasil sobre adultos de *S. zeamais* e ovos e lagartas de *S. frugiperda*.

A introdução geral foi organizada de acordo com as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), enquanto os capítulos foram escritos de acordo com as normas da revista científica *Industrial Crops and Products*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adamczyk, J.J.; Leonard, B.R.; Graves, J.B., 1999. Toxicity of selected insecticides to fall armyworms (Lepidoptera: Noctuidae) in laboratory bioassay studies. **Florida Entomologist** 82 (2), 230-236.
- Ali, B.H.; Marrif, H.; Noureldayem, S.A.; Bakheit, A.O.; Blunden, G., 2006. Some biological properties of curcumin: a review. **Natural Product Communications** 1 (6), 509-521.
- Al-Sarar, A.; Hall, F.R.; Downer, R.A., 2006. Impact of spray application methodology on the development of resistance to cypermethrin and spinosad by fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith). **Pest Management Science** 62 (11), 1023-1031.
- Arazola, G.; Buelvas, H.; Arrieta, Y., 2008. Nutritional characteristics of the Indian almond (*Terminalia catappa* L.) as a supplement in animal feeding. **Revista MVZ Cordoba** 13 (1), 1205-1214.
- Bambirra, M.L.A.; Junqueira, R.G.; Gloria, M.B., 2002. Influence of post-harvest processing conditions on yield and quality of ground turmeric (*Curcuma longa* L.). **Brazilian Archives of Biology and Technology** 45 (4), 423-429.
- Bansal, R.P.; Bahl, J.R.; Garg, S.N.; Naqvi, A.A.; Kumar, S., 2002. Differential chemical compositions of the essential oils of the shoot organs, rhizomes and rhizoids in the turmeric *Curcuma longa* grown in indo-grangetic plains. **Pharmaceutical Biology** 40 (5), 384-389.
- Barros, E.M.; Torres, J.B.; Bueno, A.F., 2010. Oviposition, development, and reproduction of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) fed on different hosts of economic importance. **Neotropical Entomology** 39 (6), 996-1001.
- Blessing, L.D.; Colon, O.A.; Popich, S.; Neske, A.; Bardon, A., 2010. Antifeedant and toxic effects of acetogenins from *Annona montana* on *Spodoptera frugiperda*. **Journal of Pest Science** 83 (3), 307-310.
- Bremer, B., 2009. A review of molecular phylogenetic studies of Rubiaceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 96 (1), 4-26.

- Bremer, B.; Eriksson, T., 2009. Time tree of Rubiaceae: phylogeny and dating the family, subfamilies, and tribes. **International Journal of Plant Sciences** 170 (6), 766-793.
- Busato, G.R.; Gurtzmacher, A.D.; Garcia, M.S.; Giolo, F.P.; Nornberg, S.D., 2004. Consumption and utilization of food by *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) at two different temperatures. **Ciência e Agrotecnologia** 28 (6), 1278-1283.
- Castro, A.A.; Lacerda, M.C.; Zanuncio, T.V.; Ramalho, F.D.; Polanczyk, R.A.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2012. Effect of the insect growth regulator diflubenzuron on the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Ecotoxicology** 21 (1), 96-103.
- Chane-Ming, J.; Vera, R.; Chalchat, J.C.; Cabassu, P., 2002. Chemical composition of essential oils from rhizomes, leaves and flowers of *Curcuma longa* L. from Reunion Island. **Journal of Essential Oil Research** 14 (4), 249-251.
- Chansue, N., 2007. Effects of dried Indian almond leaf (*Terminalia catappa* L.) extract on monogenean parasites in goldfish (*Carassius auratus*). **Wiener Tierärztliche Monatsschrift** 94 (11-12), 269-273.
- Chattopadhyay, I.; Biswas, K.; Bandyopadhyay, U.; Banerjee, R.K., 2004. Turmeric and curcumin: biological actions and medicinal applications. **Current Science** 87 (10), 44-53.
- Chu, S.C.; Yang, S.F.; Liu, S.J.; Kuo, W.H.; Chang, Y.Z.; Hsieh, Y.S., 2007. In vitro and in vivo antimetastatic effects of *Terminalia catappa* L. leaves on lung cancer cells. **Food and Chemical Toxicology** 45 (7), 1194-1201.
- Cruz, I.; Figueiredo, M.L.C.; Oliveira, A.C.; Vasconcelos, C.A., 1999. Damage of *Spodoptera frugiperda* (Smith) in different maize genotypes cultivated in soil under three levels of aluminium saturation. **International Journal of Pest Management** 45 (4), 293-296.
- Damalas, C.A., 2011. Potential uses of turmeric (*Curcuma longa*) products as alternative means of pest management in crop production. **Plant Omics** 4 (3), 136-141.
- Demissie, G.; Tefera, T.; Tadesse, A., 2008. Importance of husk covering on field infestation of maize by *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera: Curculionidea) at Bako, Western Ethiopia. **African Journal of Biotechnology** 7 (20), 3774-3779.

- Ezeokonkwo, C.A.; Dodson, W.L., 2004. The potential of *Terminalia catappa* (tropical almond) seed as a source of dietary protein. **Journal of Food Quality** 27 (3), 207-219.
- Faria, E.O.; Kato, L.; Oliveira, C.M.A.; Carvalho, B.G.; Silva, C.C.; Sales, L.S.; Schuquel, I.T.A.; Silveira-Lacerda, E.P.; Delprete, P.G., 2010. Quaternary beta-carboline alkaloids from *Psychotria prunifolia* (Kunth) Steyerem. **Phytochemistry Letters** 3 (3), 113-116.
- Figueiredo, M.L.C.; Cruz, I.; Della Lucia, T.M.C., 1999. Integrated control of *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbott) using the parasitoid *Telenomus remus* Nixon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 34 (11), 1975-1982.
- Fouad, H.A.; Faroni, L.R.D.; Ribeiro, R.C.; Tavares, W.D.; Petacci, F., 2012. Extraction and repellent activity of *Lepidoploa aurea* and *Memora nodosa* against stored grain and byproduct pests. **Vie et Milieu-Life and Environment** 62 (1), 11-15.
- Fouad, H.A.; Faroni, L.R.D.; Tavares, W.D.; Ribeiro, R.C.; Freitas, S.D.; Zanuncio, J.C., 2014. Botanical extracts of plants from the Brazilian Cerrado for the integrated management of *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) in stored grain. **Journal of Stored Products Research** 57 (1), 6-11.
- Hammerschmidt, D.E., 1997. *Curcuma longa*: culinary turmeric. **Journal of Laboratory and Clinical Medicine** 130 (6), 656-656.
- Hell, K.; Cardwell, K.F.; Setamou, M.; Schulthess, F., 2000. Influence of insect infestation on aflatoxin contamination of stored maize in four agroecological regions in Benin. **African Entomology** 8 (2), 169-177.
- Hossain, M.A., 2010. Effects of harvest time on shoot biomass and yield of turmeric (*Curcuma longa* L.) in Okinawa, Japan. **Plant Production Science** 13 (1), 97-103.
- Huang, Y.Z.; Hua, H.X.; Li, S.G.; Yang, C.J., 2011. Contact and fumigant toxicities of calamusenone isolated from *Acorus gramineus* rhizome against adults of *Sitophilus zeamais* and *Rhizopertha dominica*. **Insect Science** 18 (2), 181-188.
- Iqbal, J.; Jilani, G.; Aslam, M., 2010. Growth inhibiting effects of plant extracts against the grain moth, *Sitotroga cerealella* (Oliv.) (Gelechiidae: Lepidoptera). **Pakistan Journal of Zoology** 42 (5), 597-601.
- Ivani, S.D.; Silva, B.M.D.E.; Oliveira, C.; Moro, F.V., 2008. Morphology of the fruit, the seed and the seedlings of chestnut tree - (*Terminalia catappa* L.-Combretaceae). **Revista Brasileira de Fruticultura** 30 (2), 517-522.

- Joyeux, M.; Mortier, F.; Fleurentin, J., 1995. Screening of antiradical, antilipoperoxidant and hepatoprotective effects of 9 plant-extracts used in Caribbean folk medicine. **Phytotherapy Research** 9 (3), 228-230.
- De Kochko, A.; Akaffou, S.; Andrade, A.C.; Campa, C.; Crouzillat, D.; Guyot, R.; Hamon, P.; Ming, R.; Mueller, L.A.; Poncet, V.; Tranchant-Dubreuil, C.; Hamon, S., 2010. Advances in *Coffea* genomics. **Advances in Botanical Research** 53 (1), 23-63.
- Lale, N.E.S.; Yusuf, B.A., 2000. Insect pests infesting stored pearl millet *Pennisetum glaucum* (L.) R-Br. in northeastern Nigeria and their damage potential. **Cereal Research Communications** 28 (1-2), 181-186.
- Larrain, P.I.; Araya, J.E.; Paschke, J.D., 1995. Methods of infestation of sorghum lines for the evaluation of resistance to the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Crop Protection** 14 (7), 561-564.
- Leal, M.B.; Elisabetsky, E., 1996. Opioid-like activity of *Psychotria brachypoda*. **International Journal of Pharmacognosy** 34 (4), 267-272.
- Li, R.; Xiang, C.; Zhang, X.; Guo, D.A.; Ye, M., 2010. Chemical analysis of the Chinese herbal medicine turmeric (*Curcuma longa* L.). **Current Pharmaceutical Analysis** 6 (4), 256-268.
- Mariyappan, H.; Vijayaragavan, M., 2007. Processing of turmeric (*Curcuma longa* L.) rhizomes to maintain its medicinal properties. **Plant Archives** 7 (2), 927-928.
- Meeham, H.J.; McConkey, K.R.; Drake, D.R., 2002. Potential disruptions to seed dispersal mutualisms in Tonga, Western Polynesia. **Journal of Biogeography** 29 (5-6), 695-712.
- Moraes, T.M.D.; Araújo, M.H.; Bernardes, N.R.; Oliveira, D.B.; Lasunskiaia, E.B.; Muzitano, M.F.; Cunha, M., 2011. Antimycobacterial activity and alkaloid prospection of *Psychotria* species (Rubiaceae) from the Brazilian Atlantic Rainforest. **Planta Medica** 77 (9), 964-970.
- Nakamoto, A.; Kinjo, K.; Izawa, M., 2009. The role of Orii's flying-fox (*Pteropus dasymallus inopinatus*) as a pollinator and a seed disperser on Okinawa-jima Island, the Ryukyu Archipelago, Japan. **Ecological Research** 24 (2), 405-414.
- Naz, S.; Ilyas, S.; Jabeen, S.; Parveen, Z., 2011. Composition and antibacterial activity of the essential oil from the rhizome of turmeric (*Curcuma longa* L.). **Asian Journal of Chemistry** 23 (4), 1639-1642.

- Nwosu, F.O.; Dosumu, O.O.; Okocha, J.O.C., 2008. The potential of *Terminalia catappa* (Almond) and *Hyphaene thebaica* (Dum palm) fruits as raw materials for livestock feed. **African Journal of Biotechnology** 7 (24), 4576-4580.
- Palaniswamy, U.R., 2001. Human dietetics and Asian food crops. **HortTechnology** 11 (4), 504-509.
- Pereira, L.G.B.; Petacci, F.; Fernandes, J.B.; Correa, A.G.; Vieira, P.C.; da Silva, M.F.G.F.; Malaspina, O., 2002. Biological activity of astilbin from *Dimorphandra mollis* against *Anticarsia gemmatalis* and *Spodoptera frugiperda*. **Pest Management Science** 58 (5), 503-507.
- Petacci, F.; Tavares, W.S.; Freitas, S.S.; Teles, A.M.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2012. Phytochemistry and quantification of polyphenols in extracts of the asteraceae weeds from Diamantina, Minas Gerais State, Brazil. **Planta Daninha** 30 (1), 9-15.
- Polesna, L.; Polesny, Z.; Clavo, M.Z.; Hansson, A.; Kokoska, L., 2011. Ethnopharmacological inventory of plants used in Coronel Portillo Province of Ucayali Department, Peru. **Pharmaceutical Biology** 49 (2), 125-136.
- Rodriguez-Duran, A.; Vazquez, R., 2001. The bat *Artibeus jamaicensis* in Puerto Rico (West Indies): seasonality of diet, activity, and effect of a hurricane. **Acta Chiropterologica** 3 (1), 53-61.
- Senna, D.Q.; Pinto, F.A.C.; Queiroz, D.M.; Viana, P.A., 2003. Fall armyworm damaged maize plant identification using digital images. **Biosystems Engineering** 85 (4), 449-454.
- Sharma, G.J.; Chirangini, P.; Kishor, R., 2011. Gingers of Manipur: diversity and potentials as bioresources. **Genetic Resources and Crop Evolution** 58 (5), 753-767.
- Singaravelan, N.; Marimuthu, G.; Racey, P.A., 2009. Do fruit bats deserve to be listed as vermin in the Indian Wildlife (Protection) & Amended Acts? A critical review. **ORYX** 43 (4), 608-613.
- Soto, J.; Diaz, J.; Sthormes, G., 2012. Technical note: Ornamental woody species of the University City of the University of Carabobo, Valencia, Venezuela. **Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia** 29 (1), 56-71.
- Sukari, M.A.; Rashid, N.Y.; Neoh, B.K.; Abu Bakar, N.H.; Riyanto, S.; Ee, G.C.L., 2010. Larvicidal activity of some *Curcuma* and *Kaempferia* rhizome extracts against dengue fever mosquito *Aedes aegypti* Linnaeus (Diptera: Culicidae). **Asian Journal of Chemistry** 22 (10), 7915-7919.

- Tavares, W.D.; Hansson, C.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2011b. First report of *Trichospilus pupivorus* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitizing pupae of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae). **Entomologia Generalis** 33 (4), 281-282.
- Tavares, W.D.; Hansson, C.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2013a. *Trichospilus pupivorus* (Hymenoptera: Eulophidae): first report of parasitism on *Thagona tibialis* (Lepidoptera: Lymantriidae) in Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment** 48 (2), 104-105.
- Tavares, W.D.; Pereira, A.I.D.; Freitas, S.S.; Eduardo-Serrão, J.; Zanuncio, J.C., 2014b. The chemical exploration of *Dimorphandra mollis* (Fabaceae) in Brazil, with emphasis on insecticidal response: A review. **Journal of Scientific & Industrial Research** 73 (7), 465-468.
- Tavares, W.D.; Zanuncio, T.V.; Hansson, C.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2011c. Emergence of *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) from pupae of *Thagona tibialis* (Lepidoptera: Lymantriidae) collected in the medicinal plant *Terminalia catappa* (combretaceae). **Entomological News** 122 (3), 250-256.
- Tavares, W.D.; Faroni, L.R.D.; Ribeiro, R.C.; Fouad, H.A.; Freitas, S.D.; Zanuncio, J.C., 2014c. Effects of astilbin from *Dimorphandra mollis* (Fabaceae) flowers and Brazilian plant extracts on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Florida Entomologist** 97 (3), 892-901.
- Tavares, W.S.; Costa, M.A.; Cruz, I.; Silveira, R.D.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2010a. Selective effects of natural and synthetic insecticides on mortality of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and its predator *Eriopsis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Environmental Science and Health Part B-Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes** 45 (6), 557-561.
- Tavares, W.S.; Cruz, I.; Fonseca, F.G.; Gouveia, N.L.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2010b. Deleterious activity of natural products on postures of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae). **Zeitschrift fur Naturforschung C-A Journal of Biosciences** 65 (5-6), 412-418.
- Tavares, W.S.; Cruz, I.; Petacci, F.; Freitas, S.S.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2011a. Insecticide activity of piperine: toxicity to eggs of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) and phytotoxicity on several vegetables. **Journal of Medicinal Plants Research** 5 (21), 5301-5306.

- Tavares, W.D.; Legaspi, J.C.; Tavares, M.T.; Nunez, E.; Pinto, R.; Zanuncio, J.C., 2013b. *Brachymeria koehleri* (Hymenoptera: Chalcididae) as a hyperparasitoid of *Lespesia melloi* (Diptera: Tachinidae) pupae in *Thagona tibialis* (Lepidoptera: Lymantriidae) caterpillars in Brazil. **Florida Entomologist** 96 (4), 1635-1638.
- Tavares, W.S.; Wilcken, C.F.; Ramalho, F.S.; Leite G.L.D.; Serrão J.E.; Zanuncio J.C., 2014a. Defoliation of *Terminalia catappa* by larvae of *Thagona tibialis* (Lepidoptera: Erebidiae) in Viçosa, Brazil. **Journal of Agricultural and Urban Entomology** 30 (1), 1-11.
- Tavares, W.D.; Cruz, I.; Petacci, F.; de Assis, S.L.; Freitas, S.D.; Zanuncio, J.C.; Serrão, J.E., 2009. Potential use of Asteraceae extracts to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity to their parasitoids *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae). **Industrial Crops and Products** 30 (3), 384-388.
- Tilak, J.C.; Banerjee, M.; Mohan, H.; Devasagayam, T.P.A., 2004. Antioxidant availability of turmeric in relation to its medicinal and culinary uses. **Phytotherapy Research** 18 (10), 798-804.
- Tigar, B.J.; Key, G.E.; Flores, M.E.; Vazquez, M., 1994. Field and post-maturation infestation of maize by stored-product pests in Mexico. **Journal of Stored Products Research** 30 (1), 1-8.
- Ukeh, D.A.; Birkett, M.A.; Bruce, T.J.A.; Allan, E.J.; Pickett, J.A.; Mordue, A.J., 2010. Behavioural responses of the maize weevil, *Sitophilus zeamais*, to host (stored-grain) and non-host plant volatiles. **Pest Management Science** 66 (1), 44-50.
- Vasconcelos, J.S.; Riet-Correa, F.; Dantas, A.F.M.; Medeiros, R.M.T.; Dantas, A.J.D., 2008. Sudden deaths caused by *Palicourea aeneofusca* (Rubiaceae) and *Mascagnia rigida* (Malpighiaceae) in cattle in the Zona da Mata of Paraíba. **Pesquisa Veterinária Brasileira** 28 (10), 457-460.
- Vazquez-Castro, J.A.; de Baptista, G.C.; Trevisan, L.R.P.; Gadanha, C.D., 2009. Flight activity of *Sitophilus oryzae* (L) and *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera: Curculionidae) and its relationship with susceptibility to insecticides. **Neotropical Entomology** 38 (3), 405-409.
- Vianna, U.R.; Pratisoli, D.; Zanuncio, J.C.; Lima, E.R.; Brunner, J.; Pereira, F.F.; Serrão, J.E., 2009. Insecticide toxicity to *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females and effect on descendant generation. **Ecotoxicology** 18 (2), 180-186.

- Willcox, M., 2011. Improved traditional phytomedicines in current use for the clinical treatment of malaria. **Planta Medica** 77 (6), 662-671.
- Xiao, Y.C.; Xie, J.; Yu, M.; Ran, J.; Xi, Z.; Li, W.; Huang, J., 2011. Bisabocurcumin, a new skeleton curcuminoid from the rhizomes of *Curcuma longa* L. **Chinese Chemical Letters** 22 (12), 1457-1460.
- Yang, S.F.; Chen, M.K.; Hsieh, Y.S.; Yang, J.S.; Zavras, A.I.; Hsieh, Y.H.; Su, S.C.; Kao, T.Y.; Chen, P.N.; Chu, S.C., 2010. Antimetastatic effects of *Terminalia catappa* L. on oral cancer via a down-regulation of metastasis-associated proteases. **Food and Chemical Toxicology** 48 (4), 1052-1058.
- Zhang, J.S.; Guan, J.; Yang, F.Q.; Liu, H.G.; Cheng, X.J.; Li, S.P., 2008. Qualitative and quantitative analysis of four species of *Curcuma* rhizomes using twice development thin layer chromatography. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis** 48 (3), 1024-1028.
- Zimpfer, J.F.; McCarty, B.; Kaelke, C.M.; Mulongwe, L.; Igual, J.M.; Smyth, C.A.; Dawson, J.O., 2002. *Casuarina cunninghamiana* cladode extracts increase the Frankia infectious capacity of a tropical soil. **Symbiosis** 33 (1), 73-90.

CAPÍTULO 1

**EXTRATOS DE *Terminalia catappa* (COMBRETACEAE) COMO INSETICIDA
NATURAL CONTRA *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

RESUMO: Amendoeira-da-praia ou castanheira, *Terminalia catappa* L. (Combretaceae) ocorre em todo Brasil, o que inclui os locais com cultivos de milho, *Zea mays* L. (Poaceae). O objetivo deste capítulo foi avaliar a toxicidade de solução de extrato bruto de folhas de *T. catappa* sobre ovos e lagartas da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae), praga do milho. No primeiro experimento, um total de 50 µL da solução a 1% (m.v⁻¹) do extrato de *T. catappa* foi aplicado sobre grupos de 20 ovos recém-depositados ou com um ou dois dias de idade de *S. frugiperda*. As lagartas eclodidas foram contadas por grupo de ovos após quatro dias da aplicação da solução. No segundo experimento, lagartas de três dias de idade de *S. frugiperda* foram introduzidas em copos de plástico sobre a dieta artificial tratada com 20 µL da solução do extrato a 1% (m.v⁻¹). A mortalidade das lagartas foi avaliada a cada 24 h. Lagartas sobreviventes, com 13 dias de idade, foram utilizadas para se medir os parâmetros largura da cápsula cefálica, comprimento e peso corporal. O extrato de folhas de *T. catappa* apresentou alto poder ovicida e lagarticida sobre *S. frugiperda*, controlando maior número de imaturos até o terceiro dia de exposição e reduziu a largura cefálica, o peso e comprimento do corpo das lagartas sobreviventes desse inseto. O extrato dessa planta tem potencial para ser utilizado em larga escala em cultivos de milho para controlar *S. frugiperda* no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: amendoeira-da-praia, lagarta-do-cartucho, toxicidade

INTRODUÇÃO

Amendoeira-da-praia ou castanheira, *Terminalia catappa* L. (Combretaceae) originária, provavelmente, da Índia (Ásia) ou em Nova Guiné (Oceania), foi introduzida na maioria dos países para sombreamento, pois suas folhas são compridas (15 a 25 cm) e largas (10 a 14 cm) (Hayward, 1990; Santos & Teixeira, 2010). Seus frutos maduros são consumidos por morcegos (Chiroptera) (Rodriguez-Duran & Vazquez, 2001) e os ramos por pequenos ruminantes (Artiodactyla) no semi-árido africano (Nwosu *et al.*, 2008; Ogunbosoye & Babayemi, 2010). *Terminalia catappa* é comum por todo o Brasil, principalmente, na região Sudeste, onde a temperatura é adequada para seu desenvolvimento, bem como em regiões litorâneas (Tavares *et al.*, 2011a, 2012a, 2013a). Planta caducifólia (ou decídua) por perder suas folhas durante o outono (20 de março a 20 de junho) e inverno (21 de junho a 22 de setembro), com variações entre regiões dependendo dos fatores climáticos. Antes de caírem, as folhas mudam a coloração para rosa-avermelhada ou amarelo-marrom, devido aos pigmentos como luteína, violaxantina e zeaxantina (Tavares *et al.*, 2011b, 2013b, 2014a).

Spodoptera frugiperda J.E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae) danifica uma série de plantas no Brasil, incluindo milho, *Zea mays* L.; arroz, *Oryza sativa*; sorgo, *Sorghum bicolor* L. Moench; trigo, *Triticum aestivum* L. (Poaceae); alfafa, *Medicago sativa* L.; amendoim, *Arachis hypogaea* L. (Fabaceae); algodão, *Gossypium hirsutum* L. (Malvaceae); tomate, *Solanum lycopersicum* L.; batata, *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae); couve, *Brassica oleracea* grupo *acephala*; repolho, *Brassica oleracea* grupo *capitata* (Brassicaceae); espinafre, *Spinacia oleracea* L. (Amaranthaceae) e abóboras, *Abobra tenuifolia* (Gillies) Cogn. e *Cucurbita* spp. L. (Cucurbitaceae) (Tavares *et al.*, 2010a, 2010b, 2011c).

Extratos de folhas de *T. catappa* apresentam propriedades antialimentar, repelente e reduzem a produção de progênie de *Callosobruchus chinensis* L., 1758 (Coleoptera: Chrysomelidae); *Rhyzopertha dominica* F., 1792 (Coleoptera: Bostrychidae); *Sitophilus oryzae* L., 1763 (Coleoptera: Curculionidae) e *Tribolium castaneum* Herbst, 1797 (Coleoptera: Tenebrionidae) em grãos armazenados (Rani *et al.*, 2011). No entanto, a toxicidade de extratos de folhas dessa planta sobre esta praga não tinha sido estudada até este trabalho. A ocorrência de *T. catappa* em todo o Brasil inclui regiões com cultivos danificados por *S. frugiperda*, o que a torna potencial para ser estudada como um inseticida natural contra essa praga (Tavares *et al.*, 2013c, 2013d).

O objetivo foi avaliar o potencial de um extrato de folhas de *T. catappa* como inseticida natural para *S. frugiperda*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local experimental

Os testes de toxicidade do extrato de *T. catappa* sobre *S. frugiperda* foram realizados no Laboratório de Criação de Insetos (LACRI) do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Embrapa) em Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil a 24 ± 2 °C, $70 \pm 5\%$ de umidade relativa do ar e 12 h de fotoperíodo. A população de *S. frugiperda* tem sido mantida no LACRI por, aproximadamente, 15 anos com insetos do campo adicionados, mensalmente, à população do laboratório. Suas lagartas são alimentadas com uma dieta artificial solidificada composta por 1-L de água; 59,3 g de germe de *T. aestivum*; 38 g de levedura de cerveja; 3,82 g de ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$); 1,23 g de ácido sórbico ($C_6H_8O_2$); 1,3 mL de ácido propiônico ($C_3H_6O_2$); 0,131 mL de ácido fosfórico (H_3PO_4); 2,36 g de metil parabeno ($C_8H_8O_3$); 123,6 g de feijão [*Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) cv. carioquinha]; 15,35 g de ágar e 3,1 g de formaldeído (H_2CO) (Tavares *et al.*, 2009). A dieta sólida é obtida após manter a dieta líquida, recém-fabricada, por 24 h a 24 ± 2 °C.

Coleta, identificação e depósito das amostras de *Terminalia catappa*

Duzentos gramas de folhas maduras de cinco árvores de *T. catappa* foram coletados uma vez por mês durante o período de 12 meses no *campus* Catalão, na Universidade Federal de Goiás (UFG) em Catalão, Goiás, Brasil, em área do bioma Cerrado ($18^{\circ}09'S$, $47^{\circ}56'O$ e 835 m acima do nível do mar). Essas folhas foram coletadas usando um canivete e levadas ao laboratório no interior de sacos de plástico de 20-L em caixas de poliestireno [$(C_8H_8)_x$] forradas com gelo e armazenadas em *freezer* a 2 °C. O botânico responsável pela coleta e identificação das plantas foi o Dr. Aristônio Magalhães Teles [UFG, Instituto de Ciências Biológicas (ICB), Departamento de Biologia Geral (DBG), *campus* Samambaia, Goiânia, Goiás, Brasil]. Chaves e descrições taxonômicas foram utilizadas para identificação das plantas, baseado na morfologia dos órgãos reprodutivos, feminino e masculino (Ivani *et al.*, 2008). Exsiccatas e duplicatas das plantas foram confeccionadas e depositadas no herbário do ICB da UFG em Goiânia, Goiás, Brasil, com número de depósito sob registro.

Extração e obtenção da solução de *Terminalia catappa*

As folhas foram extraídas a 25 ± 2 °C em etanol (96° GL) durante sete dias. A solução obtida foi filtrada e o solvente evaporado em evaporador rotativo à baixa pressão. Esse processo foi repetido por duas vezes, obtendo-se um extrato com rendimento de 4,22%, o qual foi colocado em tubo de vidro de 50 mL revestido com papel preto na parte externa e armazenado em *freezer* a 2 °C.

Aproximadamente 0,08 g do extrato de *T. catappa* foram pesados em balança analítica com precisão de 0,0001 g e colocados em tubo cônico de plástico (tipo Falcon) de 50 mL. Etanol absoluto foi adicionado ao extrato com micropipeta até a concentração de 1% (m.v⁻¹). Esse extrato foi agitado com agitador vortex na velocidade oito durante 10 min, gerando uma solução uniforme. A concentração de 1% foi utilizada por ser considerada a máxima para extração sustentável de partes (casca do tronco, folhas, raízes, etc.) de plantas não-cultivadas (Fouad *et al.*, 2012; Tavares *et al.*, 2012b, 2014b).

Obtenção e tratamento dos ovos de *Spodoptera frugiperda* e análise estatística

Folhas de papel A4 branco, com ovos recém-depositados ou com um ou dois dias de idade de *S. frugiperda* foram recortadas e os ovos deixados em uma camada com 20 ovos por grupo (observação: ovos dessa espécie são colocados em uma a três camadas). Ovos de diferentes idades foram obtidos da seguinte maneira: ovos recém-depositados foram retirados da gaiola de criação (70 cm de altura × 50 cm de largura × 50 cm de comprimento) e parte dos mesmos foi utilizada para o tratamento. Uma parte dos ovos recém-depositados foi armazenada durante 24 h a 24 ± 2 °C, $70 \pm 5\%$ de umidade relativa do ar e 12 h de fotoperíodo e utilizada para o tratamento com os ovos de um dia de idade. Outra parte dos ovos de um dia de idade foi armazenada durante 24 h e utilizada para o tratamento com os ovos de dois dias de idade. Pelos que as fêmeas adultas depositam sobre os ovos foram retirados com alfinete de ponta grossa. Grupos de ovos foram colocados por copo de plástico de 50 mL com 8 g de dieta artificial solidificada em cubo (Tavares *et al.*, 2009). Essa dieta foi esterilizada durante 25 min em capela de fluxo laminar com radiação ultravioleta (UV) antes do experimento. Um total de 50 µL da solução a 1% (m.v⁻¹) foi aplicado sobre os grupos de 20 ovos de *S. frugiperda*. Esse volume de solução foi utilizado por ser suficiente para cobrir toda a superfície externa do grupo de 20 ovos. Esse material foi deixado durante 4 h a 24 ± 2 °C para evaporar o solvente e os copos foram fechados com tampas de acrílico transparentes. O controle teve, apenas, etanol absoluto, seguindo-se o mesmo procedimento. As lagartas eclodidas foram contadas por grupo de ovos após quatro dias da aplicação da solução. O delineamento foi inteiramente casualizado com dois

tratamentos constituídos por extrato de *T. catappa* e uma testemunha com etanol absoluto. Etanol foi escolhido como solvente devido à maior solubilidade desse extrato nesse solvente. Cada tratamento teve cinco repetições (grupos de 20 ovos) e as médias dos dados do número de lagartas eclodidas foram corrigidos com fórmula de Abbott (1925) para ajuste da mortalidade natural dos insetos e obtenção da eficiência do extrato. $Abbott(1925) = 100 \times (Mt - Mc) \div Mt$, onde: Mt = mortalidade no tratamento e Mc = mortalidade no controle. Médias dos dados corrigidos de eclosão de lagartas foram comparadas pelo teste t de student ($P \leq 0,05$) usando o programa computacional BioEstat 5,0 (Ayres *et al.*, 2007) (Fornecedor: UFG).

Teste em lagartas de *Spodoptera frugiperda* e análise estatística

Oito gramas de dieta artificial, ainda, líquida de *S. frugiperda* foram colocados por copo de plástico de 50 mL (Tavares *et al.*, 2009). Essa dieta foi deixada durante 24 h a 24 ± 2 °C para solidificação e, posteriormente, durante 25 min em capela de fluxo laminar com radiação UV. Copos de plástico que tiveram a dieta sólida desprendida das laterais dos mesmos foram descartados, deixando-se apenas aqueles cuja dieta permaneceu aderida às laterais. O diâmetro superior e a altura da dieta nos copos foram de 3,5 e 1,0 cm, respectivamente. Vinte microlitros da solução do extrato a 1% ($m.v^{-1}$) foram colocados por copo, uniformemente, sobre a dieta. Esse material foi deixado durante 40 min a 24 ± 2 °C para evaporar o solvente. Uma lagarta de três dias de idade de *S. frugiperda* foi colocada por copo sobre a dieta tratada. Esses copos foram fechados com tampas de acrílico transparentes e colocados em suportes de poliestireno com capacidade para 24 copos. O delineamento foi inteiramente casualizado com dois tratamentos constituídos por extrato de *T. catappa* e uma testemunha com etanol absoluto, seguindo-se o mesmo procedimento. Cada tratamento teve 24 repetições (lagartas). A mortalidade das lagartas foi avaliada a cada 24 h. A tampa de acrílico dos copos foi aberta e as lagartas que não responderam com movimentos da cabeça ou com contrações peristálticas quando tocadas com pincel de ponta fina foram consideradas mortas, de acordo com método proposto usando tebufenozide (inseticida fisiológico) sobre *Spodoptera exigua* Hübner, 1808 (Lepidoptera: Noctuidae) (Jia *et al.*, 2009). A mortalidade foi avaliada até o 10º dia do início do experimento, quando as lagartas sobreviventes tinham 13 dias de idade. Dados de mortalidade foram apresentados em tabela de estimativa de vida, usando o programa computacional SAS/STAT (1989) (Fornecedor: UFV) e utilizados para se calcular o dia letal quando a mortalidade atingiu 50% das lagartas. Dados de mortalidade de lagartas foram, também, corrigidos (Abbott,

1925) e a eficiência do extrato em controlar as mesmas foi avaliada. Lagartas sobreviventes, com 13 dias de idade, foram mortas em etanol 70% e utilizadas para se medir os parâmetros largura da cápsula cefálica e comprimento do corpo com régua acoplada à lupa de mesa e o peso corporal em balança analítica. As médias dos dados dos parâmetros foram comparadas pelo teste t de student ($P \leq 0,05$) com o programa computacional BioEstat 5,0 (Ayres *et al.*, 2007) (Fornecedor: UFG).

O Índice de Velocidade de Impacto (IVI) foi calculado pela fórmula: $IVI = M_1 \div N_1 + M_2 \div N_2 + \dots + M_n \div N_n$, onde: $M_1, M_2 \dots M_n$ = número de insetos mortos na primeira, segunda e até a última avaliação; $N_1, N_2 \dots N_n$ = número de dias na primeira, segunda e até a última avaliação (Maguire, 1962).

RESULTADOS

Eficiência do extrato de *Terminalia catappa* para ovos de *Spodoptera frugiperda*

As eficiências do extrato de folhas de *T. catappa* a 1% ($m.v^{-1}$) sobre ovos recém-depositados ou com um ou dois dias de idade de *S. frugiperda* foram entre 75,39% e 79,38% (Tabela 1).

Efeito deterrente do extrato de *Terminalia catappa* em lagartas de *Spodoptera frugiperda*

Onze (45,83% das lagartas avaliadas) e oito (33,33% das lagartas avaliadas) lagartas de *S. frugiperda* morreram no segundo e terceiro dia de avaliação, respectivamente após alimentação com extrato de *T. catappa* a 1% ($m.v^{-1}$). No 6º dia de alimentação do extrato de *T. catappa* a 1% ($m.v^{-1}$), sua eficiência foi 95,83% sobre lagartas de 13 dias de idade de *S. frugiperda* (Tabela 2).

O dia letal quando a mortalidade atingiu 50% das lagartas foi de 2,12 dias. O IVI foi de 6,54. A largura da cápsula cefálica e o peso e comprimento do corpo das lagartas que se alimentaram do extrato de *T. catappa* a 1% ($m.v^{-1}$) foi 58,29%, 93,13% e 57,33% menores que no controle (etanol absoluto) (Tabela 3).

DISCUSSÃO

A eficiência do extrato de *T. catappa* sobre os ovos de diferentes idades de *S. frugiperda* sugere amplo espectro de ação e elevada toxicidade desse produto por contato. Extratos de folhas de *T. catappa* da Índia foram, também, tóxicos por contato sobre os adultos das pragas de grãos armazenados, *S. oryzae*, *C. chinensis*, *R. dominica*

e *T. castaneum*, com mortalidade após 72 h de exposição a esse produto de $93,2 \pm 4,4\%$; $71,8 \pm 2,0\%$; $67,6 \pm 4,5\%$ e $68,0 \pm 3,1\%$, respectivamente (Rani *et al.*, 2011).

O número de lagartas de *S. frugiperda* mortas até o terceiro dia de avaliação após alimentação com extrato de *T. catappa* sugere efeito tóxico desse produto. Extratos de folhas de *T. catappa* oriundas da Índia apresentaram maior atividade antialimentar a 30 mg de extrato/30 g de dieta que a 15 mg de extrato/30 g de dieta sobre os adultos das pragas de grãos armazenados, *S. oryzae*, *C. chinensis*, *R. dominica* e *T. castaneum*, com maior toxicidade sobre a primeira espécie (Rani *et al.*, 2011).

Extrato de folhas de *T. catappa* reduziu a largura cefálica e o peso e comprimento do corpo de lagartas de *S. frugiperda*. Efeitos da exposição de extrato de folhas de *T. catappa* da Índia sobre insetos incluem, também, a redução da emergência de adultos das pragas de grãos armazenados, *S. oryzae*, *C. chinensis*, *R. dominica* e *T. castaneum* em $57,5 \pm 0,0\%$; $100,0 \pm 0,0\%$; $100,0 \pm 0,0\%$ e $100,0 \pm 0,0\%$, respectivamente (Rani *et al.*, 2011). O efeito de extratos botânicos na redução da progênie de pragas pode ser mais vantajoso que na mortalidade, pois contribui para a redução do nível de infestação em longo prazo. Apesar do(s) modo(s) de ação inseticida do extrato de folhas de *T. catappa* não terem sido testados, extratos de folhas dessa planta podem agir como neurotóxicos, presumivelmente, devido ao seu alto conteúdo de monoterpênicos (Rani *et al.*, 2011). As folhas de *T. catappa* contêm flavonoides, como o kaempferol e a quercetina; taninos, como punicalina, punicalagina e tercatina; saponinas e fitoesteróis, os quais têm sido relatados como inseticidas para várias espécies de insetos (Fouad *et al.*, 2014; De Menezes *et al.*, 2014; Petacci *et al.*, 2012; Tavares *et al.*, 2014c).

CONCLUSÕES

O extrato de folhas de *T. catappa* testado é um potente ovicida e lagarticida de *S. frugiperda*, controlando maior número de imaturos até o terceiro dia de exposição e reduzindo a largura da cápsula cefálica, o peso e comprimento do corpo das lagartas sobreviventes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology** 18 (2), 265-267.
- Ayres, M.; Ayres Júnior, M.; Ayres, D.L.; Santos, A.A., 2007. BIOESTAT - Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. ONG Mamirauá. Belém, Pará.

- Fouad, H.A.; Faroni, L.R.D.; Ribeiro, R.C.; Tavares, W.S.; Petacci, F., 2012. Extraction and repellent activity of *Lepidoploa aurea* and *Memora nodosa* against stored grain and byproduct pests. **Vie et Milieu-Life and Environment** 62 (1), 11-15.
- Fouad, H.A.; Faroni, L.R.D.; Tavares, W.D.; Ribeiro, R.C.; Freitas, S.D.; Zanuncio, J.C., 2014. Botanical extracts of plants from the Brazilian Cerrado for the integrated management of *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) in stored grain. **Journal of Stored Products Research** 57 (1), 6-11.
- Hayward, D.F., 1990. The phenology and economic-potential of *Terminalia catappa* L in south-central Ghana. **Vegetatio** 90 (2), 125-131.
- Ivani, S.D.; Silva, B.M.D.E.; Oliveira, C.; Moro, F.V., 2008. Morphology of the fruit, the seed and the seedlings of chestnut tree - (*Terminalia catappa* L.-Combretaceae). **Revista Brasileira de Fruticultura** 30 (2), 517-522.
- Jia, B.; Liu, Y.; Zhu, Y.C.; Liu, X.; Gao, C.; Shen, J., 2009. Inheritance, fitness cost and mechanism of resistance to tebufenozide in *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Pest Management Science** 65 (9), 996-1002.
- Maguire, J.D., 1962. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science** 2 (2), 176-177.
- De Menezes, C.W.G.; Tavaresi, W.D.; De Souza, E.G.; Soares, M.A.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2014. Effects of crude extract fractions of *Adenocalymma nodosum* (Bignoniaceae) on duration of pupa stage emergence of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) and phytotoxicity on vegetable crops. **Allelopathy Journal** 33 (1), 141-149.
- Nwosu, F.O.; Dosumu, O.O.; Okocha, J.O.C., 2008. The potential of *Terminalia catappa* (Almond) and *Hyphaene thebaica* (Dum palm) fruits as raw materials for livestock feed. **African Journal of Biotechnology** 7 (24), 4576-4580.
- Ogunbosoye, D.O.; Babayemi, O.J., 2010. Potential values of some non-leguminous browse plants as dry season feed for ruminants in Nigeria. **African Journal of Biotechnology** 9 (18), 2720-2726.
- Petacci, F.; Tavares, W.S.; Freitas, S.S.; Teles, A.M.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2012. Phytochemistry and quantification of polyphenols in extracts of the Asteraceae weeds from Diamantina, Minas Gerais State, Brazil. **Planta Daninha** 30 (1), 9-15.
- Rani, P.U.; Venkateshwaramma, T.; Devanand, P., 2011. Bioactivities of *Cocos nucifera* L. (Arecales: Arecaceae) and *Terminalia catappa* L. (Myrtales: Combretaceae) leaf extracts as post-harvest grain protectants against four major stored product pests. **Journal of Pest Science** 84 (2), 235-247.

- Rodriguez-Duran, A.; Vazquez, R., 2001. The bat *Artibeus jamaicensis* in Puerto Rico (West Indies): seasonality of diet, activity, and effect of a hurricane. **Acta Chiropterologica** 3 (1), 53-61.
- Santos, M.N.; Teixeira, M.L.F., 2010. Tropical almond seeds (*Terminalia catappa* L.) (Combretaceae) as a substrate for epiphytic orchid cultivation. **Acta Scientiarum. Agronomy** 32 (2), 339-343.
- SAS, 1989. User's Guide. Version 6.12, SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Tavares, W.D.; Hansson, C.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2011a. First report of *Trichospilus pupivorus* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitizing pupae of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae). **Entomologia Generalis** 33 (4), 281-282.
- Tavares, W.D.; Hansson, C.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2013a. *Trichospilus pupivorus* (Hymenoptera: Eulophidae): first report of parasitism on *Thagona tibialis* (Lepidoptera: Lymantriidae) in Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment** 48 (2), 104-105.
- Tavares, W.S.; Hansson, C.; Mielke, O.H.H.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2013b. Parasitism of *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 on pupae of *Methona themisto* (Hübner, [1818]) reared on two hosts (Lepidoptera: Nymphalidae; Hymenoptera: Eulophidae). **Shilap-Revista de Lepidopterologia** 41 (161), 43-48.
- Tavares, W.D.; Zanuncio, T.V.; Hansson, C.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2011b. Emergence of *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) from pupae of *Thagona tibialis* (Lepidoptera: Lymantriidae) collected in the medicinal plant *Terminalia catappa* (Combretaceae). **Entomological News** 122 (3), 250-256.
- Tavares, W.D.; Pereira, A.I.D.; Freitas, S.S.; Eduardo-Serrão, J.; Zanuncio, J.C., 2014c. The chemical exploration of *Dimorphandra mollis* (Fabaceae) in Brazil, with emphasis on insecticidal response: A review. **Journal of Scientific & Industrial Research** 73 (7), 465-468.
- Tavares, W.S.; Cruz, I.; Petacci, F.; Freitas, S.S.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2011c. Insecticide activity of piperine: Toxicity to eggs of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) and phytotoxicity on several vegetables. **Journal of Medicinal Plants Research** 5 (21), 5301-5306.
- Tavares, W.S.; Faroni, L.R.D.; Ribeiro, R.C.; Fouad, H.A.; Freitas, S.S.; Zanuncio, J.C., 2014b. Effects of astilbin from *Dimorphandra mollis* (Fabaceae) flowers and

- Brazilian plant extracts on *Sitophilus Zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Florida Entomologist** 97 (3), 892-901.
- Tavares, W.S.; Graef, C.F.F.; Menezes, C.W.G.; Cruz, I.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2012b. Residual effect of extracts of native plants from Brazil and a synthetic insecticide, chlorpyrifos, on *Coleomegilla maculata*, *Cycloneda sanguinea*, and *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae). **Vie et Milieu-Life and Environment** 62 (3), 115-120.
- Tavares, W.D.; Mielke, O.H.H.; Wilcken, C.F.; Simon, L.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2012a. *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitizing pupae of *Citioica anthonilis* (Lepidoptera: Saturniidae) collected on *Piptadenia gonoacantha* (Fabaceae). **Journal of the Lepidopterists' Society** 66 (4), 216-220.
- Tavares, W.S.; Freitas, S.S.; Graef, C.F.F.; Menezes, C.W.G.; Pereira, A.I.A.; Assis Júnior, S.L.; Graziotti, G.H.; Zanuncio, J.C., 2013c. *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) as a guinea pig for the analysis of the toxicity of natural products. **Vie et Milieu-Life and Environment** 63 (3/4), 193-204.
- Tavares, W.D.; Freitas, S.D.; Teles, A.M.; Graef, C.F.F.; De Assis, S.L.; Lião, L.M.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2013d. Potential of aromatic and medicinal plant extracts from Cerrado biome to control the velvetbean caterpillar *Anticarsia gemmatilis*. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas** 12 (4), 372-384.
- Tavares, W.S.; Wilcken, C.F.; Ramalho, F.S.; Leite, G.L.D.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2014a. Defoliation of *Terminalia catappa* by larvae of *Thagona tibialis* (Lepidoptera: Erebididae) in Viçosa, Brazil. **Journal of Agricultural and Urban Entomology** 30 (1), 1-11.
- Tavares, W.S.; Costa, M.A.; Cruz, I.; Silveira, R.D.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2010a. Selective effects of natural and synthetic insecticides on mortality of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and its predator *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Environmental Science and Health Part B-Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes** 45 (6), 557-561.
- Tavares, W.S.; Cruz, I.; Fonseca, F.G.; Gouveia, N.L.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2010b. Deleterious activity of natural products on postures of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae). **Zeitschrift fur Naturforschung C-A Journal of Biosciences** 65 (5-6), 412-418.

Tavares, W.D.; Cruz, I.; Petacci, F.; de Assis, S.L.; Freitas, S.D.; Zanuncio, J.C.; Serrão, J.E., 2009. Potential use of Asteraceae extracts to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity to their parasitoids *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae). **Industrial Crops and Products** 30 (3), 384-388.

Tabela 1. Número de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) (média \pm erro padrão) eclodidas de ovos, quatro dias após aplicação de um extrato de folhas de *Terminalia catappa* (Combretaceae) a 1% (m.v⁻¹) ou etanol absoluto e eficiência (E) (%)^a por idade de ovos

Idade dos ovos	Eclosão (%) de lagartas de <i>Spodoptera frugiperda</i>		
	Valor de P ^b	Média \pm erro padrão	E ^a
Recém-depositados	0,0041	05,29 \pm 4,27	79,38
Etanol absoluto (controle)	-	80,47 \pm 4,98	-
Um dia de idade	0,0048	25,89 \pm 3,88	75,39
Etanol absoluto (controle)	-	81,76 \pm 3,25	-
Dois dias de idade	0,0050	41,72 \pm 3,18	75,93
Etanol absoluto (controle)	-	85,97 \pm 2,88	-

^aCorreção de Abbott (1925). ^bTeste t de student; $P \leq 0,05$; ANOVA; BioEstat 5,0 (2007).

Tabela 2. Estimativa diária de sobrevivência de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) a partir de três dias de idade alimentadas durante 10 dias com uma dieta artificial tratada com um extrato de folhas de *Terminalia catappa* (Combretaceae) a 1% (m.v⁻¹) ou etanol absoluto

INT		NIM	EPSI	TEA	PCM	PCEP	SOB	MOR
INF	SUP							
<i>Terminalia catappa</i>								
0	1	0	0	24,0	0	0	1,0000	0
1	2	0	0	24,0	0	0	1,0000	0
2	3	11	0	24,0	0,4583	0,1017	1,0000	0
3	4	8	0,1017	13,0	0,6154	0,1349	0,5417	0,4583
4	5	2	0,0829	5,0	0,4000	0,2191	0,2083	0,7917
5	6	2	0,0675	3,0	0,6667	0,2722	0,1250	0,8750
6	7	1	0,0408	1,0	1,000	0	0,0417	0,9583
Etanol absoluto								
0	1	0	0	24,0	0	0	1,0000	0
1	2	0	0	24,0	0	0	1,0000	0
2	3	0	0	24,0	0	0	1,0000	0
3	4	0	0	24,0	0	0	1,0000	0
4	5	0	0	24,0	0	0	1,0000	0
5	6	0	0	24,0	0	0	1,0000	0
6	7	0	0	24,0	0	0	1,0000	0
7	8	1	0	24,0	0,0417	0,0408	1,0000	0
8	9	0	0,0408	23,0	0	0	0,9583	0,0417
9	10	0	0,0408	23,0	0	0	0,9583	0,0417
10	-	0	0,0408	11,5	0	0	0,9583	0,0417

INT = Intervalo, INF = Inferior, SUP = Superior, NIM = Número de insetos mortos, EPSI = Erro padrão da sobrevivência de insetos, TEA = Tamanho efetivo da amostra, PCM = Probabilidade condicional de morte, PCEP = Probabilidade condicional do erro padrão, SOB = Sobrevivência, MOR = Mortalidade. SAS/STAT (1989).

Tabela 3. Eficiência (E) (%)^a, dia letal capaz de matar 50% (Dia Letal₅₀) das lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), Índice de Velocidade de Impacto (IVI)^b e parâmetros biológicos (média ± erro padrão) da atividade antialimentar de um extrato de folhas de *Terminalia catappa* (Combretaceae) a 1% (m.v⁻¹) ou etanol absoluto

	<i>Terminalia catappa</i>	Etanol absoluto
Eficiência (%) ^a	95,83	-
Dia Letal ₅₀	2,12	-
IVI ^b	6,54	0,13
Largura cefálica (mm)	0,78 ± 0,343 a	1,87 ± 0,097 b
Peso do corpo (mg)	2,98 ± 0,664 a	43,35 ± 4,75 b
Comprimento do corpo (mm)	4,25 ± 0,432 a	9,96 ± 0,564 b

^aCorreção de Abbott (1925). ^bMaguire (1962). Médias seguidas pela mesma letra minúscula por linha não diferem. Teste t de student; $P \leq 0,0001$; ANOVA; BioEstat 5,0 (2007).

CAPÍTULO 2

**AR-TURMERONA DE RIZOMAS DE *Curcuma longa* (ZINGIBERACEAE) E
EFEITOS SOBRE *Sitophilus zeamais* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) E
Spodoptera frugiperda (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

Resumo: O açafrão-da-terra, *Curcuma longa* L. (Zingiberaceae) tem efeitos inseticida e repelente para insetos-praga, mas seu impacto sobre o gorgulho-do-milho, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) e a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae) é pouco conhecido. O objetivo deste capítulo foi avaliar os efeitos inseticida e repelente de *ar-turmerona*, extraída dos rizomas de *C. longa*, sobre *S. zeamais* e *S. frugiperda*. A mortalidade de *S. zeamais* foi avaliada após três, sete e 15 dias da alimentação com *ar-turmerona*. Indivíduos de *S. zeamais* foram pesados antes do início do experimento e após sete e 15 dias para obtenção da atividade inibidora da alimentação de *ar-turmerona*. A atividade repelente de *ar-turmerona* contra *S. zeamais* foi realizada usando 10, 20, 30, 40 e 50 µL de *ar-turmerona* por 20 g de grãos de *Zea mays* L. (Poaceae) com avaliação após 24 h e a atividade repelente residual com os recipientes com os grãos de milho reinfestados após terem sido armazenados por 15, 30 e 45 dias. O número de lagartas de *S. frugiperda* eclodidas foi contado nos quatro dias seguintes da aplicação da solução de *ar-turmerona* sobre os ovos de várias idades desse inseto. A mortalidade de lagartas alimentadas com *ar-turmerona* foi avaliada após 10 dias do início do experimento. Lagartas sobreviventes de *S. frugiperda*, com 13 dias de idade, tiveram a largura da cápsula cefálica, o comprimento e peso corporal, bem como os Índices Nutricionais das mesmas, mensurados. Indivíduos de *S. zeamais* morreram após seis dias de contato com *ar-turmerona* a 1% ($m.m^{-1}$), enquanto aqueles de *S. frugiperda* mostraram uma taxa de mortalidade de 58% após ingestão desse composto a 1% ($m.v^{-1}$). A largura da cápsula cefálica e o comprimento e peso do corpo das lagartas sobreviventes de *S. frugiperda* expostas a *ar-turmerona* foram 60,0%; 59,6% e 93,8% menores que aquelas lagartas do controle, respectivamente. Peso seco do alimento ingerido, fezes produzidas, ganho de peso e peso seco do alimento assimilado e metabolizado por lagartas sobreviventes de *S. frugiperda* foram menores com dieta artificial tratada com *ar-turmerona*. Eclosão de lagartas de ovos recém-depositados ou com um ou dois dias de idade de *S. frugiperda* foi 48,6%; 14,2% e 48,5%, respectivamente. *Ar-turmerona* é altamente tóxica a *S. zeamais* e *S. frugiperda* em baixas concentrações.

Palavras-chave: açafrão-da-terra, anti-alimentar, contato, Índice Nutricional, repelência

INTRODUÇÃO

Inseticidas persistentes, de amplo espectro de ação, podem ser tóxicos aos organismos não-alvo e, também, causar danos ambientais (Viana *et al.*, 2009; Tavares *et al.*, 2010a; Castro *et al.*, 2012). Além disso, esses produtos podem resultar em indivíduos resistentes, necessitando pesquisas para o descobrimento de novas substâncias com atividade inseticida e de formas de controle de insetos-praga como a atividade anti-alimentar e repelente de compostos de plantas do bioma Cerrado (tipo-Savana) do Brasil (Pereira *et al.*, 2002; Tavares *et al.*, 2009, 2011).

O açafão-da-terra, *Curcuma longa* L. (Zingiberaceae), planta herbácea, perene e com ramificações laterais compridas, é originada do sudeste da Ásia, provavelmente, da Índia (Sharma *et al.*, 2011). O pó de açafão-da-terra é extraído dos rizomas, secos e moídos dessa planta e tem uma série de usos na culinária (Hammerschmidt, 1997; Palaniswamy, 2001; Tilak *et al.*, 2004). Compostos metabolizados pela planta têm, também, propriedades antioxidante, antibacteriana, antiinflamatória, analgésica e digestiva, e alguns estão, atualmente, sendo investigados para o tratamento do câncer, Mal de Alzheimer e problemas do fígado (Chattopadhyay *et al.*, 2004; Ali *et al.*, 2006; Mariyappan & Vijayaragavan, 2007). O suco fresco, extratos aquosos e óleos essenciais de *C. longa* mostram, também, atividade inseticida contra insetos-praga e repelente para mosquitos (Iqbal *et al.*, 2010a; Sukari *et al.*, 2010; Damalas, 2011). *Curcuma longa* é colhida quando a parte aérea é perdida após a floração e seus rizomas estão com coloração amarela intensa, possivelmente, indicando a presença de pigmentos mais concentrados (Bambirra *et al.*, 2002; Hossain, 2010).

Fatores genéticos, planta matriz, tipo de solo, adubação, época de colheita, horário de coleta, modo de secagem do material vegetal, tempo de armazenamento e fatores ambientais afetam a composição química e o teor de óleos essenciais dos rizomas de *C. longa* (Bansal *et al.*, 2002; Chane-Ming *et al.*, 2002; Naz *et al.*, 2011). A composição e volatilidade dos óleos essenciais de *C. longa* determinam o cheiro característico do açafão-da-terra, enquanto compostos fenólicos fixos, como a curcumina e seus derivados, são responsáveis pela coloração amarela intensa dos rizomas. Óleos essenciais voláteis de *C. longa* contêm uma mistura de cetonas e alcoóis sesquiterpênicos, os últimos, majoritariamente, dos tipos bisabolano e germacrano (Zhang *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2010; Xiao *et al.*, 2011).

O gorgulho-do-milho, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) é uma praga séria de cultivos de milho, no campo e em unidades armazenadoras e pode se instalar por infestação-cruzada (Tigar *et al.*, 1994; Demissie *et*

al., 2008; Vazquez-Castro *et al.*, 2009). Larvas e adultos dessa praga danificam grãos inteiros e sadios, incluindo milho, *Zea mays* L.; arroz, *Oryza sativa* L.; aveia, *Avena sativa* L.; centeio, *Secale cereale* L.; cevada, *Hordeum vulgare* L. e trigo, *Triticum aestivum* L. (Poaceae) (Lale & Yusuf, 2000; Ukeh *et al.*, 2010). O gorgulho-do-milho coloca seus ovos no interior dos grãos, onde as larvas se desenvolvem (Larrain *et al.*, 1995). Consequências do efeito prejudicial da redução de peso e perda de qualidade física e fisiológica dos grãos infestados resultam, principalmente, dos efeitos adicionais causados por agentes de deterioração (microrganismos) (Hell *et al.*, 2000). O desenvolvimento das larvas no interior do grão dificulta o uso de inseticidas contra esse inseto e seus adultos poderiam ser repelidos por óleos essenciais voláteis (Huang *et al.*, 2011), como *ar-turmerona*.

A lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae) é a principal praga do milho no Brasil (Cruz *et al.*, 1999; Senna *et al.*, 2003; Tavares *et al.*, 2010b). Lagartas de *S. frugiperda*, primeiramente, se alimentam dos remanescentes de seus ovos, onde as mesmas permanecem em repouso durante 10-12 h, a partir do qual iniciam a alimentação dos tecidos verdes e suculentos da planta, deixando a epiderme membranosa intacta (Barros *et al.*, 2010). Excrementos frescos indicam a presença de lagartas no interior do cartucho do milho (Busato *et al.*, 2004). A planta de milho é mais sensível à *S. frugiperda* 40-45 dias após a germinação. Pesticidas, incluindo os inseticidas podem, apenas, ser aplicados quando, aproximadamente, 20% das folhas estiverem raspadas e as lagartas com 10–12 mm de comprimento para reduzir impacto negativo em inimigos naturais (Figueiredo *et al.*, 1999). Inseticidas de contato são efetivos contra ovos e lagartas jovens de *S. frugiperda* externas ao cartucho da planta, enquanto compostos com propriedades anti-alimentares são mais efetivos contra lagartas jovens no interior do cartucho (Adamczyk *et al.*, 1999; Al-Sarar *et al.*, 2006; Blessing *et al.*, 2010).

O objetivo deste capítulo foi identificar o composto *ar-turmerona*, extraído e purificado dos rizomas de *C. longa* e determinar seus efeitos, inseticida e repelente sobre *S. zeamais* e *S. frugiperda*.

MATERIAL E MÉTODOS

Locais experimentais

Análises químicas de *C. longa* e os ensaios de toxicidade e repelência de soluções dessa planta sobre *S. zeamais* foram realizados no Laboratório de Produtos

Naturais e Meio Ambiente (LPNMA) do Departamento de Química (DQ) da Universidade Federal de Goiás (UFG) em Catalão, Goiás, Brasil.

A toxicidade de *C. longa* para *S. frugiperda* foi avaliada no Laboratório de Criação de Insetos (LACRI) do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Embrapa) em Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil a 24 ± 2 °C, $70 \pm 5\%$ de umidade relativa do ar e 12 h de fotoperíodo.

Obtenção dos ovos e lagartas de *Spodoptera frugiperda* e adultos de *Sitophilus zeamais*

A população de *S. frugiperda* tem sido mantida no LACRI por, aproximadamente, 15 anos (com insetos do campo adicionados, mensalmente, à população do laboratório) e suas lagartas são alimentadas com dieta artificial solidificada composta por 1 L de água; 59,3 g de germe de trigo (*T. aestivum*); 38 g de levedura de cerveja; 3,82 g de ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$); 1,23 g de ácido sórbico ($C_6H_8O_2$); 1,3 mL de ácido propiônico ($C_3H_6O_2$); 0,131 mL de ácido fosfórico (H_3PO_4); 2,36 g de metil parabeno ($C_8H_8O_3$); 123,6 g de feijão [*Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) cv. carioquinha]; 15,35 g de ágar e 3,1 g de formaldeído (H_2CO) (Tavares *et al.*, 2009).

Adultos de *S. zeamais* foram coletados em uma fazenda em Catalão, onde produtos químicos sintéticos não são usados e criados por cinco gerações a 25 ± 3 °C em potes de vidro de 3 L com milho-pipoca [*Z. mays* var. *everta* (Sturtev.) L.H. Bailey] sem resíduos de produtos químicos sintéticos.

Obtenção dos rizomas de *Curcuma longa*

Rizomas de *C. longa* foram coletados em um plantio comercial da fazenda Macaúba em Catalão, Goiás, Brasil ($18^{\circ}08'S \times 47^{\circ}57'O \times 515$ m acima do nível do mar). A fazenda não usa produtos químicos sintéticos.

Isolamento da *ar-turmerona*

Rizomas de *C. longa* foram secos até peso constante em uma estufa a 40 °C por três dias e moídos em moinho de facas rendendo um pó fino amarelo-avermelhado. O pó foi extraído por maceração em hexano [$CH_3(CH_2)_4CH_3$] recém-destilado a 25 ± 3 °C com agitação ocasional por um período de 6 h. A relação do material vegetal:hexano foi 500 g de rizomas por 1.000 mL desse hidrocarboneto. A solução obtida foi filtrada e o solvente recuperado em um evaporador rotativo sob baixa pressão, rendendo um óleo amarelo-claro. O óleo foi separado por cromatografia em coluna sob sílica gel (Vetec,

60-270 mesh) como suporte, eluído com uma mistura de solventes hexano:acetato de etila [CH₃COOCH₂CH₃], na relação 9:1. As frações de interesse, resultantes das colunas cromatográficas que continham *ar*-turmerona, foram analisadas por cromatoplasma-cromatografia de camada delgada- (0,20 mm de espessura, sílica gel 60 mesh; Macherey-Nagel) e reveladas com vapor de iodo por sublimação (mudança do estado sólido para o estado gasoso, sem passar pelo estado líquido) com um padrão, previamente, isolado e identificado.

Medições dos espectros de *ar*-turmerona

As medições dos espectros de Ressonância Magnética Nuclear (RMN) de ¹H, ¹³C, “Heteronuclear Single Quantum Coherence” (HSQC) e “Heteronuclear Multiple Bond Correlation” (HMBC) foram realizadas com um equipamento Brücker Avance III 500 [operando a 500,13 mega-hertz (MHz) por ¹H] equipado com uma sonda de tripla ressonância inversa de 5 mm (Traumatic Brain Injury - TBI) com gradiente Z. Clorofórmio deuterado (CDCl₃) foi usado como solvente e tetrametilsilano (TMS) como padrão interno. Espectros de massas foram obtidos por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM). As análises CG-EM foram realizadas usando um cromatógrafo a gás [GC-17 A Shimadzu, CG-EM/QP-5.000 Shimadzu, com ionização por impacto eletrônico, coluna DB-5 (30 m × 0,32 mm)], espessura do filme de um micrômetro, nas seguintes condições da coluna: 60 °C por 3 min; 5 °C por 1 min até 240 °C, por 8 min, com uma temperatura do injetor de 180 °C, uma temperatura do detector de 260 °C e um volume de injeção de 1 µL. Espectros de massas foram comparados com banco de dados “National Institute of Standards and Technology-62” (NIST-62).

Avaliação da atividade de repelência de *ar*-turmerona contra *Sitophilus zeamais* e análise estatística

A atividade de repelência de *ar*-turmerona contra *S. zeamais* foi avaliada em cinco arenas formadas por cinco potes circulares de plástico (6 cm de diâmetro × 2,1 cm de altura) (Figura 1). O pote central de cada arena, com um diâmetro (0,8 mm) suficiente para permitir a passagem dos insetos, foi interligado, simetricamente, aos outros potes com mangueiras de plástico. Grãos de *Z. mays* var. *everta*, sem resíduos de produtos químicos sintéticos e colhidos na fazenda da UFG, foram misturados com *ar*-turmerona, enquanto grãos do controle não foram tratados. Os grãos foram distribuídos em dois potes, diagonalmente, opostos dentro da arena. Trinta adultos não-sexados de *S.*

zeamais que ficaram sem alimento por 24 h foram liberados dentro do pote central e, após 24 h, o número total de indivíduos por pote foi contado. Os dados foram analisados usando Índice de Preferência (IP): $IP = \%IPT - \%Ipt \div (\%IPT + \%Ipt)$, onde %IPT é a porcentagem de insetos no pote de tratamento e %Ipt é a porcentagem de insetos no pote de controle. O composto é considerado repelente com um IP entre -1,00 e -0,10; neutro, entre -0,10 e 0,10 e atraente entre 0,10 e 1,00 (Iqbal *et al.*, 2010b; Fouad *et al.*, 2012). A atividade repelente de *ar-turmerona* contra *S. zeamais* foi realizada usando 10, 20, 30, 40 e 50 µL de *ar-turmerona* por 20 g de grãos de *Z. mays* com cinco repetições, cada uma com uma arena e 30 insetos liberados. Os recipientes com os grãos de milho foram armazenados e, após 15, 30 e 45 dias, o efeito repelente residual foi avaliado. O arranjo foi fatorial, com a seguinte discriminação: 10, 20, 30, 40 e 50 µL de *ar-turmerona* e observação da atividade repelente após 15, 30 e 45 dias, respectivamente. Os valores de IP foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste F ($P \leq 0,05$) usando o programa computacional BioEstat 5,0 (Fornecedor: UFG) (Ayres *et al.*, 2007).

Atividade inibidora da alimentação de *ar-turmerona* sobre *Sitophilus zeamais* e análise estatística

Arenas de plástico (6 cm de diâmetro × 2,1 cm de altura) foram, hermeticamente, fechadas e preenchidas com 20 g de grãos de *Z. mays* var. *everta* colhidos na fazenda da UFG e sem resíduos de químicos sintéticos. Vinte adultos não-sexados de *S. zeamais* que ficaram sem alimento por 24 h foram colocados por arena. O ensaio foi realizado com cinco repetições com 0,1% ou 1% ($m.m^{-1}$) do óleo essencial (*ar-turmerona* pura) sobre grãos de milho; grãos do controle não tiveram óleo essencial adicionado (0%). O experimento foi avaliado durante 15 dias pela contagem do número total de insetos mortos por arena após três, sete e 15 dias do início do experimento. A eficiência das concentrações de *ar-turmerona* foi obtida pela correção da mortalidade natural dos insetos (Abbott, 1925). Indivíduos de *S. zeamais* foram pesados antes do início do experimento e após sete e 15 dias. Insetos sobreviventes foram pesados para obtenção da atividade inibidora da alimentação de *ar-turmerona*. Os dados foram submetidos à ANOVA e as médias comparadas pelo teste F ($P \leq 0,05$) usando o programa computacional BioEstat 5,0 (Fornecedor: UFG) (Ayres *et al.*, 2007).

Efeito ovicida de *ar-turmerona* sobre *Spodoptera frugiperda* e análise estatística

Folhas de papel A4 branco, usadas como sítio de oviposição nas gaiolas de criação, com ovos recém-depositados ou com um ou dois dias de idade de *S. frugiperda* foram cortadas e cinco pedaços de papel cada um contendo 20 ovos em uma camada foram usados por tratamento. Um cubo de 8 g de dieta artificial sólida (Tavares *et al.*, 2009) foi colocado por copo de plástico de 50 mL para alimentação dos insetos que eclodirem, dos quais um grupo com 20 ovos foi adicionado. *Ar-turmerona* foi diluída (1% em acetona, m.v⁻¹) e 50 µL dessa solução aplicada usando uma pipeta volumétrica manual sobre os grupos de *S. frugiperda*. Os grupos de ovos foram deixados por 4 h a 24 ± 2 °C para evaporação da acetona e os copos fechados com tampas de acrílico transparente. O pote do controle teve, apenas, 50 µL de acetona adicionada. O número de lagartas eclodidas foi contado nos quatro dias seguintes da aplicação da solução. O delineamento foi inteiramente casualizado com cinco repetições, cada uma com um grupo com 20 ovos de *S. frugiperda*. Os dados de mortalidade de lagartas foram corrigidos (Abbott, 1925) e as médias comparadas com o teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,05$) usando o programa computacional BioEstat 5,0 (Fornecedor: UFG) (Ayres *et al.*, 2007).

Toxicidade de *ar-turmerona* para lagartas de *Spodoptera frugiperda* e análise estatística

Oito gramas de uma dieta artificial líquida sustentável para *S. frugiperda* (Tavares *et al.*, 2009) foram colocados por copo de plástico de 50 mL e deixado secar por 24 h. O diâmetro inferior da dieta no copo foi 3,2 cm, o superior, 5 cm e a altura, 3,5 cm. *Ar-turmerona* foi diluída em acetona a 1% (m.v⁻¹) e 100 µL dessa solução aplicada sobre a dieta em cada copo. Os copos foram deixados a 24 ± 2 °C por 4 h para evaporação da acetona. Uma lagarta de três dias de idade de *S. frugiperda* foi colocada em cada copo. Os copos do controle tiveram, apenas, 100 µL de acetona adicionada. O delineamento foi inteiramente casualizado com 24 repetições, com uma lagarta de *S. frugiperda* por repetição. Os efeitos de *ar-turmerona* foram avaliados após 10 dias do início do experimento e os dados de mortalidade de lagartas foram corrigidos (Abbott, 1925). Lagartas sobreviventes de *S. frugiperda* com 13 dias de idade foram mortas em etanol 70% para que a largura da cápsula cefálica e o comprimento e peso corporal das mesmas pudessem ser mensurados. As médias foram comparadas com o teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,0001$) usando o programa computacional BioEstat 5,0 (Fornecedor: UFG) (Ayres *et al.*, 2007).

Índices Nutricionais de *Spodoptera frugiperda* com dieta artificial tratada com ar-turmerona

O consumo de dieta artificial por lagarta sobrevivente de *S. frugiperda* por tratamento foi avaliado pela diferença entre o peso da dieta no início e final do experimento. Dados dessas pesagens foram corrigidos pela evaporação natural de água da dieta. Índices Nutricionais de *S. frugiperda* foram avaliados. Lagartas mortas aos 13 dias de idade, fezes e os restos de dieta artificial foram deixados em estufa a 55-60 °C até peso constante. O peso do alimento consumido e o ganho de peso das lagartas foram obtidos. A massa corporal das lagartas foi desprezada (considerada zero) por ser ínfima. O peso no final do período de alimentação (T) foi registrado para se determinar o ganho de peso (P) das lagartas. Dez copos de plástico de 50 mL, com dieta artificial e sem lagartas, foram separados para obtenção do peso seco inicial da dieta (Af), que foi utilizado para o cálculo dos índices de consumo e utilização de alimento. Os índices de nutrição quantitativa das lagartas foram obtidos com os parâmetros: T, duração do período de alimentação (dias); Af, peso do alimento fornecido aos insetos (g); Ar, peso dos restos do alimento fornecido aos insetos (g) após T; F, peso das fezes produzidas (g) durante T; B, ganho de peso das lagartas (g) durante T; Z, peso médio das lagartas (g) durante T; I, peso do alimento ingerido (g) durante T; I – F, alimento assimilado (g) durante T; M = (I – F) – B, alimento metabolizado durante o período de alimentação. Os índices de consumo e utilização de alimento foram determinados com as fórmulas: taxa de consumo relativo (g/g/dia) (RCR) = $I \div (Z \times T)$; taxa de crescimento relativo (g/g/dia) (RGR) = $B \div (Z \times T)$; taxa metabólica relativa (g/g/dia) (RMR) = $M \div (Z \times T)$; digestibilidade aproximada (%) (AD) = $[(I - F) \div I] \times 100$; eficácia de conversão do alimento ingerido (%) (ECI) = $(B \div I) \times 100$; eficácia de conversão do alimento ingerido (%) = $100 - ECD$ e custo metabólico (%) = $100 - ECD$ (Waldbauer, 1968; Scriber & Slansky Junior, 1981). O delineamento foi inteiramente casualizado, com uma lagarta por repetição. As lagartas sobreviventes compuseram os tratamentos. Médias dos dados dos Índices Nutricionais foram comparadas com o teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,0001$) usando o programa computacional BioEstat 5,0 (Fornecedor: UFG) (Ayres *et al.*, 2007).

RESULTADOS

Rendimento das extrações

O rendimento da extração do óleo essencial de *C. longa* com hexano foi de 0,39% (m.m⁻¹) (1,93 g) e o de *ar-turmerona* desse óleo essencial de 82% (m.m⁻¹) após as separações cromatográficas do material de partida (1,58 g).

Dados de espectroscopia para *ar-turmerona*

A espectroscopia de RMN do óleo essencial purificado sugere uma estrutura de cetona α,β -insaturada com um anel aromático *para*-dissubstituído. O espectro de RMN ¹H mostrou sinais de hidrogênios alifáticos em δ_H 1,85 (*d*, $J = 1,3$ Hz, 3H) e δ_H 2,10 (*d*, $J = 1,3$ Hz, 3H), compatíveis com metilas ligadas a carbono insaturado β a grupo carbonílico e sinais em δ_H 1,23 (*d*, $J = 1,3$ Hz, 3H) e δ_H 3,28 (*ddq*, $J = 8,1; 6,9; 6,3$ Hz, 1H), referindo a uma metila ligada a um grupo metino benzílico. Um singlete em δ_H 2,30 (*s*, 3H) indica uma metila ligada ao anel aromático. Dubletes de dubletes em δ_H 2,60 (*dd*, $J = 15,61; 8,1$ Hz) e δ_H 2,70 (*dd*, $J = 15,61; 6,3$ Hz) compatíveis com CH₂ diastereotópico vizinho de grupos carbonila e metino, sugerem que a parte alifática é um sesquiterpeno do tipo bisabolano (Figura 2). Sinais na região olefínica caracterizam hidrogênio ligado à dupla ligação na posição α do grupo carbonila em δ_H 6,02 (septeto, $J = 1,3$ Hz, 1H) e de multiplete na região do aromático δ_H 7,09 (*m*, 4H) (Tabela 1).

Atividade repelente de *ar-turmerona* contra *Sitophilus zeamais*

Ar-turmerona mostrou atividade repelente contra *S. zeamais* durante os 45 dias do período de exposição, como mostrado pelos valores de IP. Os valores de IP de -0,087 (50 μ L, 30 dias) a -0,485 (10 μ L, 15 dias), negativos e menores que -0,1, caracterizaram o composto como sendo repelente, exceto para a concentração de 50 μ L durante 30 dias do período de exposição (-0,087 \pm 0,202), considerado neutro. A análise estatística multivariada (teste F; $P \leq 0,05$; ANOVA), como função da concentração e tempo de aplicação, mostrou similaridade entre tratamentos, caracterizando a *ar-turmerona* como um potente repelente natural, mesmo em baixas concentrações (10 μ L por 20 g de grãos de milho) (Tabela 2).

Inibição da alimentação de *ar-turmerona*: peso de *Sitophilus zeamais*

O peso de indivíduos de *S. zeamais* foi semelhante entre tratamentos durante um período de 15 dias (Tabela 3).

Mortalidade de *Sitophilus zeamais* após alimentação de *ar-turmerona*

A mortalidade de *S. zeamais* com *ar*-turmerona a 1% (m.m^{-1}) foi 100% em apenas seis dias e 50% com a concentração de 0,1% após 15 dias de exposição (Tabela 4).

Efeito ovicida de *ar*-turmerona sobre *Spodoptera frugiperda*

Ar-turmerona reduziu a taxa de eclosão de lagartas de ovos recém-depositados, ou com um ou dois dias de idade de *S. frugiperda* em 77,77%; 83,33% e 92,45%, respectivamente. Os tratamentos com *ar*-turmerona a 1% resultaram em menores taxas de eclosão que no controle, exceto para ovos de um dia de idade (Mann-Whitney; $P \leq 0,05$) (Tabela 5).

Mortalidade e efeito colateral nas lagartas sobreviventes de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com *ar*-turmerona

A *ar*-turmerona causou uma mortalidade de lagartas de *S. frugiperda* de 58,33%. A aplicação de 100 μL /lagarta (0,1 mL da solução de *ar*-turmerona a 1%), o composto reduziu o desenvolvimento desse inseto. A largura da cápsula cefálica de lagartas de *S. frugiperda* expostas a *ar*-turmerona foi reduzida em 60% comparado ao controle (0,099 cm e 0,245 cm, respectivamente). O comprimento das lagartas foi reduzido em 59,6% (0,59 cm e 1,46 cm, respectivamente) e o peso em 93,8% ($3,2 \times 10^{-3}$ g e $52,2 \times 10^{-3}$ g, respectivamente) em comparação com controle (Tabela 6).

Índices Nutricionais de *Spodoptera frugiperda* alimentada com *ar*-turmerona

O crescimento de *S. frugiperda* com *ar*-turmerona aplicada sobre a dieta artificial foi inibido (Tabela 7).

DISCUSSÃO

Os valores de rendimento indicam que 3,2 g de *ar*-turmerona estão presentes por 1.000 g de rizomas dessa planta cultivada em Catalão, Goiás, Brasil. Altas porcentagens de *ar*-turmerona em extratos apolares e óleos essenciais de *C. longa* têm sido relatados na China, Índia, Nigéria, Paquistão e nas ilhas de São Tomé e Ilha do Príncipe (Martins *et al.*, 2001; Raina *et al.*, 2005; Qin *et al.*, 2007; Ajaiyeoba *et al.*, 2008). A composição quantitativa e qualitativa de metabólitos secundários depende dos fatores genéticos e condições ambientais da área onde a planta está se desenvolvendo, com variações nos teores do óleo essencial de *C. longa* de diferentes localidades (Bansal *et al.*, 2002; Chane-Ming *et al.*, 2002; Naz *et al.*, 2011). *Curcuma longa* pode ser cultivada a baixo

custo e sustentável no Brasil com mão-de-obra familiar, período de plantio e espaçamento adequados, e adubação orgânica com 50 t de esterco bovino por ha (Sigrist *et al.*, 2011).

Os espectros de correlação de HSQC e HMBC e os picos [m/z 55 ($C_4H_7^+$), m/z 83 ($C_5H_7O^+$) (pico base) e m/z 119 ($C_9H_{11}^+$)] suportaram a estrutura proposta (Bansal *et al.*, 2002). Os dados de espectroscopia para *ar*-turmerona estão em acordo com Lee *et al.* (2001).

A repelência de *S. zeamais*, como mostrado pelos valores de IP, sugere que *ar*-turmerona pode ser usada no manejo integrado dessa praga em grãos armazenados, com apenas 5 g desse composto por tonelada de milho. A atividade inseticida e repelente de plantas com compostos aromáticos da família Zingiberaceae [*Aframomum melegueta* (Rosk) K. Schum, *Alpinia conchigera* Griff, *Curcuma zedoaria* (Berg.) Roscoe, *Zingiber officinale* (Roscoe) e *Zingiber zerumbet* Smitt] e seus óleos essenciais contra *S. zeamais* em grãos armazenados foi observada (Ukeh *et al.*, 2010; Suthisut *et al.*, 2011). Óleos essenciais de *C. longa* apresentaram repelência contra *Tribolium castaneum* Herbst, 1797 (Coleoptera: Tenebrionidae) (Iqbal *et al.*, 2010b) e *Musca domestica* L., 1758 (Diptera: Muscidae) (Kumar *et al.*, 2011), o que foi atribuído às turmeronas e *ar*-turmerona dos mesmos (Li *et al.*, 2010; Xiao *et al.*, 2011). Óleos essenciais de rizomas de *C. longa* repeliram *T. castaneum* (Chander *et al.*, 2000; Tripathi *et al.*, 2002) e um extrato apolar em acetona, éter de petróleo e clorofórmio dessa planta repeliram *Sitophilus oryzae* L., 1763 (Coleoptera: Curculionidae) e *Rhyzopertha dominica* F., 1792 (Coleoptera: Bostrychidae) (Matter *et al.*, 2008). A repelência de óleos essenciais de produtos de plantas com propriedades inseticidas [*Eugenia uniflora* L., 1753 (Myrtaceae), eugenol de *Syzygium aromaticum* (L.) Merrill & Perry (Myrtaceae), frutos verdes de *Schinus terebinthifolius* Raddi, 1820 (Anacardiaceae) e de *Piper marginatum* L. (Piperaceae), *Peumus boldus* Molina (Monimiaceae), *Piper hispidinervum* C. DC. (Piperaceae), *Melaleuca leucadendron* L. (Myrtaceae) e casca das plantas de laranjeira e de limeira (Rutaceae)] mostraram um baixo efeito residual sobre *S. zeamais*, especialmente, sob luz solar pela razão dos efeitos de raios ultravioletas (Betancur *et al.*, 2010; Coitinho *et al.*, 2010). O óleo essencial de *Elettaria cardamomum* Maton. (Zingiberaceae) em altas concentrações, reduziu a preferência alimentar de *S. zeamais* e de *T. castaneum* (Huang *et al.*, 2000). O óleo essencial de *C. longa* a 165 mg.g⁻¹ reduziu a alimentação de *S. oryzae* (Tripathi *et al.*, 2002).

O semelhante peso de indivíduos de *S. zeamais* durante um período de 15 dias mostra que o óleo essencial de *ar-turmerona* não apresenta atividade antialimentar sobre esse inseto.

A mortalidade de *S. zeamais* com *ar-turmerona* a 1% e 0,1% (m.m^{-1}) aumentou com a maior concentração desse óleo essencial, embora o óleo não tivesse atividade antialimentar sobre *S. zeamais*. A mortalidade de adultos de *S. zeamais* resultou da ingestão do composto por este inseto, sugerindo um efeito tóxico de *ar-turmerona* sobre *S. zeamais*. A mortalidade de *R. dominica* foi 83,3% com extrato de *C. longa* em acetona, mas esse produto não foi eficaz contra *S. oryzae*, resultando, apenas, em baixa mortalidade (20,4%) na concentração de 4% em éter de petróleo, embora tivesse um maior efeito (90,8%) sobre *R. dominica* (Matter *et al.*, 2008).

A taxa de eclosão de lagartas de *S. frugiperda* mostrou uma menor susceptibilidade de ovos mais velhos a *ar-turmerona*, o que poderia ser o resultado da espessura da membrana externa dos ovos nesse estágio, os quais são ricos, principalmente, em depósito de lipídeos (Tavares *et al.*, 2009). Além disso, *ar-turmerona* poderia ser usada como um meio de controle da eclosão de lagartas de ovos de *S. frugiperda*, portanto, reduzindo o impacto das lagartas sobre as culturas (Tavares *et al.*, 2010a, 2010b, 2011). *Ar-turmerona* pode ter danificado essa membrana externa do ovo devido ao seu caráter lipofílico, com semelhante porcentagem de eclosão de lagartas de ovos recém-depositados ou dois dias de idade de *S. frugiperda*. Portanto, *ar-turmerona* poderia ser um agente promissor para o controle de *S. frugiperda*.

Os menores valores dos parâmetros biológicos de lagartas expostas a *ar-turmerona* confirmam a alta toxicidade desse composto a *S. frugiperda* e o fato de que, embora não letal, pode reduzir o desenvolvimento e, portanto, o dano e o número de descendentes produzidos por esse inseto. Indivíduos descendentes daqueles que ingeriram *ar-turmerona* mostraram anomalias, com um desenvolvimento mais lento e foram, geralmente, mais fracos; por isto, os mesmos podem ser mais propensos a serem presa fácil no campo. O fornecimento de extratos de folhas de *C. longa* reduziu em 69% o peso de lagartas de *Helicoverpa armigera* Hübner, 1805 (Lepidoptera: Noctuidae) (Kathuria & Kaushik, 2006). A progênie pupal de *Bactrocera zonata* Saunders, 1841 (Diptera: Tephritidae) foi reduzida em 67,90%; 60,74% e 51,96% de tratamentos com extratos de *C. longa* a 1.000, 500 e 250 ppm e a mortalidade de adultos em 84,68%; 79,03% e 67,74%, respectivamente (Siddiqi *et al.*, 2011).

O peso seco do alimento ingerido, fezes produzidas, ganho de peso e peso seco do alimento assimilado e metabolizado foram menores para lagartas alimentadas com

ar-turmerona. Além disso, os parâmetros de RCR, RMR, RGR, AD, ECI, ECD e custo metabólico foram semelhantes entre tratamentos, o que pode ser devido ao baixo número de lagartas avaliadas e período larval estudado (3 a 13 dias de período larval). As acetogeninas (almunequina, asimicina, cherimolina-1, cherimolina-2, itrabina, motrilina, neoanonina e tucumanina) de *Annona cherimoya* Mill. (Annonaceae) não foram antialimentares, mas a acetogenina esquamocina dessa planta reduziu a eficiência de conversão do alimento em biomassa por lagartas de *S. frugiperda* (Colom *et al.*, 2007). O inseticida botânico rotenona (C₂₃H₂₂O₆), com atividade piscicida e pesticida, causou sintomas do Mal de Parkinson quando injetada em ratos, efeitos não-letais pós-ingestão sobre a digestão e absorção de alimento e sobre sua conversão em biomassa por lagartas de *S. frugiperda*. Isto sugere resistência relativa desse inseto a esse inseticida (Wheeler *et al.*, 2001).

CONCLUSÕES

A *ar*-turmerona foi tóxica para *S. zeamais* e *S. frugiperda* em baixas doses. Esse sesquiterpeno tem ação repelente contra *S. zeamais* e pode persistir no ambiente por 45 dias a uma dose de 10 µL por 20 g de grãos de milho. Portanto, a *ar*-turmerona pode ser uma alternativa de menor custo e sustentável no Brasil para o Manejo Integrado de Pragas (MIP) dessas espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology** 18 (2), 265-267.
- Adamczyk, J.J.; Leonard, B.R.; Graves, J.B., 1999. Toxicity of selected insecticides to fall armyworms (Lepidoptera: Noctuidae) in laboratory bioassay studies. **Florida Entomologist** 82 (2), 230-236.
- Ajaiyeoba, E.O.; Sama, W.; Essien, E.E.; Olayemi, J.O.; Ekundayo, O.; Walker, T.M.; Setzer, W.N., 2008. Larvicidal activity of turmerone-rich essential oils of *Curcuma longa* leaf and rhizome from Nigeria on *Anopheles gambiae*. **Pharmaceutical Biology** 46 (4), 279-282.
- Al-Sarar, A.; Hall, F.R.; Downer, R.A., 2006. Impact of spray application methodology on the development of resistance to cypermethrin and spinosad by fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith). **Pest Management Science** 62 (11), 1023-1031.

- Ali, B.H.; Marrif, H.; Noureldayem, S.A.; Bakheit, A.O.; Blunden, G., 2006. Some biological properties of curcumin: a review. **Natural Product Communications** 1 (6), 509-521.
- Ayres, M.; Ayres Júnior, M.; Ayres, D.L.; Santos, A.A., 2007. BIOESTAT – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. ONG Mamiraua. Belém, Pará.
- Bambirra, M.L.A.; Junqueira, R.G.; Gloria, M.B., 2002. Influence of post-harvest processing conditions on yield and quality of ground turmeric (*Curcuma longa* L.). **Brazilian Archives of Biology and Technology** 45 (4), 423-429.
- Bansal, R.P.; Bahl, J.R.; Garg, S.N.; Naqvi, A.A.; Kumar, S., 2002. Differential chemical compositions of the essential oils of the shoot organs, rhizomes and rhizoids in the turmeric *Curcuma longa* grown in indo-grangetic plains. **Pharmaceutical Biology** 40 (5), 384-389.
- Barros, E.M.; Torres, J.B.; Bueno, A.F., 2010. Oviposition, development, and reproduction of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) fed on different hosts of economic importance. **Neotropical Entomology** 39 (6), 996-1001.
- Betancur, J.; Silva, G.; Rodriguez, J.C.; Fischer, S.; Zapata, N., 2010. Insecticidal activity of *Peumus boldus* Molina essential oil against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Chilean Journal of Agricultural Research** 70 (3), 399-407.
- Blessing, L.D.; Colon, O.A.; Popich, S.; Neske, A.; Bardon, A., 2010. Antifeedant and toxic effects of acetogenins from *Annona montana* on *Spodoptera frugiperda*. **Journal of Pest Science** 83 (3), 307-310.
- Busato, G.R.; Gurtzmacher, A.D.; Garcia, M.S.; Giolo, F.P.; Nornberg, S.D., 2004. Consumption and utilization of food by *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) at two different temperatures. **Ciência e Agrotecnologia** 28 (6), 1278-1283.
- Castro, A.A.; Lacerda, M.C.; Zanuncio, T.V.; Ramalho, F.D.; Polanczyk, R.A.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2012. Effect of the insect growth regulator diflubenzuron on the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Ecotoxicology** 21 (1), 96-103.
- Chander, H.; Ahuja, D.K.; Nagender, A.; Berry, S.K., 2000. Repellency of different plant extracts and commercial formulations used as prophylactic sprays to protect bagged grain against *Tribolium castaneum* - A field study. **Journal of Food Science and Technology-Mysore** 37 (6), 582-585.

- Chane-Ming, J.; Vera, R.; Chalchat, J.C.; Cabassu, P., 2002. Chemical composition of essential oils from rhizomes, leaves and flowers of *Curcuma longa* L. from Reunion Island. **Journal of Essential Oil Research** 14 (4), 249-251.
- Chattopadhyay, I.; Biswas, K.; Bandyopadhyay, U.; Banerjee, R.K., 2004. Turmeric and curcumin: biological actions and medicinal applications. **Current Science** 87 (10), 44-53.
- Coitinho, R.L.B.D.; de Oliveira, J.V.; Gondim Júnior, M.G.C.; da Câmara, C.A.G., 2010. Persistence of essential oils in stored maize submitted to infestation of maize weevil. **Ciência Rural** 40 (7), 1492-1496.
- Colom, O.A.; Neske, A.; Popich, S.; Bardon, A. 2007. Toxic effects of annonaceous acetogenins from *Annona cherimolia* (Magnoliales: Annonaceae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Pest Science** 80 (1), 63-67.
- Cruz, I.; Figueiredo, M.L.C.; Oliveira, A.C.; Vasconcelos, C.A., 1999. Damage of *Spodoptera frugiperda* (Smith) in different maize genotypes cultivated in soil under three levels of aluminium saturation. **International Journal of Pest Management** 45 (4), 293-296.
- Damalas, C.A., 2011. Potential uses of turmeric (*Curcuma longa*) products as alternative means of pest management in crop production. **Plant Omics** 4 (3), 136-141.
- Demissie, G.; Tefera, T.; Tadesse, A., 2008. Importance of husk covering on field infestation of maize by *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera: Curculionidea) at Bako, Western Ethiopia. **African Journal of Biotechnology** 7 (20), 3774-3779.
- Figueiredo, M.L.C.; Cruz, I.; Della Lucia, T.M.C., 1999. Integrated control of *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbott) using the parasitoid *Telenomus remus* Nixon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 34 (11), 1975-1982.
- Fouad, H.A.; Faroni, L.R.D.; Ribeiro, R.C.; Tavares, W.D.; Petacci, F., 2012. Extraction and repellent activity of *Lepidoploa aurea* and *Memora nodosa* against stored grain and byproduct pests. **Vie et Milieu-Life and Environment** 62 (1), 11-15.
- Hammerschmidt, D.E., 1997. *Curcuma longa*: culinary turmeric. **Journal of Laboratory and Clinical Medicine** 130 (6), 656-656.
- Hell, K.; Cardwell, K.F.; Setamou, M.; Schulthess, F., 2000. Influence of insect infestation on aflatoxin contamination of stored maize in four agroecological regions in Benin. **African Entomology** 8 (2), 169-177.

- Hossain, M.A., 2010. Effects of harvest time on shoot biomass and yield of turmeric (*Curcuma longa* L.) in Okinawa, Japan. **Plant Production Science** 13 (1), 97-103.
- Huang, Y.; Lam, S.L.; Ho, S.H., 2000. Bioactivities of essential oil from *Elletaria cardamomum* (L.) Maton. to *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). **Journal of Stored Products Research** 36 (2), 107-117.
- Huang, Y.Z.; Hua, H.X.; Li, S.G.; Yang, C.J., 2011. Contact and fumigant toxicities of calamusenone isolated from *Acorus gramineus* rhizome against adults of *Sitophilus zeamais* and *Rhizopertha dominica*. **Insect Science** 18 (2), 181-188.
- Iqbal, J.; Jilani, G.; Aslam, M., 2010a. Growth inhibiting effects of plant extracts against the grain moth, *Sitotroga cerealella* (Oliv.) (Gelechiidae: Lepidoptera). **Pakistan Journal of Zoology** 42 (5), 597-601.
- Iqbal, J.; Qayyum, A.; Mustafa, S.Z., 2010b. Repellent effect of ethanol extracts of plant materials on *Tribolium castaneum* (Herbst) (Tenebrionidae: Coleoptera). **Pakistan Journal of Zoology** 42 (1), 81-86.
- Kathuria, V.; Kaushik, N., 2006. Evaluation of insecticidal property of some plant species against *Helicoverpa armigera*. **Indian Journal of Agricultural Sciences** 76 (10), 614-617.
- Kumar, P.; Mishra, S.; Malik, A.; Satya, S., 2011. Repellent, larvicidal and pupicidal properties of essential oils and their formulations against the housefly, *Musca domestica*. **Medical and Veterinary Entomology** 25 (3), 302-310.
- Lale, N.E.S.; Yusuf, B.A., 2000. Insect pests infesting stored pearl millet *Pennisetum glaucum* (L.) R-Br. in northeastern Nigeria and their damage potential. **Cereal Research Communications** 28 (1-2), 181-186.
- Larrain, P.I.; Araya, J.E.; Paschke, J.D., 1995. Methods of infestation of sorghum lines for the evaluation of resistance to the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Crop Protection** 14 (7), 561-564.
- Lee, H.S.; Shin, W.K.; Song, C.; Cho, K.Y.; Ahn, Y.J., 2001. Insecticidal activities of *ar*-turmerone identified in *Curcuma longa* rhizome against *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) and *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae). **Journal of Asia Pacific Entomology** 4 (2), 181-185.
- Li, R.; Xiang, C.; Zhang, X.; Guo, D.A.; Ye, M., 2010. Chemical analysis of the Chinese herbal medicine turmeric (*Curcuma longa* L.). **Current Pharmaceutical Analysis** 6 (4), 256-268.
- Mariyappan, H.; Vijayaragavan, M., 2007. Processing of turmeric (*Curcuma longa* L.) rhizomes to maintain its medicinal properties. **Plant Archives** 7 (2), 927-928.

- Martins, A.P.; Salgueiro, L.; Gonçalves, M.J.; da Cunha, A.P.; Vila, R.; Canigual, S.; Mazzoni, V.; Tomi, F.; Casanova, J., 2001. Essential oil composition and antimicrobial activity of three Zingiberaceae from S.Tome e Príncipe. **Planta Medica** 67 (6), 580-584.
- Matter, M.M.; Salem, S.A.; Abou-Ela, R.G.; El-Kholy, M.Y., 2008. Toxicity and repelency of *Trigonella foenum* L. and *Curcuma longa* L. extracts to *Sitophilus oryzae* (L.) and *Rhizopertha dominica* (Fab.) (Coleoptera). **Egyptian Journal of Biological Pest Control** 18 (1), 149-154.
- Naz, S.; Ilyas, S.; Jabeen, S.; Parveen, Z., 2011. Composition and antibacterial activity of the essential oil from the rhizome of turmeric (*Curcuma longa* L.). **Asian Journal of Chemistry** 23 (4), 1639-1642.
- Palaniswamy, U.R., 2001. Human dietetics and Asian food crops. **HortTechnology** 11 (4), 504-509.
- Pereira, L.G.B.; Petacci, F.; Fernandes, J.B.; Correa, A.G.; Vieira, P.C.; da Silva, M.F.G.F.; Malaspina, O., 2002. Biological activity of astilbin from *Dimorphandra mollis* against *Anticarsia gemmatalis* and *Spodoptera frugiperda*. **Pest Management Science** 58 (5), 503-507.
- Qin, N.Y.; Yang, F.Q.; Wang, Y.T.; Li, S.P., 2007. Quantitative determination of eight components in rhizome (Jianghuang) and tuberous root (Yujin) of *Curcuma longa* using pressurized liquid extraction and gas chromatography-mass spectrometry. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis** 43 (2), 486-492.
- Raina, V.K.; Srivastava, S.K.; Syamsundar, K.V., 2005. Rhizome and leaf oil composition of *Curcuma longa* from the lower Himalayan region of northern India. **Journal of Essential Oil Research** 17 (5), 556-559.
- Scriber, J.M.; Slansky Junior, F. 1981. The nutritional ecology of immature insects. **Annual Review of Entomology** 26, 183-211.
- Senna, D.Q.; Pinto, F.A.C.; Queiroz, D.M.; Viana, P.A., 2003. Fall armyworm damaged maize plant identification using digital images. **Biosystems Engineering** 85 (4), 449-454.
- Sharma, G.J.; Chirangini, P.; Kishor, R., 2011. Gingers of Manipur: diversity and potentials as bioresources. **Genetic Resources and Crop Evolution** 58 (5), 753-767.
- Siddiqi, A.R.; Rafi, A.; Naz, F.; Masih, R.; Ahmad, I.; Jilani, G., 2011. Effects of *Curcuma longa* extracts on mortality and fecundity of *Bactrocera zonata* (Diptera: Tephritidae). **Ciência e Agrotecnologia** 35 (6), 1110-1114.

- Sigrist, M.S.; Pinheiro, J.B.; de Azevedo, J.A.; Zucchi, M.I., 2011. Genetic divergence among Brazilian turmeric germplasm using morpho-agronomical descriptors. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 11 (1), 70-76.
- Sukari, M.A.; Rashid, N.Y.; Neoh, B.K.; Abu Bakar, N.H.; Riyanto, S.; Ee, G.C.L., 2010. Larvicidal activity of some *Curcuma* and *Kaempferia* rhizome extracts against dengue fever mosquito *Aedes aegypti* Linnaeus (Diptera: Culicidae). **Asian Journal of Chemistry** 22 (10), 7915-7919.
- Suthisut, D.; Fields, P.G.; Chandrapatya, A., 2011. Contact toxicity, feeding reduction, and repellency of essential oils from three plants from the ginger family (Zingiberaceae) and their major components against *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum*. **Journal of Economic Entomology** 104 (4), 1445-1454.
- Tavares, W.S.; Costa, M.A.; Cruz, I.; Silveira, R.D.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2010a. Selective effects of natural and synthetic insecticides on mortality of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and its predator *Eriopsis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Environmental Science and Health Part B-Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes** 45 (6), 557-561.
- Tavares, W.S.; Cruz, I.; Fonseca, F.G.; Gouveia, N.L.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2010b. Deleterious activity of natural products on postures of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae). **Zeitschrift fur Naturforschung C-A Journal of Biosciences** 65 (5-6), 412-418.
- Tavares, W.S.; Cruz, I.; Petacci, F.; Freitas, S.S.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2011. Insecticide activity of piperine: toxicity to eggs of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) and phytotoxicity on several vegetables. **Journal of Medicinal Plants Research** 5 (21), 5301-5306.
- Tavares, W.D.; Cruz, I.; Petacci, F.; de Assis, S.L.; Freitas, S.D.; Zanuncio, J.C.; Serrão, J.E., 2009. Potential use of Asteraceae extracts to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity to their parasitoids *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae). **Industrial Crops and Products** 30 (3), 384-388.
- Tigar, B.J.; Key, G.E.; Flores, M.E.; Vazquez, M., 1994. Field and post-maturation infestation of maize by stored-product pests in Mexico. **Journal of Stored Products Research** 30 (1), 1-8.

- Tilak, J.C.; Banerjee, M.; Mohan, H.; Devasagayam, T.P.A., 2004. Antioxidant availability of turmeric in relation to its medicinal and culinary uses. **Phytotherapy Research** 18 (10), 798-804.
- Tripathi, A.K.; Prajapati, V.; Verma, N.; Bahl, J.R.; Bansal, R.P.; Khanuja, S.P.S.; Kumar, S., 2002. Bioactivities of the leaf essential oil of *Curcuma longa* (Var. Ch-66) on three species of stored-product beetles (Coleoptera). **Journal of Economic Entomology** 95 (1), 183-189.
- Ukeh, D.A.; Birkett, M.A.; Bruce, T.J.A.; Allan, E.J.; Pickett, J.A.; Mordue, A.J., 2010. Behavioural responses of the maize weevil, *Sitophilus zeamais*, to host (stored-grain) and non-host plant volatiles. **Pest Management Science** 66 (1), 44-50.
- Vazquez-Castro, J.A.; de Baptista, G.C.; Trevisan, L.R.P.; Gadanha, C.D., 2009. Flight activity of *Sitophilus oryzae* (L) and *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera: Curculionidae) and its relationship with susceptibility to insecticides. **Neotropical Entomology** 38 (3), 405-409.
- Vianna, U.R.; Pratisoli, D.; Zanuncio, J.C.; Lima, E.R.; Brunner, J.; Pereira, F.F.; Serrão, J.E., 2009. Insecticide toxicity to *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females and effect on descendant generation. **Ecotoxicology** 18 (2), 180-186.
- Xiao, Y.C.; Xie, J.; Yu, M.; Ran, J.; Xi, Z.; Li, W.; Huang, J., 2011. Bisabocurcumin, a new skeleton curcuminoid from the rhizomes of *Curcuma longa* L. **Chinese Chemical Letters** 22 (12), 1457-1460.
- Waldbauer, G.P. 1968. The consumption and utilization of food by insects. **Advances in Insect Physiology** 5 (7), 229-288.
- Wheeler, G.S.; Slansky, F.; Yu, S.J. 2001. Food consumption, utilization and detoxification enzyme activity of larvae of three polyphagous noctuid moth species when fed the botanical insecticide rotenone. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 98 (2), 225-239.
- Zhang, J.S.; Guan, J.; Yang, F.Q.; Liu, H.G.; Cheng, X.J.; Li, S.P., 2008. Qualitative and quantitative analysis of four species of *Curcuma* rhizomes using twice development thin layer chromatography. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis** 48 (3), 1024-1028.

Tabela 1. Dados espectrais de Ressonância Magnética Nuclear (RMN) de ^1H e ^{13}C para *ar*-turmerona em clorofórmio deuterado (CDCl_3)

Posição	δ ^1H (multiplicidade, J Hz)	δ ^{13}C	Posição	δ ^1H (multiplicidade, J Hz)	δ ^{13}C
1	2,10 (<i>d</i> , 1,3)	20,7	8	1,85 (<i>d</i> , 1,3)	27,4
2	-	155,1	9	-	143,7
3	6,02 (<i>sept</i> , 1,3)	124,1	10	7,09 (<i>m</i>)	126,7
4	-	199,5	11	7,09 (<i>m</i>)	129,1
5a	2,60 (<i>dd</i> , 15,61; 8,1)	52,7	12	-	135,2
5b	2,70; (<i>dd</i> , 15,61; 6,3)	52,7	13	7,09 (<i>m</i>)	129,1
6	3,28 (<i>ddq</i> , 8,1; 6,9; 6,3)	35,4	14	7,09 (<i>m</i>)	126,7
7	1,23 (<i>d</i> , 1,3)	21,9	15	2,30 (<i>s</i>)	20,9

Atribuições de RMN de ^1H e ^{13}C estão baseadas nos espectros de ^1H , “Heteronuclear Single Quantum Coherence” (HSQC) e “Heteronuclear Multiple Bond Correlation” (HMBC).

Tabela 2. Atividade repelente residual (média \pm erro padrão do valor do Índice de Preferência) de *ar-turmerona* sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) durante 45 dias

Dia	10 μ L	20 μ L	30 μ L	40 μ L	50 μ L
1	-0,323 \pm 0,145	-0,351 \pm 0,153	-0,468 \pm 0,189	-0,269 \pm 0,173	-0,279 \pm 0,165
15	-0,485 \pm 0,059	-0,456 \pm 0,172	-0,209 \pm 0,272	-0,232 \pm 0,210	-0,245 \pm 0,088
30	-0,196 \pm 0,175	-0,148 \pm 0,162	-0,145 \pm 0,136	-0,238 \pm 0,207	-0,087 \pm 0,202
45	-0,224 \pm 0,174	-0,179 \pm 0,025	-0,270 \pm 0,184	-0,155 \pm 0,141	-0,173 \pm 0,080

Médias entre as concentrações de *ar-turmerona*, por linha e período de armazenamento, não diferem pelo Teste F; $P \leq 0,05$; ANOVA; BioEstat 5,0. (2007).

Tabela 3. Peso (g) (média dos indivíduos sobreviventes \pm erro padrão) de adultos de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) após atividade inseticida de *ar-turmerona* durante 15 dias

Dia	Controle	Controle - solvente	1%	0,1%
0	0,0025 \pm 3,16E ⁻⁰⁵	0,0025 \pm 0,00002	0,0025 \pm 8,6E ⁻⁰⁵	0,0025 \pm 3,16E ⁻⁰⁵
7	0,0025 \pm 4,90E ⁻⁰⁵	0,0023 \pm 5,83E ⁻⁰⁵	INC	0,0024 \pm 5,83E ⁻⁰⁵
15	0,0025 \pm 3,74E ⁻⁰⁵	0,0024 \pm 3,74E ⁻⁰⁵	INC	0,0023 \pm 7,07E ⁻⁰⁵

Médias entre tratamentos, por linha e período de atividade de *ar-turmerona*, não diferem pelo Teste F; $P \leq 0,05$; ANOVA; BioEstat 5,0. (2007). INC = insetos não contados.

Tabela 4. Indivíduos mortos (média \pm erro padrão da média) de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) após tratamento com *ar-turmerona* e eficiência (E^a) (%) para as concentrações

Dia	Controle	Controle - solvente	1%	E% ^a	0,1%	E% ^a
3	0,2 \pm 0,4	0,0 \pm 0,0	01,0 \pm 1,20	03,99	00,6 \pm 0,50	01,99
7	0,4 \pm 0,5	1,8 \pm 1,8	20,0 \pm 0,00	97,98	05,0 \pm 3,10	22,98
15	5,4 \pm 5,8	7,0 \pm 4,7	20,0 \pm 0,00	72,73	10,0 \pm 6,30	22,73

^aAbbott (1925).

Tabela 5. Número de lagartas (média \pm erro padrão) de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eclodidas após tratamento com *ar*-turmerona a 1% e eficiência (E^a) (%) por idade de ovos

Idade	<i>P</i> valor ^b	Média \pm erro padrão	E% ^a
Recém-depositados	0,0081	2,8 \pm 1,46	48,63
Controle (acetona)		12,6 \pm 2,38	-
Um dia	0,0586	0,6 \pm 0,60	14,18
Controle (acetona)		3,6 \pm 2,20	-
Dois dias	0,0045	0,8 \pm 0,80	48,53
Controle (acetona)		10,6 \pm 1,88	-

^aAbbott (1925). ^bTeste de Mann-Whitney; $P \leq 0,05$; BioEstat 5,0. (2007).

Tabela 6. Parâmetros biológicos (média \pm erro padrão) e eficiência (E^a) (%) da atividade de ingestão de *ar*-turmerona por *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em dieta artificial

	<i>Ar</i> -turmerona	Controle
Eficiência (%) ^a	58,33	-
Largura da cápsula cefálica (mm)	0,99 \pm 0,420 a	2,45 \pm 0,14 b
Peso do corpo (mg)	3,20 \pm 0,766 a	52,20 \pm 5,80 b
Comprimento do corpo (mm)	5,90 \pm 0,520 a	14,60 \pm 0,75 b

^aAbbott (1925). Médias seguidas de mesma letra minúscula, por linha, não diferem pelo Teste de Mann-Whitney; $P \leq 0,0001$; BioEstat 5,0. (2007).

Tabela 7. Peso seco do alimento ingerido (g), fezes produzidas (g) e ganho de peso (g); peso seco do alimento assimilado (g) e metabolizado (g) (Alim. metab.); período larval estudado (dias) (Per. larval); taxa de consumo relativo (RCR) (g/g/dia), taxa metabólica relativa (RMR) (g/g/dia), taxa de crescimento relativo (TCR) (g/g/dia), digestibilidade aproximada (AD) (%), eficiência de conversão do alimento ingerido (ECI) (%), eficiência de conversão do alimento ingerido (ECD) (%) e custo metabólico (100 – ECD) de lagartas sobreviventes de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) alimentadas com dieta artificial tratada ou não com *ar*-turmerona

Índices Nutricionais	Dieta artificial com <i>ar</i> -turmerona	Dieta artificial sem <i>ar</i> -turmerona
Alimento ingerido	0,019 ± 4,725E ⁻⁰⁴ b	0,308 ± 7,700E ⁻⁰³ a
Fezes produzidas	0,010 ± 3,226E ⁻⁰⁴ b	0,165 ± 5,323E ⁻⁰³ a
Ganho de peso	3,253E ⁻⁰³ ± 1,162E ⁻⁰⁴ b	0,053 ± 1,893E ⁻⁰³ a
Alimento assimilado	8,900E ⁻⁰³ ± 9,536E ⁻⁰⁴ b	0,143 ± 0,015 a
Alim. metab.	5,647E ⁻⁰³ ± 8,057E ⁻⁰⁴ b	0,090 ± 0,012 a
Per. larval	11	11
RCR	0,537 ± 0,016 a	0,536 ± 0,015 a
RMR	0,160 ± 0,017 a	0,157 ± 0,016 a
RGR	0,092 ± 0,002 a	0,092 ± 0,002 a
AD	47,090 ± 1,236 a	46,429 ± 1,225 a
ECI	17,212 ± 0,291 a	17,208 ± 0,288 a
ECD	36,551 ± 3,156 a	37,063 ± 3,162 a
100 – ECD	63,449 ± 3,156 a	62,937 ± 3,162 a

Valores apresentados como média ± erro padrão. Médias seguidas de mesma letra minúscula, por linha, não diferem. Teste de Mann-Whitney; $P \leq 0,0001$; BioEstat 5,0. (2007).

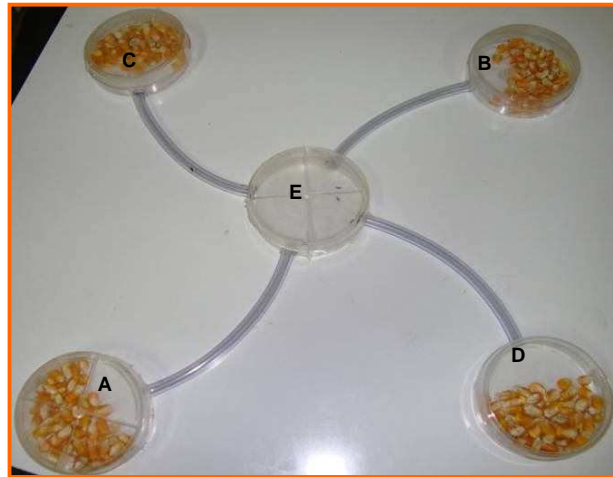


Figura 1. Arena utilizada no teste de repelência de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) por extratos de *Psychotria* spp. (Rubiaceae). Potes A e B (tratamentos) – grãos de milho, *Zea mays* (Poaceae) tratados com extratos botânicos; potes C e D (controles) – grãos de milho tratados, apenas, com etanol absoluto; pote E usado para liberação dos insetos.

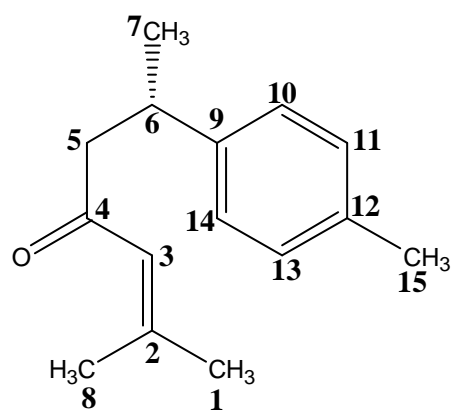


Figura 2. Estrutura química de *ar*-turmerona.

CAPÍTULO 3

**SELEÇÃO DE EXTRATOS DE CAULES E FOLHAS DE *Psychotria* SPP.
(RUBIACEAE) CONTRA *Sitophilus zeamais* (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE) E *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)
PARA PROTEÇÃO DE MILHO**

Resumo: O gorgulho-do-milho, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) e a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae) são pragas de importância econômica de milho, *Zea mays* L. (Poaceae). Plantas de *Psychotria* spp. (Rubiaceae) são ricas em compostos do metabolismo secundário que poderiam atuar como tóxicos contra essas pragas. O objetivo deste capítulo foi selecionar extratos de quatro espécies de *Psychotria* abundantes no bioma Cerrado (tipo-Savana) do Brasil para a toxicidade sobre estes dois insetos. O número de *S. zeamais* mortos por arena foi contado após três, sete, 15 e 30 dias do início da alimentação sobre grãos de milho tratados com os extratos. A massa corporal de cada *S. zeamais* foi obtida antes do início do experimento e após sete, 15 e 30 dias para se obter a atividade inibidora da alimentação dos extratos. O número de *S. zeamais* por recipiente foi contado após 24 h para avaliação da repelência dos extratos; os recipientes com os grãos de *Z. mays* foram armazenados e o ensaio refeito após 15 dias para avaliação do efeito repelente residual e cálculo do Índice de Preferência (IP). O número de lagartas eclodidas de *S. frugiperda* após tratamento dos ovos de várias idades foi contado quatro dias após a aplicação dos extratos. As lagartas que ainda estavam vivas após 11 dias da alimentação de dieta artificial tratada com os extratos tiveram a largura da sua cápsula cefálica, comprimento e peso do corpo determinados. Extratos de caules e folhas dessas plantas reduziram a taxa de eclosão, o peso e comprimento, e a largura da cápsula cefálica e causaram repelência e mortalidade destes insetos-praga. Esses efeitos variaram entre as espécies e partes (caules ou folhas) dessas plantas. Extratos de caules de *Psychotria hoffmannseggiana* (Willd. ex Roem. & Schult.) Müll. Arg. e de *Psychotria capitata* Ruiz & Pavon foram mais tóxicos para *S. zeamais* e aqueles de caules de *Psychotria goyazensis* Müll. Arg. para *S. frugiperda*; portanto, esses extratos têm potencial para serem incluídos em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP).

Palavras-chave: Gentianales, gorgulho-do-milho, lagarta-do-cartucho, repelência, toxicidade, *Zea mays*

INTRODUÇÃO

A agricultura sustentável prioriza compostos inseticidas de plantas para a produção hortícola e frutícola (Gray & Hammitt, 2000; Brahmachari, 2004). A agricultura agro-ecológica, incluindo a orgânica, proíbe o uso de pesticidas/inseticidas sintéticos, necessitando de extratos de plantas com propriedades inseticidas, como aquelas nativas do bioma Cerrado (tipo-Savana) do Brasil (Tavares *et al.*, 2012). O teor e a composição química dos princípios ativos podem variar com a espécie, estágio, idade e parte da planta e com as condições do clima e solo (Sidhu *et al.*, 2004; Li *et al.*, 2010).

A família Rubiaceae compreende mais de 2.000 espécies em, aproximadamente, 120 gêneros no Brasil (Bremer, 2009; Bremer & Eriksson, 2009). Plantas desta família são cultivadas para produção de café (*Coffea* spp.), paisagismo e aquelas para fins farmacológicos e medicinais, como do gênero *Cinchona*, a partir dos quais é produzido o alcaloide quinino (= sulfato de quinina), com propriedades analgésica, antimalárica e antitérmica; além disso, algumas espécies podem envenenar ruminantes (Artiodactyla), como as do gênero *Palicourea* (De Kochko *et al.*, 2010). *Psychotria capitata* Ruiz & Pavon (Figura 1A) tem atividades antibacteriana e antiinflamatória e tem sido estudada no tratamento da tuberculose (de Vasconcelos *et al.*, 2008; Moraes *et al.*, 2011; Willcox, 2011). *Psychotria goyazensis* Müll. Arg. (Figura 1B) produz o esteroide β -sitosterol (capaz de reduzir o nível de colesterol no sangue) e, em conjunto com *Psychotria hoffmannseggiana* (Willd. ex Roem. & Schult.) Müll. Arg. (Figura 1C) e *Psychotria prunifolia* (Kunth) Steyererm (Figura 1D), são ricas em alcaloides, que são metabólitos secundários usados como medicamentos, incluindo morfina, que alivia dores severas pelo alto poder analgésico (Faria *et al.*, 2010). Alcaloides de *Psychotria* spp. originam do aminoácido triptofano, essencial para a nutrição humana, em sua maior parte, indol não-iridoídicos, especialmente, triptamínicos e polindólicos (Leal & Elisabetsky, 1996).

O gorgulho-do-milho, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) ocorre nas regiões tropicais com infestação-cruzada, danificando grãos de milho, *Zea mays* L. (Poaceae) no armazenamento e campo, onde o processo de secagem deixa as espigas susceptíveis à infestação (Ileleji *et al.*, 2007; Dari *et al.*, 2010; Tefera *et al.*, 2011). Esse inseto pode reduzir a capacidade germinativa das sementes e facilitar o ataque de patógenos, como *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. (Eurotiales: Trichocomaceae), *Gibberella* sp., *Haematonectria* sp. (Hypocreales: Nectriaceae) e *Rhizopus* sp. (Mucorales: Mucoraceae) e de micotoxinas (aflatoxinas e fumonisina)

(Hell *et al.*, 2000; Li *et al.*, 2004; Kangolongo *et al.*, 2009). *Sitophilus zeamais* tem uma taxa de oviposição de 282,2 ovos por fêmea, seus machos vivem, em média, 142 dias e as fêmeas, 140,5 dias a 28 °C e 60% de umidade relativa do ar (Danho *et al.*, 2002; Danho & Haubruge, 2003; Akob & Ewete, 2010). Fêmeas de *S. zeamais* evitam ovipositar em grãos com teor igual ou abaixo de 12,5% de umidade, devido à dureza do revestimento dos mesmos, ou naqueles de variedades de milho resistentes (Makate, 2010; Fourar-Belaifa *et al.*, 2011; Vyavhare & Pendleton, 2011). *Sitophilus zeamais* é mais atraído por grãos danificados por insetos que aqueles intactos ou danificados mecanicamente, possivelmente, pelo odor liberado. Portanto, milho estocado com grãos danificados por insetos pode ser mais infestado por *S. zeamais* que grãos de milho intactos ou danificados mecanicamente (Trematerra *et al.*, 2007, 2013).

A lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae) ocorre durante todo o ciclo de cultivo de *Z. mays*, particularmente, durante a primeira e segunda safra (safrinha) da cultura e nos sistemas de plantio convencional e direto. Essa praga é de difícil controle, particularmente, quando suas lagartas estão no interior do cartucho, espigas ou inflorescências (feminina e masculina) de *Z. mays* (Gray & Hammitt, 2000; Williams *et al.*, 2000; Kumar, 2002). O nível de dano econômico de *S. frugiperda* é maior em milho-verde, pois o consumidor rejeita espigas ligeiramente danificadas ou de tamanho reduzido. A taxa de reprodução de *S. frugiperda* e resíduos de inseticidas nos grãos podem ser maiores em milho cultivado para conserva (minimilho), com maior densidade de plantas e ciclo mais curto (Nuessly *et al.*, 2007). A infestação de *Z. mays* por *S. frugiperda* no campo é maior quando ocorrem veranicos prolongados. No entanto, *S. frugiperda* pode ter de cinco a 10 gerações por ano em regiões sem veranicos com período de larva de 21-28 dias e 1.000 ovos por fêmea (Busato *et al.*, 2005; Murua *et al.*, 2008; de Sá *et al.*, 2009).

O objetivo foi selecionar e avaliar a toxicidade de extratos de caules e folhas de *P. capitata*, *P. goyazensis*, *P. hoffmannseggiana* e *P. prunifolia* para adultos de *S. zeamais* e ovos e lagartas de *S. frugiperda* visando à proteção do milho contra infestação por esses insetos.

MATERIAL E MÉTODOS

Local experimental do teste com *Spodoptera frugiperda* e manutenção desse inseto

A toxicidade dos extratos de Rubiaceae para *S. frugiperda* foi avaliada no Laboratório de Criação de Insetos (LACRI) do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Embrapa) em Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil em 24 ± 2 °C, 70 ± 5 % de

umidade relativa do ar e 12 h de fotoperíodo. Uma população de *S. frugiperda* é mantida no LACRI e suas lagartas são alimentadas com uma dieta artificial solidificada composta por 1 L de água; 59,3 g de germe de trigo [*Triticum aestivum* L. (Poaceae)]; 38 g de levedura de cerveja; 3,82 g de ácido ascórbico (C₆H₈O₆); 1,23 g de ácido sórbico (C₆H₈O₂); 1,3 mL de ácido propiônico (C₃H₆O₂); 0,131 mL de ácido fosfórico (H₃PO₄); 2,36 g de metil parabeno (C₈H₈O₃); 123,6 g de feijão [*Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) cv. carioquinha]; 15,35 g de ágar e 3,1 g de formaldeído (H₂CO) (Tavares *et al.*, 2009).

***Sitophilus zeamais*: local experimental e manutenção**

Testes de toxicidade de extratos de Rubiaceae sobre *S. zeamais* foram realizados no Laboratório de Produtos Naturais e Meio Ambiente (LPNMA) do Departamento de Química (DQ) da Universidade Federal de Goiás (UFG) em Catalão, Goiás, Brasil. Adultos de *S. zeamais* foram coletados em uma fazenda em Catalão onde não são utilizados produtos químicos sintéticos e criados em cinco gerações a 25 ± 3 °C em potes de vidro de 3 L com milho-pipoca, *Z. mays* var. *everta* (Sturtev.) L.H. Bailey sem resíduos químicos sintéticos.

Coleta do material vegetal e extração

Caules e folhas foram removidos com canivete de plantas com flores de *P. capitata*, *P. goyazensis*, *P. hoffmannseggiana* e *P. prunifolia* no Cerrado de Catalão, Goiás, Brasil. As coletas foram realizadas uma vez por mês por 12 meses. Este material foi colocado em sacos de plástico de 20 L no interior de caixas de poliestireno [(C₈H₈)_x] forradas com gelo e armazenado em *freezer* a 2 °C. Essas plantas foram identificadas após exame dos seus órgãos reprodutivos, feminino e masculino, de acordo com chaves e descrições taxonômicas (Watson & Dallwitz, 1992 onwards; Delprete, 2004) pelo Dr. Hélder Nagai Consolaro (UFG, Departamento de Ciências Biológicas, Catalão, Goiás, Brasil). O material foi extraído a 25 ± 2 °C em etanol (96° GL) durante sete dias; a solução foi filtrada e o solvente evaporado em um evaporador rotativo a baixa pressão. Este processo foi repetido duas vezes e, em cada tempo, diferentes rendimentos de extrato foram obtidos. Exsiccatas e duplicatas das plantas foram feitas e depositadas no herbário do Instituto de Ciências Biológicas (ICB) da UFG em Goiânia, Goiás, Brasil (Tabela 1).

Atividade antialimentar dos extratos de *Psychotria* spp. sobre *Sitophilus zeamais*

Quinze arenas, cada uma com cinco potes de plástico circulares (6 cm de diâmetro × 2,1 cm de altura), foram utilizadas. O pote central da cada arena foi conectado a outros potes por um tubo de plástico de diâmetro (0,8 mm) suficiente para permitir a passagem dos insetos. Cada pote, exceto o central, foi preenchido com 20 g de grãos de *Z. mays* colhidos na fazenda da UFG e sem resíduos químicos sintéticos. Dois potes diagonalmente opostos foram marcados como potes de tratamento e os outros dois como de controle. No total, 20 adultos não-sexados e sem alimento por 24 h após a emergência foram liberados em cada arena no pote central e os potes hermeticamente fechados. Cada tratamento teve cinco repetições (arenas) por concentração de extratos (0,05% e 0,50%, m.m⁻¹) (50 µL da solução por pote) e os potes controle tiveram, apenas, 50 µL de etanol absoluto (0%, m.m⁻¹). O número de insetos mortos por arena foi contado após três, sete, 15 e 30 dias do início do experimento e a eficiência das concentrações dos extratos calculada (Abbott, 1925). A massa corporal de cada inseto foi obtida pela diferença entre o peso antes do início do experimento e após sete, 15 e 30 dias para se obter a atividade inibidora da alimentação dos extratos. As médias destes dados foram comparadas pelo teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,05$) usando o programa computacional BioEstat 5,0 (Ayres *et al.*, 2007) (Fornecedor: UFG).

Efeito repelente dos extratos de *Psychotria* spp. sobre *Sitophilus zeamais*

Quinze arenas, semelhantes àquelas descritas no parágrafo anterior, foram usadas neste teste. Vinte gramas de grãos de *Z. mays* foram tratados com extratos de plantas (0,05%, m.m⁻¹) (50 µL da solução por pote) e 20 g de grãos utilizado como controle (tratados com 50 µL de etanol absoluto) em potes como descrito no parágrafo anterior. No total, 50 adultos recém-emergidos de *S. zeamais* foram liberados no pote central e o número de insetos por recipiente contado após 24 h. Cinco repetições (arenas) foram realizadas por tratamento. Os recipientes com os grãos de *Z. mays* foram armazenados e o ensaio refeito após 15 dias para avaliação do efeito repelente residual. O Índice de Preferência (IP) foi calculado como: $IP = \%PIT - \%Pit / (\%PIT + \%Pit)$, onde %PIT é o percentual de insetos no tratamento e %Pit o percentual de insetos na testemunha. O composto é considerado repelente com um IP entre -1,00 e -0,10; neutro, -0,10 e 0,10 e atraente, entre 0,10 e 1,00 (Fouad *et al.*, 2012). As médias foram comparadas com o teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,05$) usando o programa computacional BioEstat 5,0 (Ayres *et al.*, 2007).

Efeito dos extratos de *Psychotria* spp. sobre a eclosão de *Spodoptera frugiperda*

Folhas de papel A4 branco, com ovos recém-depositados ou com um ou dois dias de idade de *S. frugiperda*, foram cortadas e deixadas uma única camada com 20 ovos por grupo (observação: ovos dessa espécie são colocados em uma a três camadas). Ovos de diferentes idades foram obtidos: ovos recém-depositados foram retirados da gaiola de criação (70 cm de altura × 50 cm de largura × 50 cm de comprimento) e, parte dos mesmos, utilizada para o tratamento. Uma parte dos ovos recém-depositados foi armazenada durante 24 h a 24 ± 2 °C, $70 \pm 5\%$ de umidade relativa do ar e 12 h de fotoperíodo e utilizada para o tratamento com os ovos de um dia de idade e outra parte de ovos de um dia de idade armazenada durante 24 h e utilizada para o tratamento com aqueles de dois dias de idade. Pelos que a fêmea adulta deposita sobre os ovos foram retirados com alfinete de ponta grossa. Cada grupo foi colocado em copos de plástico de 50 mL com 8 g de dieta artificial sólida (Tavares *et al.*, 2009). A dieta artificial sólida é a líquida mencionada, anteriormente, após ter sido mantida a 24 ± 2 °C durante 24 h. Os extratos foram diluídos (1% em etanol absoluto, m.v⁻¹) e 50 µL da solução aplicada por grupo de 20 ovos. Em seguida, os ovos foram deixados durante 4 h a 24 ± 2 °C para a evaporação do solvente e fechados com tampas de acrílico transparente. Os ovos do controle foram tratados com 50 µL de etanol absoluto. O número de lagartas eclodidas foi contado por tratamento quatro dias após a aplicação dos extratos. O delineamento foi inteiramente casualizado, com cinco repetições e os dados da taxa de eclosão de lagartas corrigidos (Abbott, 1925) para ajuste da mortalidade natural dos insetos.

Efeito do consumo dos extratos de *Psychotria* spp. sobre *Spodoptera frugiperda*

Oito gramas de dieta artificial no estado líquido, adequada para *S. frugiperda* (Tavares *et al.*, 2009), foram colocadas em copos de plástico de 50 mL e deixados por 24 h a 24 ± 2 °C para solidificação. Os extratos foram diluídos a 1% em etanol absoluto (m.v⁻¹) e 0,1 mL da solução foi adicionada à dieta sólida em cada copo. O material foi deixado durante 4 h a 24 ± 2 °C para evaporação do solvente. Uma única lagarta de um dia de idade de *S. frugiperda* foi colocada por copo. O delineamento foi inteiramente casualizado com 24 repetições (lagartas) por tratamento (extratos e controle). As lagartas que ainda estavam vivas após 11 dias do início do tratamento foram mortas em etanol 70% e a largura da sua cápsula cefálica, comprimento e peso do corpo determinados. A largura da cápsula cefálica e o comprimento do corpo dos insetos foram determinados com régua acoplada à lupa binocular. O peso corporal foi

determinado em balança analítica digital com precisão de 0,0001 g. Os dados dos efeitos dos extratos foram corrigidos de acordo com Abbott (1925) para ajuste da mortalidade natural dos insetos e as médias comparadas com o teste de Mann-Whitney ($P \leq 0,05$) usando o programa computacional BioEstat 5,0 (Ayres *et al.*, 2007).

RESULTADOS

Rendimento das extrações das partes de *Psychotria* spp.

A eficiência da extração das folhas de *Psychotria* spp. foi 222,99% maior que a dos caules [(rendimento médio de extração de folhas, 1,46% ÷ rendimento médio de extração de caules, 0,65%) × 100]. *Psychotria capitata* apresentou o melhor rendimento entre plantas, 2,53% (rendimento médio de extração de folhas, 1,83% + rendimento médio de extração de caules, 0,70%) e as folhas de *P. capitata* apresentaram o melhor rendimento entre as diferentes partes das plantas (1,83%) (Tabela 1).

Efeitos dos extratos de *Psychotria* spp. sobre *Sitophilus zeamais*

Os efeitos dos extratos a 0,50% de caules de *P. capitata* ($F = 3,74$; $P \leq 0,05$; $df = 2,42$) e de folhas ($F = 3,39$; $P \leq 0,05$; $df = 2,42$) e caules ($F = 3,40$; $P \leq 0,05$; $df = 2,42$) de *P. hoffmannseggiana* e a 0,05% de caules de *P. goyazensis* ($F = 3,48$; $P \leq 0,05$; $df = 2,42$), *P. capitata* ($F = 3,48$; $P \leq 0,05$; $df = 2,42$) e de *P. hoffmannseggiana* ($F = 3,58$; $P \leq 0,05$; $df = 2,42$) foi maior nos 30 dias de contato com *S. zeamais* que os outros tratamentos (Tabela 2). O número de indivíduos mortos de *S. zeamais* foi maior com os extratos a 0,05% de folhas de *P. prunifolia* ($F = 2,35$; $P \leq 0,05$; $df = 11,48$) e de caules de *P. goyazensis* ($F = 2,22$; $P \leq 0,05$; $df = 11,48$), *P. capitata* ($F = 2,27$; $P \leq 0,05$; $df = 11,48$) e de *P. hoffmannseggiana* ($F = 2,28$; $P \leq 0,05$; $df = 11,48$) e a 0,50% de folhas de *P. prunifolia* ($F = 2,25$; $P \leq 0,05$; $df = 11,48$) e de *P. hoffmannseggiana* ($F = 2,23$; $P \leq 0,05$; $df = 11,48$) e de caules de *P. capitata* ($F = 2,38$; $P \leq 0,05$; $df = 11,48$) e de *P. hoffmannseggiana* ($F = 2,29$; $P \leq 0,05$; $df = 11,48$) (Tabela 3).

Massa corporal dos adultos de *Sitophilus zeamais* tratados com extratos de *Psychotria* spp.

A massa corporal de adultos de *S. zeamais* foi menor com extratos de *Psychotria* spp. a 0,50% que a 0,05%. Extratos de folhas de *P. prunifolia* e de caules de *P. capitata* e *P. hoffmannseggiana* causaram a maior redução na massa corporal de *S. zeamais* (Tabela 4).

Repelência imediata e residual dos extratos de *Psychotria* spp. sobre *Sitophilus zeamais*

Os extratos de caules e folhas de *P. capitata* e *P. hoffmannseggiana*, de acordo com a classificação de IP, foram repelentes para adultos de *S. zeamais* durante os primeiros 15 dias após a aplicação (Tabela 5). Os extratos, exceto o de folhas de *P. goyazensis*, mostraram poder residual (persistência) contra *S. zeamais* até o 15º dia após a aplicação (Tabela 6).

Toxicidade dos extratos de *Psychotria* spp. sobre ovos de várias idades de *Spodoptera frugiperda*

A toxicidade dos extratos de *Psychotria* spp. foi maior sobre ovos recém-depositados de *S. frugiperda*, seguido por aqueles de dois dias de idade e um dia de idade dessa praga. A eclosão de lagartas de ovos recém-depositados ou com um ou dois dias de idade, tratados com extratos de *Psychotria* spp., foi reduzido em 87,10%, 70,14% e 85,14%, respectivamente. A mortalidade de ovos recém-depositados ou com um ou dois dias de idade de *S. frugiperda*, foi maior com extrato de caules de *P. goyazensis* com redução na taxa de eclosão de lagartas de 100,00% (nenhuma lagarta eclodida), 94,44% e 90,57%, respectivamente (Tabela 7).

Eficiência dos extratos de *Psychotria* spp. sobre lagartas de *Spodoptera frugiperda*

A eficiência de extratos de caules e folhas de *P. prunifolia* e de caules de *P. goyazensis*, *P. capitata* e *P. hoffmannseggiana* foi maior ou semelhante a 93,75% contra lagartas de *S. frugiperda* (Tabela 8) e a de extratos de caules de *Psychotria* spp. maior que o de folhas para lagartas desta praga (Figura 2).

Parâmetros das lagartas recuperadas de *Spodoptera frugiperda* após alimentação com extratos de *Psychotria* spp.

O comprimento e peso do corpo e a largura da cápsula cefálica de lagartas de *S. frugiperda* não foram avaliados com o extrato de caules de *P. goyazensis*, pois as lagartas morreram antes dos 11 dias de idade (Figura 3). A inibição da alimentação de extratos de folhas de *Psychotria* spp. foi maior para lagartas de *S. frugiperda* que aqueles de caules de *Psychotria* spp. A largura da cápsula cefálica, o comprimento e peso do corpo de *S. frugiperda* foram menores com extratos de *Psychotria* spp., mas o de folhas de *P. capitata* não afetou os primeiro e terceiro parâmetros desse inseto. O comprimento e peso do corpo e a largura da cápsula cefálica de lagartas de *S. frugiperda*

tratadas com extratos de folhas de *P. hoffmannseggiana* foram reduzidos em 62,52%; 69,81% e 34,00%, respectivamente (Tabela 9).

DISCUSSÃO

O maior rendimento de extratos de folhas que o de caules de *Psychotria* spp. é importante, pois a coleta dos últimos causa maior impacto no crescimento das plantas. Diferenças nos rendimentos de extratos entre partes de *Psychotria* spp. deve-se a quantidades diferentes de extrativos em cada parte de plantas (Petacci *et al.*, 2012). O rendimento de tanino, polifenol protetor contra herbívoros e microrganismos patogênicos, foi maior em extrato de caules de *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook. f. exK. Schum. (Rubiaceae) que de outras partes dessa planta (da Costa *et al.*, 2011).

A eficiência de extratos de *Psychotria* spp. contra adultos de *S. zeamais* mostra que compostos de plantas podem ser utilizados contra essas pragas, o que concorda com a maior mortalidade de ninfas de *Frankliniella occidentalis* Pergande, 1895 (Thysanoptera: Thripidae) com extratos metanólicos a 10 ppm e 1.000 ppm de *Gardenia posoquerioides* S. Moore (Rubiaceae) (Brown *et al.*, 2011) e de 41,80% de ninfas e 27,60% de adultos de *Bemisia tabaci* Gennadius, 1889 (Hemiptera: Aleyrodidae) após 3 h de contato com extratos de *Galium longifolium* (Sibth e Sm) Griseb. (Rubiaceae) (Ateyyat *et al.*, 2009). A mortalidade de larvas de quarto estágio de *Aedes aegypti* L., 1762 (Diptera: Culicidae) variou de 86,40% a 100,00% com extratos de caules, cascas e folhas de *Guettarda grazielae* M.R.V. Barbosa (Rubiaceae) e de extratos de caules e ramos de *Spermacoce verticillata* L. (Rubiaceae) a 250 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, com *G. grazielae* considerada a planta mais promissora avaliada como fonte de inseticida contra este mosquito (Oliveira *et al.*, 2010). O óleo essencial de *Paederia scandens* (Lour.) Merrill (Rubiaceae) apresentou toxicidade por contato contra *S. zeamais* com DL_{50} (dose letal média) de 47,78 $\mu\text{g}/\text{inseto}$ adulto, indicando potencial para o desenvolvimento de um inseticida natural para o controle de insetos em grãos armazenados (Yang *et al.*, 2012).

A atividade de inibição da alimentação de extratos de *Psychotria* spp. para adultos de *S. zeamais* foi semelhante ao baixo consumo de dieta artificial e a menor produção de fezes de lagartas de terceiro estágio de *Helicoverpa armigera* Hübner, 1805 (Lepidoptera: Noctuidae) expostas ao ciclótide kalata B1 (peptídeo cíclico de origem vegetal) a 0,24% (m.v⁻¹) de *Palicourea rigida* Kunth. (Rubiaceae). Aquelas expostas a este composto a 0,13% (m.v⁻¹) consumiram metade da dieta artificial (cerca

de 165 mg) e produziram metade da quantidade de fezes em comparação com o controle, os quais alimentaram somente da dieta artificial (Barbeta *et al.*, 2008). O alcaloide acetilcupreína, cupreína e o possível artefato cinchonina HCl (3-HCl) de *Cinchona* spp. (Rubiaceae) isolados da casca de *Remijia peruviana* Standl. (Rubiaceae) apresentaram efeito antialimentar sobre *Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824 (Coleoptera: Chrysomelidae). Além disso, o segundo composto foi citotóxico para células do tecido do ovário de pupas de *S. frugiperda*, enquanto o terceiro foi citotóxico, confirmando efeitos biológicos desta classe de compostos de Rubiaceae sobre pragas (Ruiz-Mesia *et al.*, 2005).

A repelência de extratos de *Psychotria* spp. aos adultos de *S. zeamais* confirma relatos de efeitos semelhantes daqueles de folhas de *G. longifolium* a 10% (m.m⁻¹) para adultos de *B. tabaci* após três e 24 h de exposição (Ateyyat *et al.*, 2009).

Extratos de Rubiaceae foram, também, tóxicos para ninfas de *B. tabaci* eclodidas de ovos tratados com extratos a 10% (m.m⁻¹) de *G. longifolium* (Ateyyat *et al.*, 2009). Extratos de plantas da família Asteraceae nativas do Cerrado, como *Ageratum fastigiatum* (Gardner) R.M. King & H. Rob., *Lepidoploa lilacina* (Mart. Former DC.) H. Rob. e *Trichogonia villosa* Sch. Bip. Former Baker causaram mortalidade maior que 71,4% dos ovos de um ou dois dias de idade desse inseto (Tavares *et al.*, 2009). Extratos de nim, *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae) e extrato/ácido pirolenhoso foram, também, tóxicos para ovos recém-depositados ou com um ou dois dias de idade de *S. frugiperda* e da broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* F., 1974 (Lepidoptera: Pyralidae) (obs.: esta praga danifica, também, colmos de milho) (Tavares *et al.*, 2010a), assim como a piperina de *Piper nigrum* L. (Piperaceae) sobre ovos de diferentes idades destas duas pragas (Tavares *et al.*, 2011). Extratos de plantas de *P. rigida* causaram mortalidade de 60% de lagartas recém-eclodidas de *D. saccharalis*, o que foi atribuído ao ciclótide parigidina-br1 (peotideo cíclico derivado de plantas) de *P. rigida* a uma concentração de 1 µM em uma dieta artificial (Pinto *et al.*, 2012). Extratos botânicos de outras plantas do Cerrado são, também, promissores no controle de lagartas de *S. frugiperda*, como relatado para extratos de *Vernonia holosenicea* (Asteraceae), com 87% de mortalidade dessa praga (Tavares *et al.*, 2009) e os de *A. indica* e extrato/ácido pirolenhoso sobre lagartas de dois, quatro e seis dias de idade de *S. frugiperda* (Tavares *et al.*, 2010b). A proteção do produto nucleopolihedrovírus de *Spodoptera exigua* Hübner, 1808 (Lepidoptera: Noctuidae) contra UV foi de 85-100% com extratos aquosos de *Coffea arabica* L. (Rubiaceae) a 0,5% (m.v⁻¹); epigalocatequina galato (componente da cafeína) e cafeína extraída desta planta

mantiveram a atividade original do vírus abaixo de 35%, mostrando que *C. arabica* têm substâncias sinérgicas de proteção contra UV (El-Salamouny *et al.*, 2009).

A redução nos parâmetros biológicos de *S. frugiperda*, com extratos de Rubiaceae, concorda com a menor largura da cápsula cefálica, comprimento e peso do corpo desse inseto com extratos de Asteraceae do Cerrado (Tavares *et al.*, 2009) e o menor comprimento e peso do corpo de lagartas de *D. saccharalis* 15 dias após exposição ao ciclótide parigidina-br1 a 1 μM de *P. rigida*. Esses extratos causaram inchaço e morte celular com rompimento da membrana celular em lagartas de *S. frugiperda* (Pinto *et al.*, 2012). Lagartas de terceiro estágio de *H. armigera* não cresceram após 16 h de exposição ao ciclótide kalata B1 a 0,24% (m.v⁻¹) de *P. rigida* em dieta artificial e aquelas com dieta artificial com este composto a 0,13% (m.v⁻¹) foram 16% menores que as do controle. Este extrato, também, induziu ruptura das microvilosidades e inchaço e ruptura das células do epitélio do intestino de *H. armigera* (Barbeta *et al.*, 2008). Antraquinona aldeído nordamnacantal (1,3-dihidroxi-antraquinona-2-al), isolado de *Galium aparine* L. (Rubiaceae) reduziu a alimentação de *Spodoptera litura* F., 1775 (Lepidoptera: Noctuidae) e o pigmento alimentar lucidina-3-O-primeverosídeo foi o mais eficaz entre os compostos testados de *Rubia akane* Nakai (Rubiaceae) contra *Attagenus japonicus* Reitter, 1877 (Coleoptera: Dermestidae) (Morimoto *et al.*, 2002).

CONCLUSÕES

Extratos de caules de *P. hoffmansseggiana* e de *P. capitata* foram mais tóxicos para *S. zeamais* e aqueles de caules de *P. goyazensis* para *S. frugiperda*. Portanto, estes extratos mostram potencial para uso no MIP em cultivos de *Z. mays* para proteção contra esses insetos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology** 18 (2), 265-267.
- Akob, C.A.; Ewete, F.K., 2010. Effect of four mid-altitude maize varieties on oviposition, development and sex ratio of *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae). **African Entomology** 18 (2), 253-258.
- Ateyyat, M.A.; Al-Mazra'awi, M.; Abu-Rjai, T.; Shatnawi, M.A., 2009. Aqueous extracts of some medicinal plants are as toxic as Imidacloprid to the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci*. **Journal of Insect Science** 9 (15), 1-6.

- Ayres, M.; Ayres Júnior, M.; Ayres, D.L.; Santos, A.A., 2007. BIOESTAT – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. ONG Mamiraua. Belém, Pará.
- Barbeta, B.L.; Marshall, A.T.; Gillon, A.D.; Craik, D.J.; Anderson, M.A., 2008. Plant cyclotides disrupt epithelial cells in the midgut of lepidopteran larvae. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** 105 (4), 1221-1225.
- Brahmachari, G., 2004. Neem - An omnipotent plant: a retrospection. **ChemBioChem** 5 (4), 409-421.
- Bremer, B., 2009. A review of molecular phylogenetic studies of Rubiaceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 96 (1), 4-26.
- Bremer, B.; Eriksson, T., 2009. Time tree of Rubiaceae: phylogeny and dating the family, subfamilies, and tribes. **International Journal of Plant Sciences** 170 (6), 766-793.
- Brown, A.S.; Veitch, N.C.; Simmonds, M.S.J., 2011. Leaf chemistry and foliage avoidance by the thrips *Frankliniella occidentalis* and *Heliothrips haemorrhoidalis* in glasshouse collections. **Journal of Chemical Ecology** 37 (3), 301-310.
- Busato, G.R.; Grutzmacher, A.D.; Garcia, M.S.; Giolo, F.P.; Zotti, M.J.; Stefanello, J., 2005. Compared biology of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) populations in corn and rice leaves. **Neotropical Entomology** 34 (5), 743-750.
- da Costa, L.M.; dos Santos, V.A.; Ohana, D.T.; Lima, E.S.; Pereira, M.M.; de Souza, T.P., 2011. Technological development of aqueous extracts from *Calycophyllum spruceanum* (mulateiro) using factorial design. **Revista Brasileira de Farmacognosia** 21 (1), 181-186.
- Danho, M.; Haubruge, E., 2003. Egg-laying behaviour and reproductive strategy of *Sitophilus zeamais* [Coleoptera: Curculionidae]. **Phytoprotection** 84 (2), 59-67.
- Danho, M.; Gaspar, C.; Haubruge, E., 2002. The impact of grain quantity on the biology of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae): oviposition, distribution of eggs, adult emergence, body weight and sex ratio. **Journal of Stored Products Research** 38 (3), 259-266.
- Dari, S.; Pixley, K.V.; Setimela, P., 2010. Resistance of early generation maize inbred lines and their hybrids to maize weevil [*Sitophilus zeamais* (Motschulsky)]. **Crop Science** 50 (4), 1310-1317.

- De Kochko, A.; Akaffou, S.; Andrade, A.C.; Campa, C.; Crouzillat, D.; Guyot, R.; Hamon, P.; Ming, R.; Mueller, L.A.; Poncet, V.; Tranchant-Dubreuil, C.; Hamon, S., 2010. Advances in *Coffea* genomics. **Advances in Botanical Research** 53, 23-63.
- de Sá, V.G.M.; Fonseca, B.V.C.; Boregas, K.G.B.; Waquil, J.M., 2009. Survival and larval development of *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on alternatives host. **Neotropical Entomology** 38 (1), 108-115.
- de Vasconcelos, J.S.; Riet-Correa, F.; Dantas, A.F.M.; de Medeiros, R.M.T.; Dantas, A.J.D., 2008. Sudden deaths caused by *Palicourea aeneofusca* (Rubiaceae) and *Mascagnia rigida* (Malpighiaceae) in cattle in the Zona da Mata of Paraíba. **Pesquisa Veterinária Brasileira** 28 (10), 457-460.
- Delprete, P.G., 2004. Rubiaceae. In: Smith *et al.* (Eds.), Flowering plants of the Neotropics. The New York Botanical Garden, Bronx, USA.
- El-Salamouny, S.; Ranwala, D.; Shapiro, M.; Shepard, B.M.; Farrar Jr, R.B., 2009. Tea, coffee, and cocoa as ultraviolet radiation protectants for the beet armyworm nucleopolyhedrovirus. **Journal of Economic Entomology** 102 (5), 1767-1773.
- Faria, E.O.; Kato, L.; de Oliveira, C.M.A.; Carvalho, B.G.; Silva, C.C.; Sales, L.S.; Schuquel, I.T.A.; Silveira-Lacerda, E.P.; Delprete, P.G., 2010. Quaternary beta-carboline alkaloids from *Psychotria prunifolia* (Kunth) Steyerm. **Phytochemistry Letters** 3 (3), 113-116.
- Fouad, H.A.; Faroni, L.R.D.; Ribeiro, R.C.; Tavares, W.D.; Petacci, F., 2012. Extraction and repellent activity of *Lepidoploa aurea* and *Memora nodosa* against stored grain and byproduct pests. **Vie et Milieu-Life and Environment** 62 (1), 11-15.
- Fourar-Belaifa, R.; Fleurat-Lessard, F.; Bouznad, Z., 2011. A systemic approach to qualitative changes in the stored-wheat ecosystem: prediction of deterioration risks in unsafe storage conditions in relation to relative humidity level, infestation by *Sitophilus oryzae* (L.), and wheat variety. **Journal of Stored Products Research** 47 (1), 48-61.
- Gray, G.M.; Hammitt, J.K.; 2000. Risk/risk trade-offs in pesticide regulation: an exploratory analysis of the public health effects of a ban on organophosphate and carbamate pesticides. **Risk Analysis** 20 (5), 665-680.
- Hell, K.; Cardwell, K.F.; Setamou, M.; Poehling, H.M.; 2000. The influence of storage practices on aflatoxin contamination in maize in four agroecological zones of Benin, west Africa. **Journal of Stored Products Research** 36 (4), 365-382.

- Ileleji, K.E.; Maier, D.E.; Woloshuk, C.P., 2007. Evaluation of different temperature management strategies for suppression of *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) in stored maize. **Journal of Stored Products Research** 43 (4), 480-488.
- Kangolongo, M.A.; Hell, K.; Nawa, I.N., 2009. Assessment for fungal, mycotoxin and insect spoilage in maize stored for human consumption in Zambia. **Journal of the Science Food and Agriculture** 89 (8), 1366-1375.
- Kumar, H., 2002. Plant damage and grain yield reduction by fall armyworm and stem borers on certain maize hybrids containing resistance genes from varying sources under experimental and farmers field conditions. **Crop Protection** 21 (7), 563-573.
- Leal, M.B.; Elisabetsky, E., 1996. Opioid-like activity of *Psychotria brachypoda*. **International Journal of Pharmacognosy** 34 (4), 267-272.
- Li, R.M.; Kang, M.J.S.; Moreno, O.J.; Pollak, L.M., 2004. Relationship among *Aspergillus flavus* infection, maize weevil damage, and ear moisture loss in exotic x adapted maize. **Cereal Research Communications** 32 (3), 371-378.
- Li, W.Q.; Jiang, C.H.; Chu, S.S.; Zuo, M.X.; Liu, Z.L., 2010. Chemical composition and toxicity against *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum* of the essential oil of *Murraya exotica* aerial parts. **Molecules** 15 (8), 5831-5839.
- Makate, N., 2010. The susceptibility of different maize varieties to postharvest infestation by *Sitophilus zeamais* (Motsch) (Coleoptera: Cuculionidae). **Scientific Research and Essays** 5 (1), 30-34.
- Moraes, T.M.D.; de Araújo, M.H.; Bernardes, N.R.; de Oliveira, D.B.; Lasunskaja, E.B.; Muzitano, M.F.; da Cunha, M., 2011. Antimycobacterial activity and alkaloid prospection of *Psychotria* species (Rubiaceae) from the Brazilian Atlantic Rainforest. **Planta Medica** 77 (9), 964-970.
- Morimoto, M.; Tanimoto, K.; Sakatani, A.; Komai, K., 2002. Antifeedant activity of an anthraquinone aldehyde in *Galium aparine* L. against *Spodoptera litura* F. **Phytochemistry** 60 (2), 163-166.
- Murua, M.G.; Vera, M.T.; Abraham, S.; Juarez, M.L.; Prieto, S.; Head, G.P.; Willink, E., 2008. Fitness and mating compatibility of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) populations from different host plant species and regions in Argentina. **Annals of the Entomological Society of America** 101 (3), 639-649.
- Nuessly, G.S.; Scully, B.T.; Hentz, M.G.; Beiriger, R.; Snook, M.E.; Widstrom, N.W., 2007. Resistance to *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Euxesta stigmatias* (Diptera: Ulidiidae) in sweet corn derived from exogenous and

- endogenous genetic systems. **Journal of Economic Entomology** 100 (6), 1887-1895.
- Oliveira, P.V.; Ferreira Junior, J.C.; Moura Lima, F.S.G.S.; Oliveira, F.M.; Oliveira, P.E.S.; Conserva, L.M.; Giulietti, A.M.; Lemos, R.P.L., 2010. Larvicidal activity of 94 extracts from ten plant species of northeastern of Brazil against *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). **Parasitology Research** 107 (2), 403-407.
- Petacci, F.; Tavares, W.S.; Freitas, S.S.; Teles, A.M.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2012. Phytochemistry and quantification of polyphenols in extracts of the Asteraceae weeds from Diamantina, Minas Gerais State, Brazil. **Planta Daninha** 30 (1), 9-15.
- Pinto, M.F.S.; Fensterseifer, I.C.M.; Migliolo, L.; Sousa, D.A.; de Capdville, G.; Arboleda-Valencia, J.W.; Colgrave, M.L.; Craik, D.J.; Magalhães, B.S.; Dias, S.C.; Franco, O.L., 2012. Identification and structural characterization of novel cyclotide with activity against an insect pest of sugar cane. **Journal of Biological Chemistry** 287 (1), 134-147.
- Ruiz-Mesia, L.; Ruiz-Mesía, W.; Reina, M.; Martínez-Díaz, R.; de Inés, C.; Guadaño, A.; González-Coloma, A., 2005. Bioactive *Cinchona* alkaloids from *Remijia peruviana*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 53 (6), 1921-1926.
- Sidhu, O.P.; Kumar, V.; Behl, H.M., 2004. Variability in triterpenoids (nimbin and salanin) composition of neem among different provenances of India. **Industrial Crops and Products** 19 (1), 69-75.
- Tavares, W.S.; Costa, M.A.; Cruz, I.; Silveira, R.D.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2010b. Selective effects of natural and synthetic insecticides on mortality of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and its predator *Eriopsis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Environmental Science and Health Part B-Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes** 45 (6), 557-561.
- Tavares, W.S.; Cruz, I.; Fonseca, F.G.; Gouveia, N.L.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2010a. Deleterious activity of natural products on postures of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae). **Zeitschrift fur Naturforschung C-A Journal of Biosciences** 65 (5-6), 412-418.
- Tavares, W.S.; Cruz, I.; Petacci, F.; Freitas, S.S.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2011. Insecticide activity of piperine: toxicity to eggs of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) and phytotoxicity on several vegetables. **Journal of Medicinal Plants Research** 5 (21), 5301-5306.

- Tavares, W.S.; Graef, C.F.F.; Menezes, C.W.G.; Cruz, I.; Serrão, J.E.; Zanuncio, J.C., 2012. Residual effect of extracts of native plants from Brazil and a synthetic insecticide, chlorpyrifos, on *Coleomegilla maculata*, *Cycloneda sanguinea*, and *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae). **Vie et Milieu-Life and Environment** 62 (3), 115-120.
- Tavares, W.D.; Cruz, I.; Petacci, F.; de Assis, S.L.; Freitas, S.D.; Zanuncio, J.C.; Serrão, J.E., 2009. Potential use of Asteraceae extracts to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity to their parasitoids *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae). **Industrial Crops and Products** 30 (3), 384-388.
- Tefera, T.; Mugo, S.; Likhayo, P., 2011. Effects of insect population density and storage time on grain damage and weight loss in maize due to the maize weevil *Sitophilus zeamais* and the larger grain borer *Prostephanus truncatus*. **African Journal of Agricultural Research** 6 (10), 2249-2254.
- Trematerra, P.; Ianiro, R.; Athanassiou, C.G.; Kavallieratos, N.G., 2013. Behavioral responses of *Sitophilus zeamais* Motschulsky adults to conditioned grain kernels. **Journal of Stored Products Research** 53 (1), 77-81.
- Trematerra, P.; Valente, A.; Athanassiou, C.G.; Kavallieratos, N.G., 2007. Kernel-kernel interactions and behavioral responses of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Applied Entomology and Zoology** 42 (1), 129-135.
- Vyavhare, S.; Pendleton, B.B., 2011. Maturity stages and moisture content of sorghum grain damaged by maize weevil. **Southwestern Entomologist** 36 (3), 331-333.
- Yang, K.; Liu, Q.Z.; Liu, Z.L.; Du, S.S., 2012. GC-MS analysis of insecticidal essential oil of aerial parts of *Paederia scandens* (Lour) Merrill (Rubiaceae). **Tropical Journal of Pharmaceutical Research** 11 (3), 461-467.
- Watson, L.; Dallwitz, M.J., 1992 onwards. The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. Version: 19th December 2012.
- Williams, W.P.; Buckley, P.M.; Davis, F.M., 2000. Vegetative phase change in maize and its association with resistance to fall armyworm. **Maydica** 45 (3), 215-219.
- Willcox, M., 2011. Improved traditional phytomedicines in current use for the clinical treatment of malaria. **Planta Medica** 77 (6), 662-671.

Tabela 1. Espécies, rendimentos de extração (% m.m⁻¹) de caules e folhas e número de depósito das plantas no herbário do Instituto de Ciências Biológicas (ICB) da Universidade Federal de Goiás (UFG) em Goiânia, Goiás, Brasil

Espécies	Caules	Folhas	Número de depósito
<i>Psychotria prunifolia</i>	0,65	1,64	43236
<i>Psychotria goyazensis</i>	0,80	1,39	43240
<i>Psychotria capitata</i>	0,70	1,83	43241
<i>Psychotria hoffmannseggiana</i>	0,46	0,96	43237

Tabela 2. Mortalidade de indivíduos (média \pm erro padrão) de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) no controle (etanol absoluto) e após três, sete, 15 e 30 dias de contato com extratos a 0,05% e 0,50% (m.m⁻¹) de caules e folhas de *Psychotria* spp. (Rubiaceae)

	Controle	0,05%	E% ^a	0,50%	E% ^a
<i>Folhas de Psychotria prunifolia</i>					
3 dias	0,00 \pm 0,00	0,60 \pm 0,55	100,0	0,20 \pm 0,45	100,0
7 dias	0,20 \pm 0,45	1,00 \pm 0,55	80,00	0,80 \pm 0,55	75,00
15 dias	0,60 \pm 0,55	1,60 \pm 0,55	62,50	1,20 \pm 0,55	50,00
30 dias	1,40 \pm 0,84	2,40 \pm 0,84	41,67	1,40 \pm 0,45	00,00
<i>Caules de Psychotria prunifolia</i>					
3 dias	0,00 \pm 0,00	0,20 \pm 0,45	100,0	0,00 \pm 0,00	00,00
7 dias	1,40 \pm 1,67	0,80 \pm 0,89	-75,00	1,40 \pm 1,34	00,00
15 dias	8,80 \pm 2,30	2,80 \pm 2,00	-214,29	10,8 \pm 6,69	18,52
30 dias	14,8 \pm 4,79	8,00 \pm 3,11	-85,00	12,6 \pm 1,30	-17,46
<i>Folhas de Psychotria goyazensis</i>					
3 dias	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	00,00	0,00 \pm 0,00	00,00
7 dias	1,40 \pm 1,67	1,80 \pm 3,03	22,22	4,00 \pm 5,34	65,00
15 dias	8,80 \pm 2,30	8,40 \pm 2,70	-04,76	8,20 \pm 5,36	-07,32
30 dias	14,8 \pm 4,79	14,8 \pm 3,36	00,00	10,8 \pm 1,82	-37,04
<i>Caules de Psychotria goyazensis</i>					
3 dias	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	00,00	0,00 \pm 0,00	00,00
7 dias	0,20 \pm 0,45	0,40 \pm 0,89	50,00	0,20 \pm 0,45	00,00
15 dias	0,60 \pm 0,55	0,60 \pm 0,45	00,00	0,80 \pm 0,89	25,00
30 dias	1,40 \pm 0,84	2,00 \pm 0,89	30,00	1,20 \pm 0,89	-16,67
<i>Folhas de Psychotria capitata</i>					
3 dias	0,00 \pm 0,00	0,40 \pm 0,89	100,0	0,20 \pm 0,45	100,0
7 dias	1,40 \pm 1,67	1,20 \pm 1,09	-16,67	0,20 \pm 0,00	-600,0
15 dias	8,80 \pm 2,30	5,00 \pm 3,27	-76,00	4,60 \pm 3,51	-91,30
30 dias	14,8 \pm 4,79	7,40 \pm 1,67	-100,0	8,00 \pm 2,30	-85,00
<i>Caules de Psychotria capitata</i>					
3 dias	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	00,00	0,40 \pm 0,55	100,0
7 dias	0,20 \pm 0,45	1,00 \pm 1,00	80,00	2,20 \pm 2,39	90,90
15 dias	0,60 \pm 0,55	1,60 \pm 0,89	62,50	2,20 \pm 0,00	72,73

30 dias	1,40 ± 0,84	2,00 ± 0,89	30,00	2,80 ± 0,89	50,00
<i>Folhas de Psychotria hoffmannseggiana</i>					
3 dias	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	00,00	0,00 ± 0,00	00,00
7 dias	1,40 ± 1,67	5,00 ± 1,58	72,00	2,00 ± 1,87	30,00
15 dias	8,80 ± 2,30	6,60 ± 1,34	-33,33	13,8 ± 1,79	36,23
30 dias	14,8 ± 4,79	9,00 ± 5,37	-64,44	19,0 ± 2,49	22,11
<i>Caulas de Psychotria hoffmannseggiana</i>					
3 dias	0,00 ± 0,00	0,40 ± 0,89	100,0	0,20 ± 0,45	100,0
7 dias	0,20 ± 0,45	1,00 ± 0,55	80,00	1,20 ± 1,22	83,33
15 dias	0,60 ± 0,55	1,20 ± 0,45	50,00	1,80 ± 0,55	66,67
30 dias	1,40 ± 0,84	2,20 ± 1,41	36,36	1,80 ± 0,00	22,22

^aAbbott (1925). Mann-Whitney; $P \leq 0,05$; BioEstat 5,0. (2007). Melhores resultados em negrito.

Tabela 3. Mortalidade de indivíduos de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) no controle (etanol absoluto) até 30 dias após o contato com extratos a 0,05% e 0,50% (m.m⁻¹) de caules e folhas de *Psychotria* spp. (Rubiaceae)

	Controle	0,05%	E% ^a	0,50%	E% ^a
Folhas de <i>Psychotria prunifolia</i>	2,20	5,60	60,71	3,60	38,89
Caules de <i>Psychotria prunifolia</i>	25,0	11,8	-111,8	24,8	-00,81
Folhas de <i>Psychotria goyazensis</i>	25,0	25,0	00,00	23,0	-08,70
Caules de <i>Psychotria goyazensis</i>	2,20	3,00	26,67	2,20	00,00
Folhas de <i>Psychotria capitata</i>	25,0	14,0	-78,7	13,0	-92,31
Caules de <i>Psychotria capitata</i>	2,20	4,60	52,17	7,60	71,05
Folhas de <i>Psychotria hoffmannseggiana</i>	25,0	20,6	-21,36	34,8	28,16
Caules de <i>Psychotria hoffmannseggiana</i>	2,20	4,80	54,17	5,00	56,00

^aAbbott (1925). Mann-Whitney; $P \leq 0,05$; BioEstat 5,0. (2007). Melhores resultados em negrito.

Tabela 4. Massa corporal de adultos (g) (média de indivíduos vivos \pm erro padrão) de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) no início do experimento e após sete, 15 e 30 dias de contato com etanol absoluto (controle) ou extratos a 0,05% e 0,50% (m.m⁻¹) de caules e folhas de *Psychotria* spp. (Rubiaceae)

	Controle	0,05%	0,50%
<i>Folhas de Psychotria prunifolia</i>			
0 dia	0,00263 \pm 0,00020	0,00249 \pm 0,00009	0,00252 \pm 0,00007
7 dias	0,00275 \pm 0,00009	0,00260 \pm 0,00009	0,00255 \pm 0,00007
15 dias	0,00282 \pm 0,00020	0,00283 \pm 0,00003	0,00259 \pm 0,00009
30 dias	0,00278 \pm 0,00010	0,00275 \pm 0,00020	0,00249 \pm 0,00020
<i>Caules de Psychotria prunifolia</i>			
0 dia	0,00269 \pm 0,00010	0,00256 \pm 0,00010	0,00261 \pm 0,00020
7 dias	0,00265 \pm 0,00010	0,00252 \pm 0,00030	0,00240 \pm 0,00020
15 dias	0,00256 \pm 0,00030	0,00197 \pm 0,00080	0,00238 \pm 0,00070
30 dias	0,00276 \pm 0,00080	0,00168 \pm 0,00180	0,00343 \pm 0,00120
<i>Folhas de Psychotria goyazensis</i>			
0 dia	0,00269 \pm 0,00010	0,00261 \pm 0,00009	0,00256 \pm 0,00009
7 dias	0,00265 \pm 0,00010	0,00253 \pm 0,00010	0,00239 \pm 0,00008
15 dias	0,00256 \pm 0,00030	0,00245 \pm 0,00030	0,00211 \pm 0,00060
30 dias	0,00276 \pm 0,00080	0,00354 \pm 0,00080	0,00229 \pm 0,00030
<i>Caules de Psychotria goyazensis</i>			
0 dia	0,00263 \pm 0,00020	0,00265 \pm 0,00009	0,00258 \pm 0,00010
7 dias	0,00275 \pm 0,00009	0,00270 \pm 0,00006	0,00261 \pm 0,00010
15 dias	0,00282 \pm 0,00020	0,00275 \pm 0,00010	0,00272 \pm 0,00010
30 dias	0,00278 \pm 0,00010	0,00289 \pm 0,00030	0,00261 \pm 0,00020
<i>Folhas de Psychotria capitata</i>			
0 dia	0,00269 \pm 0,00010	0,00267 \pm 0,00004	0,00257 \pm 0,00008
7 dias	0,00265 \pm 0,00010	0,00275 \pm 0,00007	0,00252 \pm 0,00020
15 dias	0,00256 \pm 0,00030	0,00279 \pm 0,00006	0,00251 \pm 0,00010
30 dias	0,00276 \pm 0,00080	0,00293 \pm 0,00020	0,00275 \pm 0,00030
<i>Caules de Psychotria capitata</i>			
0 dia	0,00263 \pm 0,00020	0,00253 \pm 0,00010	0,00244 \pm 0,00004
7 dias	0,00275 \pm 0,00009	0,00262 \pm 0,00008	0,00246 \pm 0,00007
15 dias	0,00282 \pm 0,00020	0,00276 \pm 0,00010	0,00253 \pm 0,00004

30 dias	0,00278 ± 0,00010	0,00300 ± 0,00030	0,00257 ± 0,00007
<i>Folhas de Psychotria hoffmannseggiana</i>			
0 dia	0,00269 ± 0,00010	0,00258 ± 0,00020	0,00262 ± 0,00010
7 dias	0,00265 ± 0,00010	0,00241 ± 0,00020	0,00255 ± 0,00010
15 dias	0,00256 ± 0,00030	0,00316 ± 0,00050	0,00151 ± 0,00110
30 dias	0,00276 ± 0,00080	0,00261 ± 0,00160	0,00338 ± 0,00000
<i>Caules de Psychotria hoffmannseggiana</i>			
0 dia	0,00263 ± 0,00020	0,00253 ± 0,00010	0,00250 ± 4,82000
7 dias	0,00275 ± 0,00009	0,00255 ± 0,00010	0,00250 ± 0,00009
15 dias	0,00282 ± 0,00020	0,00267 ± 0,00006	0,00252 ± 0,00010
30 dias	0,00278 ± 0,00010	0,00270 ± 0,00020	0,00269 ± 0,00010

Valores em negrito diferem do controle. Mann-Whitney; $P \leq 0,05$; BioEstat 5,0. (2007).

Tabela 5. Repelência^a (média ± erro padrão) no primeiro dia e após 15 dias de tratamento de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) com extratos a 0,05% (m.m⁻¹) de caules e folhas de *Psychotria* spp. (Rubiaceae) e Índice de Preferência (IP)^b (Neutro, Repel. = Repelente)

	1 dia ^{a,c}	IP ^b	15 dias ^{a,c}	IP ^b
<i>P. prunifolia</i> (folhas)	-0,06 ± 0,39	Neutro	-0,17 ± 0,34	Repel.
<i>P. prunifolia</i> (caules)	-0,16 ± 0,32	Repel.	-0,06 ± 0,18	Neutro
<i>P. goyazensis</i> (folhas)	-0,03 ± 0,17	Neutro	-0,09 ± 0,33	Neutro
<i>P. goyazensis</i> (caules)	-0,05 ± 0,14	Neutro	-0,34 ± 0,26	Repel.
<i>P. capitata</i> (folhas)	-0,55 ± 0,16	Repel.	-0,48 ± 0,12	Repel.
<i>P. capitata</i> (caules)	-0,68 ± 0,12	Repel.	-0,41 ± 0,31	Repel.
<i>P. hoffmansseggiana</i> (folhas)	-0,65 ± 0,22	Repel.	-0,42 ± 0,43	Repel.
<i>P. hoffmansseggiana</i> (caules)	-0,39 ± 0,25	Repel.	-0,10 ± 0,26	Repel.

^cValores em negrito diferem do controle. Mann-Whitney; $P \leq 0,05$; BioEstat 5,0. (2007).

Tabela 6. Repelência do resíduo (média do poder residual no 15º dia – média do poder residual no primeiro dia) e porcentagem, e Índice de Preferência (IP)^b de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) por extratos a 0,05% (m.m⁻¹) de caules e folhas de *Psychotria* spp. (Rubiaceae)

	Poder residual ^a	Porcentagem ^a	Repelência ^b
<i>Psychotria prunifolia</i> (folhas)	+0,11	+283,33%	Repelente
<i>Psychotria prunifolia</i> (caules)	-0,10	-062,50%	Repelente
<i>Psychotria goyazensis</i> (folhas)	+0,06	+300,00%	Neutro
<i>Psychotria goyazensis</i> (caules)	+0,29	+680,00%	Repelente
<i>Psychotria capitata</i> (folhas)	-0,07	-012,73%	Repelente
<i>Psychotria capitata</i> (caules)	-0,27	-039,71%	Repelente
<i>Psychotria hoffmanssegianna</i> (folhas)	-0,23	-035,39%	Repelente
<i>Psychotria hoffmanssegianna</i> (caules)	-0,29	-074,36%	Repelente

^a(+) aumento de poder residual e (-) redução do poder residual. Mann-Whitney; $P \leq 0,05$; BioEstat 5,0. (2007).

Tabela 7. Número (média \pm erro padrão) de lagartas eclodidas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) de ovos recém-depositados ou com um ou dois dias de idade tratados com os extratos de caules e folhas de *Psychotria* spp. (Rubiaceae)

	Recém-depositados ^a	1 dia ^a	2 dias ^a
<i>Psychotria prunifolia</i> (folhas)	00,6 \pm 1,3	00,4 \pm 0,5	01,2 \pm 2,2
<i>Psychotria prunifolia</i> (caules)	00,4 \pm 2,4	02,4 \pm 3,0	02,2 \pm 4,4
<i>Psychotria goyazensis</i> (folhas)	01,8 \pm 3,5	01,4 \pm 2,2	01,0 \pm 1,7
<i>Psychotria goyazensis</i> (caules)	00,0 \pm 0,0	00,2 \pm 0,4	01,0 \pm 1,4
<i>Psychotria capitata</i> (folhas)	02,4 \pm 1,9	00,0 \pm 0,0	02,4 \pm 1,1
<i>Psychotria capitata</i> (caules)	02,2 \pm 3,8	00,4 \pm 0,9	00,8 \pm 1,1
<i>Psychotria hoffmanssegianna</i> (folhas)	04,2 \pm 3,1	02,2 \pm 3,9	02,6 \pm 2,9
<i>Psychotria hoffmanssegianna</i> (caules)	01,4 \pm 2,6	01,6 \pm 2,1	01,4 \pm 2,6

^aAbbott (1925). Mann-Whitney; $P \leq 0,05$; BioEstat 5,0. (2007).

Tabela 8. Eficiência entre o primeiro e 11º dias de alimentação com extratos de caules e folhas de *Psychotria* spp. (Rubiaceae) em lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)

	Eficiência ^a
<i>Psychotria prunifolia</i> (folhas)	95,46%
<i>Psychotria prunifolia</i> (caules)	93,75%
<i>Psychotria goyazensis</i> (folhas)	80,00%
<i>Psychotria goyazensis</i> (caules)	95,83%
<i>Psychotria capitata</i> (folhas)	80,00%
<i>Psychotria capitata</i> (caules)	94,74%
<i>Psychotria hoffmanssegianna</i> (folhas)	83,33%
<i>Psychotria hoffmanssegianna</i> (caules)	94,12%

^aAbbott (1925) (Etanol absoluto como tratamento testemunha). Mann-Whitney; $P \leq 0,05$; BioEstat 5,0. (2007).

Tabela 9. Comprimento (cm) e peso (g) do corpo e largura da cápsula cefálica (cm) (média ± erro padrão) de lagartas de 11 dias de idade de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) após o tratamento de ovos com extratos de caules e folhas de *Psychotria* spp. (P.) (Rubiaceae)

	Comprimento ^a	Peso ^a	Largura cefálica ^a
<i>P. prunifolia</i> (folhas)	0,985 ± 0,445	0,022 ± 0,022	0,170 ± 0,014
<i>P. prunifolia</i> (caules)	1,292 ± 1,250	0,034 ± 0,014	0,194 ± 0,051
<i>P. goyazensis</i> (folhas)	1,400 ± 0,207	0,039 ± 0,015	0,220 ± 0,063
<i>P. goyazensis</i> (caules)	Lm ^b	Lm ^b	Lm ^b
<i>P. capitata</i> (folhas)	1,401 ± 0,201	0,064 ± 0,090	0,233 ± 0,061
<i>P. capitata</i> (caules)	1,092 ± 0,404	0,019 ± 0,026	0,167 ± 0,081
<i>P. hoffmansseggianna</i> (folhas)	0,922 ± 0,286	0,016 ± 0,014	0,165 ± 0,049
<i>P. hoffmansseggianna</i> (caules)	1,311 ± 0,329	0,038 ± 0,023	0,200 ± 0,054

^aValores em negrito diferem do controle. Mann-Whitney; $P \leq 0,05$; BioEstat 5,0. (2007). ^bLm - Lagartas morreram antes dos 11 dias de idade.



Figura 1. *Psychotria capitata* (A), *Psychotria goyazensis* (B), *Psychotria hoffmannseggiana* (C) e *Psychotria prunifolia* (D) (Rubiaceae) (Fonte: Smithsonian Tropical Research Institute).

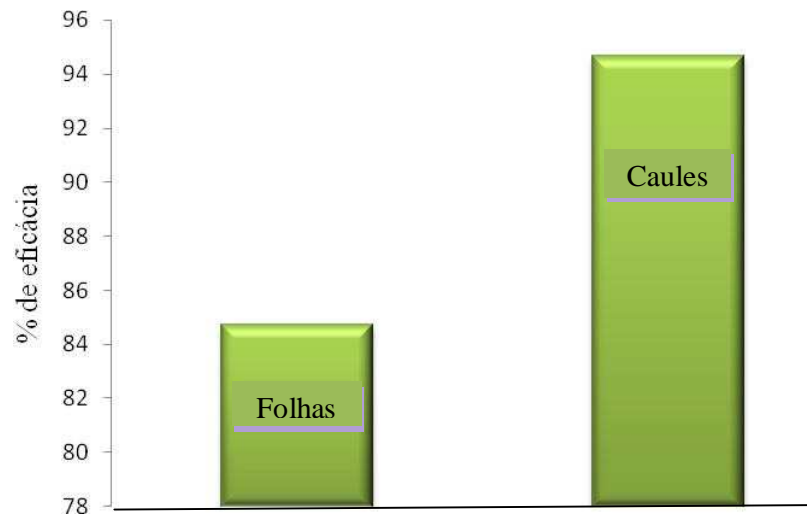


Figura 2. Eficiência^a entre o primeiro e o 11^o dias de alimentação com extratos de caules e folhas de *Psychotria* spp. (Rubiaceae) por lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). ^aAbbott (1925). Mann-Whitney; $P \leq 0,05$; BioEstat 5,0. (2007).





	Folhas de <i>P. hoffmanssegianna</i> ($0,922 \pm 0,286$ cm)
	Folhas de <i>P. prunifolia</i> ($0,985 \pm 0,445$ cm)
	Folhas de <i>P. goyazensis</i> ($1,400 \pm 0,207$ cm)
	Folhas de <i>P. capitata</i> ($1,401 \pm 0,201$ cm)

Figura 3. Comprimento (média \pm erro padrão em cm) de lagartas de mesma idade de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) após alimentação com extratos de *Psychotria* spp. (Rubiaceae). Mann-Whitney; $P \leq 0,05$; BioEstat 5,0. (2007).

CONCLUSÃO GERAL

O extrato de folhas de *T. catappa* apresentou alto poder ovicida e lagartocida sobre *S. frugiperda*, controlando maior número de imaturos até o terceiro dia de exposição e reduziu a largura cefálica, o peso e comprimento do corpo das lagartas sobreviventes desse inseto. O extrato dessa planta tem potencial para ser utilizado em larga escala em cultivos de milho para controlar *S. frugiperda* no Brasil.

Indivíduos de *S. zeamais* morreram após seis dias de contato com *ar-turmerona* a 1% (m.m⁻¹), enquanto aqueles de *S. frugiperda* mostraram uma taxa de mortalidade de 58% após ingestão desse composto a 1% (m.v⁻¹). A largura da cápsula cefálica e o comprimento e peso do corpo das lagartas sobreviventes de *S. frugiperda* expostas a *ar-turmerona* foram 60,0%; 59,6% e 93,8% menores que aquelas lagartas do controle, respectivamente. Peso seco do alimento ingerido, fezes produzidas, ganho de peso e peso seco do alimento assimilado e metabolizado por lagartas sobreviventes de *S. frugiperda* foram menores com dieta artificial tratada com *ar-turmerona*. Eclosão de lagartas de ovos recém-depositados ou com um ou dois dias de idade de *S. frugiperda* foi 48,6%; 14,2% e 48,5%, respectivamente. *Ar-turmerona* é altamente tóxica a *S. zeamais* e *S. frugiperda* em baixas concentrações.

Extratos de caules e folhas de quatro espécies de *Psychotria* abundantes no bioma Cerrado (tipo-Savana) no Brasil reduziram a taxa de eclosão, o peso e comprimento, e a largura da cápsula cefálica e causaram repelência e mortalidade de *S. zeamais* e *S. frugiperda*. Esses efeitos variaram entre as espécies e partes (caules ou folhas) dessas plantas. Extratos de caules de *P. hoffmannseggiana* e de *P. capitata* foram mais tóxicos para *S. zeamais* e aqueles de caules de *P. goyazensis* para *S. frugiperda*; portanto, esses extratos têm potencial para serem incluídos em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP).