

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA
CAMPUS LAGOA DO SINO**

RAMON FERREIRA DOS SANTOS

**ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DO CONTROLE DE PRAGAS DE PRODUTOS
ARMAZENADOS POR ÓLEOS ESSENCIAIS**

**BURI
2022**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA
CAMPUS LAGOA DO SINO**

RAMON FERREIRA DOS SANTOS

**ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DO CONTROLE DE PRAGAS DE PRODUTOS
ARMAZENADOS POR ÓLEOS ESSENCIAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de São Carlos.

Orientadora: Profa. Dra. Andréia Pereira Matos.

**BURI
2022**

Santos, Ramon Ferreira dos

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DO CONTROLE DE PRAGAS
DE PRODUTOS ARMAZENADOS POR ÓLEOS
ESSENCIAIS / Ramon Ferreira dos Santos -- 2022.
72f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos,
campus Lagoa do Sino, Buri

Orientador (a): Andréia Pereira Matos

Banca Examinadora: Andréia Pereira Matos, Tamiris
Alves de Araújo, José Djair Vendramim

Bibliografia

1. Coleoptera. 2. Fumigação. 3. Produtos naturais. I.
Santos, Ramon Ferreira dos. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539

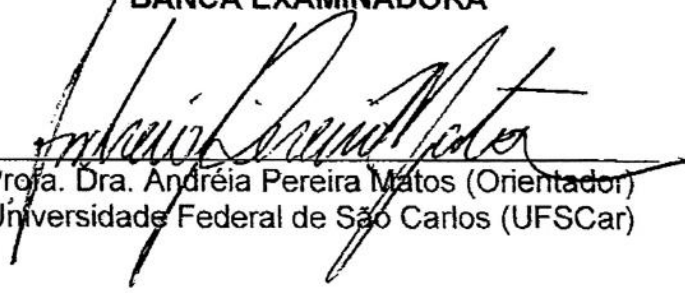
RAMON FERREIRA DOS SANTOS

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DO CONTROLE DE PRAGAS DE PRODUTOS
ARMAZENADOS POR ÓLEOS ESSENCIAIS

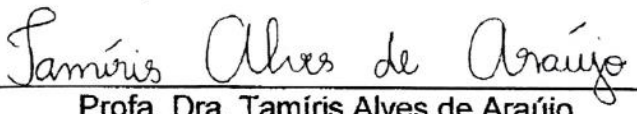
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Agrônômica pela Universidade
Federal de São Carlos.

Aprovado em: 24/03/2022.

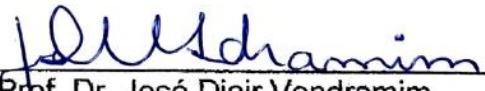
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Andréia Pereira Matos (Orientador)
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)



Profa. Dra. Tamiris Alves de Araújo
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)



Prof. Dr. José Djair Vendramim
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, aos meus pais e a todos que contribuíram para a minha formação acadêmica, profissional e pessoal.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por todo o acolhimento e carinho, por ter estado ao meu lado durante os períodos bons e difíceis durante a graduação;

Aos meus pais, André e Sônia; e a minha irmã, Fernanda, por terem acreditado em minha pessoa, pelo suporte emocional e financeiro, e também pelo amor incondicional;

Aos meus avós João, Vilma e Genir (*in memoriam*), pelo carinho durante a vida toda, pelo suporte emocional e financeiro durante a graduação;

À minha orientadora, Profa. Dra. Andréia Pereira Matos, por ter me dado a oportunidade de ter contato com a pesquisa, por meio da iniciação científica; por ter sempre estado disponível para me ajudar e me orientar, e pela compreensão;

À minha coorientadora, Profa. Dra. Tamiris Alves de Araújo, pela pronta disponibilidade em me coorientar, por toda a orientação técnica, pelos diversos ensinamentos e pela disponibilidade em me auxiliar sempre que necessário.

Ao Prof. Dr. José Djair Vendramim pela disponibilidade em compor a banca avaliadora do trabalho de conclusão de curso.

À Sinara Oliveira Dal Farra, pelo auxílio nos experimentos executados no laboratório de química, do campus lagoa do sino, pelas orientações e pela amizade;

Ao grupo de Entomologia Agrícola (GEAG), pelo aprendizado, troca de conhecimento, amizades e também pela formação de recursos humanos.

Por fim, agradeço ao campus Lagoa do Sino, à Universidade Federal de São Carlos, bem como a todos os professores do curso de Engenharia Agrônômica, pelo espaço físico, pelos ensinamentos, pelo acolhimento e por todo o suporte durante o período de graduação.

*“Vida
vale vivê-la
se, de quando em quando,
morremos
e o que vivemos
não é o que a vida nos dá
nem o que dela colhemos,
mas o que semeamos em pleno deserto”.*

- Mia Couto.

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores de grãos no mundo, porém seu potencial máximo de produção é ameaçado pela presença de pragas de produtos armazenados que comprometem quali e quantitativamente os grãos. Tendo em vista a utilização inadequada de inseticidas sintéticos, a pressão de seleção torna muitas dessas pragas cada vez mais resistentes ao controle. Por outro lado, a crescente preocupação com a saúde da população e com o meio ambiente demanda o desenvolvimento de produtos menos tóxicos e persistentes. Assim, os óleos essenciais, em sua fitocomplexidade, apresentam potencial para o manejo de organismos indesejados por se constituírem de diversos compostos bioativos, como os terpenos. O objetivo deste trabalho foi uma análise bibliométrica da evolução da utilização de óleos essenciais frente às principais pragas de produtos armazenados no mundo, por meio de uma análise sistemática da bibliografia indexada nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*, buscando compreender a evolução da produção científica no âmbito da utilização de óleos essenciais no controle de pragas de produtos armazenados, a identificação das principais pragas segundo a bibliografia analisada e também a identificação de espécies vegetais com potencial para utilização no controle desses insetos. Com base nessa análise, constatou-se que as duas espécies mais frequentes foram o besouro *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) e o gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). Os dados obtidos permitiram ainda observar o avanço das pesquisas na utilização desses óleos no controle dessas duas pragas nos últimos 20 anos, bem como verificar a atuação das principais moléculas presentes em óleos de espécies pertencentes a 39 famílias botânicas nesses insetos.

Palavras-chave: Coleoptera, Fumigação, Produtos Naturais, Terpenos.

ABSTRACT

Brazil is one of the biggest producers of grains in the world, but its maximum production potential has been threatened by the presence of stored grain pests that reduce the quality and quantity of grains. Given the inappropriate use of synthetic insecticides, selection pressure makes many of these pests increasingly resistant to control. On the other hand, the growing concern about the health of the population and the environment demands the development of less toxic and persistent products. Thus, essential oils, in their phytocomplexity, have potential for the management of unwanted organisms because they consist of several bioactive compounds, such as terpenes. The aim of this study was a bibliometric analysis of the evolution of the use of essential oils against the main pests of stored products in the world, through a systematic analysis of the bibliography indexed in the Web of Science and Scopus databases, seeking to understand the evolution of production scientific research in the scope of the use of essential oils in the control of pests of stored products, the identification of the main pests according to the analyzed bibliography and also the identification of plant species with potential for use in the control of these insects. Based on this analysis, it was found that the two most frequent species were the beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) and the corn weevil *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). The data obtained also allowed us to observe the progress of research in the use of these oils in the control of these two pests in the last 20 years, as well as to verify the performance of the main molecules present in oils of species belonging to 39 botanical families in these insects.

Keywords: Coleoptera, Fumigation, Natural products, Terpenes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Número de publicações sobre o uso de óleos essenciais no controle de pragas de produtos armazenados.....	21
Figura 2 - Número de publicações, na base de dados <i>Web of Science</i> , por país, no período entre os anos 2000 e 2020.	23
Figura 3 - Número de publicações, na base de dados <i>Scopus</i> , por país, no período entre os anos 2000 e 2020.....	24
Figura 4 - Fluxograma do levantamento e filtragem de artigos citando a utilização de óleos essenciais sobre pragas de produtos armazenados nas bases de dados <i>Web of Science</i> e <i>Scopus</i>	28
Figura 5 - Fluxograma do levantamento e filtragem de artigos citando a utilização de óleos essenciais sob pragas <i>T. castaneum</i> e <i>S. zeamais</i> nas bases de dados <i>Web of Science</i> e <i>Scopus</i>	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de ocorrência das espécies de pragas de produtos armazenados mais frequentes nas bases de dados <i>Web of Science</i> e <i>Scopus</i>	28
Tabela 2 - Famílias botânicas com maiores números de espécies utilizadas como óleos essenciais no controle de <i>Tribolium castaneum</i> e <i>Sitophilus zeamais</i>	31
Tabela 3 - Compostos de maior ocorrência entre os artigos analisados.	32
Tabela 4 - Dados obtidos por testes via contato residual e contato tópico, em Concentração Letal 50 (CL ₅₀) e Dose Letal 50 (DL ₅₀), de compostos isolados sob as pragas <i>Sitophilus zeamais</i> e <i>Tribolium castaneum</i>	34
Tabela 5 - Dados obtidos por fumigação, em Concentração Letal 50 (CL ₅₀), de compostos isolados sobre as pragas <i>Sitophilus zeamais</i> e <i>Tribolium castaneum</i>	35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 Pragas de produtos armazenados com ênfase aos besouros	13
2.2 Controle de pragas de produtos armazenados	14
2.3 Óleos essenciais.....	15
2.3.1 Óleos essenciais no controle de pragas	16
3. OBJETIVOS	18
3.1 Objetivo geral.....	18
3.2 Objetivos específicos	18
4. METODOLOGIA	18
4.1 Análise bibliométrica da evolução científica e distribuição por países	18
4.2 Identificação das pragas de produtos armazenados de maior relevância .	19
4.3 Identificação de óleos essenciais/espécies vegetais utilizados no controle de <i>Tribolium castaneum</i> e <i>Sitophilus zeamais</i>	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5.1 Análise bibliométrica da evolução científica e distribuição por países	20
5.2 Óleos essenciais no controle de pragas de produtos armazenados.....	27
5.2.1 Identificação das pragas de produtos armazenados de maior relevância	27
5.2.2 Óleos essenciais/espécies vegetais no controle de <i>Tribolium castaneum</i> e <i>Sitophilus zeamais</i>	30
6. CONCLUSÃO	37
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
8. APÊNDICE.....	59

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que o Brasil é um dos maiores produtores de grãos no mundo, ocupando atualmente o 3º lugar no ranking mundial de produção de feijão e de milho e o 1º lugar no ranking de produção mundial de soja, representando 114,2 milhões de toneladas produzidas em 2019 (FAOSTAT, 2019). De acordo com o 12º levantamento da produção de grãos na safra 2020/21 da companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2021), a produção interna estimada foi de 252,3 milhões de toneladas de grãos distribuídas em 68,6 milhões de hectares.

Embora a produção seja expressiva, as perdas pós-colheita ocasionadas pela presença de pragas primárias, secundárias e contaminações fúngicas derivadas da presença de insetos, já em 2015, representava 10% da produção total anual de grãos no Brasil, desconsiderando, ainda, as demais perdas decorrentes do transporte e dos demais problemas de armazenamento (LORINI, 2015b; DELIBERADOR; MELLO; BATALHA, 2019). Corroborando o explanado, MANANDHAR, MILINDI e SHAH (2018) afirmam que as perdas quantitativas pós-colheita ocorrem na ordem de 15% no campo, de 13 a 20% durante o processamento de grãos e de 15 a 25% durante o armazenamento.

Atualmente, para pragas de produtos armazenados o controle químico se pauta na utilização de uma pequena variedade de fumigantes (JAGADEESAN et al., 2018). O produto mais utilizado nesse tipo de controle é a fosfina (hidreto de fosforo), um produto inorgânico que atua na respiração aeróbica, interrompendo o metabolismo energético das células do inseto e que já apresenta indivíduos com resistências médias e altas à sua ação, como: *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae), *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) e *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) em casos reportados no Brasil, Austrália, Marrocos, México, Índia e Paquistão (CHEFURKA; KASHI; BOND, 1976; KHALIQ et al., 2020).

No Brasil, os produtos liberados para fumigação consistem basicamente em piretróides e organofosforados, além de alguns poucos inorgânicos como a própria fosfina (AGROFIT, 2022; AYRES et al., 2021). Dessa forma, a utilização restrita de mecanismos de ação tem dado origem a populações resistentes, sendo essa

resistência resultante de mecanismos metabólicos, alterações do sítio de ação do produto e também resistência comportamental (HADDI et al., 2018). Estudos apresentam, inclusive, a possibilidade da aquisição de múltipla resistência à produtos de diferentes classes, mas que atuam em um mesmo sítio de ação, como é o caso da resistência de *T. castaneum* à bifentrina (piretróide) e a pirimifós-metil (organofosforado) (JULIO et al., 2017).

Como alternativa ao controle químico convencional, a utilização de óleos essenciais desperta o interesse científico por estes apresentarem menos riscos aos humanos e ao meio ambiente, baixa toxicidade a organismos não-alvo, além de fácil biodegradabilidade (LI et al., 2018). A presença de moléculas monoterpênicas tornam o óleo essencial tóxico para insetos por estas terem a capacidade de comprometer o seu sistema nervoso (AL-HARBI et al., 2021). Além dos monoterpenos, a presença de terpenos de outras classes, fenilpropanoides e outros componentes aromáticos, fornecem ao óleo essencial a capacidade de atuação em diversas vias, incluindo ação via contato, fumigação, fagoinibição e também repelência (MA et al., 2020).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Pragas de produtos armazenados com ênfase aos besouros

Existem dois grandes grupos de pragas de grãos e sementes armazenados, que são as traças, que são mariposas (ordem Lepidoptera, cujas larvas se alimentam desses produtos), e os besouros, sendo que apresentam papel majoritário nas perdas. Dentre as espécies de besouros, encontram-se populações de: *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae), *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae), *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae), *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae) e *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae) (LORINI et al., 2015a).

As pragas pertencentes à ordem Coleoptera podem ser classificadas como pragas primárias ou pragas secundárias. Pragas primárias causam danos diretos aos grãos e sementes sadias, perfurando-os e penetrando para se desenvolver em seu interior (praga interna) ou destruindo a parte externa (casca) da semente (praga

externa) (LORINI et al., 2015a). Além disso, como consequência de sua alimentação, a mistura de pequenos fragmentos da massa de grãos e excrementos contribuem para a manutenção de pragas secundárias no ambiente, como o próprio *T. castaneum* (SHAH et al., 2021).

As pragas secundárias, como o besouro *T. castaneum*, também causam grandes prejuízos aos ambientes de armazenamento de produtos agrícolas, alimentando-se inclusive da farinha gerada por pragas primárias (SUN et al., 2020). Embora os danos não sejam diretos aos produtos armazenados, esse tipo de praga desperta a preocupação por causar danos indiretos por meio da contaminação dos produtos por infecções fúngicas, por micotoxinas de fungos do gênero *Aspergillus*, e também por suas excretas (DUARTE et al., 2021; SPOCHACZ et al., 2018; UNRUH; XU; KRAMER, 1998).

Nesse sentido, as perdas geradas por essas pragas podem ser quantitativas e qualitativas. As quantitativas são ocasionadas por pragas primárias, como o gorgulho-do-milho (*S. zeamais*) que ocasionam danos mecânicos diretos aos grãos e consequente perda de massa (MANANDHAR; MILINDI; SHAH, 2018; MATEUS et al., 2017). Já os danos qualitativos são gerados por pragas secundárias, como o besouro *T. castaneum* (SHAH et al., 2021). Essa praga não é capaz de infestar e danificar grãos intactos e, dessa forma, requer a presença de um substrato gerado pelo dano de pragas primárias para que possa ocorrer e danificar qualitativamente a produção armazenada por meio das fezes e da liberação de toxinas de origem fúngica (UPADHYAY et al., 2018).

2.2 Controle de pragas de produtos armazenados

As tecnologias pós-colheita são responsáveis pelo controle e prevenção de pragas ao redor do mundo. Dentre elas, o método de controle de maior sucesso é o controle químico por meio de produtos sintéticos, considerado confiável no início da era química, entre os anos 1930 e 1950 (KALE; PAWAR; SHENDGE, 2021). Porém, a história mostrou que a utilização indiscriminada desses produtos causam diversos problemas, que incluem: contaminações agudas e crônicas a aplicadores, fazendeiros e consumidores; mortalidade de peixes, pássaros e mamíferos; destruição de inimigos

naturais de pragas e de polinizadores; contaminação de água; evolução da resistência de pragas aos pesticidas, entre outros (ISMAN, 2006; MARCHAND, 2019).

Atualmente, o principal meio de controle de pragas de produtos armazenados ainda é por meio de produtos químicos sintéticos. Dentre eles, ao redor do mundo, observa-se a utilização de inseticidas das classes dos carbamatos, organoclorados, organofosforados, piretróides e precursores da fosfina (RAMZAN; JABEEN; TAHIR, 2018). No Brasil, porém, o uso e distribuição de organoclorados são proibidos, com algumas exceções, desde 1985 pela portaria Nº 329 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) de 02 de setembro de 1985, devido aos conhecidos efeitos adversos à saúde humana (BRASIL, 1985). Nesse sentido, no país há uma prevalência na utilização de precursores da fosfina, piretróides e organofosforados (ORTEGA et al., 2021).

Nos últimos anos, a resistência de pragas de produtos armazenados aos produtos sintéticos se tornou um fenômeno universal devido à utilização inadequada destes (RAMZAN; JABEEN; TAHIR, 2018). Dessa forma, observa-se a adaptação da praga alvo às doses recomendadas e, assim, sua sobrevivência quando submetida à dose prescrita (GEWINNER; HARNISCH; MÜCK, 1996; RAMZAN; JABEEN; TAHIR, 2018).

Dados comprovam o desenvolvimento de resistência de populações de *T. castaneum*, por exemplo, não só a precursores da fosfina, mas também à organofosforados e piretróides (CAMPBELL et al., 2021; NAYAK et al., 2020). Da mesma forma, pragas do gênero *Sitophilus* são reportadas com resistências moderadas e fortes a piretróides (COLLINS; SCHLIPALIUS, 2018; SINGH et al., 2021). Nesse sentido, ao observar tais fatos, nota-se que há uma demanda por produtos que atuem de diferentes formas, e por diferentes meios, no controle dessas pragas (NWOSU, 2018a).

2.3 Óleos essenciais

Por definição, óleos essenciais são, segundo a farmacopeia europeia (COUNCIL OF EUROPE, 2020): “Produtos odoríferos, geralmente de composição

complexa, obtidos a partir de material vegetal botanicamente definido, por destilação a vapor, destilação seca ou por processo mecânico sem aquecimento.”

De forma geral, óleos essenciais são líquidos aromáticos, compostos por metabólitos secundários e biossintetizados em diferentes partes das plantas, como: flores, botões, folhas, frutos, galhos, cascas, sementes, madeiras, rizomas e raízes (ASBAHANI et al., 2015). Sua composição se baseia em constituintes lipofílicos e aromáticos voláteis, incluindo terpenos (monoterpenos, diterpenos, sesquiterpenos e suas frações oxigenadas), além de aldeídos, fenóis, cetonas, álcoois, ésteres, éteres, entre outros (POURMORTAZAVI; HAJIMIRSADEGHI, 2007).

Esses compostos são produzidos por plantas por inúmeras razões sistêmicas e ambientais. Para o desenvolvimento da atividade fisiológica, a planta produz metabólitos secundários para reforçar a fotossíntese frente à estresses térmicos e oxidativos (VICKERS et al., 2009). Já em relação às funções ecológicas, por exemplo, essas substâncias são utilizadas pelas plantas como agentes alelopáticos que inibem a germinação de outras espécies (BENCHAA; HAZZIT; ABDELKRIM, 2018). Muito importante também é a função desses compostos nas interações planta-animal, nas quais o objetivo é a defesa da planta contra o ataque de herbívoros, a atração de polinizadores, dentre outras diversas funções (BASAIID et al., 2021).

Por tais características intrínsecas a cada óleo, como propriedades antimicrobianas, antifúngicas, anti-inflamatórias e anti-oxidativas, esses produtos também são amplamente utilizados na medicina tradicional objetivando o tratamento, a cura e a melhora da saúde de humanos e animais (OMONIJO et al., 2018). Na agricultura, por outro lado, seu potencial utilização se deve ao espectro de ações, que incluem a habilidade de interferir no desenvolvimento da praga, incluindo a emergência e fecundidade, efeito deterrente da oviposição, repelência e inibição da alimentação, atividades larvicida, nematicida, inseticida, acaricida, dentre outras (EBADOLLAHI et al., 2021; HANS; SAXENA, 2021).

2.3.1 Óleos essenciais no controle de pragas

Óleos essenciais podem apresentar efeitos diretos e indiretos aos insetos (GOWTON; REUT; CARRILLO, 2020). Os efeitos diretos são aqueles que

comprometem a sobrevivência e a performance do organismo, enquanto os indiretos, ou não letais, são aqueles que não ocasionam a mortalidade direta, porém afetam algum parâmetro biológico ou comportamental do inseto, como a preferência para oviposição ou alimentação e a repelência (RIBEIRO et al., 2020c; YEGUERMAN et al., 2020).

Embora possuam uma maior rapidez na degradação de suas moléculas quando comparados às substâncias sintéticas, os óleos essenciais apresentam grande potencial para o controle de organismos-alvo (MISRA; PAVLOSTATHIS, 1997). Nesse sentido, por apresentarem perfil seguro frente a mamíferos e baixa persistência no ambiente, são indicados para utilização em sistemas de manejo integrado de pragas (UPADHYAY et al., 2018).

Os principais meios de aplicação de óleos essenciais em pragas são via contato tópico, contato residual, ingestão e fumigação (FOUAD; DA CAMARA, 2017), porém, o método mais eficiente de controle de pragas de produtos armazenados é a fumigação, em que os compostos voláteis são menos propensos aos obstáculos físicos e o produto afeta o inseto adentrando por meio de sua via respiratória (BOND; BOND, 2006).

A fumigação é o procedimento de exposição dos insetos a moléculas pequenas, voláteis e orgânicas que, em rápida difusão, formam gases em temperaturas maiores que 4,4°C, e que penetram em itens sólidos, como os grãos (SHARP; HALLMAN, 2019). Já segundo a norma de tratamento fitossanitário 10.103 da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019), a fumigação é o método de tratamento fitossanitário, com inseticida líquido, que via pulverização, tem o objetivo de eliminar insetos em todas as suas fases do ciclo evolutivo, em ambientes herméticos. Dessa forma, existem duas principais vantagens na sua adoção: primeiramente, a aplicação via fumigação permite a distribuição homogênea de óleos essenciais em ambientes fechados e; segundo, a fase volátil dos óleos essenciais penetra nos grãos, afetando não somente adultos, mas também insetos em fase larval (PESCHIUTTA et al., 2021).

A utilização de óleos essenciais e demais produtos naturais no controle de pragas está mundialmente crescendo pela preocupação da população com a saúde humana e também com a segurança ambiental (NIKKHAH et al., 2017). Por esses

motivos e pela potencial eficácia, biodegradabilidade, variedade de modos de ação e baixa toxicidade dos óleos essenciais, os estudos que objetivam a sua utilização no controle de pragas são importantes e necessários (ABAD; ANSUATEGUI; BERMEJO, 2007; PESCHIUTTA et al., 2021; SAID-AL AHL; HIKAL; TKACHENKO, 2017).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O presente trabalho teve como objetivo geral fazer uma análise bibliométrica da evolução da utilização de óleos essenciais frente às principais pragas de produtos armazenados no mundo.

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar a evolução da produção científica sobre a utilização de óleos essenciais no controle de pragas;
- Identificar as espécies de pragas de produtos armazenados mais citadas em palavras-chaves de artigos indexados na base de dados *Web of Science* e *Scopus*;
- Analisar os dados toxicológicos dos compostos majoritários de óleos essenciais sobre as duas espécies de pragas de produtos armazenados mais frequentes encontradas no levantamento.

4. METODOLOGIA

4.1 Análise bibliométrica da evolução científica e distribuição por países

Para a análise bibliométrica foram utilizadas duas bases de dados, a *Web of Science* e a *Scopus*. A análise sistemática se deu, primeiramente, por meio da definição do período a ser abordado. Nesse sentido, foi definida a utilização de dados de 2000 a 2020. Em seguida, foram definidos os critérios de inclusão, onde adotou-se apenas o tipo de documento científico artigo, definindo indiretamente a exclusão dos demais tipos de trabalhos: revisões, textos avulsos, monografias, dissertações, teses, publicações em anais e demais documentos fora do período definido.

Para a busca sistemática nas bases de dados mencionadas, este trabalho utilizou como descritores os termos: *essential oil* (óleos essenciais) e *stored grain pest* (praga de produtos armazenados), acrescidos de operadores booleanos, como: “AND”, “OR” e “NOT”.

Nesse sentido, a busca sistemática utilizando os descritores, os operadores booleanos, e a configuração exigida por cada base, ficou da seguinte forma:

- *Web of Science*: *essential oil* OR *essential oils* AND *stored grain pest* OR *stored grain pests*;
- *Scopus*: ((*essential oil*) OR (*essential oils*)) AND ((*stored grain pest*) OR (*stored grain pests*)).

Em seguida, os dados referentes às publicações, por ano e por país, bem como os dados bibliográficos foram exportados e tratados utilizando o *software* Excel, o *software* R, *R studio* e o pacote Bibliometrix, para então serem tabelados e discutidos, conforme ALLAIRE (2012); ARIA; CUCCURULLO (2017); DELIBERADOR; MELLO; BATALHA (2019) e JALAL(2019).

4.2 Identificação das pragas de produtos armazenados de maior relevância

Adotando os artigos selecionados durante a análise bibliométrica da evolução científica e distribuição por países, utilizou-se o *software* R, *R studio* e o pacote Bibliometrix. Dessa forma, por meio da análise de ocorrência de termos, foi possível a identificação de palavras-chave de espécies de pragas, bem como a quantificação da ocorrência dessas palavras, possibilitando avaliar a relevância de cada praga conforme o número de ocorrências com base no total de artigos analisados, conforme ALLAIRE (2012); ARIA; CUCCURULLO (2017); DERVIŞ (2019) e JALAL, (2019).

Dessa forma, após o levantamento das espécies e do número de ocorrência delas, os dados obtidos foram tabelados para o desenvolvimento da discussão.

4.3 Identificação de óleos essenciais/espécies vegetais utilizados no controle de *Tribolium castaneum* e *Sitophilus zeamais*

Para identificar as espécies vegetais / óleos essenciais utilizados no controle de *T. castaneum* e *S. zeamais*, com base nos artigos científicos, realizou-se uma busca sistemática nas citadas bases de dados utilizando como critério de inclusão documentos científicos de documentos publicados entre 2000 e 2020. Dessa forma, indiretamente, foram definidos os critérios de exclusão, que foram os demais tipos de trabalhos: revisões, textos avulsos, monografias, dissertações, teses, publicações em anais e demais documentos fora do período definido.

Nesse sentido, a busca sistemática utilizando os descritores e os operadores booleanos, configurou-se da seguinte forma:

- Para *T. castaneum*: (*Tribolium castaneum* AND (*essential oil* OR *essential oils*));
- Para *S. zeamais*: (*Sitophilus zeamais* AND (*essential oil* OR *essential oils*)).

Após a identificação de todos os artigos que seguiram os critérios até então definidos, estes passaram por outra seleção, onde o critério de inclusão foi a presença de DOI (*Digital Object Identifier*), o ensaio utilizando o óleo essencial em sua fitocomplexidade e não via compostos isolados frente às pragas *T. castaneum* e *S. zeamais* e também a presença de resultados em Concentração Letal 50 (CL₅₀) e/ou Dose Letal 50 (DL₅₀).

Por fim, todas as espécies de plantas utilizadas nos artigos selecionados foram tabeladas, conferidas e contabilizadas. Além disso, todas foram acessadas para a identificação e análise das espécies vegetais inclusas em seu conteúdo e também para que se analisasse o método do ensaio com as pragas, bem como a CL₅₀/DL₅₀ de cada óleo essencial para cada praga, para que então esses dados fossem discutidos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise bibliométrica da evolução científica e distribuição por países

Dentre os dados levantados pela análise bibliométrica, é possível observar que o número de publicações que abordam a utilização de óleos essenciais no controle de pragas de produtos armazenados aumentou nos últimos 20 anos (2000-2020). A

análise da base de dados *Web of Science*, mostrou um total de 245 artigos publicados durante o período abordado, partindo de 1 artigo publicado em 2000 para 49 publicados em 2020. Já na base de dados *Scopus*, 1239 artigos seguiram os critérios estabelecidos pela busca definida com termos booleanos, destes, 9 foram publicados em 2000 e 185 foram publicados em 2020 (Figura 1).

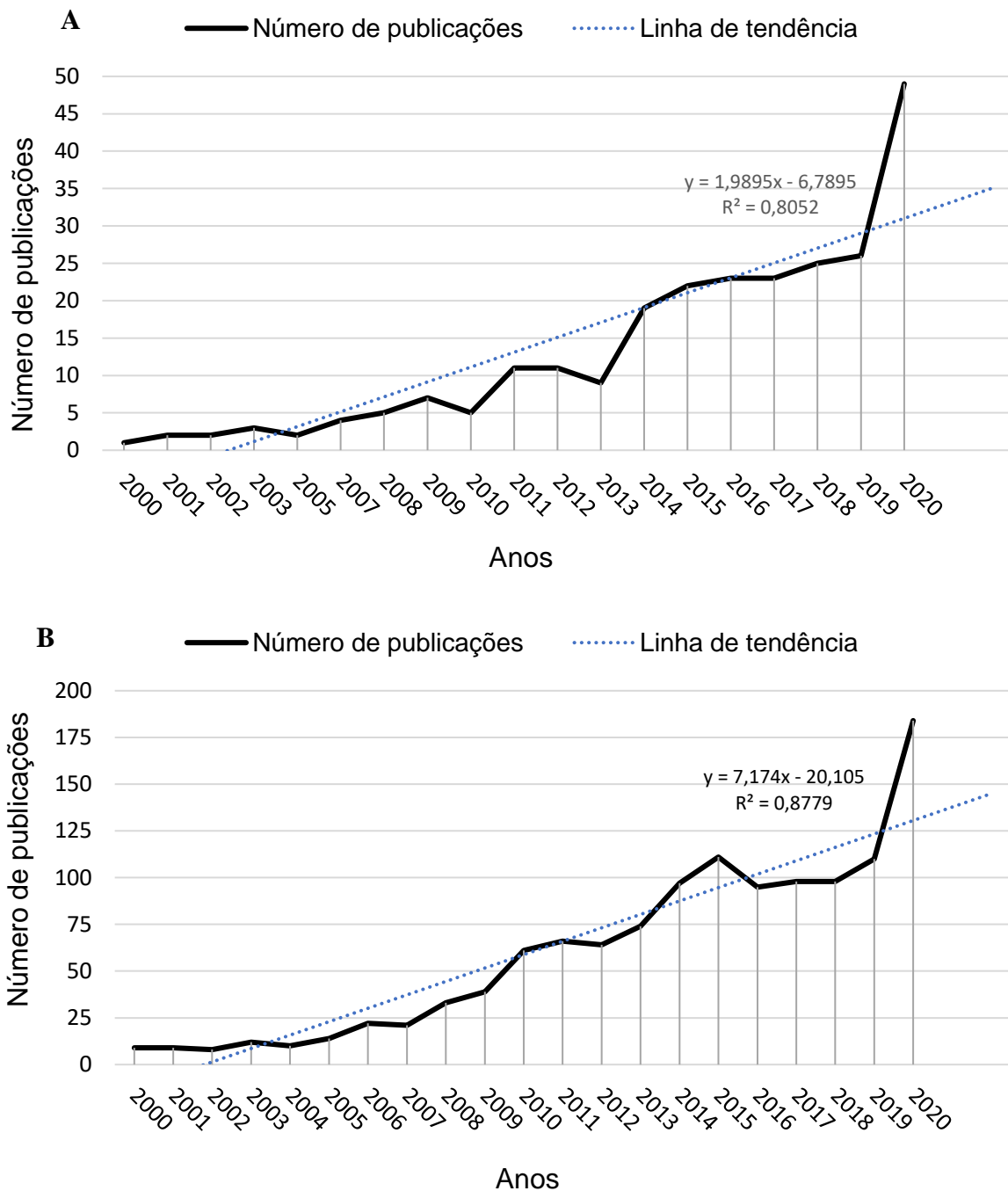


Figura 1 - Número de publicações sobre o uso de óleos essenciais no controle de pragas de produtos armazenados. **A** - Pela base de dados *Web of Science*; **B** - Pela base de dados *Scopus*. Fonte: Autoria própria (2022).

Ao observar a figura 1 A e B, nota-se o aumento do número de publicações indexadas em ambas as bases de dados utilizadas que envolvem a utilização de óleos essenciais no controle de pragas de produtos armazenados, bem como a tendência de crescimento, representado pela linha pontilhada azul.

Corroborando os dados apresentados, é possível notar que o avanço da pesquisa acerca da utilização de óleos essenciais no controle de pragas de grãos armazenados caminha de acordo com o mercado de biopesticidas. Estudos mostram que o mercado de pesticidas partirá de US\$49 bilhões, em 2017 para US\$55,6 bilhões em 2023, enquanto o mercado mundial de biopesticidas sairá de US\$ 6,387 bilhões, em 2017, para US\$ 16,7 bilhões, em 2024, representando um crescimento de 15% frente aos 2,7% do mercado mundial de pesticidas (VENZON et al., 2021).

Além disso, dados também apontam que um dos fatores que podem contribuir para o avanço da pesquisa nessa área é a influência do tempo e do preço de desenvolvimento de um biopesticida *versus* o tempo e preço de desenvolvimento de um produto sintético. Marrone (2019) mostra em seu estudo que em 2009, foram analisados em média 140.000 mil compostos para a descoberta de um único composto comercialmente aceitável. Dessa forma, há uma estimativa de que os custos para o desenvolvimento de um produto sintético seja de U\$ 280 milhões, podendo levar até 12 anos. Em contrapartida, o custo para o desenvolvimento de um biopesticida varia de U\$ 3 a 7 milhões e o tempo necessário é, de aproximadamente, 4 anos (SEIBER et al., 2014; LEADBEATER, 2015; MARRONE, 2019).

Adiante, na pesquisa, foi possível observar os países com o maior número de publicações correlacionando os termos *essential oil(s)* e *stored grain pest(s)*, onde nota-se que, pela base de dados *Web of Science*, os quatro países com maior número de publicações durante o período abordado foram: Brasil, com 38 publicações; China, com 31; Índia, com 23 e Paquistão, com 18 (Figura 2). Na base de dados *Scopus*, porém, os quatro países com maior número de publicações foram: China, com 206 publicações; Irã, com 137; Índia, com 132 e Brasil, com 113 (Figura 3).



Figura 2 - Número de publicações, na base de dados *Web of Science*, por país, no período entre os anos 2000 e 2020. Fonte: Autoria própria (2022).

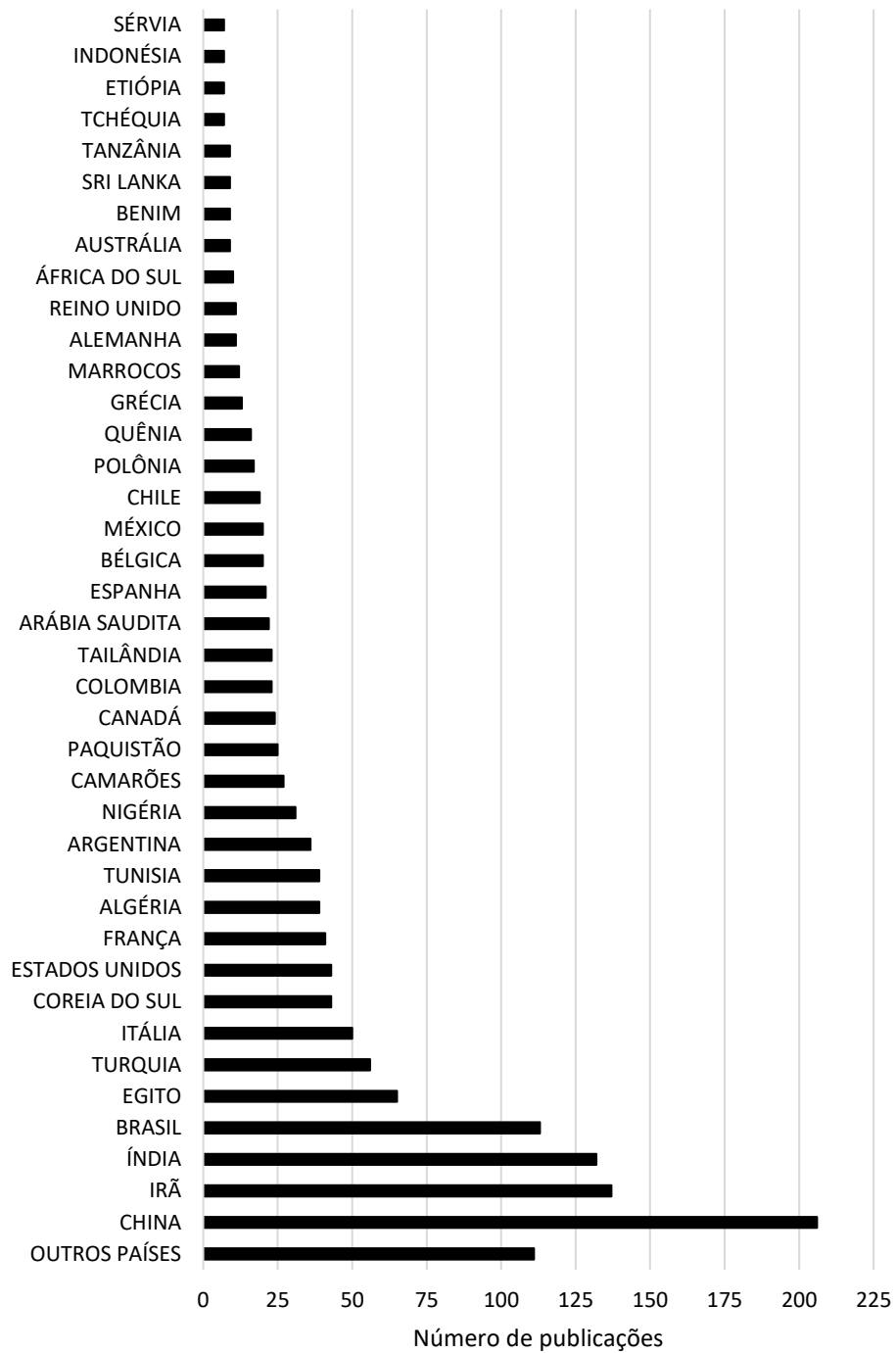


Figura 3 - Número de publicações, na base de dados *Scopus*, por país, no período entre os anos 2000 e 2020. Fonte: Autoria própria (2022).

Corroborando o exposto, ao analisar os dados disponibilizados no do Banco de Dados Estatísticos Corporativos para a Agricultura e Alimentação (*Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database - FAOSTAT*) da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2020) referentes aos países

produtores de cevada, milho, soja, trigo e feijão em 2020, observa-se que há uma semelhança entre os maiores produtores de grãos e os maiores publicadores. Excluindo-se o produtor majoritário em 2020, que é os Estados Unidos, com uma produção de 527 milhões de toneladas de grãos e que não aparece entre os maiores publicadores, os demais lugares são ocupados por países que apresentam relação entre produção de grãos e produção científica, como a China, com 416 milhões de toneladas de grãos produzidos; o Brasil, com 235 milhões de toneladas e a Índia, com 156 milhões de toneladas. Outros países presentes no *ranking* de publicações, como o Paquistão e o Irã, ainda encontram-se entre os 20 países com maior número de produção de grãos, ocupando o 12º e o 18º lugar, respectivamente (FAO, 2020).

O principal fator que observou-se dentre os países com maior número de publicação que correlacionam-se com o número de publicações (e de pesquisas, consequentemente) são os incentivos à pesquisa através das políticas públicas para o desenvolvimento de pesquisas sobre biopesticidas, incluindo os de origem botânica, como os óleos essenciais (DEWEN, 2015; MISHRA; DUTTA; ARORA, 2020). Além disso, observa-se que os países com maior número de publicação acerca do tema inseticidas botânicos e biopesticidas, apresentados pelos trabalhos de Isman e Grieneisen (2014) e BALOG et al. (2017) também foram os maiores publicadores acerca da pesquisa com óleos essenciais no controle de pragas de produtos armazenados.

Neste sentido, pode-se observar o caso da Índia, que se encontra entre os maiores indexadores. O Banco para Agricultura e Desenvolvimento Rural (*Bank for Agriculture and Rural Development* – NABARD) do país, por exemplo, através do programa “Fortalecimento e Modernização da Abordagem do Manejo de Pragas na Índia (*Strengthening and Modernization of Pest Management Approach in India* – SMPMA) oferece assistência financeira para o desenvolvimento de unidades de biofertilizantes e biopesticidas subsidiando 25% dos valores, estando estes restritos a 4 milhões de rúpias (MISHRA; DUTTA; ARORA, 2020).

Também é descrito, nos últimos anos, o incentivo do governo indiano para a utilização de biopesticidas através do programa “*Zero-budget Farming*” (ZBF) (MISHRA; DUTTA; ARORA, 2020). O *Zero-budget Farming*, ou agricultura de orçamento zero, em tradução literal, é um programa que se iniciou através do

movimento “*Zero-budget farming movement*” em Karnataka. Seus preceitos enfatizam a necessidade da ação de práticas agroecológicas, desencorajando o uso desnecessário de diversos insumos agrícolas, como sementes de alto custo e pesticidas sintéticos. Sua ampla aceitação é observada pelo fato de ser um movimento constituído não só pelos pequenos produtores, mas majoritariamente por médios produtores (KHADSE et al., 2018). Dessa forma, incentivado por tais preceitos, o governo de Andhra Pradesh, anunciou a sua intenção em implantar o ZBF para todos os seis milhões de agricultores do estado, até 2024, se tornando, dessa forma, o primeiro estado a ter as propriedades 100% “*chemical-free*”, ou livres dos produtos sintéticos (UNEP, 2018; BHARUCHA; MITJANS; PRETTY, 2020).

Existem, ainda, no país, outras políticas/movimentos que contribuem para o desenvolvimento da pesquisa. A Missão Nacional para Agricultura Sustentável (*The National Mission for Sustainable Agriculture - NMSA*), por exemplo, lançada em 2010 pelo Plano de Ação Nacional em Mudança Climática (*National Action Plan on Climate Change - NAPCC*), em sua terceira missão de intervenção no país, incentiva a pesquisa, produção comercial e mercado de biopesticidas (MISHRA; DUTTA; ARORA, 2020).

Ao observar a China, por outro lado, estudos afirmam que o país promove vigorosos subsídios para a promoção de pesticidas de baixa toxicidade e resíduo. A fim de resolver os problemas com pesquisa, produção e comercialização de biopesticidas, o país formou a Aliança de Inovação em 2014, sendo organizado pelo Instituto de Proteção Vegetal da Academia Chinesa de Ciências Agrícolas e aprovado do Ministério de Ciência e Tecnologia (DEWEN, 2015).

Através do “Décimo Primeiro Plano Quinquenal”, o país organizou mais de 20 planos científicos, incluindo o plano nacional de apoio à ciência e tecnologia, a indústria de bem-estar público, projetos agrícolas e pesquisa científica, a *National Natural Science Foundation* e outros projetos referentes à prevenção das principais pragas e doenças das três principais áreas de produção de grãos (DEWEN, 2015; MA; ZANG; DU, 2022).

No corrente plano de desenvolvimento, o décimo quarto, a China comprometeu-se em destinar 2,4% do PIB (Produto interno bruto) para a pesquisa e

desenvolvimento em todos os campos, sendo o maior volume destinado pelo país à pesquisa nos últimos anos. Dessa forma, o que se espera pelo governo é que a pesquisa cresça em 10,6% até 2025 (MALLAPATY, 2021).

Isman e Grieneisen (2014) apresentam dados de que, de fato, desde os anos 2012, através de uma análise de mais de 20.000 *papers*, entre 1980 e 2012 o papel central da China, Índia e Brasil nas pesquisas com inseticidas botânicos. Anos após essa pesquisa, Isman (2020) reafirma o papel da China, Índia e Brasil na pesquisa acerca dos inseticidas botânicos e mostra que o principal problema do Brasil, na atualidade, é o seu sistema regulatório, que dificulta o registro de produtos pela necessidade de atender aos requisitos de três diferentes agências governamentais (Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento- MAPA), não apresentando uma legislação específica para o registro desses produtos.

BALOG e colaboradores (2017) corroboram o dito através de uma análise da bibliografia acerca da temática “biopesticidas”, afirmam que os países com maiores número de documentos indexados são os Estados Unidos, China, Índia e Brasil. Ainda segundo os citados autores, o que desestimula a pesquisa e dificulta o registro de bioprodutos, incluindo inseticidas de origem botânica, é justamente o excesso de burocracia, por tornar o processo mais caro e demorado, assim como ocorre na União Européia.

5.2 Óleos essenciais no controle de pragas de produtos armazenados

5.2.1 Identificação das pragas de produtos armazenados de maior relevância

Com base na análise da bibliografia indexada nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*, seguindo os critérios de inclusão e exclusão pré-estabelecidos na metodologia, foram analisados 1484 artigos objetivando a identificação das pragas de produtos armazenados de maior interesse segundo a bibliografia (Figura 4).

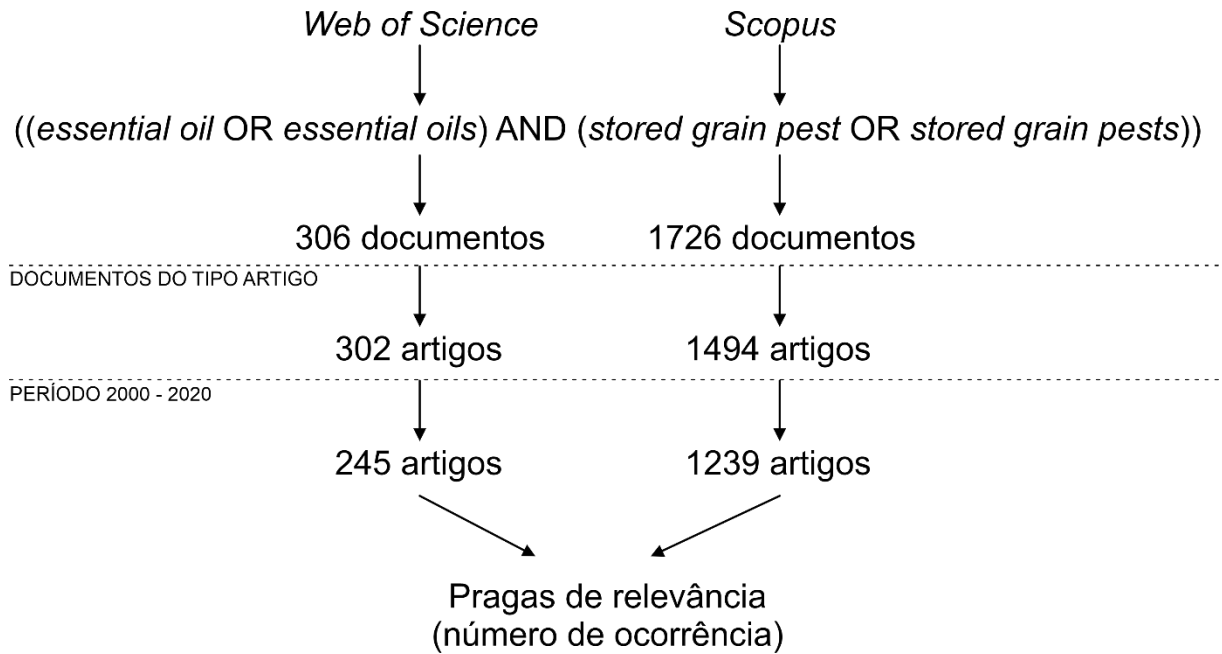


Figura 4 - Fluxograma do levantamento e filtragem de artigos citando a utilização de óleos essenciais sobre pragas de grãos armazenados nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*. Fonte: Autoria própria (2022).

Nesse sentido, com base no número de ocorrência das espécies de pragas, como palavras-chave, observa-se na Tabela 1 as espécies de maior ocorrência, por base de dados e, portanto, as com maior relevância segundo a bibliografia analisada.

Tabela 1 - Número de ocorrência das espécies de pragas de produtos armazenados mais frequentes nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*.

WEB OF SCIENCE		
OCORRÊNCIA (NÚMERO)	ESPÉCIE	ORDEM
33	<i>Tribolium castaneum</i>	Coleoptera
21	<i>Sitophilus zeamais</i>	Coleoptera
18	<i>Sitophilus oryzae</i>	Coleoptera
10	<i>Callosobruchus maculatus</i>	Coleoptera
9	<i>Rhyzopertha dominica</i>	Coleoptera
6	<i>Tribolium confusum</i>	Coleoptera
5	<i>Sitophilus granarius</i>	Coleoptera
4	<i>Trogoderma granarium</i>	Coleoptera
4	<i>Acanthoscelides obtectus</i>	Coleoptera
4	<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	Coleoptera

SCOPUS		
OCORRÊNCIA (NÚMERO)	ESPÉCIE	ORDEM
140	<i>Tribolium castaneum</i>	Coleoptera

56	<i>Sitophilus zeamais</i>	Coleoptera
52	<i>Sitophilus oryzae</i>	Coleoptera
43	<i>Callosobruchus maculatus</i>	Coleoptera
37	<i>Lasioderma serricorne</i>	Coleoptera
29	<i>Liposcelis bostrychophila</i>	Psocoptera
25	<i>Rhyzopertha dominica</i>	Coleoptera
19	<i>Sitophilus granarius</i>	Coleoptera
18	<i>Ephestia kuehniella</i>	Lepidoptera
18	<i>Tribolium confusum</i>	Coleoptera
13	<i>Acanthoscelides obtectus</i>	Coleoptera

Fonte: Autoria própria (2022).

Dentre as espécies presentes, observa-se que a grande maioria é formada por coleópteros, seguido de lepidópteros e psocópteros. Em relação aos coleópteros constata-se pragas primárias, como as espécies: *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais* (COPATTI; MARCON; MACHADO, 2013), *Callosobruchus maculatus* (DE FRANÇA et al., 2018), *Rhyzopertha dominica* (PIRES; NOGUEIRA, 2018), *Sitophilus granarius* (GERMINARA, 2019), *Acanthoscelides obtectus* (LORINI et al., 2015a) e *Trogoderma granarium* (PANEZAI et al., 2019). Como secundárias observa-se: *Tribolium castaneum* (KHANUM; JAVED, 2021), *Lasioderma serricorne* (NIKOLAOU et al., 2021), *Tribolium confusum* (IBRAHIM; SALEM, 2019), *Liposcelis bostrychophila* (SOEIRO et al., 2015) e *Ephestia kuehniella* (PEZZINI; JAHNKE; KÖHLER, 2017). Dentre todas as pragas levantadas, é possível constatar que as mais citadas foram o besouro *T. castaneum* e o gorgulho-do-milho (*S. zeamais*).

O gorgulho-do-milho (*S. zeamais*) é uma das 30 espécies pertencentes à família Curculionidae que atacam produtos armazenados (FERREIRA et al., 2019). Além do milho, como o nome popular sugere, essa praga ocorre também em trigo, sorgo, arroz, aveia e cevada (TANG et al., 2019).

De modo geral, o gorgulho-do-milho é uma praga de grande importância no armazenamento de grãos de milho tanto em regiões tropicais, como subtropicais, e apresenta potencial para ocasionar perdas de 15 a 90% (OLOYEDE-KAMIYO; ADETUMBI, 2017). Corroborando o que foi mencionado, essa espécie desperta a preocupação de produtores por ocasionar infestações cruzadas, ou seja, tem a capacidade de infestar os grãos no campo e dar continuidade a essa infestação no armazém (ATAIDE et al., 2020).

O potencial biótico também confere à espécie uma grande capacidade de ocasionar danos, tendo em vista que uma fêmea é capaz de ovipositar até 5 ovos em um dia e, durante todo o seu período de vida adulta, de aproximadamente 5 meses, produz até 400 ovos (LANGSI et al., 2017). As fêmeas ovipositam individualmente nos grãos, em orifícios abertos com a ajuda de sua própria mandíbula e, em seguida, fecham esses orifícios com uma substância gelatinosa produzida por suas glândulas, dificultando assim a identificação de grãos danificados (NWOSU, 2018b).

Já o besouro *T. castaneum* é uma praga secundária responsável por grandes prejuízos aos ambientes de armazenamento de produtos agrícolas (SUN et al., 2020). Embora não ataquem diretamente aos grãos armazenados, a praga causa danos indiretos por meio da contaminação dos produtos armazenados por meio de micotoxinas e por suas excretas (SPOCHACZ et al., 2018; UNRUH; XU; KRAMER, 1998). O ciclo de vida dos indivíduos de *T. castaneum* varia entre 9 e 10 semanas, dependendo da temperatura e também da umidade relativa (SUNDAR et al., 2021). Além disso, a fêmea dessa espécie apresenta grande potencial reprodutivo e, dessa forma, oviposita cerca de 300-500 ovos durante seu ciclo de vida (NEGI et al., 2022).

Publicações reportam perdas de 15 a 20% em uma grande gama de *commodities* em função da ocorrência desse besouro (ATTA et al., 2020). Dentre as *commodities* incluem-se os grãos (SHAFIQUE; AHMAD; CHAUDRY, 2006), além de farinha (YAN et al., 2017), ervilha (SAKHI LARAIB et al., 2020), feijão (FORBANKA, 2021), castanhas (PIRES et al., 2019), frutas desidratadas (DIN et al., 2018) e especiarias (WIJERATHNE et al., 2020).

5.2.2 Óleos essenciais/espécies vegetais no controle de *Tribolium castaneum* e *Sitophilus zeamais*

Em função do maior número de publicações indexadas na base de dados *Scopus*, esta foi selecionada para a análise das espécies e óleos essenciais utilizados nas publicações do período de 2000 a 2020. Dessa forma, com base nos critérios estabelecidos para a pesquisa, foram analisados 165 diferentes artigos, onde 109 referem-se à utilização de óleos essenciais no controle de *T. castaneum* e 72 artigos ao controle de *S. zeamais*, as duas pragas de maior ocorrência em artigos científicos (Figura 5).

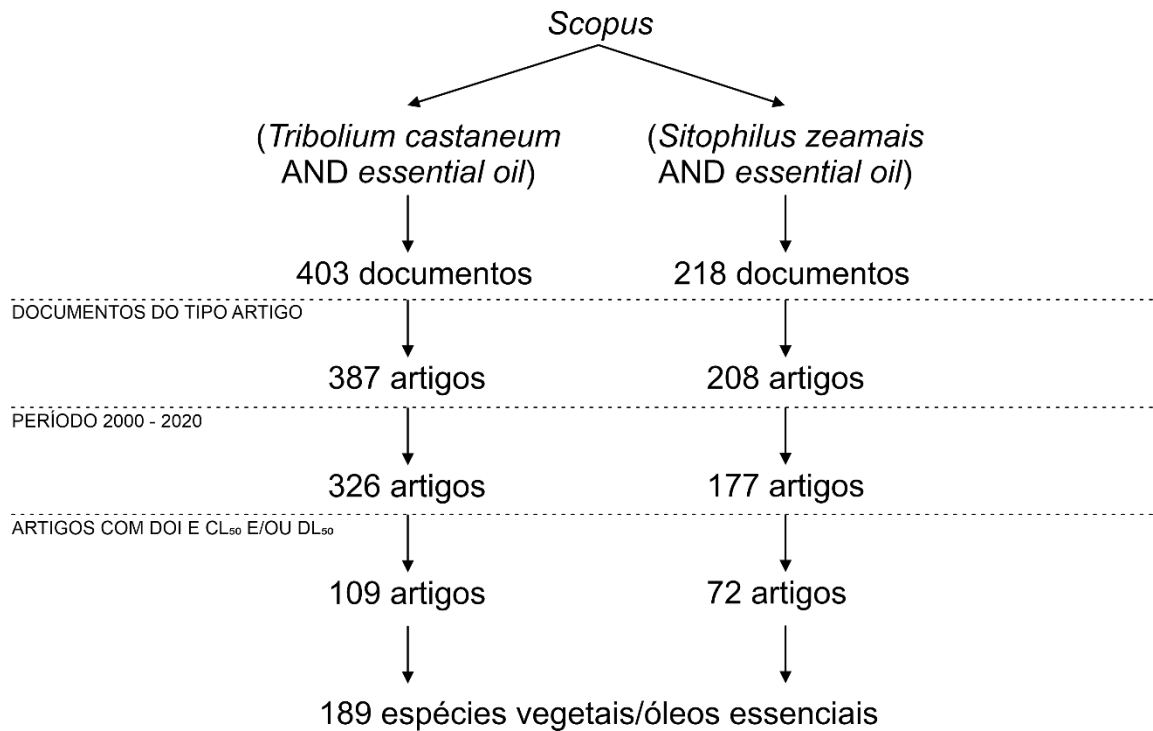


Figura 5 - Fluxograma do levantamento e filtragem de artigos citando a utilização de óleos essenciais sob pragas *T. castaneum* e *S. zeamais* nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*. Fonte: Autoria própria (2022).

As 189 espécies analisadas e apresentadas no apêndice deste trabalho (Apêndice A), pertencem à 39 famílias botânicas. Dentre elas, as famílias com maior número de espécies utilizadas como óleos essenciais no controle de *T. castaneum* e *S. zeamais*, foram: Lamiaceae, Asteraceae e Rutaceae (Tabela 2).

Tabela 2 - Famílias botânicas com maiores números de espécies utilizadas como óleos essenciais no controle de *Tribolium castaneum* e *Sitophilus zeamais*.

FAMÍLIA	ESPÉCIES
Lamiaceae	35
Asteraceae	29
Rutaceae	18
Myrtaceae	14
Apiaceae	12
Zingiberaceae	10
Lauraceae	7
Verbenaceae	7

Fonte: Autoria própria (2022).

Ao analisar a composição dos óleos essenciais das espécies pertencentes à essas 39 famílias, é possível verificar a frequência de moléculas químicas entre os diversos óleos, bem como a Dose letal 50 (DL₅₀) e/ou a Concentração letal 50 (CL₅₀) de cada óleo sobre as espécies *T. castaneum* e *S. zeamais*. Dentre as moléculas presentes em todos os óleos analisados, as moléculas de maior frequência foram os terpenos cariofileno, α -pineno e 1,8-cineol (Tabela 3).

Tabela 3 - Compostos de maior ocorrência entre os artigos analisados.

OCORRÊNCIA (NÚMERO)	MOLÉCULAS	CLASSE
42	Cariofileno	Sesquiterpeno
36	α -pineno	Monoterpeno
34	1,8-cineol	Monoterpeno
28	Limoneno	Monoterpeno
25	Linalol	Monoterpeno
24	β -pineno	Monoterpeno
21	β -cariofileno	Sesquiterpeno
13	Terpinen-4-ol	Monoterpeno

Fonte: Autoria própria (2022).

Diversos trabalhos indicam o potencial inseticida de monoterpenos, como o 1,8-cineol, linalol e o α -pineno (FOUAD; TAVARES; ZANUNCIO, 2021; KANDA; KAUR; KOUL, 2017). Além disso, a resistência de insetos à essa classe de moléculas se desenvolve muito lentamente, além de não haver indícios do desenvolvimento de resistência adquirida por seleção, observada por diversas gerações de coleópteros (LÓPEZ; CONTRERAS; PASCUAL-VILLALOBOS, 2010; WANG et al., 2019).

Monoterpenos são uma classe de terpenos que representam um grande grupo de produtos naturais e são formados por duas unidades de isopreno, ou seja, por duas unidades de cinco carbonos, com potencial de ligação cabeça-cauda (ABDELGALEIL et al., 2021). Eles são voláteis e lipofílicos, e dessa forma possuem a capacidade de penetração nos insetos por meio da cutícula (GAIRE; SCHARF; GONDHALEKAR, 2020). Nesse sentido, pelas características dessas moléculas, pesquisas apontam seus diversos meios de ação, incluindo: a inibição da acetilcolinesterase (AChE), dos receptores ácido gama-aminobutírico (GABA) e também do citocromo P450 (GAIRE; SCHARF; GONDHALEKAR, 2020; SAAD; ABOU-TALEB; ABDELGALEIL, 2018). Além dos efeitos neurotóxicos, a literatura mostra a capacidade dessa classe de

terpeno em atuar também no processo de respiração celular, provocando a morte de organismos submetidos a eles por meio da inibição da oxidação celular, de forma a interromper o fluxo de elétrons na cadeia respiratória (DEHSHEIKH et al., 2020).

Outra informação importante, com base na ecotoxicologia desses compostos, é relatada por OYEDEJI *et al.* (2020) ao afirmarem que alguns monoterpenos, como o linalol, possuem a capacidade de reduzir a atividade da superfamília de proteínas glutationa-s-transferases (GTS) em indivíduos de *S. zeamais*, comprometendo seu sistema de detoxificação. As GTS atuam na eliminação de radicais livres e detoxificam diversas substâncias perigosas, sendo elas xenobióticas ou endógenas, por meio da catalização da ligação entre a glutationa e essas substâncias, tornando-as menos tóxicas e mais fáceis de serem secretadas pelas células (HU et al., 2018).

A despeito do método de aplicação, além dos efeitos diretos, indiretamente os monoterpenos também causam efeitos que prejudicam o desenvolvimento adequado das populações de *S. zeamais* e *T. castaneum*, como a redução de capacidade reprodutiva, retardo do crescimento e inibição da alimentação (ANWER, 2018; MARANGONI; MOURA; GARCIA, 2013). O α -Pineno, por exemplo, é um monoterpeno que possui ação fagoinibitória frente as pragas estudadas devido à alteração dos comportamentos desses insetos através da ação direta em suas sensilas periféricas (DEHSHEIKH et al., 2020; WALIA; SAHA; RANA, 2014).

Dentre as substâncias encontradas observa-se também os sesquiterpenos, que também são terpenos, porém possuem uma estrutura carbônica formada por três unidades de isopreno, diferente dos monoterpenos que possuem apenas duas (HILLIER; LATHE, 2019). Um dos sesquiterpenos derivados de óleos essenciais é o cariofileno (KORTBEEK; VAN DER GRAGT; BLEEKER, 2019). Esse composto e seus derivados são reportados pela literatura pelas suas propriedades acaricida, inseticida, repelente e antifúngica (DA SILVA et al., 2015). O derivado gerado por sua oxidação, óxido de cariofileno, atua no controle de insetos ao afetar seus canais moduladores de sódio, além de também ser um forte inibidor da respiração induzida por NADH (Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo), principalmente no complexo I, da cadeia transportadora de elétrons da mitocôndria (LIU et al., 2012; MONZOTE et al., 2009)

O efeito via contato direto dos monoterpenos vêm sendo demonstrado hpa mais de duas décadas, sendo bastante variado conforme a espécie de praga, como observa-se na Tabela 4, onde é possível notar essa variação conforme a molécula e também conforme a praga (ABDELGALEIL et al., 2021). O α -pineno, por exemplo, apresenta CL_{50} de 32,40 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$, via contato residual, para *S. zeamais*, enquanto que para a espécie *T. castaneum* a CL_{50} é de 25,37 mg/cm^2 .

Tabela 4 - Dados obtidos por testes via contato residual e contato tópico, em Concentração Letal 50 (CL_{50}) e Dose Letal 50 (DL_{50}), de compostos isolados sob as pragas *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum*.

PRAGA	MOLÉCULA	CONTATO	EFEITO	REFERÊNCIA
<i>S. zeamais</i>	α -pineno	Residual	$CL_{50} = 32,40 \mu\text{l}/\text{cm}^2$	YILDIRIM; EMSEN; KORDALI, 2013
	β -pineno	Residual	$CL_{50} = 26,36 \mu\text{l}/\text{cm}^2$	YILDIRIM; EMSEN; KORDALI, 2013
	1,8-Cineol	Tópico	$DL_{50} = 15,8 \mu\text{g}/\text{adulto}$	QUAN; LIU; LIU, 2018
	Limoneno	Residual	$CL_{50} = 15,06 \mu\text{l}/\text{cm}^2$	YILDIRIM; EMSEN; KORDALI, 2013
	Linalol	Residual	$CL_{50} = 2,45 \mu\text{l}/\text{cm}^2$	YILDIRIM; EMSEN; KORDALI, 2013
<i>T. castaneum</i>	α -Pineno	Residual	$CL_{50} = 25,37 \text{mg}/\text{cm}^2$	GUO et al., 2016a
		Tópico	$DL_{50} = 30,09 \mu\text{g}/\text{adulto}$	CAO et al., 2019
	β -pineno	Tópico	$DL_{50} = 49,15 \mu\text{g}/\text{adulto}$	CAO et al., 2019
	Cariofileno	Tópico	$DL_{50} = 40,85 \mu\text{g}/\text{adulto}$	LIANG et al., 2021
	Terpinen-4-ol	Tópico	$DL_{50} = 19,87 \mu\text{g}/\text{adulto}$	WANG et al., 2019
	Linalol	Tópico	$DL_{50} = 45,96 \mu\text{g}/\text{adulto}$	WANG et al., 2019
	β -cariofileno	Tópico	$DL_{50} = 25,86 \mu\text{g}/\text{adulto}$	WANG et al., 2019
	1,8-Cineol	Tópico	$DL_{50} = 69,79 \mu\text{g}/\text{mg}$	WANG; LI; LEI, 2009
Limoneno	Tópico	$DL_{50} = 15,00 \mu\text{g}/\text{adulto}$	CHEN et al., 2018b	

Fonte: Autoria própria (2022).

Dentre as moléculas apresentadas na Tabela 4, observa-se que via contato tópico, o limoneno foi a molécula com a menor DL₅₀ (15,00 µg/adulto), sendo, portanto, a molécula mais efetiva no controle de *T. castaneum* por esse método. Estudos indicam que esta molécula possui a capacidade de inibir a AChE, o que justifica tal potencial inseticida, assim como a molécula de maior eficácia contra *S. zeamais*, o 1,8-cineol (DL₅₀ = 15,8 µg/adulto) (LÓPEZ; CONTRERAS; PASCUAL-VILLALOBOS, 2010; SAAD; ABOU-TALEB; ABDELGALEIL, 2018). Outra molécula com potencial via contato tópico também foi o terpinen-4-ol (DL₅₀ = 19,87 µg/adulto). Dessa forma, estudos indicam que o efeito se deve à capacidade do terpinen-4-ol em causar a inibição da atividade da ATPase (Adenosinatrifosfatase), além de também promover efeito moderado de inibição da AChE em *T. castaneum* (SAAD; EL-DEEB; ABDELGALEIL, 2019).

Por outro lado, via contato residual o α-pineno apresentou efeito sobre os indivíduos de *T. castaneum* (CL₅₀ = 25,37 mg/cm²), enquanto o linalol apresentou a menor CL₅₀ (2,45 µl/cm²) frente aos indivíduos de *S. zeamais*. O efeito de ambos os monoterpenos se devem também à capacidade de inibir a AChE (ABDELGALEIL et al., 2021; LÓPEZ; CONTRERAS; PASCUAL-VILLALOBOS, 2010).

Porém, ao compreender que os monoterpenos, em geral, são compostos consideravelmente leves e voláteis, espera-se constatar seu maior emprego via fumigação, o que de fato ocorre nos artigos pesquisados (LANGSI et al., 2020; SAHAYARAJ, 2014). Tal fato mostra-se ainda mais coerente quando, novamente, se compreende a característica lipofílica desses terpenos, que possibilita sua permeabilidade a camadas cerosas da cutícula dos insetos (DEHSHEIKH et al., 2020).

Dessa forma, pode-se observar na Tabela 5 os efeitos desses compostos via fumigação frente às pragas *S. zeamais* e *T. castaneum*.

Tabela 5 - Dados obtidos por fumigação, em Concentração Letal 50 (CL₅₀), de compostos isolados sobre as pragas *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum*.

PRAGA	COMPOSTOS	CL ₅₀	REFERÊNCIA
<i>S. zeamais</i>	α-pineno	120 µL/L ar	SUTHISUT; FIELDS; CHANDRAPATYA, 2011

	β -pineno	172 $\mu\text{L/L}$ ar	SUTHISUT; FIELDS; CHANDRAPATYA, 2011
	Linalol	27,33 $\mu\text{L/L}$ ar	OYEDEJI et al., 2020
	1,8-Cineol	48 $\mu\text{L/L}$ ar	SUTHISUT; FIELDS; CHANDRAPATYA, 2011
	Limoneno	0,122 mg/cm^3 ar	KIM; LEE, 2014
	Terpinen-4-ol	3,22 mg/L ar	LIAO et al., 2016
<i>T. castaneum</i>	α -pineno	36,79 $\mu\text{L/L}$ ar	SAAD; EL-DEEB; ABDELGALEIL, 2019
	β -pineno	14,66 mg/L ar	CAO et al., 2019
	Linalol	120,00 mg/L ar	ABOUELATTA et al., 2020
	1,8-Cineol	41,0 $\mu\text{L/L}$ ar	SUTHISUT; FIELDS; CHANDRAPATYA, 2011
	Limoneno	6,21 mg/L ar	LIANG et al., 2018
	Terpinen-4-ol	20,47 $\mu\text{L/L}$ ar	SAAD; EL-DEEB; ABDELGALEIL, 2019

Fonte: Autoria própria (2022).

Via fumigação, é possível notar, portanto, que para a espécie *S. zeamais*, as moléculas que apresentaram maiores efeitos inseticidas foram o terpinen-4-ol e o linalol. Enquanto que para os indivíduos de *T. castaneum*, as moléculas com menor CL_{50} , ou seja, mais eficientes, foram o limoneno e o β -pineno.

Como dito anteriormente, o monoterpeno terpinen-4-ol apresenta ação por meio da inibição da atividade da ATPase, além do efeito moderado de inibição da AChE (SAAD; EL-DEEB; ABDELGALEIL, 2019). Corroborando o efeito do Terpinen-4-ol, o linalol e o limoneno também apresentam seu efeito por meio da inibição da AChE (LÓPEZ; CONTRERAS; PASCUAL-VILLALOBOS, 2010; PRAVEENA; SANJAYAN, 2011). Já o β -pineno, além de ser reportado como repelente para *T. castaneum*, possui a capacidade de afetar o sistema neuronal através da expressão de genes relacionados a transmissores, como a AChE, aos canais GABA e também aos canais de cloreto (PAJARO-CASTRO; CABALLERO-GALLARDO; OLIVERO-VERBEL, 2017).

6. CONCLUSÃO

Com base no explanado neste trabalho é possível notar que nos últimos 20 anos houve um avanço na produção científica acerca da utilização de óleos essenciais como opção aos produtos sintéticos no controle de pragas de produtos armazenados, não só via fumigação, como também via contato residual e tópico. Além disso, nota-se que os países com maior produção de grãos, são os que também mais produzem cientificamente nessa área. E também que os países com maior número de publicações sobre o termo inseticidas botânicos, são os que mais publicam acerca da utilização de óleos essenciais no controle de pragas de produtos armazenados.

É possível notar que as moléculas majoritárias, presentes nos óleos essenciais de 189 plantas, apresentam potencial para o controle do gorgulho-do-milho (*Sitophilus zeamais*) e o besouro *Tribolium castaneum*, por diferentes meios e por diferentes vias. Neste sentido, este trabalho incentiva estudos futuros objetivando a identificação de novas espécies vegetais para o controle de diferentes pragas, por meio dos extratos e óleos essenciais.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, M. J.; ANSUATEGUI, M.; BERMEJO, P. Active antifungal substances from natural sources. **Arkivoc**, v. 7, n. 11, p. 6–145, 2007.

ABDELGALEIL, S. A. M. et al. Monoterpenes: chemistry, insecticidal activity against stored product insects and modes of action — a review. **International Journal of Pest Management**, v. 0, n. 0, p. 1–23, 2021.

ABDEL-SATTAR, E. et al. Chemical composition, insecticidal and insect repellent activity of *Schinus molle* L. leaf and fruit essential oils against *Trogoderma granarium* and *Tribolium castaneum*. **Natural Product Research**, v. 24, n. 3, p. 226–235, 2010.

ABOUELATTA, A. M. et al. Repellent, contact and fumigant activities of geranium (*Pelargonium graveolens* L.'Hér) essential oils against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Rhyzopertha dominica* (F.). **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 40, n. 4, p. 1021–1030, 2020.

AGROFIT. **Sistema de Agrotróxicos Fitossanitários**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 01/2022.

ALCALA-OROZCO, M. et al. Repellent and Fumigant Actions of the Essential Oils from *Elettaria cardamomum* (L.) Maton, *Salvia officinalis* (L.) Linnaeus, and *Lippia organoides* (V.) Kunth Against *Tribolium castaneum* and *Ulomoides dermestoides*. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 22, n. 1, p. 18–30, 2019.

AL-HARBI, N. A. et al. Evaluation of Insecticidal Effects of Plants Essential Oils Extracted from Basil, Black Seeds and Lavender against *Sitophilus oryzae*. **Plants**, v. 10, n. 5, p. 829, 2021.

ALLAIRE, J. RStudio: integrated development environment for R. Boston, MA, v. 770, n. 394, p. 165–171, 2012.

AMINI, S. et al. Identification of the Seed Essential Oil Composition of Four Apiaceae Species and Comparison of their Biological Effects on *Sitophilus oryzae* L. and *Tribolium castaneum* (Herbst.). **Journal of Medicinal Plants**, v. 17, n. 67, p. 68–76, 2018.

ANWER, M. **Biopesticides and Bioagents: Novel tools for Pest Management**. [s.l.] Apple Academic Press, 2018.

ARABI, F.; MOHARRAMIPOUR, S.; SEFIDKON, F. Chemical composition and insecticidal activity of essential oil from *Perovskia abrotanoides* (Lamiaceae) against *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 28, n. 3, p. 144–150, 2008.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017.

ASBAHANI, A. E. et al. Essential oils: From extraction to encapsulation. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 483, n. 1, p. 220–243, 2015.

ATAIDE, J. O. et al. Exposure to major components of essential oils and their mixtures cause mortality, sublethal effect and behavioral disturbance of *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: curculionidae). **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 9, n. 2, p. 1329–1335, 2020.

ATTA, B. et al. Damage potential of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) on wheat grains stored in hermetic and non-hermetic storage bags. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 40, n. 1, p. 27–37, 2020.

AYRES, V. F. S. et al. Chemical composition and insecticidal activity of the essential oils of *Piper marginatum*, *Piper callosum* and *Vitex agnus-castus*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, n. 3, 2021.

AZEEM, M. et al. Pesticidal potential of some wild plant essential oils against grain pests *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) and *Aspergillus flavus* (Link, 1809). **Arabian Journal of Chemistry**, v. 15, n. 1, p. 103482, 2022.

BALOG, A. et al. Differences in the progress of the biopesticide revolution between the EU and other major crop-growing regions. **Pest Management Science**, v. 73, n. 11, p. 2203–2208, 2017.

BANDE-BORUJENI, S.; ZANDI-SOHANI, N.; RAMEZANI, L. Chemical composition and bioactivity of essential oil from *Eucalyptus occidentalis* leaves against two stored product pests. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 38, n. 3, p. 216–223, 2018.

BASAIID, K. et al. Biological activities of essential oils and lipopeptides applied to control plant pests and diseases: A review. **International Journal of Pest Management**, v. 67, n. 2, p. 155–177, 2021.

BENCHAA, S.; HAZZIT, M.; ABDELKRIM, H. Allelopathic Effect of *Eucalyptus citriodora* Essential Oil and Its Potential Use as Bioherbicide. **Chemistry & Biodiversity**, v. 15, n. 8, p. e1800202, 2018.

BETT, P. K. et al. Chemical composition of *Cupressus lusitanica* and *Eucalyptus saligna* leaf essential oils and bioactivity against major insect pests of stored food grains. **Industrial Crops and Products**, v. 82, p. 51–62, 2016.

BETT, P. K. et al. Residual contact toxicity and repellence of *Cupressus lusitanica* Miller and *Eucalyptus saligna* Smith essential oils against major stored product insect pests. **Industrial Crops and Products**, The 2nd International Conference on Pesticidal Plants (ICPP2). v. 110, p. 65–74, 2017.

BHARUCHA, Z. P.; MITJANS, S. B.; PRETTY, J. Towards redesign at scale through zero budget natural farming in Andhra Pradesh, India. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 18, n. 1, p. 1-20, 2020.

BNINA, E. B. et al. Chemical composition, antimicrobial and insecticidal activities of the tunisian *Citrus aurantium* essential oils. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 37 (2019), n. No. 2, p. 81–92, 2019.

BOND, E.; BOND, E. **Manual of Fumigation for Insect Control: FAO Plant Production and Protection Paper No. 54**. [s.l.] FAO, 2006.

BRASIL. Portaria nº 329, de 02 de Setembro 1985. Proíbe em todo o territorial nacional, a comercializacao, o uso e a distribuicao dos produtos agrotóxicos organoclorados, destinados a agropecuária. Brasil. **Ministério da Agricultura**, 1985.

CAMPBELL, J. F. et al. *Tribolium castaneum*: A Model Insect for fundamental and applied research. **Annual review of entomology**, v. 67, 2021.

CAMPOS, E. V. R. et al. Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: Future perspectives. **Ecological Indicators**, v. 105, p. 483–495, 2019.

CANSIAN, R. L. et al. Insecticidal and repellent activity of the essential oil of *Cinnamomum camphora* var. linaloolifera Y. Fujita (Ho-Sho) and *Cinnamomum camphora* (L.) J Presl. var. hosyo (Hon-Sho) on *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera, Curculionidae). **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v. 17, p. 769–773, 2015.

CAO, J. et al. Pinene-rich essential oils from *Haplophyllum dauricum* (L.) G. Don display anti-insect activity on two stored-product insects. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 140, p. 1–8, 2019.

CAO, J. Q. et al. Toxicity and repellency of essential oil from *Evodia lenticellata* Huang fruits and its major monoterpenes against three stored-product insects. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 160, p. 342–348, 2018.

CHAUBEY, M. K. Insecticidal Effect of *Allium sativum* (Alliaceae) Essential Oil. **Journal of Biologically Active Products from Nature**, v. 3, n. 4, p. 248–258, 2013.

CHAUBEY, M. K. Insecticidal Properties of *Zingiber officinale* and *Piper cubeba* Essential Oils Against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Biologically Active Products from Nature**, v. 1, n. 5–6, p. 306–313, 2011.

CHAUBEY, M. Study of insecticidal properties of garlic, *Allium sativum* (Alliaceae) and Bel, *Aegle marmelos* (Rutaceae) essential oils against *Sitophilus zeamais* L. (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Entomology**, v. 14, n. 5, p. 191–198, 2017.

CHEFURKA, W.; KASHI, K. P.; BOND, E. J. The effect of phosphine on electron transport in mitochondria. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 6, n. 1, p. 65–84, 1976.

CHEN, X. et al. Main Factors Affecting Post-Harvest Grain Loss during the Sales Process: A Survey in Nine Provinces of China. **Sustainability**, v. 10, n. 3, p. 661, 2018a.

CHEN, X.; CHEN, R.; LUO, Z. Chemical composition and insecticidal properties of essential oil from aerial parts of *Mosla soochowensis* against two grain storage insects. **Tropical Journal of Pharmaceutical Research**, v. 16, n. 4, p. 905–910, 2017.

CHEN, Z. et al. Chemical Composition and Bioactivities of *Alpinia Katsumadai* Hayata Seed Essential Oil against Three Stored Product Insects. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 22, n. 2, p. 504–515, 2019.

CHEN, Z. et al. Insecticidal and repellent activity of essential oil from *Amomum villosum* Lour. and its main compounds against two stored-product insects. **International Journal of Food Properties**, v. 21, n. 1, p. 2265–2275, 2018b.

CHU, S. S. et al. Chemical composition and insecticidal activities of the essential oil of *Aster ageratoides* flowering aerial parts. **Journal of the Serbian Chemical Society**, v. 78, n. 2, p. 209–216, 2013.

CHU, S. S. et al. Chemical composition and insecticidal activity of the essential oil of *Amethystea caerulea* L. **Natural Product Research**, v. 26, n. 13, p. 1207–1212, 2012b.

CHU, S. S. et al. Insecticidal activity of the root bark essential oil of *Periploca sepium* Bunge and its main component. **Natural Product Research**, v. 26, n. 10, p. 926–932, 2012a.

CHU, S. S. et al. Toxicity of the essential oil of *Illicium difengpi* stem bark and its constituent compounds towards two grain storage insects. **Journal of Insect Science**, v. 11, n. 1, p. 152, 2011.

CHU, S. S.; FENG HU, J.; LIU, Z. L. Composition of essential oil of Chinese *Chenopodium ambrosioides* and insecticidal activity against maize weevil, *Sitophilus zeamais*. **Pest Management Science**, v. 67, n. 6, p. 714–718, 2011.

CHU, S. S.; JIANG, G. H.; LIU, Z. L. GC-MS analysis of insecticidal essential oil of flowering aerial parts of *Saussurea nivea* Turcz. **DARU Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 20, n. 1, p. 14, 2012.

CHU, S. S.; JIANG, G. H.; LIU, Z. L. Insecticidal Components from the Essential Oil of Chinese Medicinal Herb, *Ligusticum chuanxiong* Hort. **E-Journal of Chemistry**, v. 8, n. 1, p. 300–304, 2011.

CHU, S. S.; LIU, Q. R.; LIU, Z. L. Insecticidal activity and chemical composition of the essential oil of *Artemisia vestita* from China against *Sitophilus zeamais*. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 38, n. 4, p. 489–492, 2010.

CHU, S.-S. et al. Chemical Composition and Insecticidal Activity Against *Sitophilus zeamais* of the Essential Oils Derived from *Artemisia giraldii* and *Artemisia subdigitata*. **Molecules**, v. 17, n. 6, p. 7255–7265, 2012c.

COATS, J. R. Risks From Natural Versus Synthetic Insecticides. **Annual Review of Entomology**, v. 39, n. 1, p. 489–515, 1994.

COLLINS, P. J.; SCHLIPALIUS, D. I. Insecticide Resistance. In: ATHANASSIOU, C. G.; ARTHUR, F. H. (Eds.). **Recent Advances in Stored Product Protection**. Berlin, Heidelberg: Springer, p. 169–182, 2018.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 12, **CONAB – Décimo segundo levantamento**, 2021.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Norma de tratamento fitossanitário 30.103. **Sistema de operações subsistema de rede de armazenadora própria – ambiente natural e artificial**, p. 26, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/images/arquivos/normativos/30000_sistema_de_operacoes/30.103_norma_de_tratamento_fitossanitario.pdf>. Acesso em: 01/2022.

COPATTI, C. E.; MARCON, R. K.; MACHADO, M. B. Avaliação de dano de *Sitophilus zeamais*, *Oryzaephilus surinamensis* e *Laemophloeus minutus* em grãos de arroz armazenados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 855–860, 2013.

COUNCIL OF EUROPE. **EUROPEAN PHARMACOPOEIA TENTH EDITION**. Estrasburgo: European Directorate for the Quality of Medicines & HealthCare of the Council of Europe (EDQM), v. 1, 2020.

DA SILVA, R. C. S. et al. (E)-Caryophyllene and α -Humulene: *Aedes aegypti* Oviposition Deterrents Elucidated by Gas Chromatography-Electrophysiological Assay of *Commiphora leptophloeos* Leaf Oil. **PLOS ONE**, v. 10, n. 12, 2015.

DE FRANÇA, S. M. et al. Controle de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) com pós vegetais e inertes. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 20, p. 288–295, 2018.

DE LIRA, C. S. et al. Evaluation of the toxicity of essential oil from *Alpinia purpurata* inflorescences to *Sitophilus zeamais* (maize weevil). **Crop Protection**, v. 71, p. 95–100, 2015.

DEB, M.; KUMAR, D. Bioactivity and efficacy of essential oils extracted from *Artemisia annua* against *Tribolium castaneum* (Herbst. 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae): An eco-friendly approach. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 189, p. 109988, 2020.

DEHSHEIKH, A. B. et al. Monoterpenes: Essential Oil Components with Valuable Features. **Mini-Reviews in Medicinal Chemistry**, v. 20, n. 11, p. 958–974, 2020.

DELIBERADOR, L. R.; MELLO, L. T. C. D.; BATALHA, M. O. Grain Losses in Transport and Storage: A Systematic Literature Review with Bibliometric Analysis. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 14, n. 5, p. 174–189, 2019.

DERVIŞ, H. Bibliometric analysis using Bibliometrix an R Package. **Journal of Scientometric Research**, v. 8, n. 3, p. 156–160, 2019.

DEVI, M. A. et al. Toxicity, repellency and chemical composition of essential oils from *Cymbopogon* species against red flour beetle *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Consumer Protection and Food Safety**, v. 15, n. 2, p. 181–191, 2020.

DEWEN, Q. I. U. Analysis of the development situation and trends of biological pesticides in China. **Chinese Journal of Biological Control**, v. 31, n. 5, p. 679, 2015.

DIN, N. et al. Feeding preference and biology of *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) in different wheat varieties. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, p. 4, 2018.

DUARTE, Sónia et al. The Interaction between *Tribolium castaneum* and Mycotoxigenic *Aspergillus flavus* in Maize Flour. *Insects*. **Insects**, v. 12, n. 8, p. 730, 2021.

EBADOLLAH, A.; MAHBOUBI, M. Insecticidal Activity of the Essential Oil Isolated from *Azilia eryngioides* (Pau) Hedge et Lamond Against Two Beetle Pests. **Chilean journal of agricultural research**, v. 71, n. 3, p. 406–411, 2011.

EBADOLLAHI, A. Chemical constituents and toxicity of *Agastache foeniculum* (Pursh) kuntze essential oil against two stored-product insect pests. **Chilean journal of agricultural research**, v. 71, n. 2, p. 212–217, 2011.

EBADOLLAHI, A. Estragole-rich essential oil of summer savory (*Satureja hortensis* L.) as an eco-friendly alternative to the synthetic insecticides in management of two stored-products insect pests. **Acta agriculturae Slovenica**, v. 115, n. 2, p. 307–314, 2020.

EBADOLLAHI, A. et al. Acaricidal, Insecticidal, and Nematicidal Efficiency of Essential Oils Isolated from the *Satureja* Genus. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 11, p. 6050, 2021.

EBADOLLAHI, A. et al. Chemical composition and bio-pesticidal values of essential oil isolated from the seed of *Heracleum persicum* Desf. ex Fischer (Apiaceae). **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 4, p. 1166–1174, 2014b.

EBADOLLAHI, A. et al. Chemical Composition of Essential Oil from *Zhumeria majdae* Rech. F. & Wendelbo and its Bioactivities Against *Tribolium castaneum* Herbst (Tenebrionidae) Larvae. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 17, n. 5, p. 824–831, 2014a.

EBADOLLAHI, A.; SETZER, W. N. Evaluation of the Toxicity of *Satureja intermedia* C. A. Mey Essential Oil to Storage and Greenhouse Insect Pests and a Predator Ladybird. **Foods**, v. 9, n. 6, p. 712, 2020.

EBADOLLAHI, A.; TAGHINEZHAD, E. Modeling and optimization of the insecticidal effects of *Teucrium polium* L. essential oil against red flour beetle (*Tribolium castaneum* Herbst) using response surface methodology. **Information Processing in Agriculture**, v. 7, n. 2, p. 286–293, 2020.

EL ABDOUNI KHIYARI, M. et al. Chemical composition, antioxidant and insecticidal properties of essential oils from wild and cultivated *Salvia aucheri* subsp. *blancoana* (Webb. & Helder)), an endemic, threatened medicinal plant in Morocco. **Industrial Crops and Products**, v. 57, p. 106–109, 2014.

ELBREENSE, H. et al. Insecticidal, Antifeedant and repellent efficacy of certain essential oils against adult rust-red flour beetle, *Tribolium castaneum*. **Egyptian Journal of Chemistry**, 2021.

ESTRELA, J. L. V. et al. Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 217–222, 2006.

FANG, R. et al. Insecticidal Activity of Essential Oil of *Carum Carvi* Fruits from China and Its Main Components against Two Grain Storage Insects. **Molecules**, v. 15, n. 12, p. 9391–9402, dez. 2010.

FAO. **Crops and livestock products**. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>>. Acesso em: 12/2021.

FAOSTAT. **Countries by commodity.** Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity>. Acesso em: 07/2021.

FARAJI, Z. et al. Encapsulation of Essential Oils of *Mentha pulegium* and *Ferula gummosa* Using Nanoliposome Technology as a Safe Botanical Pesticide. **Journal of Applied Biotechnology Reports**, v. 7, n. 4, p. 237–242, 2020.

FAZOLIN, M. et al. Atividade inseticida do óleo essencial de *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum (Bignoneaceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). **Acta Amazonica**, v. 37, p. 599–603, 2007.

FENG, Y. X. et al. Bioactivities of patchoulol and phloracetophenone from *Pogostemon cablin* essential oil against three insects. **International Journal of Food Properties**, v. 22, n. 1, p. 1365–1374, 2019a.

FENG, Y. X. et al. Efficacy of bornyl acetate and camphene from *Valeriana officinalis* essential oil against two storage insects. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 16, p. 16157–16165, 2019b.

FERREIRA, L. O. G. et al. Atividade de Fagoinibição do Óleo Essencial de *Eucalyptus torelliodora* sobre *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera: Curculionidae). **Ensaios e Ciência: C. Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 22, n. 2, p. 137, 2019.

FORBANKA, D. N. Post-Harvest Storage Practices and Insect Pests of Maize and Beans in the North West Region of Cameroon. **African Entomology**, v. 29, n. 1, p. 133–141, 2021.

FOUAD, H. A.; DA CAMARA, C. A. G. Chemical composition and bioactivity of peel oils from *Citrus aurantiifolia* and *Citrus reticulata* and enantiomers of their major constituent against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 73, p. 30–36, 2017.

FOUAD, H. A.; TAVARES, W. DE S.; ZANUNCIO, J. C. Toxicity and repellent activity of monoterpene enantiomers to rice weevils (*Sitophilus oryzae*). **Pest Management Science**, v. 77, n. 7, p. 3500–3507, 2021.

GAIRE, S.; SCHARF, M.; GONDHALEKAR, A. Synergistic Toxicity Interactions between Plant Essential Oil Components against the Common Bed Bug (*Cimex lectularius* L.). **Insects**, v. 11, n. 2, p. 133, 2020.

GAO, G. W. et al. Chemical Composition and Insecticidal Activities of the Essential Oil from *Caryopteris incana* (Thunb. ex Hout.) Miq. Aerial Parts. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 23, n. 3, p. 608–615, 2020.

GENGEMBRE, M. Mémoire sur un nouveau gas obtenu, par l'action des substances alkalines, sur le phosphore de Kunckel. [s.l.] **Mémoires de mathématique et de physique, présentés à l'Académie royale des sciences**, 1783.

GERMINARA, G. S. Kernel volatiles of some pigmented wheats do not elicit a preferential orientation in *Sitophilus granarius* adults. **Journal of Pest Science**, 2019.

GEWINNER, J.; HARNISCH, R.; MÜCK, O. Manual of the prevention of post-harvest grain losses. **Manual of the prevention of post-harvest grain losses**, 1996.

- GOWTON, C. M.; REUT, M.; CARRILLO, J. Peppermint essential oil inhibits *Drosophila suzukii* emergence but reduces *Pachycrepoideus vindemniae* parasitism rates. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, 2020.
- GUO, S. et al. Chemical Composition and Bioactivities of the Essential Oil from *Etlingera yunnanensis* against Two Stored Product Insects. **Molecules**, v. 20, n. 9, p. 15735–15747, 2015b.
- GUO, S. et al. Contact and Repellent Activities of the Essential Oil from *Juniperus formosana* against Two Stored Product Insects. **Molecules**, v. 21, n. 4, p. 504, 2016a.
- GUO, S. et al. Essential Oil of *Amomum maximum* Roxb. and Its Bioactivities against Two Stored-Product Insects. **Journal of Oleo Science**, v. 64, n. 12, p. 1307–1314, 2015a.
- GUO, S. et al. The Chemical Composition of Essential Oils from *Cinnamomum camphora* and Their Insecticidal Activity against the Stored Product Pests. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 11, p. 1836, 2016b.
- HADDI, K. et al. Diversity and convergence of mechanisms involved in pyrethroid resistance in the stored grain weevils, *Sitophilus* spp. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 16361, 2018.
- HADDI, K. et al. Sublethal Exposure to Clove and Cinnamon Essential Oils Induces Hormetic-Like Responses and Disturbs Behavioral and Respiratory Responses in *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 6, p. 2815–2822, 2015.
- HAIDER, S. Z. et al. Repellent and Fumigant Activities of *Tanacetum nubigenum* Wallich. ex DC Essential Oils against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Oleo Science**, v. 64, n. 8, p. 895–903, 2015.
- HAIDER, S. Z. et al. Use of *Tanacetum tomentosum* and *Ta. dolichophyllum* essential oils as botanical repellents and insecticidal agents against storage pest *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Entomological Research**, v. 47, n. 5, p. 318–327, 2017.
- HAMMODA, H. M. et al. Volatiles profiling and bioactivities of *Cupressus* spp. leaf and cone essential oils as analyzed via chemometrics tools. **Journal of Essential Oil Research**, v. 31, n. 1, p. 53–62, 2019.
- HANS, A. L.; SAXENA, S. Plant Bioprospecting for Biopesticides and Bioinsecticides. In: **Bioprospecting of Plant Biodiversity for Industrial Molecules**. [s.l.] John Wiley & Sons, p. 335–344, 2021.
- HAOUEL-HAMDI, S. et al. Susceptibility of *Tribolium castaneum* to *Laurus nobilis* essential oil and assessment on semolina quality. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 40, n. 3, p. 667–675, 2020.
- HASHEM, A. S. et al. *Pimpinella anisum* essential oil nanoemulsions against *Tribolium castaneum* — insecticidal activity and mode of action. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 19, p. 18802–18812, 2018.
- HERRERA, J. M. et al. Fumigant toxicity of five essential oils rich in ketones against *Sitophilus zeamais* (Motschulsky). **AgriScientia**, v. 31, n. 1, p. 35–41, 2014.
- HERRERA-RODRÍGUEZ, C. et al. Bioactivity of *Peumus boldus* Molina, *Laurelia sempervirens* (Ruiz & Pav.) Tul. and *Laureliopsis philippiana* (Looser) Schodde (Monimiaceae) essential

oils against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Chilean journal of agricultural research**, v. 75, n. 3, p. 334–340, 2015.

HILLIER, S. G.; LATHE, R. Terpenes, hormones and life: isoprene rule revisited. **Journal of Endocrinology**, v. 242, n. 2, p. 9–22, 2019.

HU, F. et al. Identification and expression profiles of twenty-six glutathione S-transferase genes from rice weevil, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 120, p. 1063–1071, 2018.

HU, J. et al. Chemical composition and biological activity against *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) of *Artemisia brachyloba* essential oil. **Industrial Crops and Products**, v. 128, p. 29–37, 2019.

HUANG, Y. et al. Susceptibility of *Tribolium castaneum* to phosphine in China and functions of cytochrome P450s in phosphine resistance. **Journal of Pest Science**, v. 92, n. 3, p. 1239–1248, 2019.

HUANG, Y.; LAM, S. L.; HO, S. H. Bioactivities of essential oil from *Elletaria cardamomum* (L.) Maton. to *Sitophilus zeamais* Motschulsky and: *Tribolium castaneum* (Herbst). **Journal of Stored Products Research**, v. 36, n. 2, p. 107–117, 2000.

HUBHACHEN, Z. et al. A CAPS marker for determination of strong phosphine resistance in *Tribolium castaneum* from Brazil. **Journal of Pest Science**, v. 93, n. 1, p. 127–134, 2020.

IBRAHIM, S. S.; SALEM, N. Y. Insecticidal efficacy of nano zeolite against *Tribolium confusum* (Col., Tenebrionidae) and *Callosobruchus maculatus* (Col., Bruchidae). **Bulletin of the National Research Centre**, v. 43, n. 1, p. 1–8, 2019.

ISLAM, M. S. et al. Fumigant and repellent activities of essential oil from *Coriandrum sativum* (L.) (Apiaceae) against red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Pest Science**, v. 82, n. 2, p. 171–177, 2009.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides in the twenty-first century—fulfilling their promise?. **Annual Review of Entomology**, v. 65, p. 233–249, 2020.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 45–66, 2006.

ISMAN, M. B.; GRIENEISEN, M. L. Botanical insecticide research: many publications, limited useful data. **Trends in plant science**, v. 19, n. 3, p. 140–145, 2014.

JAGADEESAN, R. et al. Potential of Co-Fumigation with Phosphine (PH₃) and Sulfuryl Fluoride (SO₂F₂) for the Management of Strongly Phosphine-Resistant Insect Pests of Stored Grain. **Journal of Economic Entomology**, v. 111, n. 6, p. 2956–2965, 2018.

JALAL, S. K. Co-authorship and co-occurrences analysis using Bibliometrix R-package: a casestudy of India and Bangladesh. **Annals of Library and Information Studies (ALIS)**, v. 66, n. 2, p. 57–64, 2019.

JARAMILLO-COLORADO, B. E.; MARTÍNEZ-CÁCERES, E. L.; DUARTE-RESTREPO, E. Volatile chemical composition and bioactivities from Colombian *Kyllinga pumila* Michx (Cyperaceae) essential oil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 38, n. 3, p. 273–282, 2016.

JARAMILLO-COLORADO, B. E.; PALACIO-HERRERA, F. M.; DUARTE-RESTREPO, E. Antioxidant and biological activities of essential oil from Colombian *Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr fruit. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 42, 2020.

JARAMILLO-COLORADO, B. E.; SUAREZ-LÓPEZ, S.; MARRUGO-SANTANDER, V. Volatile chemical composition of essential oil from *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch and their fumigant and repellent activities. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 41, 2019.

JAYA et al. Insecticidal activity of *Ageratum conyzoides* L., *Coleus aromaticus* Benth. and *Hyptis suaveolens* (L.) Poit essential oils as fumigant against storage grain insect *Tribolium castaneum* Herbst. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 9, p. 2210–2215, 2014.

JEMLI, M. E. et al. Antifungal and Insecticidal Properties of *Juniperus thurifera* Leaves. **Natural Product Communications**, v. 13, n. 8, 2018.

JEON, J. H.; LEE, S. G.; LEE, H. S. Isolation of Insecticidal Constituent from *Ruta graveolens* and Structure-Activity Relationship Studies against Stored-Food Pests (Coleoptera). **Journal of Food Protection**, v. 78, n. 8, p. 1536–1540, 2015.

JIANG, G. H. et al. Chemical Composition and Insecticidal Activity of the Essential Oil of *Artemisia eriopoda* against Maize Weevil, *Sitophilus zeamais*. **Natural Product Communications**, v. 7, n. 2, p. 578-700, 2012.

JULIO, A. H. F. et al. Multiple resistance to pirimiphos-methyl and bifenthrin in *Tribolium castaneum* involves the activity of lipases, esterases, and laccase2. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 195, p. 27–43, 2017.

KALE, P.; PAWAR, V.; SHENDGE, S. Recent advances in stored grain pest management: A. **The Pharma Innovation Journal**, v. 8, n. 10, p. 667–673, 2021.

KAMANULA, J. F. et al. Chemical variation and insecticidal activity of *Lippia javanica* (Burm. f.) Spreng essential oil against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Industrial Crops and Products**, The 2nd International Conference on Pesticidal Plants (ICPP2). v. 110, p. 75–82, 2017.

KANDA, D.; KAUR, S.; KOUL, O. A comparative study of monoterpenoids and phenylpropanoids from essential oils against stored grain insects: acute toxins or feeding deterrents. **Journal of Pest Science**, v. 90, n. 2, p. 531–545, 2017.

KARABÖRKLÜ, S. et al. The chemical composition of *Cyclotrichium organifolium* essential oil and its insecticidal activity against four stored-product insect pests. **Comptes Rendus de l'Academie Bulgare des Sciences**, v. 72, n. 6, p. 841–852, 2019.

KERDCHOECHUEN, O. et al. Essential Oils from Six Herbal Plants for Biocontrol of the Maize Weevil. **HortScience**, v. 45, n. 4, p. 592–598, 2010.

KHADSE, A. et al. Taking agroecology to scale: The zero budget natural farming peasant movement in Karnataka, India. **The Journal of Peasant Studies**, v. 45, n. 1, p. 192-219, 2018.
 KHALIQ, A. et al. Management of *Tribolium castaneum* using synergism between conventional fumigant and plant essential oils. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 40, n. 4, p. 781–788, 2020.

- KHANI, A.; ASGHARI, J. Insecticide activity of essential oils of *Mentha longifolia* *Pulicaria gnaphalodes* and *Achillea wilhelmsii* against two stored product pests, the flour beetle, *Tribolium castaneum*, and the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus*. **Journal of Insect Science**, v. 12, n. 1, p. 73, 2012.
- KHANUM, T. A.; JAVED, S. Pathogenicity of Pakistani isolates of *Steinernema bifurcatum* and *S. affine* (Rhabditida: Steinernematidae) in management of stored grain pests *Lasioderma serricorne* and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Ptinidae, Tenebrionidae). **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 31, n. 1, p. 1–5, 2021.
- KHOOBDEL, M.; AHSAEI, S. M.; FARZANEH, M. Insecticidal activity of polycaprolactone nanocapsules loaded with *Rosmarinus officinalis* essential oil in *Tribolium castaneum* (Herbst). **Entomological Research**, v. 47, n. 3, p. 175–184, 2017.
- KIM, S. I.; LEE, D.-W. Toxicity of basil and orange essential oils and their components against two coleopteran stored products insect pests. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 17, n. 1, p. 13–17, 2014.
- KO, K.; JUNTARAJUMNONG, W.; CHANDRAPATYA, A. Repellency, fumigant and contact toxicities of *Litsea cubeba* (Lour.) Persoon against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). **Agriculture and Natural Resources**, v. 43, n. 1, p. 56–63, 2009.
- KORTBEEK, R. W. J.; VAN DER GRAGT, M.; BLEEKER, P. M. Endogenous plant metabolites against insects. **European Journal of Plant Pathology**, v. 154, n. 1, p. 67–90, 2019.
- LANGSI, D. J. et al. Evaluation of the insecticidal properties of fractionated extracts of *Ocimum canum* and *Laggera pterodonta* on stored maize against the infestation of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). v. 10, n. 6, p. 41–50, 2017.
- LANGSI, J. D. et al. Evaluation of the Insecticidal Activities of α -Pinene and 3-Carene on *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Insects**, v. 11, n. 8, p. 540, 2020.
- LASHGARI, A. et al. Effect of *Mentha piperita* and *Cuminum cyminum* essential oil on *Tribolium castaneum* and *Sitophilus oryzae*. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 47, n. 3, p. 324–329, 2014.
- LAWAL, O. A. et al. Chemical Composition and Insecticidal Activity of Essential Oils of Four Varieties of *Codiaeum variegatum* (L.) from Nigeria. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 21, n. 3, p. 840–847, 2018.
- LAWAL, O. A. et al. *Pachira glabra* Pasq. Essential Oil: Chemical Constituents, Antimicrobial and Insecticidal Activities. **Journal of Oleo Science**, v. 63, n. 6, p. 629–635, 2014.
- LEADBEATER, A. Recent developments and challenges in chemical disease control—a review. *Plant Protection Science*, v. 51, n. 4, p. 163–169, 2015.
- LENGAI, G. M. W.; MUTHOMI, J. W.; MBEGA, E. R. Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. **Scientific African**, v. 7, 2020.
- LI, W. Q. et al. Chemical Composition and Toxicity against *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum* of the Essential Oil of *Murraya exotica* Aerial Parts. **Molecules**, v. 15, n. 8, p. 5831–5839, ago. 2010.

- LI, Y. et al. Insecticidal Activities and Chemical Composition of the Essential Oils of *Ajania nitida* and *Ajania nematoloba* from China. **Journal of Oleo Science**, v. 67, n. 12, p. 1571–1577, 2018.
- LIANG, J. et al. Bioactivities and Chemical Constituents of Essential Oil Extracted from *Artemisia anethoides* Against Two Stored Product Insects. **Journal of Oleo Science**, v. 66, n. 1, p. 71–76, 2017.
- LIANG, J. et al. Biological activities and synergistic effects of *Elsholtzia stauntoni* essential oil from flowers and leaves and their major constituents against *Tribolium castaneum*. **European Food Research and Technology**, v. 247, n. 10, p. 2609–2619, 2021.
- LIANG, J. et al. Chemical constituents of the essential oil extracted from *Rhododendron thymifolium* and their insecticidal activities against *Liposcelis bostrychophila* or *Tribolium castaneum*. **Industrial Crops and Products**, v. 79, p. 267–273, 2016a.
- LIANG, J. Y. et al. Chemical Constituents and Insecticidal Activities of *Ajania fruticulosa* Essential Oil. **Chemistry & Biodiversity**, v. 13, n. 8, p. 1053–1057, 2016b.
- LIANG, J. Y. et al. Fumigant and repellent activities of essential oil extracted from *Artemisia dubia* and its main compounds against two stored product pests. **Natural Product Research**, v. 32, n. 10, p. 1234–1238, 2018.
- LIANG, J. Y. et al. Toxicity and Synergistic Effect of *Elsholtzia ciliata* Essential Oil and Its Main Components against the Adult and Larval Stages of *Tribolium castaneum*. **Foods**, v. 9, n. 3, p. 345, 2020.
- LIAO, M. et al. Insecticidal Activity of *Melaleuca alternifolia* Essential Oil and RNA-Seq Analysis of *Sitophilus zeamais* Transcriptome in Response to Oil Fumigation. **PLOS ONE**, v. 11, n. 12, p. e0167748, 2016.
- LIU, P. et al. Chemical Composition and Insecticidal Activity of the Essential Oil of *Illicium pachyphyllum* Fruits against Two Grain Storage Insects. **Molecules**, v. 17, n. 12, p. 14870–14881, 2012.
- LIU, X. C. et al. Chemical Composition and Insecticidal Activity of Essential Oil of *Artemisia frigida* Willd (Compositae) against Two Grain Storage Insects. **Tropical Journal of Pharmaceutical Research**, v. 13, n. 4, p. 587–592, 2014a.
- LIU, X. C. et al. GC-MS Analysis of Insecticidal Essential Oil of Aerial Parts of *Echinops latifolius* Tausch. **Journal of Chemistry**, v. 2013, 2013a.
- LIU, X. C.; CHEN, X. B.; LIU, Z. L. Gas Chromatography-Mass Spectrometric Analysis and Insecticidal Activity of Essential Oil of Aerial Parts of *Mallotus apelta* (Lour.) Muell-Arg. (Euphorbiaceae). **Tropical Journal of Pharmaceutical Research**, v. 13, n. 9, p. 1515–1520, 2014.
- LIU, Z. L. et al. Chemical composition and toxicity of the essential oil of *Cayratia japonica* against two grain storage insects. **Journal of Essential Oil Research**, v. 24, n. 3, p. 237–240, 2012.
- LIU, Z. L. et al. Composition and Insecticidal Activity of the Essential Oil of *Lindera aggregata* Root Tubers against *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum*. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 19, n. 3, p. 727–733, 2016.

- LIU, Z. L. et al. Essential Oil Composition and Insecticidal Activity of *Salvia umbratica* Flowering Aerial Parts from China Against *Sitophilus zeamais*. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 16, n. 5, p. 672–678, 2013b.
- LIU, Z. L. et al. Gas Chromatography-Mass Spectrometric Analysis of Essential Oil of Aerial Parts of *Glycosmis parviflora* (Sims) Little (Rutaceae). **Tropical Journal of Pharmaceutical Research**, v. 13, n. 2, p. 275–280, 2014b.
- LIU, Z. L.; CHU, S. S.; JIANG, G. H. Toxicity of *Schizonpeta multifida* essential oil and its constituent compounds towards two grain storage insects. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 5, p. 905–909, 2011.
- LIU, Z. L.; DU, S. S. Fumigant Components from the Essential Oil of *Evodia Rutaecarpa* Hort Unripe Fruits. **E-Journal of Chemistry**, v. 8, n. 4, p. 1937–1943, 2011.
- LÓPEZ, M. D.; CONTRERAS, J.; PASCUAL-VILLALOBOS, M. J. Selection for tolerance to volatile monoterpenoids in *Sitophilus oryzae* (L.), *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Cryptolestes pusillus* (Schönherr). **Journal of Stored Products Research**, v. 46, n. 1, p. 52–58, 2010.
- LORINI, I. et al. Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas. **Embrapa Soja**, n. 1, p. 84, 2015a.
- LORINI, I. Perdas anuais em produtos armazenados chegam a 10% da produção nacional. **Visão Agrícola: Colheita & Armazenagem**, n. 13, p. 127–129, 2015b.
- LU, X. et al. Efficacy of essential oil from *Mosla chinensis* Maxim. cv. Jiangxiangru and its three main components against insect pests. **Industrial Crops and Products**, v. 147, p. 112237, 2020.
- LUO, C. et al. Bioactivities of 3-Butylideneephthalide and n-Butylbenzene from the Essential Oil of *Ligusticum jeholense* against Stored-product Insects. **Journal of Oleo Science**, v. 68, n. 9, p. 931–937, 2019a.
- LUO, C. et al. Chemical Composition and Insecticide Efficacy of Essential Oils from *Citrus medica* L. var. *sarcodactylis* Swingle Against *Tribolium castaneum* Herbst in Stored Medicinal Materials. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 22, n. 5, p. 1182–1194, 2019b.
- LUO, Y. et al. On farm storage, storage losses and the effects of loss reduction in China. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 162, p. 105062, 2020.
- MA, S. et al. Insecticidal activity of essential oil from *Cephalotaxus sinensis* and its main components against various agricultural pests. **Industrial Crops and Products**, v. 150, p. 112403, 2020.
- MA, Y.; ZHANG, C; DU F. Development Trend and Frontier Technology Overview of Pesticide Formulations. **Modern Agrochemicals**, v. 21, n. 1, 2022.
- MACKLED, M. I. et al. Assessment of the Toxicity of Natural Oils from *Mentha piperita*, *Pinus roxburghii*, and *Rosa* spp. Against Three Stored Product Insects. **Processes**, v. 7, n. 11, p. 861, 2019.
- MALLAPATY, S. China's five-year plan focuses on scientific self-reliance. *Nature*, 2021. Disponível em: <<https://go.nature.com/3aB2KPF>>. Acesso em: 03/2022.
- MANANDHAR, A.; MILINDI, P.; SHAH, A. An Overview of the Post-Harvest Grain Storage Practices of Smallholder Farmers in Developing Countries. **Agriculture**, v. 8, n. 4, p. 57, 2018.

- MARANGONI, C.; MOURA, N. F. DE; GARCIA, F. R. M. Utilização de óleos essenciais e extratos de plantas no controle de insetos. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 6, n. 2, p. 92–112, 2013.
- MARCHAND, P. A. Synthetic agrochemicals: a necessary clarification about their use exposure and impact in crop protection. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 18, p. 17996–18000, 2019.
- MARRONE, P. G. Pesticidal natural products—status and future potential. **Pest Management Science**, v. 75, n. 9, p. 2325–2340, 2019.
- MARTÍNEZ-EVARISTO, X. C. et al. Insecticidal Efficacy and Repellency of Oregano (*Lippia palmeri*) Essential Oil for Control of *Sitophilus zeamais* and *Prostephanus truncatus* in Stored Maize. **Southwestern Entomologist**, v. 40, n. 4, p. 713–720, 2015.
- MARTINS, M. et al. Grain Losses in Transport and Storage: A Systematic Literature Review with Bibliometric Analysis. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 13, n. 4, p. 1–23, 2018.
- MATEUS, A. E. et al. Potencial da Moringa oleífera como inseticida no controle de adultos de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em grãos de milho armazenados. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 2, p. 112–122, 2017.
- MEHDI HASHEMI, S.; ALI SAFAVI, S. Chemical Constituents and Toxicity of Essential Oils of *Oriental Arborvitae*, *Platyclusus orientalis* (L.) Franco, against Three Stored-Product Beetles. **Chilean journal of agricultural research**, v. 72, n. 2, p. 188–194, 2012.
- MISHRA, J; DUTTA, V.; ARORA, N. Biopesticides in India: technology and sustainability linkages. **3 Biotech**, v. 10, n. 5, p. 1–12, 2020.
- MISRA, G.; PAVLOSTATHIS, S. Biodegradation kinetics of monoterpenes in liquid and soil-slurry systems. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 47, n. 5, p. 572–577, 1997.
- MOBKI, M. et al. Effect of diethyl maleate on the toxicity of essential oil from *Citrus reticulata* fruit peels to *Tribolium castaneum* Herbst under laboratory conditions. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 47, n. 9, p. 1023–1029, 2014.
- MONZOTE, L. et al. Toxic effects of carvacrol, caryophyllene oxide, and ascaridole from essential oil of *Chenopodium ambrosioides* on mitochondria. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 240, n. 3, p. 337–347, 2009.
- MOSSI, A. J. et al. Essential oil of *Ocotea odorifera*: An alternative against *Sitophilus zeamais*. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 29, n. 2, p. 161–166, jun. 2014.
- MOSSI, A. J. et al. Insecticidal and repellency activity of essential oil of *Eucalyptus* sp. against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 2, p. 273–277, 2011.
- NAYAK, M. K. et al. Resistance to the Fumigant Phosphine and Its Management in Insect Pests of Stored Products: A Global Perspective. **Annual Review of Entomology**, v. 65, n. 1, p. 333–350, 2020.
- NEGAHBAN, M.; MOHARRAMIPOUR, S. Fumigant toxicity of *Eucalyptus intertexta*, *Eucalyptus sargentii* and *Eucalyptus camaldulensis* against stored-product beetles. **Journal of Applied Entomology**, v. 131, n. 4, p. 256–261, 2007.

- NEGAHBAN, M.; MOHARRAMIPOUR, S.; SEFIDKON, F. Chemical Composition and Insecticidal Activity of *Artemisia scoparia* Essential Oil against Three Coleopteran Stored-Product Insects. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 9, n. 4, p. 381–388, 2006.
- NEGAHBAN, M.; MOHARRAMIPOUR, S.; SEFIDKON, F. Fumigant toxicity of essential oil from *Artemisia sieberi* Besser against three stored-product insects. **Journal of Stored Products Research**, v. 43, n. 2, p. 123–128, 2007.
- NEGI, A. et al. Effects of defect action level of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) fragments on quality of wheat flour. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 102, n. 1, p. 223–232, 2022.
- NERIO, L. S.; OLIVERO-VERBEL, J.; STASHENKO, E. E. Repellent activity of essential oils from seven aromatic plants grown in Colombia against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera). **Journal of Stored Products Research**, v. 45, n. 3, p. 212–214, 2009.
- NGUEMTCHOUIN, M. M. G. et al. Insecticidal formulation based on *Xylopiia aethiopica* essential oil and kaolinite clay for maize protection. **Crop Protection**, v. 29, n. 9, p. 985–991, 2010.
- NIKKHAH, M. et al. Synergistic effects of some essential oils against fungal spoilage on pear fruit. **International Journal of Food Microbiology**, v. 257, p. 285–294, 2017.
- NIKOLAOU, P. et al. Controlling Stored Products Pests with Plant Secondary Metabolites: A Review. **Agriculture**, v. 11, n. 9, p. 879, 2021.
- NOURI-GANBALANI, G.; EBADOLLAHI, A.; NOURI, A. Chemical Composition of the Essential Oil of *Eucalyptus procera* Dehnh. and Its Insecticidal Effects Against Two Stored Product Insects. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 19, n. 5, p. 1234–1242, 2016.
- NUKENINE, E. N.; ADLER, C.; REICHMUTH, CH. Bioactivity of fenchone and *Plectranthus glandulosus* oil against *Prostephanus truncatus* and two strains of *Sitophilus zeamais*. **Journal of Applied Entomology**, v. 134, n. 2, p. 132–141, 2010.
- NWOSU, L. C. Impact of Age on the Biological Activities of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) Adults on Stored Maize: Implications for Food Security and Pest Management. **Journal of Economic Entomology**, v. 111, n. 5, p. 2454–2460, 2018b.
- NWOSU, L. C. Maize and the maize weevil: advances and innovations in postharvest control of the pest. **Food Quality and Safety**, v. 2, n. 3, p. 145–152, 2018a.
- ODEYEMI, O. O.; MASIKA, P.; AFOLAYAN, A. J. Insecticidal activities of essential oil from the leaves of *Mentha longifolia* L. subsp. *capensis* against *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae). **African Entomology**, v. 16, n. 2, p. 220–225, 2008.
- OKUYAMA, J. H. H.; GALVÃO, T. F.; SILVA, M. T. Intoxicações e fatores associados ao óbito por agrotóxicos: estudo caso controle, Brasil, 2017. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 23, 2020.
- OLIVEIRA, A. P. et al. Essential oil of *Lippia sidoides* and its major compound thymol: Toxicity and walking response of populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Crop Protection**, v. 112, p. 33–38, 2018.

OLIVEIRA, A. P. et al. Nanoformulation prototype of the essential oil of *Lippia sidoides* and thymol to population management of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Industrial Crops and Products**, v. 107, p. 198–205, 2017.

OLIVERO-VERBEL, J.; NERIO, L. S.; STASHENKO, E. E. Bioactivity against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) of *Cymbopogon citratus* and *Eucalyptus citriodora* essential oils grown in Colombia. **Pest Management Science**, v. 66, n. 6, p. 664–668, 2010.

OLOYEDE-KAMIYO, Q. O.; ADETUMBI, J. A. Relationship between seed physical traits and maize weevil (*Sitophilus zeamais*) damage parameters in selected Quality Protein Maize (QPM) varieties. **Journal of Stored Products Research**, v. 73, p. 42–46, 2017.

OMONIJO, F. A. et al. Essential oils as alternatives to antibiotics in swine production. **Animal Nutrition**, v. 4, n. 2, p. 126–136, 2018.

ORTEGA, D. S. et al. Control failure and insecticides resistance in populations of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) from Colombia. **Journal of Stored Products Research**, v. 92, p. 101802, 2021.

OYEDEJI, A. O. et al. Insecticidal and biochemical activity of essential oil from *Citrus sinensis* peel and constituents on *Callosobruchus maculatus* and *Sitophilus zeamais*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 168, p. 104643, 2020.

PAJARO-CASTRO, N.; CABALLERO-GALLARDO, K.; OLIVERO-VERBEL, J. Neurotoxic effects of linalool and β -pinene on *Tribolium castaneum* Herbst. **Molecules**, v. 22, n. 12, p. 2052, 2017.

PANEZAI, G. M. et al. Effect of four plant extracts against *Trogoderma granarium* and *Tribolium castaneum*. **Pakistan Journal of Botany**, v. 51, n. 3, p. 1149–1153, 2019.

PANG, X. et al. Bioactivity of Essential Oil from *Atalantia buxifolia* Leaves and its Major Sesquiterpenes against Three Stored-Product Insects. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 23, n. 1, p. 38–50, 2020.

PARCHIN, R.; EBADOLLAHI, A. Biological activities of *Hypericum perforatum* L. essential oil against red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst)(Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Entomology**, v. 13, n. 3, p. 91–97, 2016.

PEIXOTO, M. G. et al. Toxicity and repellency of essential oils of *Lippia alba* chemotypes and their major monoterpenes against stored grain insects. **Industrial Crops and Products**, v. 71, p. 31–36, 2015.

PESCHIUTTA, M. L. et al. Effectiveness of Mexican oregano essential oil from the Dominican Republic (*Lippia graveolens*) against maize pests (*Sitophilus zeamais* and *Fusarium verticillioides*). **AgriScientia**, v. 33, n. 2, p. 89–97, 2016.

PESCHIUTTA, M. L. et al. Fumigant toxicity of essential oils against *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae): a systematic review and meta-analysis. **Journal of Pest Science**, 2021.

PEZZINI, C.; JAHNKE, S. M.; KÖHLER, A. Morphological characterization of immature stages of *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera, Braconidae) ectoparasitoid of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera, Pyralidae). **Journal of Hymenoptera Research**, v. 60, p. 157, 2017.

- PIMIENTA-RAMÍREZ, L. et al. Chemical composition and evaluation of the essential oil from *Eupatorium glabratum* as biopesticide against *Sitophilus zeamais* and several stored maize fungi. **Journal of Essential Oil Research**, v. 28, n. 2, p. 113–120, 2016.
- PINTO, J. J. et al. Insecticidal activity of powder and essential oil of *Cryptocarya alba* (Molina) Looser against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Chilean journal of agricultural research**, v. 76, n. 1, p. 48–54, 2016.
- PIRES, E. M. et al. Biological and Reproductive Parameters of *Tribolium castaneum* in Brazil Nut. **Florida Entomologist**, v. 102, n. 1, p. 76–78, 2019.
- PIRES, E.; NOGUEIRA, R. Damage caused by *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792)(Coleoptera: Bostrichidae) in stored Brazil nuts. **Scientific Electronic Archives**, v. 11, n. 1, p. 57–61, 2018.
- POURMORTAZAVI, S. M.; HAJMIRSADEGHI, S. S. Supercritical fluid extraction in plant essential and volatile oil analysis. **Journal of Chromatography A**, v. 1163, n. 1, p. 2–24, 2007.
- PRAVEENA, A.; SANJAYAN, K. Inhibition of acetylcholinesterase in three insects of economic importance by linalool, a monoterpene phytochemical. **Insect pest management, a current scenario**, p. 340–345, 2011.
- QI, X.-J. et al. Comparative analysis on bioactivity against three stored insects of *Ligusticum pteridophyllum* Franch. rhizomes essential oil and supercritical fluid (SFE-CO₂) extract. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 13, p. 15584–15591, 2020.
- QUAN, M.; LIU, Q. Z.; LIU, Z. L. Identification of Insecticidal Constituents from the Essential Oil from the Aerial Parts *Stachys riederi* var. *japonica*. **Molecules**, v. 23, n. 5, p. 1200, 2018.
- RAJKUMAR, V. et al. Structural characterization of chitosan nanoparticle loaded with *Piper nigrum* essential oil for biological efficacy against the stored grain pest control. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 166, p. 104566, 2020.
- RAMZAN, U.; JABEEN, A.; TAHIR, M. R. Study of Different Resistance Mechanisms in Stored-Product Insects: A Review. **International Journal of Scientific and Research Publications**, v. 8, n. 5, p. 275, 2018.
- RIBEIRO, I. A. T. DE A. et al. Chemical characterization and insecticidal effect against *Sitophilus zeamais* (maize weevil) of essential oil from *Croton rudolphianus* leaves. **Crop Protection**, v. 129, p. 105043, 2020a.
- RIBEIRO, L. P. et al. Essential oil from *Duguetia lanceolata* St.-Hil. (Annonaceae): Suppression of spoilers of stored-grain. **Food Bioscience**, v. 36, p. 100653, 2020b.
- RIBEIRO, L. P. et al. Pseudocaryophyllus Derivatives: Extraction Methods and Bioactivity Against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, v. 44, n. 6, p. 634–642, 2015.
- RIBEIRO, N. DE C. et al. Insecticidal potential of citrus and mango essential oils and selected constituents on silverleaf whitefly. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 90–99, 2020c.
- ROSA, J. S. et al. Bioactivity of some Apiaceae essential oils and their constituents against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 110, n. 3, p. 406–416, 2020.

SAAD, M. M. G.; ABOU-TALEB, H. K.; ABDELGALEIL, S. A. M. Insecticidal activities of monoterpenes and phenylpropenes against *Sitophilus oryzae* and their inhibitory effects on acetylcholinesterase and adenosine triphosphatases. **Applied Entomology and Zoology**, v. 53, n. 2, p. 173–181, 2018.

SAAD, M. M. G.; EL-DEEB, D. A.; ABDELGALEIL, S. A. M. Insecticidal potential and repellent and biochemical effects of phenylpropenes and monoterpenes on the red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbst. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 7, p. 6801–6810, 2019.

SADEGHI, A.; POURYA, M.; SMAGGHE, G. Insecticidal activity and composition of essential oils from *Pistacia atlantica* subsp. *kurdica* against the model and stored product pest beetle *Tribolium castaneum*. **Phytoparasitica**, v. 44, n. 5, p. 601–607, 2016.

SAHAF, B. Z.; MOHARRAMIPOUR, S.; MESHKATALSADAT, M. H. Chemical constituents and fumigant toxicity of essential oil from *Carum copticum* against two stored product beetles. **Insect Science**, v. 14, n. 3, p. 213–218, 2007.

SAHAF, B. Z.; MOHARRAMIPOUR, S.; MESHKATALSADAT, M. H. Fumigant toxicity of essential oil from *Vitex pseudo-negundo* against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus oryzae* (L.). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 11, n. 4, p. 175–179, 2008.

SAHAYARAJ, K. (ED.). **Basic and Applied Aspects of Biopesticides**. [s.l.] Springer India, 2014.

SAID-AL AHL, H.; HIKAL, W. M.; TKACHENKO, K. G. Essential oils with potential as insecticidal agents: A review. **International Journal of Environmental Planning and Management**, v. 34, p. 23–33, 2017.

SAKHI LARAIB et al. Effectiveness of plant extracts (lemon grass and tobacco) and insecticide Spinosad against *Tribolium castaneum* and *Rhyzopertha dominica*. **GSC Biological and Pharmaceutical Sciences**, v. 10, n. 2, p. 156–160, 2020.

SALEM, N. et al. Fumigant and repellent potentials of *Ricinus communis* and *Mentha pulegium* essential oils against *Tribolium castaneum* and *Lasioderma serricorne*. **International Journal of Food Properties**, v. 20, n. sup3, p. S2899–S2913, 2017.

SANTOS, P. É. M. D. et al. Contact toxicity of essential oil of *Croton pulegioidorus* baill on *Sitophilus zeamais* motschulsky. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 329–335, 2019.

SAROUKOLAI, A. T.; MOHARRAMIPOUR, S.; MESHKATALSADAT, M. H. Insecticidal properties of *Thymus persicus* essential oil against *Tribolium castaneum* and *Sitophilus oryzae*. **Journal of Pest Science**, v. 83, n. 1, p. 3–8, 2010.

SEIBER, J. N. et al. Biopesticides: state of the art and future opportunities. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 62, n. 48, p. 11613–11619, 2014.

SENF, F. et al. Fumigant toxicity of *Laurus nobilis* and *Myrtus communis* essential oils on larvae and adults of the Red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbst (Col.: Tenebrionidae). **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 47, n. 4, p. 472–476, 2014.

SHAFIQUE, M.; AHMAD, M.; CHAUDRY, M. A. Feeding preference and development of *Tribolium castaneum* (Herbst.) in wheat products. Pakistan. **Journal of Zoology**, p. 27–31, 2006.

- SHAH, J. A. et al. Frass produced by the primary pest *Rhyzopertha dominica* supports the population growth of the secondary stored product pests *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum*, and *T. confusum*. **Bulletin of Entomological Research**, v. 111, n. 2, p. 153–159, 2021.
- SHARIFIAN, I.; HASHEMI, S. M.; DARVISHZADEH, A. Fumigant toxicity of essential oil of Mugwort (*Artemisia vulgaris* L.) against three major stored product beetles. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 46, n. 4, p. 445–450, 2013.
- SHARP, J. L.; HALLMAN, G. J. **Quarantine Treatments For Pests Of Food Plants**. [s.l.] CRC Press, 2019.
- SINGH, S. K. et al. Phenotypic and molecular analyses in rice weevil, *Sitophilus oryzae* (Linnaeus) (Coleoptera: Curculionidae): identification of a super kdr mutation, T929I, conferring resistance to deltamethrin. **Pest Management Science**, v. 77, n. 7, p. 3289–3299, 2021.
- SOEIRO, K. et al. First record of *Liposcelis bostrychophilus* Badonnel (Psocoptera: Liposcelidae) in rice grains in the state of Maranhão. **Agrotropica**, v. 27, n. 1, p. 79–82, 2015.
- SPOCHACZ, M. et al. Plant-Derived Substances Used Against Beetles–Pests of Stored Crops and Food—and Their Mode of Action: A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 17, n. 5, p. 1339–1366, 2018.
- SUN, J. S. et al. α -Pinene, Caryophyllene and β -Myrcene from *Peucedanum terebinthaceum* Essential oil: Insecticidal and Repellent Effects on Three Stored-Product Insects. **Records of Natural Products**, v. 14, n. 3, p. 177–189, 2020.
- SUNDAR, B. et al. Biology of Red Flour Beetle *Tribolium castaneum* (Herbst.)(Coleoptera: Tenebrionidae) on Stored Sesame. **Biological Forum**, v. 13, n. 2, 2021.
- SUTHISUT, D.; FIELDS, P. G.; CHANDRAPATYA, A. Fumigant toxicity of essential oils from three Thai plants (Zingiberaceae) and their major compounds against *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum* and two parasitoids. **Journal of Stored Products Research**, v. 47, n. 3, p. 222–230, 2011.
- TABAN, A.; SAHARKHIZ, M. J.; HOOSHMADI, M. Insecticidal and repellent activity of three Satureja species against adult red flour beetles, *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Acta Ecologica Sinica**, v. 37, n. 3, p. 201–206, 2017.
- TANG, Q. F. et al. Antennal transcriptome analysis of the maize weevil *Sitophilus zeamais*: Identification and tissue expression profiling of candidate odorant-binding protein genes. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, v. 101, n. 1, p. 21542, 2019.
- TRIPATHI, A. K. et al. Bioactivities of the Leaf Essential Oil of *Curcuma Longa* (Var. Ch-66) On Three Species of Stored-Product Beetles (Coleoptera). **Journal of Economic Entomology**, v. 95, n. 1, p. 183–189, 2002.
- TRIPATHI, A. K.; UPADHYAY, S. Repellent and insecticidal activities of *Hyptis suaveolens* (Lamiaceae) leaf essential oil against four stored-grain coleopteran pests. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 29, n. 4, p. 219–228, 2009.
- ULUKANLI, Z. et al. Antimicrobial, insecticidal and phytotoxic activities of *Cotinus coggyria* Scop. essential oil (Anacardiaceae). **Natural Product Research**, v. 28, n. 23, p. 2150–2157, 2014b.

- ULUKANLI, Z. et al. Chemical Characterization, Phytotoxic, Antimicrobial and Insecticidal Activities of *Vitex agnus-castus* Essential Oil from East Mediterranean Region. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 18, n. 6, p. 1500–1507, 2015.
- ULUKANLI, Z. et al. Chemical Composition, Antibacterial and Insecticidal Activities of the Essential Oil from the *Pistacia terebinthus* L. Spp. Palaestina (Boiss.) (Anacardiaceae). **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 38, n. 3, p. 815–822, 2014a.
- UNEP. Andhra Pradesh to become India's first Zero Budget Natural Farming state. 2018. Disponível em: < <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/andhra-pradesh-become-indias-first-zero-budget-natural-farming-state>>. Acesso em: 03/2022.
- UNRUH, L. M.; XU, R.; KRAMER, K. J. Benzoquinone levels as a function of age and gender of the red flour beetle, *Tribolium castaneum*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 28, n. 12, p. 969–977, 1998.
- UPADHYAY, N. et al. Assessment of *Melissa officinalis* L. essential oil as an eco-friendly approach against biodeterioration of wheat flour caused by *Tribolium castaneum* Herbst. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 14, p. 14036–14049, 2019.
- UPADHYAY, N. et al. Essential Oils as Eco-friendly Alternatives to Synthetic Pesticides for the Control of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 21, n. 2, p. 282–297, 2018.
- VEDOVATTO, F. et al. Essential oil of *Cinnamodendron dinisii* Schwanke for the control of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, p. 1055–1060, 2015.
- VENZON, M. et al. Inovações para o manejo sustentável de pragas e doenças. In: Controle alternativo de pragas e doenças: opção ou necessidade? **EPAMIG: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais**, p.10-17, 2021.
- VICKERS, C. E. et al. A unified mechanism of action for volatile isoprenoids in plant abiotic stress. **Nature chemical biology**, v. 5, n. 5, p. 283–291, 2009.
- WALIA, S.; SAHA, S.; RANA, V. S. Phytochemical Pesticides. In: SINGH, D. (Ed.) **Advances in Plant Biopesticides**. New Delhi: Springer India, p. 295–322, 2014.
- WANG, C. F. et al. Chemical Composition and Insecticidal Activity of Essential Oils from *Zanthoxylum dissitum* Leaves and Roots against Three Species of Storage Pests. **Molecules**, v. 20, n. 5, p. 7990–7999, 2015b.
- WANG, C. F. et al. Components and Insecticidal Activity against the Maize Weevils of *Zanthoxylum schinifolium* Fruits and Leaves. **Molecules**, v. 16, n. 4, p. 3077–3088, 2011.
- WANG, C. F. et al. Insecticidal Constituents of Essential Oil Derived from *Zanthoxylum armatum* against Two Stored-Product Insects. **Journal of Oleo Science**, v. 64, n. 8, p. 861–868, 2015a.
- WANG, H. Y. et al. Insecticidal and repellent efficacy of the essential oil from *Lobularia maritima* and trans-3-pentenitrile against insect pests of stored grains. **International Journal of Food Properties**, v. 23, n. 1, p. 1125–1135, 2020.

- WANG, J. L.; LI, Y.; LEI, C. L. Evaluation of monoterpenes for the control of *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Natural Product Research**, v. 23, n. 12, p. 1080–1088, 2009.
- WANG, J.; ZHANG, Z.; LIU, Y. Spatial shifts in grain production increases in China and implications for food security. **Land Use Policy**, Land use and rural sustainability in China. v. 74, p. 204–213, 2018.
- WANG, Y. et al. Bioactivity of Essential Oil of *Zingiber purpureum* Rhizomes and Its Main Compounds against Two Stored Product Insects. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 3, p. 925–932, 2015c.
- WANG, Y. et al. Comparative evaluation of the chemical composition and bioactivities of essential oils from four spice plants (Lauraceae) against stored-product insects. **Industrial Crops and Products**, v. 140, p. 111640, 2019.
- WIJERATHNE, K. et al. New food medium for rearing *Tribolium castaneum* (Herbst)(Coleoptera: Tenebrionidae). **Rajarata University Journal**, v. 5, p. 5, 2020.
- WU, F.; YAN, X. P. Distribution of the Related Weevil Species *Sitophilus oryzae* and *S. zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in Farmer Stored Grains of China. **Journal of Economic Entomology**, v. 111, n. 3, p. 1461–1468, 2018.
- WU, Y. et al. Contact Toxicity and Repellency of the Essential Oil of *Liriope muscari* (DECN.) Bailey against Three Insect Tobacco Storage Pests. **Molecules**, v. 20, n. 1, p. 1676–1685, jan. 2015.
- XIN, M. et al. Chemical Constituents of Supercritical Extracts from *Alpinia officinarum* and the Feeding Deterrent Activity against *Tribolium castaneum*. **Molecules**, v. 22, n. 4, p. 647, 2017.
- YAN, Y. et al. Hermetic storage of wheat and maize flour protects against red flour beetle (*Tribolium castaneum* Herbst). **PLOS ONE**, v. 12, n. 9, p. e0185386, 2017.
- YANG, K. et al. Chemical Composition and Bioactivity of Essential Oil of *Atalantia guillauminii* against Three Species Stored Product Insects. **Journal of Oleo Science**, v. 64, n. 10, p. 1101–1109, 2015.
- YANG, K. et al. GC-MS Analysis of Insecticidal Essential Oil of Aerial Parts of *Paederia scandens* (Lour) Merrill (Rubiaceae). **Tropical Journal of Pharmaceutical Research**, v. 11, n. 3, p. 461–467, 2012.
- YANG, K. et al. Toxicity of *Rhododendron anthopogonoides* Essential Oil and Its Constituent Compounds towards *Sitophilus zeamais*. **Molecules**, v. 16, n. 9, p. 7320–7330, set. 2011.
- YEGUERMAN, C. et al. Insecticidal application of essential oils loaded polymeric nanoparticles to control German cockroach: Design, characterization and lethal/sublethal effects. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 189, p. 110047, 2020.
- YILDIRIM, E.; EMSEN, B.; KORDALI, S. Insecticidal Effects of Monoterpenes on *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 86, 2013.
- YOU, C. X. et al. Chemical composition and insecticidal activities of the essential oil of *Perilla frutescens* (L.) Britt. aerial parts against two stored product insects. **European Food Research and Technology**, v. 239, n. 3, p. 481–490, 2014.

ZAPATA, N.; SMAGGHE, G. Repellency and toxicity of essential oils from the leaves and bark of *Laurelia sempervirens* and *Drimys winteri* against *Tribolium castaneum*. **Industrial Crops and Products**, v. 32, n. 3, p. 405–410, 2010.

ZHANG, W. J. et al. Bioactivity of Essential Oil from *Artemisia stolonifera* (Maxim.) Komar. and Its Main Compounds against Two Stored-Product Insects. **Journal of Oleo Science**, v. 64, n. 3, p. 299–307, 2015.

ZHANG, Z. et al. Essential oil and polyacetylenes from *Artemisia ordosica* and their bioactivities against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). **Industrial Crops and Products**, v. 100, p. 132–137, 2017.

ZHANG, Z. et al. Insecticidal Activity of *Artemisia frigida* Willd. Essential Oil and Its Constituents against Three Stored Product Insects. **Records of Natural Products**, v. 13, n. 2, p. 176–181, 2 dez. 2018.

ZHAO, M. P. et al. Gas Chromatography-Mass Spectrometry Analysis of Insecticidal Essential Oil Derived from Chinese *Ainsliaea fragrans* Champ ex Benth (Compositae). **Tropical Journal of Pharmaceutical Research**, v. 14, n. 9, p. 1685–1689, 11 out. 2015.

8. APÊNDICE

APÊNDICE A – Espécies vegetais/óleos essenciais utilizados no controle de *Tribolium castaneum* e *Sitophilus zeamais* utilizados como parâmetros para a análise bibliográfica

ÓLEO/ESPÉCIE VEGETAL	COMPOSTOS MAJORITÁRIOS	PRAGA	MÉTODO	DL ₅₀ / CL ₅₀	REFERÊNCIA
<i>Achillea wilhelmsii</i>	1,8-cineol, caranol, α-pineno, farnesil acetato, p-cimeno	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	10,02 µL/L	KHANI; ASGHARI, 2012
<i>Aegle marmelos</i>	-	<i>S. zeamais</i>	Residual	0,227 µL/cm ²	CHAUBEY, 2017
			Fumigação	0,312 µL/mL	
<i>Agastache foeniculum</i> (Pursh) Kuntze	Estragol (94,003%) e 1,8-cineol (3,334%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	22,24 µL/L	EBADOLLAHI, 2011
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	-	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	213,02 µL/L	JAYA et al., 2014
<i>Ajania nematoloba</i>	β-pineno, eucaliptol, verbenol	<i>T. castaneum</i>	Contato	102,29 µg/inseto	LI et al., 2018
			Fumigação	69,45 mg/L	
<i>Ajania nitida</i>	Cânfora, tujona, eucaliptol, borneol, p-cimeno, verbenol	<i>T. castaneum</i>	Contato	30,1 µg/inseto	LI et al., 2018
			Fumigação	21,07 mg/L	
<i>Ajania fruticulosa</i>	α-pineno (31,4%), p-cimeno (15,9%), limoneno (5,6%), e α-felereno (4,3%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	5,47 mg/L	LIANG et al., 2016b
<i>Ainsliaea fragrans</i> Champex Benth.	Miristicina (41,3%), elemicina (11,9%), cis-isosafrol (11,5%), borneol (9,1%) e cariofileno (8,8%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	50,7 µg/inseto	ZHAO et al., 2015
<i>Allium sativum</i>	-	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	0,26 µl/mL	CHAUBEY, 2013
		<i>S. zeamais</i>	Residual	0,208 µL/cm ²	CHAUBEY, 2017
			Fumigação	0,297 µL/mL	
<i>Alpinia conchigera</i>	1,8-cineol (62,2%), β-pineno (24,3%), α-pineno (8,1%) e terpinen-4-ol (5,4%)	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	85 µL/L	SUTHISUT; FIELDS; CHANDRAPATYA, 2011
<i>Alpinia katsumadai</i> Hayata	Cinamato de metila (64,2%), cis-4-decen-1-ol (7,3%) e 2H-Inden-2-ona (6,7%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	52,6 µg/inseto	CHEN et al., 2019
<i>Alpinia officinarum</i>	8-cineol (51,46%), α-terpineol (9,85%) e isômeros de δ-cadineno (5,44%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	20,71 µg/inseto	XIN et al., 2017
<i>Alpinia purpurata</i>	β-pineno, α-pineno, trans-cariofileno, canfeno, e 7-epi-α-selineno	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	41,4 µL/L	DE LIRA et al., 2015

<i>Amethystea caerulea</i> L.	Morrilol (25,1%), 4-vinilguaiaicol (14,3%) e acetanisol (14,3%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	50,45 µg/inseto	CHU et al., 2012b
			Fumigação	25,39 mg/mL	
<i>Amomum maximum</i> Roxb.	β-pineno, β-cariofileno, α-pineno, silvestreno e δ-cadineno	<i>T. castaneum</i>	Contato	29,57 µg/inseto	GUO et al., 2015a
			Fumigação	23,09 mg/L	
<i>Amomum villosum</i> Lour.	Acetato (51,6%), cânfora (19,8%), canfeno (8,9%) e limoneno (6,2%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	32,4 µg/inseto	CHEN et al., 2018b
			Fumigação	28,3 mg/L	
<i>Anethum graveolens</i>	-	<i>S. zeamais</i>	Contato	157,1 µg/inseto	ROSA et al., 2020
			Fumigação	111,3 mg/L	
<i>Artemisia anethoides</i>	1,8-cineol (36,54%), 2-isopropil-5-metil-3-ciclohexen-1-ona (10,40%), terpinen-4-ol (8,58%) e 2-isopropiltolueno(6,20%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	28,80 µg/inseto	LIANG et al., 2017
			Fumigação	13,05 mg/L	
<i>Artemisia annua</i>	Cetona (48%) e 1,8-cineol (50%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	34,07 µl/mL	TRIPATHI et al., 2002
<i>Artemisia annua</i>	1-Docoseno (29,57%), l-Valina, N-Heptafluorobutiryl-, Nonylester (22,99%), Acido 3-Metilcyclopentadecylcarbamico, Ester T-Butílico (12,12%) E 5α-Pregn-16-En-20-One, 3β,12α-Dihidroxy-, Diacetato (5,33%),	<i>T. castaneum</i>	Contato	1,87 mg/inseto	DEB; KUMAR, 2020
			Fumigação	1,64 mg/L	
<i>Artemisia brachyloba</i>	α-terpineol (21,74%) e davanona (10,67%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	31,84 µg/mg inseto	HU et al., 2019
<i>Artemisia dubia</i>	Terpinoleno e limoneno	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	49,54 mg/L	LIANG et al., 2018
<i>Artemisia eriopoda</i>	Germacreno d (21,6%) e eucaliptol (14,2%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	24,8 µg/inseto	JIANG et al., 2012
			Fumigação	11,5 mg/L	
<i>Artemisia frigida</i> Willd.	Cânfora (45,0%), 1,8-Cineol (14,4%), Alcool (6,5%), Terpinen-4-ol (5,1%), Canfeno (3,7%), 6-Camphenol (3,6%),	<i>T. castaneum</i>	Contato	25,22 µg/inseto	ZHANG et al., 2018
			Fumigação	6,79 mg/L	
<i>Artemisia giraldii</i>	β-pineno (13,18%), iso-elemicina (10,08%), germacreno d (5,68%) e 4-terpineol (5,43%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	17,97 µg/inseto	LIU et al., 2014a
			Fumigação	6,29 mg/L	
<i>Artemisia giraldii</i>	β-pineno (13,18%), iso-elemicina (10,08%), germacreno d (5,68%) e 4-terpineol (5,43%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	40,51 µg/inseto	CHU et al., 2012c
			Fumigação	6,29 mg/L	
<i>Artemisia ordosica</i>	Cariofileno (17,81%), bisaboleno (12,11%), espatulenol (10,56%), óxido de cariofileno (8,67%), (e)-phytol (5,64%), elemeno (5,56%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	18,65 mg/L	ZHANG et al., 2017

<i>Artemisia scoparia</i>	3-pineno (19,01%), capilina (17,45%), limoneno (15,11%), mirceno (10,96), (z)-[3-ocimeno (8,01%), (e)-[3-ocimeno (7,33%), α -pineno (6,55%), γ -terpineno (3,79%) e 1,8-cineol (3,56%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	2,05 μ L/L	NEGAHBAN; MOHARRAMIPOUR; SEFIDKON, 2006
<i>Artemisia sieberi</i> Besser	Cânfora (54,7%), canfeno (11,7%), 1,8-cineol (9,9%) e α -pineno (2,5%),	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	16,76 μ L/L	NEGAHBAN; MOHARRAMIPOUR; SEFIDKON, 2007
<i>Artemisia stolonifera</i> Maxim. Komar	Eucaliptol (32,93%), β -pineno (8,18%), cânfora (6,12%) e terpinen-4-ol (6,11%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	8,60 μ g/inseto	ZHANG et al., 2015
			Fumigação	1,86 mg/L	
<i>Artemisia subdigitata</i>	1,8-cineol (12,26%) e α -curcumeno (10,77%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	76,34 μ g/inseto	CHU et al., 2012c
			Fumigação	17,01 mg/L	
<i>Artemisia vestita</i> Wall	Greisol (40,29%), 1,8-cineol (14,88%) e cânfora (11,37%)	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	13,42 mg/L	CHU; LIU; LIU, 2010
<i>Artemisia vulgaris</i> L.	β -cariofileno (24,1%) e β -cubebeno (12,0%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	279,86 μ L/L	SHARIFIAN; HASHEMI; DARVISHZADEH, 2013
<i>Aster ageratoides</i>	A-terpineol (10,8%), β -cariofileno (10,3%), linalol (7,2%), d-limoneno (6,9%), eespatulenol (6,5%) e acetato de bornila (5,8%)	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	13,73 μ g/mL	CHU et al., 2013a
<i>Atalantia buxifolia</i>	β -cariofileno e óxido de cariofileno	<i>T. castaneum</i>	Contato	23,9 μ g/inseto	PANG et al., 2020
<i>Atalantia guillauminii</i>	A-Asarona (28,82%), Sabineno(13,19%), Metileugenol (12,71%), 1,2-Di-Metoxi-4-(2-Metoxietenil)Benzeno(11,63%) e B-pineno(5,3%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	17,11 μ g/inseto	YANG et al., 2015
			Fumigação	17,6 mg/L	
<i>Azilia eryngioides</i> Pau. Hedge & Lamond	α -pineno, acetato de bornila, β -pineno e linalol	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	46,48 μ L/L	EBADOLLAH; MAHBOUBI, 2011
<i>Bursera graveolens</i> Kunth. Triana & Planch	Limoneno (30,7%), (e)- β -ocimeno (20,8%) e β -elemeno (3,0%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	108,2 μ g/mL	JARAMILLO-COLORADO; SUAREZ-LÓPEZ; MARRUGO-SANTANDER, 2019
<i>Cananga odorata</i>	-	<i>S. zeamais</i>	Residual	4,0 μ L/cm ²	NERIO; OLIVERO-VERBEL; STASHENKO, 2009
<i>Carum carvi</i>	(R)-carvona (37,98%), d-limoneno (26,55%), α -pineno (5,21), cis-carveol (5,01%) e β -mirceno (4,67%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	3,07 μ g/inseto	FANG et al., 2010
			Fumigação	3,37 μ L/L	
<i>Carum copticum</i>	p-cimeno (11,76%), carvacrol (0,41%), α -pineno (0,11%) e 1,8-cineol (0,03%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	33,14 μ L/L	SAHAF; MOHARRAMIPOUR; MESHKATALSADAT, 2007
<i>Caryopteris incana</i>	4- Terpineol (13,5%), 1-Octen-3-ol (12,3%), Mirtenol (8,8%), E A-Cadinol (8,5%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	30,65 μ g/inseto	GAO et al., 2020
			Fumigação	2,18 mg/L	

<i>Cayratia japonica</i>	Linalol (19,4%), trans- α -ioneno (11,4%), α -terpineol (7,9%), dihidroactinolida (7,8%) e geranial (5,8%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	44,49 μ g/inseto	LIU et al., 2012c
			Fumigação	15,67 mg/L	
		<i>S. zeamais</i>	Contato	32,06 μ g/inseto	
			Fumigação	7,54 mg/L	
<i>Cephalotaxus sinensis</i>	α -pineno (37,89%), β -cariofileno (16,78%), germacreno d (10,79%), β -felereno (3,42%) e β -pineno (3,34%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	8,47 μ g/inseto	MA et al., 2020
Fumigação	5,2 mg/L				
<i>Chenopodium ambrosioides</i>	(Z)-ascaridol, 2-careno, p-cimeno, isoascaridol e α -terpineno	<i>S. zeamais</i>	Contato	2,12 μ g/g adulto	CHU; FENG HU; LIU, 2011
Fumigação	3,08 mg/L				
<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwanke	Biciclogermacreno (26,19%), espatulenol (24,21%), acetato de terpenila (16,34%) e α -terpineol (7,34%)	<i>S. zeamais</i>	Residual	0,34 μ L/cm ²	VEDOVATTO et al., 2015
<i>Cinnamomum camphora</i>	D-cânfora, linalol e 1,8-cineol	<i>T. castaneum</i>	Contato	>50 μ g/inseto	GUO et al., 2016b
			Fumigação	< 3,2 mg/L	
<i>Cinnamomum zeylanicum</i> L.	Eugenol (>90%) e β -cariofileno (>7%)	<i>S. zeamais</i>	Residual	0,91 μ L/cm ²	HADDI et al., 2015
<i>Citrus aurantifolia</i>	-	<i>S. zeamais</i>	Residual	0,29 μ L/cm ²	KERDCHOECHUEN et al., 2010
<i>Citrus aurantium</i>	Linalol (41,82–37,24%) e acetato de linalila (13,75–7,87%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	64,78 μ L/L	BNINA et al., 2019
<i>Citrus hystrix</i>	-	<i>S. zeamais</i>	Residual	0,4 μ L/cm ²	KERDCHOECHUEN et al., 2010
<i>Citrus medica</i> L. var. <i>Sarcodactylis</i>	Limoneno (38,7%), γ -terpineno (28,0%) e o-cimeno (15,2%),	<i>T. castaneum</i>	Contato	53,7 μ g/inseto	LUO et al., 2019b
			Fumigação	29,5 mg/L	
<i>Citrus reticulata</i>	β -pineno (10,2%), α -terpineol (5,2%), α -pineno (3,9%) e linalol (3,1%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	33,8 μ L/L	MOBKI et al., 2014
			<i>S. zeamais</i>	Fumigação	41,92 μ L/L
<i>Citrus sinensis</i>	Limoneno (59,3%), terpineol (8,31%), linalol (6,56%) e citronellol (6,21%),	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	80,01 μ L/L	OYEDEJI et al., 2020
<i>Codiaeum variegatum</i>	Fitol (17,8%), β -bisaboleno (9,6%), linalol (8,95), β -cariofileno (7,6%) e cubenol (7,3%)	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	44,04 mg/mL	LAWAL et al., 2018
<i>Coleus aromaticus</i> Benth.	-	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	256,71 μ L/L	JAYA et al., 2014
<i>Corierum sativum</i>	Linalol (37,7%), acetato de geranil (17,6%), e γ -terpineno (14,4%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	276,29 μ L/L	ISLAM et al., 2009

<i>Corierum sativum</i> L.	Esters (52,65%), aldeídos (15,38%) e hidrocarbonetos (14,52%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	0,011 µg/mL	ISLAM et al., 2009
<i>Corierum sativum</i> L.	-	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	161,29 µL/L	AMINI et al., 2018
<i>Cotinus coggyria</i> scop,	α-pineno (43,1%), limoneno (21,3%), β-mirceno (8,5%), α-terpinoleno (5,0%), β-pineno(3,4%), α-terpineno (3,3%) e β-cariofileno (2,4%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	131,57 µL/L	ULUKANLI et al., 2014b
<i>Croton pulegioidorus</i>	β-cariofileno (20,96%), biciclogermacreno (16,89%), germacreno d (10,55%) e τ-cadinol (4,56%),	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	3,4 µL/L	SANTOS et al., 2019
<i>Croton rudolphianus</i>	Metil cavicol(22,96%), (e)-cariofileno (4,22%) e eugenol (4,03%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	70,64 µL/mL	RIBEIRO et al., 2020a
			Fumigação	64 µL/L	
<i>Cryptocarya alba</i>	Viridiflorol, germacreno-d, linalol, (-)-terpinen-4-ol e 1,8-cineol	<i>S. zeamais</i>	Contato	50g/kg	PINTO et al., 2016
<i>Cuminum cyminum</i>	-	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	135 mL/mL	LASHGARI et al., 2014
		<i>S. zeamais</i>	Contato	229,4 µg/inseto	ROSA et al., 2020
Fumigação	120,4 mg/L				
<i>Cupressus lusitânica</i>	Umbelulona(18,38%), α-pineno(9,97%), sabineno(8,16%) e elimoneno(7,91%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	19,67 µL/L	BETT et al., 2016
		<i>S. zeamais</i>	Fumigação	29,11 µL/L	
			Contato	1,72% (v/m)	BETT et al., 2017
<i>Cupressus sempervirens</i> var. <i>Pyramidalis</i>	A-pineno, sabineno e terpinen-4-ol	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	38,0 µg/cm ³	HAMMODA et al., 2019
<i>Curcuma longa</i> var. Ch-66	Mirceno, p-cimeno, 1,8-cineol e β-pineno	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	30,79 mg/L	TRIPATHI et al., 2002
<i>Cyclotrichium organifolium</i>	Pulegona (74,60%), mentona (16,61%), limoneno (1,12%) e isopulegona (1,09%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	9,72 µL/L	KARABÖRKLÜ et al., 2019
<i>Cymbopogon citratus</i>	Geranial (34,4%), neral (28,4%) e geraniol (11,5%)	<i>T. castaneum</i>	Repelência	0,016 mL/L	
<i>Cymbopogon flexuosus</i>	Citral (24,7%), neral (30,27%) e acetato de geraniol (6,94%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	4,23 µL/L	DEVI et al., 2020
<i>Cymbopogon martini</i>	Geraniol (61,41%) acetato de geraniol (15,89%) e neral (5,63%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	27,2 µL/L	DEVI et al., 2020
<i>Cymbopogon winterianus</i>	Citronelal (51,2%), d-lemonene, (14,67) e geraniol (7,79%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	7,04 µL/L	DEVI et al., 2020

<i>Dipsacus japonicus</i>	Linalol (11,78%), trans-gerα-niol (8,58%), 1,8-cineol (7,91%), β-cariofileno (5,58%), α-terpineol (5,32%), β-selineno (5,15%), e espatulenol (5,04%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	13,45 µg/inseto	LIU et al., 2013b
			Fumigação	5,26 mL/L	
		<i>S. zeamais</i>	Contato	18,32 µg/inseto	
			Fumigação	10,11 5,26 mL/L	
<i>Duguetia lanceolata</i>	β-bisaboleno (56,2%) e 2,4,5-trimetoxiestireno (19,1%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	457 mg/kg	RIBEIRO et al., 2020b
<i>Drimys winteri</i>	-	<i>T. castaneum</i>	Contato	84,05 µg/mg inseto	ZAPATA; SMAGGHE, 2010
			Fumigação	8,96 µL/L	
<i>Echinops latifolius</i> tausch	1,8-cineol (19,63%), (z)-β-ocimeno (18,44%) e β-pineno (15,56%)	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	9,98 mg/L	LIU et al., 2013a
<i>Elettaria cardamomum</i> L. Maton.	1,8-cineol (30,9%) e acetato de terpenila (26,4%)	<i>T. castaneum</i>	Repelência	0,278 % (v/v)	ALCALA-OROZCO et al., 2019
<i>Elletaria cardamomum</i> L. Maton.	-	<i>T. castaneum</i>	Contato	56 mg/mg inseto	HUANG; LAM; HO, 2000
			Fumigação	1,59 mg/cm ²	
		<i>S. zeamais</i>	Contato	52 mg/mg inseto	
			Fumigação	0,72 mg/cm ²	
<i>Elsholtzia ciliata</i>	Carvona (31,6%), limoneno (22,05%) e α-cariofileno (15,47%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	7,79 µg/inseto	LIANG et al., 2020
			Fumigação	11,61 mg/L	
<i>Eugenia caryophyllus</i>	-	<i>S. zeamais</i>	Residual	0,22 µL/cm ²	KERDCHOECHUEN et al., 2010
<i>Eupatorium glabratum</i>	α-pineno (29,5%) e α-felereno (19,6%)	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	18,0 µL/mL	PIMIENTA-RAMÍREZ et al., 2016
<i>Etlingera yunnanensis</i>	Estragol (65,2%), β-cariofileno (6,4%), 1,8-cineol (6,4%) e limoneno (5,2%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	23,33 µg/inseto	GUO et al., 2015b
<i>Eucalyptus benthamii</i>	-	<i>S. zeamais</i>	Residual	0,79 µL/cm ²	MOSSI et al., 2011
<i>Eucalyptus camadulensis</i>	-	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	33,5 µL/L	NEGAHBAN; MOHARRAMIPOUR, 2007
<i>Eucalyptus citriodora</i>	Citronelal (40,0%), isop ÷legol (14,6%) e citronellol (13%)	<i>T. castaneum</i>	Repelência	0,0373 mL/L	OLIVERO-VERBEL; NERIO; STASHENKO, 2010
<i>Eucalyptus dunnii</i>	-	<i>S. zeamais</i>	Residual	0,16 µL/cm ²	MOSSI et al., 2011
<i>Eucalyptus intertexta</i>	-	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	11,59 µL/L	NEGAHBAN; MOHARRAMIPOUR, 2007
<i>Eucalyptus occidentalis</i>	Biciclogermacreno (28,52%), α-pineno (18,85%), β-cariofileno (5,44%), viridiflorol (5,13%) e globulol (4,31%)	<i>T. castaneum</i>	Residual	0,99 µL/cm ²	BANDE-BORUJENI; ZANDI-SOHANI; RAMEZANI, 2018
			Fumigação	77,14 µL/L	

<i>Eucalyptus saligna</i>	1,8-cineol (24,26%), o-cimeno(9,92%) e terpineol(8,81%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	16,09 µL/L	BETT et al., 2016
		<i>S. zeamais</i>	Fumigação	26,85 µL/L	
<i>Eucalyptus procera</i> Dehnh.	1,8-cineol (45,0%), α-pineno (28,6%) e viridiflorol (5,7%)	<i>T. castaneum</i>	Residual	0,129 µl/cm ²	NOURI-GANBALANI; EBADOLLAHI; NOURI, 2016
			Fumigação	13,9 µL/L	
<i>Eucalyptus sargentii</i>	-	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	18,38 µL/L	NEGAHBAN; MOHARRAMIPOUR, 2007
<i>Evodia lenticellata</i> Huang	Linalol (12,0%), β-pineno (11,5%) e 3-careno (9,6%), óxido de cariofileno (8,7%) e β-cariofileno (7,9%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	46,95 mg/L	CAO et al., 2018
<i>Evodia rutaecarpa</i> Hort	B-mirceno (17,7%), (z)-β-ocimeno (14,8%), α-phellereno (14,7%), γ-terpineno (6,4%), linalol (5,7%) e β-Tujeno (5,1%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	24,57 mg/L	LIU; DU, 2011
		<i>S. zeamais</i>	Fumigação	36,89 mg/L	
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill	-	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	254,71 µL/L	AMINI et al., 2018
		<i>S. zeamais</i>	Contato	442,8 µg/inseto	ROSA et al., 2020
<i>Glycosmis parviflora</i> Sims Little	(Z)-cariofileno (20,6%), metil isoeugenol (11,1%) e (z)-β-ocimeno (8,9%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	41,7 µg/inseto	LIU et al., 2014b
<i>Haplophyllum dauricum</i> L. G. Don	α-pineno, β-pineno, β-felereno, 3-careno e limoneno	<i>T. castaneum</i>	Contato	>50 µg/inseto	CAO et al., 2019
			Fumigação	14,55 mg/L	
<i>Heracleum persicum</i> desf. Elx Fischer	Butirado de hexilo (50,58%), acetato de octila (9,80%), hexanoato de hexila (8,75%), 2-metilbutanoato de hexila(5,89%), 2-metilbutanoato de octila (4,08%), hexilisobutirato (3,85%) e vinilciclohexano (3,28%)	<i>T. castaneum</i>	Residual	0,194 µL cm ²	EBADOLLAHI et al., 2014b
			Fumigação	46,005 µL/L	
<i>Hypericum perforatum</i> L.	Decano (59,58%), dodecano(12,93%), etilciclohexano (6,84%), 5-metilnonano (4,71%), 3-metilnonano (4,32%) e tetradecano (3,82%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	15,048 µL/L	PARCHIN; EBADOLLAHI, 2016
<i>Hyptis suaveolens</i> L.	Sabineno (41,0%), terpinen-4-ol (12,31%), β-pineno (10,0%) e β-cariofileno (8,0%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	167 µg/mg	TRIPATHI; UPADHYAY, 2009
			Fumigação	23,2 mg/L	
<i>Hyptis suaveolens</i> L.	-	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	229,33 µL/L	JAYA et al., 2014
<i>Illicium pachyphyllum</i>	Trans-p-menta-1(7),8-dien-2-ol (24,56%), limoneno (9,79%), óxido de cariofileno (9,32%), cis-carveol (5,26%), β-cariofileno (4,63%) e acetato de bornila	<i>T. castaneum</i>	Contato	28,94 µg/inseto	LIU et al., 2012
			Fumigação	15,08 mg/L	
		<i>S. zeamais</i>	Contato	17,33 µg/inseto	
			Fumigação	11,49 mg/L	

<i>Juniperus formosana</i>	Mirceno (27,08%), α -pineno (26,13%) e γ -terpineno (10,66%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	29,14 $\mu\text{g/inseto}$	GUO et al., 2016a
<i>Juniperus thurifera</i>	Sabineno (22,4%), terpinen-4-ol (11,0%) e α -pineno (5,9%),	<i>T. castaneum</i>	Contato	0,6 $\mu\text{g/mL}$	JEMLI et al., 2018
<i>Kyllinga pumila</i> michx	E-10,11- epoxifarnesoato (43,8%), β -elemeno (12,5%), z-cariofileno (11,3%), germacreno D (7,1%) e cariofileno (5,6%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	153,4 $\mu\text{L/L}$	JARAMILLO-COLORADO; MARTÍNEZ-CÁCERES; DUARTE-RESTREPO, 2016
<i>Laurelia sempervirens</i>	Safrol (64,7%), metileugenol (14,6%), e 1,8-cineol (1,4%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	44,05 $\mu\text{g/mg inseto}$	ZAPATA; SMAGGHE, 2010
			Fumigação	1,66 $\mu\text{L/L}$	
<i>Laurelia sempervirens</i>	Safrol (64,7%), metileugenol (14,6%), e 1,8-cineol (1,4%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	1,02 $\mu\text{l/g}$	HERRERA-RODRÍGUEZ et al., 2015
<i>Laureliopsis philippiana</i>	Safrol (39,56%), linalol (34,45%) e 1,8-cineol (8,28%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	0,28 $\mu\text{l/g}$	HERRERA-RODRÍGUEZ et al., 2015
<i>Laurus nobilis</i>	1,8-cineol (21,15%), linalol (12,15%) e metileugenol (4,63%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	208,70 $\mu\text{L/L}$	HAOUEL-HAMDI et al., 2020
<i>Laurus nobilis</i>	-	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	243,78 $\mu\text{L/L}$	SENGI et al., 2014
<i>Ligusticum chuanxiong</i> Hort	Z-3- butilideno-ftalido (20,56%), z-ligustilido (19,61%) e 4-terpinenol (8,82%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	3,09 $\mu\text{g/inseto}$	CHU; JIANG; LIU, 2011
<i>ligusticum pteridophyllum</i> Franch	-	<i>T. castaneum</i>	Contato	87,99 $\mu\text{g/inseto}$	QI et al., 2020
<i>Ligusticum jeholense</i>	Sedanolida (33,95%), 3-butilideneftalida (18,76%), espatulenol (8,90%) e miristicina (6,76%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	13,0 $\mu\text{g/inseto}$	LUO et al., 2019a
<i>Lindera aggregata</i>	α -longifoleno (15,13%) e acetato de bornila (11,49%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	18,47 mg/inseto	LIU et al., 2016
			Fumigação	14,69 mg/L	
		<i>S. zeamais</i>	Contato	61,65 mg/inseto	
			Fumigação	23,04 mg/L	
<i>Lippia alba</i>	-	<i>T. castaneum</i>	Contato	28,7 $\mu\text{l/mL}$	PEIXOTO et al., 2015
		<i>S. zeamais</i>	Contato	15,02 $\mu\text{l/mL}$	
<i>Lippia graveolens</i> Kunth	p -cimeno, timol e carvacrol	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	237,9 $\mu\text{L/L}$	PESCHIUTTA et al., 2016
<i>Lippia javanica</i> var. Javanica	Mirceno, linalol, carvona, β -cariofileno e germacreno D	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	6,22 mg/mL	KAMANULA et al., 2017
<i>Lippia organoides</i>	Timol (14,1%), γ -terpineno (11,8%) e p -cimeno (12,0%)	<i>T. castaneum</i>	Repelência	0,290 % v/v	ALCALA-OROZCO et al., 2019
<i>Lippia palmeri</i>	p -cimeno (22,4%) e timol (21,4%)	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	441,45 $\mu\text{L/L}$	MARTÍNEZ-EVARISTO et al., 2015
<i>Lippia sidoides</i>	Timol (68,45%) e p -cimeno (10,66%)	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	43,84 $\mu\text{L/L}$	OLIVEIRA et al., 2018
			Contato	7,10 $\mu\text{g/mg}$	OLIVEIRA et al., 2017

<i>Liriope muscari</i> Decn. Bailey	Metileugenol (42,15%), safrol (17,15%), miristicina (14,18%), 3,5-dimetoxitolueno (10,60%) e 3,4,5-trimetoxitolueno(9,05%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	13,36 µg/inseto	WU et al., 2015
<i>Litsea cubeba</i> Lour. Persoon	(E)-citral, (z)-citral, limoneno, terpinen-4-ol, 1,8-cineol (eucaliptol), α-pineno, β-pineno, cânfora e linalol	<i>T. castaneum</i>	Contato	0,212 µg/inseto	KO; JUNTARAJUMNONG; CHANDRAPATYA, 2009
			Fumigação	549,57 µL/L	
<i>Lycium difengpi</i>	Safrol (23,61%), linalol (12,93%) e germacreno D (5,35%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	6,33 mg/inseto	CHU et al., 2011
			Fumigação	16,22 mg/L	
		<i>S. zeamais</i>	Contato	13,83 mg/inseto	
			Fumigação	15,62 mg/L	
<i>Lobularia maritima</i>	Azeleonitrila (39,7%) e trans-3-pentenonitrila (36,3%), e 4-isotiocianato-1-buteno (10,9%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	7,81 µg/inseto	WANG et al., 2020
			Fumigação	59,64 µL/L	
<i>Mallotus apelta</i> Lour. Muell. Arg.	β-eudesmol, cariofileno, β-selineno e óxido de cariofileno	<i>S. zeamais</i>	Contato	48,42 mg/L	LIU; CHEN; LIU, 2014
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Terpinen-4-ol (40,09%), γ-terpineno (21,85%), α-terpineno(11,34%) e α-terpineol (6,91%)	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	6,78 mg/L	LIAO et al., 2016
<i>Melissa officinalis</i> L.	Geranial (31,54%), neral (31,08%) e β-cariofileno (12,42%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	71,0 µL/L	UPADHYAY et al., 2019
<i>Mentha longifolia</i>	Piperitenona, tripal, oxatiano, d-limoneno	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	13,05 µL/L	KHANI; ASGHARI, 2012
		<i>S. zeamais</i>	Residual	0,14 µl/g grao	ODEYEMI; MASIKA; AFOLAYAN, 2008
<i>Mentha piperita</i>	Mentona (20,18%), 1,8-cineol (15,48%), mentilacetato (13,13%), cariofileno (4,82%), β-pineno (4,37%), d-limoneno (2,81%) e α-pineno (2,25%)	<i>T. castaneum</i>	Residual	0,083 mg/cm ²	LASHGARI et al., 2014
			Fumigação	8,28 µL/L	
<i>Mentha pulegium</i> L.	Pulegona e isomentona	<i>T. castaneum</i>	Repelencia	0,015 µl/cm ²	SALEM et al., 2017
			Fumigação	11,57 µL/L	
<i>Mentha pulegium</i> L.	-	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	75,23 µL/L	FARAJI et al., 2020
<i>Minthostachys verticillata</i> Griseb Epling	Mentona (40,1%), pulegona (43,7%), ocimenona (43,5%) e cis-β-ocimeno (42,4%)	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	116,6 µL/L	HERRERA et al., 2014
<i>Mosla soochowensis</i> Matsuda	β-cariofileno, espatulenol, β-eudesmol, carvone, e α-tujona	<i>T. castaneum</i>	Contato	10,73 µg/inseto	CHEN; CHEN; LUO, 2017

<i>Mosla soochowensis</i> Matsuda	β -cariofileno, espatulenol, β -eudesmol, carvone, e α -tujona	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	1,74 mg/L	CHEN; CHEN; LUO, 2017
		<i>S. zeamais</i>	Contato	25,45 μ g/inseto	
			Fumigação	12,19 mg/L	
<i>Mosla chinensis</i> Maxim. cv. Jiangxiangru	Timol (50,60%), β -timol (22,32%) e carvacrol (18,44%)	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	53,71 μ L/L	LU et al., 2020
<i>Murraya exotica</i>	Espatulenol (17,7%), α -pineno (13,3%), óxido de cariofileno (8,6%), α -cariofileno (7,3%) e biciclogermacreno (7,1%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	20,94 μ g/inseto	LI et al., 2010
			Fumigação	6,84 mg/L	
		<i>S. zeamais</i>	Contato	11,41 μ g/inseto	
			Fumigação	8,29 mg/L	
<i>Myrtus communis</i>	-	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	56,11 μ L/L	SENGI et al., 2014
<i>Ocimum americanum</i>	-	<i>S. zeamais</i>	Residual	0,21 μ L/cm ²	KERDCHOECHUEN et al., 2010
<i>Ocimum basilicum</i>	Linalol (62,47%) e metil cavicol (30,94%)	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	4,73 μ L/L	KERDCHOECHUEN et al., 2010
<i>Ocimum tenuiflorum</i>	-	<i>S. zeamais</i>	Residual	0,26 μ L/cm ²	KERDCHOECHUEN et al., 2010
<i>Ocotea odorifera</i>	Cânfora (43%) e safrol (42%)	<i>S. zeamais</i>	Residual	0,09 μ l/cm ²	MOSSI et al., 2014
<i>Pachira glabra</i> Pasq.	Limoneno, β -cariofileno e fitol	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	32,2 mg/L	LAWAL et al., 2014
<i>Paederia sceens</i> Lour. Merrill	β -pineno (24,77%), α -pineno (8,22%) e 1,8-cineol (8,01%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	47,78 μ g/inseto	YANG et al., 2012
			Fumigação	7,14 mg/L	
<i>Petroselinum crispum</i>	-	<i>S. zeamais</i>	Contato	535,8 μ g/inseto	ROSA et al., 2020
			Fumigação	128,2 mg/L	
<i>Pulicaria gnaphalodes</i>	Acetato de Crisântenil, 2l-4l Dihidroxeicosano, Verbenol, Dehidroaromadendreno e 1,8-Cineol	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	297,9 μ L/L	KHANI; ASGHARI, 2012
<i>Perilla frutescens</i> L. Britt.	2-acetilfurano (71,83%), decahidro-1-metil-2-metilena-naftaleno (10,47%), limoneno (5,16%) e cariofileno (1,66%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	1,20 μ g/inseto	YOU et al., 2014
			Fumigação	4,10 mg/L	
<i>Periploca sepium</i> Bunge	2-hdroxi-4-metoxi-benzaldeido (78,8%), linalol (2,8%) e (-)- α -terpineol (2,7%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	6,99 mg/adult	CHU et al., 2012a
<i>Perovskia abrotanoides</i>	Cânfora (28,38%), 1,8-cineol (23,18%), d-3-careue (7,45%), α -pineno (6,71%), acetato de bornila (4,84%), canfeno (4,49%) e borneol (3,40%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	11,39 μ L/L	ARABI; MOHARRAMIPOUR; SEFIDKON, 2008
<i>Peumus boldus</i>	Ascaridol (24,37%) e 1,8-cineol (14,85%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	0,37 μ l/g	HERRERA-RODRÍGUEZ et al., 2015
<i>Petroselinum hortense</i>	-	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	306,43 μ L/L	AMINI et al., 2018

<i>Pimpinella anisum</i>	-	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	5,62 µg/mL	HASHEM et al., 2018
			Contato	23,76 µg/inseto	
		<i>T. castaneum</i>	Fumigação	8,15 µg/mL	
<i>Pimpinella anisum</i> L.	-	<i>T. castaneum</i>	Contato	2,1 % (v/v)	AMINI et al., 2018
<i>Pinus roxburghii</i>	Longifoleno (19,52%), cariofileno (9,45%), Δ-3-careno (7,01%), α-terpineol (6,75%), γ-elemeno (3,88%), aromadendrene (3,51%), α-cariofileno (3,45%) e pentadecano (3,35%)	<i>T. castaneum</i>	Residual	0,318 mg/cm ²	MACKLED et al., 2019
			Fumigação	24,48 µL/L	
<i>Piper aduncum</i>		<i>S. zeamais</i>	Residual	2,87 mL/cm ²	ESTRELA et al., 2006
<i>Piper cubeba</i>	-	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	0,97 µl/mL	CHAUBEY, 2011
<i>Piper hispidinervum</i>	Safrol (82,07%)	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	1,32 µL/g grão	ESTRELA et al., 2006
<i>Piper nigrum</i>	β-cariofileno (29,49%), 3-careno (19,20%) e limoneno (18,68%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	55,77 µL/L	RAJKUMAR et al., 2020
<i>Pistacia atlantica</i> subsp. <i>Kurdica</i>	α-pineno (81,6%), terpinoleno (4,09%) e β-pineno (3,6%),	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	29% (v/v)	SADEGHI; POURYA; SMAGGHE, 2016
<i>Pistacia terebinthus</i> L spp. <i>Palaestina</i> Boiss.	α-pineno (19,97%), sabineno (15,43%), β-pineno (8,57%) e terpinen-4-ol (9,65%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	115,93 µL/L	ULUKANLI et al., 2014a
<i>Platycladus orientalis</i> L.	α-pineno (23,5%, 15%), sabineno (11,1%, 10%) e α-cedrol (7,2%, 11,7%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	36,58 µL/L	MEHDI HASHEMI; ALI SAFAVI, 2012
<i>Plectranthus gleulosus</i>	Cis-piperitone oxide (19,5%), fencon (18,3%) e óxido de piperitona (17,7%)	<i>S. zeamais</i>	Residual	9,6 µl/40g grão	NUKENINE; ADLER; REICHMUTH, 2010
<i>Pogostemon cablin</i>	Patchoulol (51,1%), fluoroacetofenona (23,5%) e β-patchouleno (7,3%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	0,2 µg/inseto	FENG et al., 2019a
<i>Pseudocaryophyllus</i> spp.	Chavibetol (38,14%), metileugenol (11,35%), e terpinoleno (9,17%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	1,52 g/kg	RIBEIRO et al., 2015
<i>Rhododendron anthopogonoides</i>	4-fenil-2-butanona (27,22%), nerolidol (8,08%), 1,4-cineol (7,85%) e cariofileno (7,63%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	11,67 µg/inseto	YANG et al., 2011
			Fumigação	9,66 mg/L	
<i>Rhododendron thymifolium</i>	Germacrona (20,83%), β-elemeno (11,10%), selina-3,7(11)-dieno (6,18%) e α-oxobisaboleno (5,39%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	29,82 µg/inseto	LIANG et al., 2016a
<i>Rosmarinus officinalis</i>		<i>T. castaneum</i>	Fumigação	22,14 µL/L	KHOOBDEL; AHSAEI; FARZANEH, 2017
<i>Ruta graveolens</i>	-	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	0,480 mg/cm ³	JEON; LEE; LEE, 2015
<i>Salvia aucheri</i> subsp. <i>Blancoana</i> Webb. & Held	Cânfora (26,6%), canfeno (22,0%) e α-pineno (20,6%)	<i>T. castaneum</i>	Residual	1,00 µl/cm ²	EL ABDOUNI KHIYARI et al., 2014

<i>Salvia officinalis</i> L.	1,8-cineol (23,4%), cis-tujona (18,9%) e trans- β -cariofileno (11,0%)	<i>T. castaneum</i>	Repelência	0,309 % (v/v)	KHIYARI et al., 2014
<i>Salvia umbratica</i>	1,8-cineol (16,74%), β -cariofileno (8,42%) e α -tujona (7,80%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	18,12 μ g/inseto	LIU et al., 2013b
			Fumigação	10,59 mg/L	
<i>Satureja bachtiarica</i>	Carvacrol (87,7%) e timol (28%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	40,6 μ g/inseto	TABAN; SAHARKHIZ; HOOSHMANDI, 2017
			Fumigação	4,71 mg/L	
<i>Satureja hortensis</i> L.	Estragol (82,10%), β -ocimeno (11,86%), d-limoneno (2,25%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	39,908 μ L/L	EBADOLLAHI, 2020
<i>Satureja intermedia</i>	Timol (48,1%), carvacrol (11,8%), p-cimeno (8,1%), γ -terpineno (8,1%), α -pineno (2,7%), e β -cariofileno (2,4%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	35,612 μ L/L	EBADOLLAHI; SETZER, 2020
<i>Satureja khuzestanica</i>	Carvacrol (87,7%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	20,11 μ g/inseto	TABAN; SAHARKHIZ; HOOSHMANDI, 2017
			Fumigação	2,51 mg/L	
<i>Satureja rechingeri</i>	Carvacrol (82,5%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	34,2 μ g/inseto	TABAN; SAHARKHIZ; HOOSHMANDI, 2017
			Fumigação	3,27 mg/L	
<i>Saussurea nivea</i> Turcz	(+) -Limoneno (15,46%), óxido de cariofileno (7,62%), linalol (7,20%), α -pineno (6,43%) e β -pineno (5,66%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	10,56 μ g/inseto	CHU; JIANG; LIU, 2012
			Fumigação	8,89 mg/L	
<i>Schinus molle</i> L.	P-cimeno, β -pineno, α -terpineno e limoneno	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	779,1 μ L/L	ABDEL-SATTAR et al., 2010
<i>Schizonpeta mulifida</i>	Mentona (40,34%), pulegona (26,87%), d-limoneno (5,81%) e isomentona (5,14%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	2,75 μ g/inseto	LIU; CHU; JIANG, 2011
			Fumigação	26,41 mg/mL	
		<i>S. zeamais</i>	Contato	30,17 μ g/inseto	
			Fumigação	8,33 mg/mL	
<i>Stachys riederi</i> var. Japonica	Germacreno d (55,2%), (e)- β -farneseno (9,1%) e n-tetracosano (6,9%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	21,8 μ g/inseto	QUAN; LIU; LIU, 2018
			Residual	15 mg/L	
<i>Swinglea glutinosa</i> Blanco Merr.	Germacreno d (4,8%), nerolidil acetato (9,8%), e trans-nerolidol (34,6%), limoneno (5,2%), terpineol (6,5%), e α -pineno (8,5%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	153,4 μ g/mL	JARAMILLO-COLORADO; PALACIO-HERRERA; DUARTE-RESTREPO, 2020
<i>Syzygium aromaticum</i> L.	Eugenol (>90%) e β -cariofileno (>7%)	<i>S. zeamais</i>	Residual	0,90 μ L/cm ²	HADDI et al., 2015
<i>Tanacetum dolichophyllum</i>	β -eudesmol (31,4%), α -bisabolol (10,7%), acetato de nerila (5,8%), (e)- β -farneseno (5,7%) e elemol (5,7%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	8,52 μ l/0,25L	HAIDER et al., 2017

<i>Tanacetum nubigenum</i> Wallich. Ex. dc.	Acetato de bornila (38,1%), borneol (19,5%) e 1,8-cineol (7,3%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	14,22 µl/0,25L	HAIDER et al., 2015
<i>Tanacetum tomentosum</i>	β-bisaboleno (50,0%) α-selineno (9,3%), artemisia trieno (4,5%) e 4-careno (4,2%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	6,85 µl/0,25L	HAIDER et al., 2017
<i>Tanaecium nocturnum</i>	-	<i>S. zeamais</i>	Contato	14,7 ng/mg inseto	FAZOLIN et al., 2007
<i>Teucrium polium</i> L.	Licoperseno (26,00%), dodecano (14,78%), 1,5-dimetildecadronaftaleno (9,27%), e tridecano (7,39%), undecano (7,18%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	20,749 µL/L	EBADOLLAHI; TAGHINEZHAD, 2020
<i>Thymus persicus</i>	Carvacrol (44,69%) e timol (11,05%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	236,9 µL/L	SAROUKOLAI; MOHARRAMIPOUR; MESHKATALSADAT, 2010
<i>Valeriana officinalis</i>	Acetato de bornila (48,2%) canfeno (13,8%), β-pineno (2,8%), α-pineno (2,7%) e borneol (2,1%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	21,6 µg/inseto	FENG et al., 2019b
			Fumigação	4,1 mg/L	
<i>Vitex agnus-castus</i>	1,8-cineol (24,38%), sabineno (22,77%), α-pineno (7,14%), trans-β-farneseno (8,50%), β-cariofileno (6,49%) e 1-terpinen-4-ol (5,23%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	111,12 µL/L	ULUKANLI et al., 2015
<i>Vitex pseudo-negundo</i>	1, 8-cineol (18,23%), α-pineno (16,20%), sabineno (5,67%), biciclogermacreno (5,38%) e β-cariofileno (4,43%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	47,27 µL/L	SAHAF; MOHARRAMIPOUR; MESHKATALSADAT, 2008
<i>Xylopi aethiopica</i>	β-pineno (27,90%), sabineno (23,90%), β-felereno (15,91%) e α-pineno (11,10%)	<i>S. zeamais</i>	Contato	4,35% (m/m)	NGUEMTCOUIN et al., 2010
<i>Zanthoxylum armatum</i>	1,8-cineol (41,0%), sabineno (8,4%), terpinen-4-ol (5,2%), e linalol (4,5%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	32,16 µg/inseto	WANG et al., 2015a
			Fumigação	4,28 mg/L	
<i>Zanthoxylum dissitum</i>	Epóxido de humunelo (29,4%), óxido de cariofileno (24,0%), diepicedrene-1-óxido (10,7%) e z,z,z-1,5,9,9-tetrametil-1,4,7-cicoundecatrieno (8,7%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	43,7 µg/inseto	WANG et al., 2015b
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	Estragol (69,52%), linalol (8,63%) e limoneno (4,34%)	<i>S. zeamais</i>	Fumigação	13,19 mg/L	WANG et al., 2011
<i>Zhumeria majdae</i> Rech. F. & Wendelbo	Linalol (58,3%) e cânfora (25,9%), óxido de trans-linalol (1,5%), óxido de cis-linalol (1,4%) e borneol (1,1%)	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	13,775 µL/L	EBADOLLAHI et al., 2014a
<i>Zingiber officinale</i>	-	<i>T. castaneum</i>	Fumigação	374,95 µL/L	CHAUBEY, 2011
<i>Zingiber purpureum</i>	Sabineno (48,1%), terpinen-4-ol (25,1%), e c-terpineno (6,7%), α-terpineno (4,3%), β-Tujeno (3,4%), e α-felereno (2,7%)	<i>T. castaneum</i>	Contato	19,7 µg/inseto	WANG et al., 2015c
			Fumigação	3,7 mg/L	