



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOQUÍMICA E FISIOLOGIA

PATRYCK ÉRMERSON MONTEIRO DOS SANTOS

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E BIOATIVIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE FOLHAS
DE *Croton pulegioides* BAILL. SOBRE AS ESPÉCIES *Sitophilus zeamais*
(MOTSCHULSKY, 1885) E *Nasutitermes corniger* (MOTSCHULSKY, 1855).

RECIFE
2021

PATRYCK ÉRMERSON MONTEIRO DOS SANTOS

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E BIOATIVIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE FOLHAS
DE *Croton pulegiodorus* BAILL. SOBRE AS ESPÉCIES *Sitophilus zeamais*
(MOTSCHULSKY, 1885) E *Nasutitermes corniger* (MOTSCHULSKY, 1855).**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioquímica e Fisiologia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Bioquímica e Fisiologia. Área de concentração: Bioquímica e Fisiologia

Orientadora: Prof^a. Dra. Patrícia Maria Guedes Paiva

Coorientadora: Dra. Ana Patrícia Silva de Oliveira

RECIFE

2021

Catálogo na Fonte:
Bibliotecário Bruno Márcio Gouveia, CRB-4/1788

Santos, Patryck Émerson Monteiro

Composição química e bioatividade de óleo essencial de folhas de *Croton pulegioidorus* Baill. Sobre as espécies *Sitophilus zeamais* (Motschulsky, 1885) e *Nasutitermes corniger* (Motschulsky, 1885) / Patryck Émerson Monteiro Santos. - 2021.

72 f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Patrícia Maria Guedes Paiva.

Coorientadora: Dra. Ana Patrícia Silva de Oliveira.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Programa de Pós-graduação em Bioquímica e Fisiologia, Recife, 2021.

Inclui referências.

1. Controle de pragas. 2. Controle de insetos. 3. Inseticidas. I. Paiva, Patrícia Maria Guedes (orientadora). II. Oliveira, Ana Patrícia Silva de (coorientadora). III. Título.

632.9

CDD (22.ed.)

UFPE/CB-2021-189

PATRYCK ÉRMERSON MONTEIRO DOS SANTOS

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E BIOATIVIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE FOLHAS
DE *Croton pulegioides* BAILL. SOBRE AS ESPÉCIES *Sitophilus zeamais*
(MOTSCHULSKY, 1885) E *Nasutitermes corniger* (MOTSCHULSKY, 1855).**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioquímica e Fisiologia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Bioquímica e Fisiologia. Área de concentração: Bioquímica e Fisiologia

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Patrícia Maria Guedes Paiva (Orientadora). Examinador Interno
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Thiago Henrique Napoleão. Examinador Interno
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Emmanuel Vianna Pontual. Examinador Interno
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Roberto Araújo Sá. Examinador Externo
Centro Acadêmico do Agreste/Universidade Federal de Pernambuco

Data: 10/03/2021

A Deus, por ter me guiado nessa longa caminhada, aos meus amados pais, à minha namorada, à minha irmã, à minha sobrinha e a toda minha família por toda contribuição na minha formação pessoal e acadêmica.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me guiado em todas as minhas escolhas e por ter me dado força e coragem, para seguir em frente e ultrapassar todas as barreiras e obstáculos que apareceram ao longo de toda a minha caminhada.

Aos meus pais Edvaldo José dos Santos e Gilcélia Monteiro da Silva Santos, por todo amor, carinho, dedicação, conselhos, incentivo e ajuda durante toda a minha caminhada.

À minha irmã Patrícia Évelyn Monteiro dos Santos e à minha sobrinha Lysa Caroline dos Santos Souza, pelo amor e carinho incondicional. Ao meu cunhado Marcos Souza por toda ajuda e amizade.

À minha namorada e melhor amiga Amanda Vieira de Barros, por estar sempre ao meu lado, por todo amor, carinho, por toda ajuda e todos os conselhos. Obrigado por tudo! Te Amo!. Aos meus sogros Liduina Vieira e Fábio Barros, e à minha cunhada Aline Vieira por toda ajuda, carinho e atenção.

À professora Patrícia Paiva, minha orientadora, por toda a confiança e apoio, pelos ensinamentos e orientações, por todo o profissionalismo e competência, pelos conselhos e por toda atenção e ajuda. Muito obrigado!

A Ana Patrícia Oliveira, minha coorientadora, por toda amizade, ensinamentos, conselhos, orientações e por sempre me auxiliar nos experimentos. Agradeço também, a Thâmarah Lima por todos os ensinamentos e orientação.

Aos professores Carlos Romero de Oliveira e Cláudia Helena de Oliveira da UFRPE/UAST por toda colaboração desde a graduação. A professora Renata Mendonça da UFRN pela colaboração.

Aos meus amigos de mestrado e aos meus companheiros de laboratório em especial a Juliane Nancy, Simeone Júlio, Saulo Almeida, Amanda Marinho e Abdênego Rodrigues, por toda a amizade, apoio e ajuda durante o desenvolvimento das nossas pesquisas.

Ao Laboratório de Bioquímica de Proteínas (BIOPROT) pelo espaço físico e infraestrutura necessários para o desenvolvimento de projetos e pesquisas, contribuindo para o desenvolvimento da ciência. A todos os funcionários da UFPE, por toda a contribuição direta ou indireta para o desenvolvimento dos projetos e pesquisas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa nos anos de 2019 a 2021, possibilitando, assim, o desenvolvimento do projeto.

E a todos que de forma direta ou indireta contribuíram durante toda a minha longa e dura caminhada até esse momento.

MUITO OBRIGADO!!!

*“Não tenho medo de errar
Só medo de desistir
Mas tenho vinte e poucos anos
E não vou parar aqui”*

(Lagum, 2020 – Ninguém me ensinou)

RESUMO

Sitophilus zeamais e *Nasutitermes corniger* são insetos-praga que causam prejuízos econômicos. Esse trabalho determinou a composição química e a toxicidade do óleo essencial de folhas de *Croton pulegioidorus* sobre esses insetos-praga. O óleo foi obtido por hidrodestilação e a identificação e quantificação dos constituintes foi realizada cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG/EM). O óleo foi investigado quanto ao efeito na sobrevivência, alimentação e parâmetros nutricionais de insetos adultos de *S. zeamais*. A ação inseticida do óleo de *C. pulegioidorus* também foi avaliada contra soldados e operários de *N. corniger* usando os testes de fumigação e de contato. Os principais compostos identificados no óleo foram borneol (20,03%), eucaliptol (16,71%), sabineno (9,06%), cânfora (7,34%), ascaridol (6,07%), p-cimeno (5,24%), terpinen-4-ol (5,18%), linalol (4,53%), α -humuleno (4,31%) e o-cimeno (4,21%). O óleo foi inseticida contra *S. zeamais* por ingestão sendo a concentração letal para matar 50% dos insetos (CL₅₀) após 15 dias de 24,2 μ L/g de farinha de trigo. O óleo também apresentou efeito deterrente e causou alterações na taxa de ganho relativo de biomassa, taxa de consumo relativo e na eficiência de conversão de alimento de *S. zeamais*. Análise da atividade de enzimas digestivas revelou que o óleo estimulou as atividades xilanase, endoglucanase, exoglucanase, amilase e causou diminuição na atividade da tripsina do inseto. Atividade inseticida também foi detectada contra as duas castas de *N. corniger*. No ensaio de fumigação, a CL₅₀ determinada em 24 h para soldados e operários foi 28,71 e 81,67 μ L/50 mL de ar após 24 h, respectivamente. No ensaio de toxicidade por contato, o óleo nos volumes de 0,5 e 0,2 μ L causou a morte dos operários e soldados após 0,5 e 2,1 min, respectivamente. O óleo essencial quando em contato com o inseto causou alterações no comportamento individual de operários como aumento no número de autolimpezas e de tombamentos, quando comparados com o controle. O estudo revelou que o óleo essencial de folhas de *C. pulegioidorus* tem potencial uso inseticida quando ingerido por *S. zeamais* por interferir no processo de digestão e quando inalado por ou em contato com *N. corniger*, por agir nos sistemas nervoso e respiratório do inseto.

Palavras-chave: Insetos-praga. metabólitos secundários. Cupim. Gorgulho-do-milho.

ABSTRACT

Sitophilus zeamais and *Nasutitermes corniger* are insect pests that cause economic damage. This work determined the chemical composition and toxicity of the essential oil of *Croton pulegioidorus* leaves on these insects pest. The oil was obtained by hydrodistillation and the identification and quantification of the constituents was carried out gas chromatography coupled with mass spectrometry (CG / MS). The oil was investigated for the effect on survival, food and nutritional parameters of adult insects of *S. zeamais*. The insecticidal action of *C. pulegioidorus* oil was also evaluated against soldiers and workers of *N. corniger* using fumigation and contact tests. The main compounds identified in the oil were borneol (20.03%), eucalyptol (16.71%), sabinene (9.06%), camphor (7.34%), ascaridol (6.07%), p-cymene (5.24%), terpinen-4-ol (5.18%), linalool (4.53%), α -humulene (4.31%) and o-cymene (4.21%). The oil was insecticide against *S. zeamais* by ingestion, the concentration being lethal to kill 50% of the insects (LC50) after 15 days of 24.2 μ L / g of wheat flour. The oil also had a deterrent effect and caused changes in the relative gain rate of biomass, relative consumption rate and in the conversion efficiency of *S. zeamais* food. Analysis of the activity of digestive enzymes revealed that the oil stimulated the activities xylanase, endoglucanase, exoglucanase, amylase and caused a decrease in the insect's trypsin activity. Insecticidal activity was also detected against the two varieties of *N. corniger*. In the fumigation test, the LC50 determined in 24 h for soldiers and workers was 28.71 and 81.67 μ L / 50 mL of air after 24 h, respectively. In the contact toxicity test, oil in volumes of 0.5 and 0.2 μ L caused the death of workers and soldiers after 0.5 and 2.1 min, respectively. The essential oil when in contact with the insect caused changes in the individual behavior of workers, such as an increase in the number of self-cleaning and tipping, when compared to the control. The study revealed that the essential oil of *C. pulegioidorus* leaves has potential insecticidal use when ingested by *S. zeamais* for interfering with the digestion process and when inhaled by or in contact with *N. corniger*, for acting on the insect's nervous and respiratory systems.

Keywords: Pest insects. secondary metabolites. Plant. Termite. Corn weevil

LISTA DE FIGURAS

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Figura 1 - Castas dos cupins (A); Ciclo de vida e castas dos cupins (B).....	18
Figura 2 - Cupinzeiro de <i>Nasutitermes corniger</i> em um cacaueiro (A); Operários (B) e Soldados (C) da espécie <i>N. corniger</i>	21
Figura 3 - <i>Sitophilus zeamais</i> . Larva (A) adulto dorsal (B) e adulto lateral (C).	23
Figura 4 - Ciclo de vida da espécie <i>Sitophilus zeamais</i>	23
Figura 5 - Modo de ação dos inseticidas	25
Figura 6 - Esquema da biossíntese dos metabólitos secundários.....	29
Figura 7 - <i>Croton pulegiodoros</i> (A); óleo essencial de <i>C. pulegiodoros</i> (B).....	32

ARTIGO

Figura 1 - Parâmetros nutricionais de adultos de <i>S. zeamais</i> criados com dieta artificial contendo óleo essencial de <i>C. pulegiodoros</i> (10, 15, 20, 25 e 30 µL/g de farinha de trigo). Taxa de ganho relativo de biomassa indica a quantidade de biomassa em mg ganha todos os dias por mg do peso corporal inicial (A); Taxa de consumo relativo indica a quantidade de alimentos consumido em mg por mg de peso corporal do inseto por dia (B); Eficiência de conversão do alimento ingerido (%) indica a quantidade de alimento ingerido incorporado por insetos como biomassa (C). Cada barra corresponde a média de cinco repetições para cada uma das concentrações. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos.....	46
Figura 2 - Efeito do óleo essencial de <i>C. pulegiodoros</i> sobre as atividades da xilanase (A); endoglucanase (B); exoglucanase (C); amilase (D) e tripsina (E).....	47
Figura 3 - Efeito fumigante do óleo essencial de <i>C. pulegiodoros</i> (10, 50, 100, 150, 200, 250 ppm/50 mL de ar) na sobrevivência de operários e soldados da espécie <i>N. corniger</i> , quando expostos por um intervalo de tempo de 1h a 24 h. Taxa de sobrevivência de operários (A) e soldados (B).....	48
Figura 4 - Toxicidade por contato do óleo essencial de <i>C. pulegiodoros</i> sobre operários de <i>N. corniger</i>	49

LISTA DE TABELAS

ARTIGO

Tabela 1 - Composição química do óleo essencial de <i>Croton pulegioidorus</i> Baill.	42
Tabela 2 - Taxa de sobrevivência de adultos de <i>S. zeamais</i> criados por 7 e 15 dias em dieta contendo óleo essencial de <i>C. pulegioidorus</i>	44
Tabela 3 - Índice de deterrência alimentar (IDA) do óleo essencial de <i>C. pulegioidorus</i> contra adultos de <i>S. zeamais</i>	44
Tabela 4 - Concentrações letais (CL ₅₀ e CL ₉₀) do óleo essencial de <i>C. pulegioidorus</i> sobre operários e soldados de <i>N. corniger</i> , determinadas no ensaio do efeito fumigante.....	48
Tabela 5 - Efeito do óleo essencial de <i>C. pulegioidorus</i> sobre o comportamento individual de operários de <i>N. corniger</i>	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UR – Umidade Relativa

CL – Concentração letal

CL₅₀ – Concentração letal necessária para matar 50% dos insetos

CL₉₀ – Concentração letal necessária para matar 90% dos insetos

BOD – Biochemical oxygen demand

IDA – índice de deterrência alimentar

TGB – Taxa de ganho relativo de biomassa

TCR – Taxa de consumo relativo

ECAI – Eficiência de conversão do alimento ingerido

BapNA – N-benzoil-DL-arginil-p-nitroanilida

DIC - Delineamento inteiramente casualizado

CMC – Carboximetilcelulose

Avicel – Celulose microcristalina

DNS – Ácido 3,5-dinitrosalicílico

rpm – Rotações por minuto

ppm – Partes por Milhão

nm – Nanômetro

μmol – Micromol

M – Molar

mM – Milimolar

μL – Microlitro

p/v – Peso por volume

AL – Autolimpeza

T – Tombamentos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS.....	16
1.1.1	Objetivo Geral	16
1.1.2	Objetivos Específicos.....	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	CUPINS	17
2.1.1	Gênero <i>Nasutitermes</i>	20
2.2	PRAGAS DE GRÃOS E SEMENTES ARMAZENADOS	21
2.2.1	<i>Sitophilus zeamais</i>	22
2.3	USO DE INSETICIDAS NO CONTROLE DOS INSETOS-PRAGA	24
2.3.1	Inseticidas sintéticos.....	25
2.3.2	Inseticidas naturais.....	27
2.4	ÓLEOS ESSENCIAIS	28
2.5	<i>Croton pulegioidorus</i>	31
3	RESULTADO	34
4	CONCLUSÃO.....	60
	REFERÊNCIAS.....	61

1 INTRODUÇÃO

Os insetos pertencem ao Filo Arthropoda, Subfilo Hexapoda e à Classe Insecta (RUPPERT; FOX; BARNES, 2005; BRUSCA; BRUSCA, 2007). São considerados o grupo de organismos vivos mais diversificado e abundantes do planeta, podendo ser encontrados em todos os tipos de ecossistemas, sejam naturais e antrópicos, terrestres e aquáticos. Nesses ambientes as espécies de insetos apresentam diferentes estilos de vida, funções e formas (GULLAN; CRANSTON, 2017).

Os insetos são importantes tanto do ponto de vista ambiental como socioeconômico, visto que, estão envolvidos em processos como a decomposição de matéria orgânica e reciclagem de nutrientes, polinização das plantas, controle biológico, apicultura, produção de seda, entre outros. Contudo, algumas espécies são também consideradas como insetos-praga urbanas e agrícolas e/ou transmissores de doenças e são responsáveis por causarem grandes prejuízos econômicos e transmitirem doenças de importância sanitária (RAFAEL; MELO; CARVALHO, 2012; GULLAN; CRANSTON, 2017).

Algumas espécies de insetos causam grandes prejuízos econômicos, como exemplo, a espécie *Nasutitermes corniger* Motschulsky, 1855 (Termitidae: Nasutitermitinae), cupim que infesta áreas urbanas e agrícolas (BOULEGNE et al., 2017), e *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885 (Coleptera: Curculionidae) praga agrícola, responsável por atacar principalmente grãos armazenados (PESCHIUTTA et al., 2019; ROSA et al., 2020).

O controle dos insetos-praga é realizado através da aplicação de inseticidas químicos de origem sintética, mas o uso excessivo desses compostos pode causar danos ao meio ambiente e a saúde humana, além de induzir a resistência dos insetos e eliminação de espécies não-alvo (MILLER; TINDALL; LEONARD, 2010; DIAS et al., 2018).

Com o intuito de reduzir os danos ao meio ambiente e aos seres humanos e animais, pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de desenvolver métodos alternativos para o controle dos insetos-praga. Essas pesquisas, que estão cada vez mais em evidência, buscam o desenvolvimento de inseticidas naturais através da utilização de compostos de origem vegetal, já que são biodegradáveis e que

apresentam, em geral, baixa toxicidade para os seres humanos e para o meio ambiente (CAMPOS et al., 2014; LOZOWICKA et al., 2016). Os compostos vegetais utilizados como inseticidas naturais podem ser oriundos do metabolismo primário (FRAZÃO et al., 2018) ou secundário das plantas (SILVA et al., 2017; AGUIAR et al., 2019), e geralmente são utilizados na forma de pós, extratos e óleos essenciais (MARANGONI; MOURA; GARCIA, 2013).

Os óleos essenciais recebem grande destaque por serem misturas líquidas e voláteis, que causam pouco ou nenhum dano ambiental (MIRANDA et al., 2015; LOPES et al., 2017; RAI et al., 2017). Dentre as substâncias presentes nos óleos essenciais com atividade inseticida, destacam-se os alcaloides, flavonoides, saponinas e terpenoides (LOPES et al., 2017).

O gênero *Croton* L., pertence à família Euphorbiaceae e encontra-se distribuído na América tropical e subtropical (BARRERA; GÓMEZ; CASTIBLANCO, 2016). O Brasil possui aproximadamente 350 espécies descritas (SODRÉ; SILVA, 2015) e dessas, cerca de 252 são endêmicas (FLORA DO BRASIL, 2020). Os óleos essenciais das espécies do gênero *Croton* possuem diversas substâncias que possuem atividade antimalárica, antiulcerogênica, anti-helmíntica, antimicrobiana, anti-inflamatória, antineoplástica, moluscicida, larvicida e inseticida comprovadas (RESTELLO; MENEGATT; MOSSI, 2009; ROCHA, 2020) com destaque para os terpenos (monoterpenos e sesquiterpenos) (BARRERA; GÓMEZ; CASTIBLANCO, 2016).

A espécie *Croton pulegioides* Baill., conhecida popularmente como velaminho ou velame, pode ser encontrada nas formas de ervas, subarbusto e arbustos em afloramentos rochosos, nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e no Sudeste do Brasil (TORRES, 2009; FLORA DO BRASIL, 2020). A espécie é rica em metabólitos secundários que possuem atividade fungicida, antibacteriana e inseticida (SILVA, 2006). O óleo essencial da espécie é constituído principalmente por monoterpenos e sesquiterpenos, e sua ação inseticida já foi observada por diversos pesquisadores (BRITO et al., 2015; MAGALHÃES et al., 2015; SOUZA et al., 2016; SILVA et al., 2019; SANTOS et al., 2019)

Diante da perspectiva de fornecer subsídios para o manejo de insetos-praga, o presente estudo teve como objetivo avaliar a atividade inseticida do óleo essencial de

folha de *Croton pulegioidorus* contra *Nasutitermes corniger* (Motschulsky, 1855) e *Sitophilus zeamais* (Motschulsky, 1885).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Determinar a composição química e avaliar a atividade inseticida do óleo essencial de folhas de *Croton pulegioidorus* Baill. sobre as espécies *Sitophilus zeamais* (Motschulsky, 1885) e *Nasutitermes corniger* (Motschulsky, 1855).

1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar o óleo essencial obtido de folhas de *C. pulegioidorus* quanto a composição química.
- Investigar a toxicidade por ingestão e o efeito sobre as enzimas digestivas do óleo essencial de *C. pulegioidorus* sobre *S. zeamais*.
- Avaliar a toxicidade por fumigação e por contato do óleo essencial de *C. pulegioidorus* sobre *N. corniger*.
- Definir o efeito do óleo essencial de *C. pulegioidorus* sobre o comportamento individual do *N. corniger*.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CUPINS

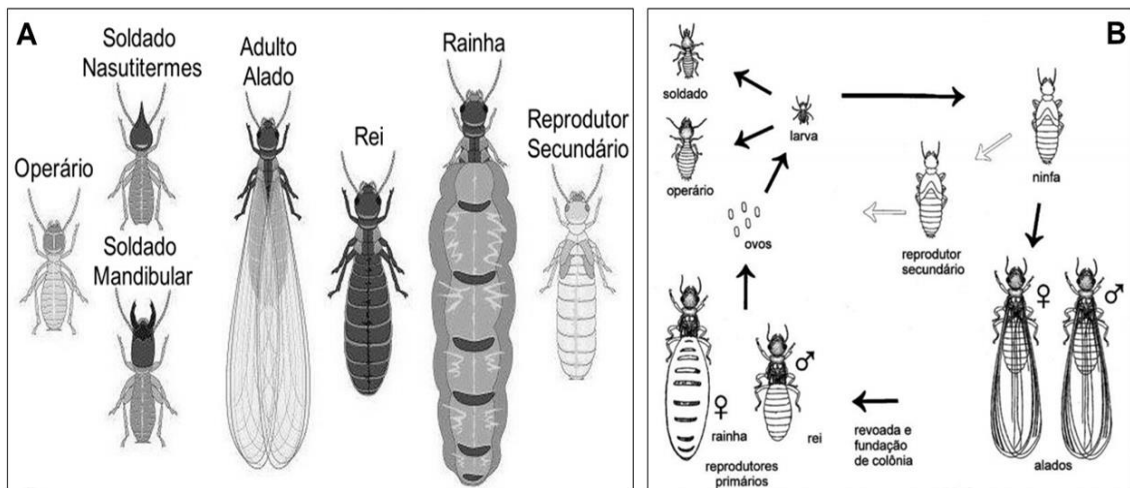
Os cupins ou térmitas, como são conhecidos popularmente, são insetos eusociais, que se apresentam nas formas ápteras estéreis (operários e soldados) e reprodutores alados (imagos) (BERTI-FILHO et al., 1993; GALLO et al., 2002). Os térmitas possuem o aparelho bucal do tipo mastigador, olhos compostos (adultos alados), ausentes ou vestigiais nos operários e soldados, e antenas filiformes ou moniliformes (RAFAEL; MELO; CARVALHO, 2012; GULLAN; CRANSTON, 2017), com 9 a 32 artículos, tarsos com 3 a 5 tarsômeros, pernas ambulatórias e dois pares de asas membranosas presentes apenas nos térmitas reprodutores (GALLO et al., 2002). Os cupins são classificados como pertencentes a Ordem Blattaria Burmeister, 1829, subordem Isoptera Brullé, 1832 (KRISHNA et al., 2013a) (RAFAEL; MELO; CARVALHO, 2012) e infraordem Termitoidea. Essa infraordem conta com aproximadamente 3000 espécies descritas que estão divididas em nove famílias: Mastotermitidae, Hodotermitidae, Archotermopsidae, Hodotermitidae, Stolotermitidae, Kalotermitidae, Stylotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae e Termitidae (ENGEL; GRIMALDI; KRISHNA, 2009; KRISHNA et al., 2013; SANTOS, 2016). No Brasil, existem cerca de 320 espécies de cupins identificados (RAFAEL; MELO; CARVALHO, 2012) pertencentes às famílias Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae e Termitidae (LIMA; COSTA-LEONARDO, 2007).

Os cupins vivem em grandes colônias, compostas por indivíduos independentes entre si, na qual há sobreposição de gerações (Figura 1A e B) (ANTUNES et al., 2016), as colônias são compostas por um casal de reprodutores, rainha e rei, que são responsáveis pelo crescimento da colônia (GALLO et al., 2002; CONSTANTINO, 2015), por soldados, que realizam a defesa do cupinzeiro, por meio de métodos físicos e químicos (ŠOBOTNÍK et al., 2010) e pelos operários, que são responsáveis pela construção das galerias, forrageio e por alimentar todas as outras castas (CONSTANTINO, 2015). Também são encontrados os ovos, indivíduos imaturos e os neotênicos (reprodutores de substituição).

Os indivíduos imaturos de primeiro instar são todos muito semelhantes e não é possível observar diferenciação de castas. A partir do segundo instar, esses

indivíduos sofrem diferenciação, formando ninfas de cabeça grande, que originarão operários e soldados e são chamadas de “larvas”, e os indivíduos de cabeça pequena, que darão origem as castas reprodutoras (indivíduos alados) que são conhecidos como ninfas (BERTI-FILHO, 1993; RAFAEL; MELO; CARVALHO, 2012).

FIGURA 1- Castas dos cupins (A); Ciclo de vida e castas dos cupins (B)



Fonte: (A) www.termitasymas.com; (B) CRUZ et al. (2014).

As ninfas são formadas periodicamente e possuem brotos alares. Quando estão totalmente desenvolvidas são chamadas de reprodutores alados, e saem das colônias em uma grande revoada para se reproduzirem e formarem outras colônias. Durante a revoada, as fêmeas e os machos se encontram, perdem as suas asas, e procuram um local para darem início à formação de uma nova colônia. Inicialmente, a nova colônia é formada por uma única célula, na qual a rainha inicia a oviposição dos ovos (RAFAEL; MELO; CARVALHO, 2012). Os neotênicos ou reprodutores de substituição, são indivíduos que darão continuidade à reprodução no ninho caso os reprodutores primários (rainha e o rei) morram (GULLAN; CRANSTON, 2017).

Os ninhos dos cupins são chamados de cupinzeiros ou termiteiros e podem variar desde um simples túnel em uma madeira, a grandes estruturas complexas, formadas por incontáveis galerias que estão todas interligadas entre si (RAFAEL; MELO; CARVALHO, 2012). Os cupinzeiros, podem ser classificados como: hipógeos (sob o solo), epígeos (parte subterrânea e parte acima da superfície) e arborícolas (sobre ou dentro de árvores) (FERREIRA et al., 2011). Neles, podem ser encontrados diferentes espécies de insetos, artrópodes e vertebrados, como por exemplo, cobras, lagartos, sapos, mamíferos de pequeno porte e aves, que vivem em associação com

os cupins dentro das galerias, sendo conhecidas como termitófilos, ou utilizando o cupinzeiro apenas como abrigo (RAFAEL; MELO; CARVALHO, 2012).

Os cupins comunicam-se através de sinalizações químicas e físicas. A sinalização química ocorre através de feromônios de alarme, que são utilizados para informar que a colônia está sendo atacada (CRISTALDO et al., 2015), e o feromônio de trilha que é utilizado para o forrageamento e para a construção de ninhos e galerias (SANT'ANA; CRUZ; SANTOS, 2016). Já a comunicação física é realizada através de vibrações do abdômen ou batidas de cabeça e são transmitidas no substrato. Essas vibrações são utilizadas como forma de alarme e geralmente atuam em conjunto com os feromônios (DELATTRE et al., 2019). Já as estratégias de defesa dos cupins podem ser passivas ou ativas. As ativas ocorrem através da reconstrução do ninho e das sinalizações físicas e químicas, enquanto que a estratégia passiva ocorre por meio do forrageamento, dentro dos tuneis construídos, protegendo os cupins de predadores (ŠOBOTNÍK et al., 2010).

A principal fonte de alimento dos cupins são as madeiras mortas, mas algumas espécies podem ser alimentar também de material vegetal vivo (RAFAEL; MELO; CARVALHO, 2012). Quanto ao seu hábito alimentar, podem ser classificados como xilófagos (alimentam-se exclusivamente de madeira), geófagos (alimentam-se do solo), intermediários (alimentam-se de madeira e de solo semidecomposto), forrageadores de folhas, comedores de líquens (ACIOLI, 2018) e cultivadores de fungos (RAFAEL; MELO; CARVALHO, 2012).

Os cupins são muito importantes para o ecossistema, pois, desempenham um papel na decomposição do material vegetal no meio ambiente (ULYSHEN, 2014). Devido ao seu hábito alimentar, quando presentes em áreas urbanas e em culturas agrícolas e florestais, são considerados como insetos-praga (SOARES et al., 2017). Os prejuízos causados pelas espécies de térmitas são altos, e muitas vezes excedem os custos para o seu controle (RUST; SU, 2012). Os principais métodos de controle dos cupins são o mecânico, através da destruição manual dos cupinzeiros e o químico, através da aplicação de inseticidas (cupinicidas), mas muitas vezes, esses métodos são realizados apenas na parte do cupinzeiro ou nos cupins que estão visíveis (SANTOS, 2016).

2.1.1 Gênero *Nasutitermes*

O gênero *Nasutitermes* pertence à família Termitidae e encontra-se inserido na subfamília Nasutitermitinae. Possui aproximadamente 257 espécies descritas, sendo considerado o gênero de cupins com maior riqueza em espécies (KRISHNA et al., 2013b; BOULOGNE et al., 2017; CONSTANTINO, 2018). De acordo com a classificação mais atual, esse gênero não é mais classificado como um grupo monofilético (ROY et al., 2014).

A grande maioria das espécies de *Nasutitermes* foram descritas por Silvestri (1901 a 1903), Holmgren (1906, 1910), Emerson (1925), Snyder (1926) e Mathews (1977) (CUEZZO; CANCELLO; CARRIJO, 2017). Esses pesquisadores identificavam e classificavam as espécies utilizando principalmente a morfologia dos soldados nasutos, como são popularmente conhecidos por apresentarem uma estrutura bem desenvolvida denominada de tubo frontal ou naso (BOULOGNE et al., 2017). No entanto, a taxonomia do gênero ficou muito confusa, sendo possível, observar algumas sinonímias entre as espécies e alguns complexos de espécies crípticas. Algumas espécies desse gênero já foram transferidas para outros gêneros e outras espécies ainda podem ser transferidas (CUEZZO; CARRIJO; CANCELLO, 2015; CUEZZO; CANCELLO; CARRIJO, 2017).

Nasutitermes corniger Motschulsky, 1855 é uma espécie neotropical, nativa das américas do Sul e Central, podendo ser encontrada em diversos países da América do Norte, nos quais foi introduzida (CONSTANTINO, 2018). Os cupinzeiros de *N. corniger* (figura 2A) podem ser construídos nas bases dos troncos ou em locais isolados de edifícios. A madeira é a sua principal fonte de alimento, desse modo consomem galhos de árvores, molduras, prensas e compensados de madeira, obras de arte, cercas e papel (SCHEFFRAHN et al., 2005). Essa grande variedade de fontes de alimentos e de habitats torna a espécie uma praga urbana e agrícola muito importante do ponto de vista econômico (BOULEGNE et al., 2017).

As colônias dessa espécie podem conter até 90.000 indivíduos, sendo compostas por reprodutores (rei e rainha) (THORNE, 1984), operários (apresentam dimorfismo sexual, sendo as fêmeas são maiores que os machos) (LIMA; BAILEZ; VIANA-BAILEZ, 2013), e soldados (representam 20% de toda a colônia) (THORNE, 1984) (Figura 2B e C).

FIGURA 2 - Cupinzeiro de *Nasutitermes corniger* em um cacaueiro (A); Operários (B) e Soldados (C) da espécie *N. corniger*.



Fonte: (A) BOULOGNE et al. (2017); (B) Foto do autor (2021); (C) REUTERS (2007).

2.2 PRAGAS DE GRÃOS E SEMENTES ARMAZENADOS

Os produtos armazenados, especialmente os grãos e as sementes, são atacados por insetos-praga que causam sérios prejuízos. Esses insetos podem ser classificados quanto ao seu hábito alimentar como praga primária (interna e externa) ou como praga secundária (GALLO et al., 2002).

As pragas primárias internas desenvolvem-se e alimentam-se no interior de grãos e sementes. São exemplos as espécies *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1972), *Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763) e *Sitophilus zeamais* (Motschulsky, 1855). As pragas primárias externas não se desenvolvem no interior dos grãos e sementes, mas alimentam-se do seu interior, como a traça *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813). Já as pragas secundárias não conseguem perfurar grãos e sementes saudáveis e precisam que esses já estejam danificados ou quebrados para que possam se alimentar. Geralmente, essas pragas ocorrem em grãos e sementes que estão trincados, quebrados ou até foram danificados por outras espécies de pragas primárias. As espécies *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens, 1831), *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus, 1758) e *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) são exemplos de pragas secundárias (LORINI, 2008; LORINI et al., 2015).

As principais características das pragas de produtos armazenados são o seu elevado potencial biótico, sendo capazes de produzir um número elevado de prole em um curto período de tempo. Desse modo, durante um período de entressafra pode

ser observado diversas gerações do inseto-praga. A infestação cruzada (capacidade de infestar grãos e sementes no campo ou em depósitos) e a polifagia (capacidade de atacar diversos grãos e sementes) são outras características que também podem ser observadas na maioria das espécies pragas de grãos e sementes (GALLO et al., 2002).

2.2.1 *Sitophilus zeamais*

O *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885 (Coleptera:Curculionidae), conhecido popularmente como gorgulho do milho ou caruncho de milho (ARENA et al., 2017; SENAR, 2018), é uma praga primária interna que apresenta infestação cruzada (ANTUNES et al., 2011; FERNANDES, 2012; CARNEIRO, 2017). Tem grande importância em regiões tropicais e subtropicais, pois causa grandes prejuízos econômicos para os produtores de grãos e sementes (ATHIÉ, 2002; SULEIMAN; ROSENTRATER; BERN, 2015). O milho é a sua principal fonte de alimento, mas o inseto também pode atacar sorgo, trigo, arroz (ATHIÉ, 2002; SENAR, 2018), triticale, cevada, aveia (GOÑI et al., 2017), produtos processados como macarrão, farinhas e cereais (CANEPPELE; JESUS-ANDRADE; SANTAELLA, 2010), e também frutas como ameixa, maçã, marmelo, pêssago e uva (BOTTON et al., 2005).

O *S. zeamais* possui ovos de coloração amarelo-claro com 0,8 mm de comprimento. As larvas (Figura 3A) possuem quatro instares de desenvolvimento, são ápodas, medem cerca de 3 mm de comprimento e possuem uma coloração marrom na cabeça e amarelo-claro no corpo. Já as pupas possuem coloração branca (ANTUNES; DIONELLO, 2010; LORINI et al., 2015). Os adultos (Figura 3B e C) podem medir entre 3 e 3,5 mm de comprimento, são castanho-escuro com manchas avermelhadas nos élitros (asas anteriores). A cabeça tem forma de rostro curvado e os machos possuem o rostro grosso e curto, enquanto as fêmeas possuem o rostro afilado e longo (ANTUNES; DIONELLO, 2010; FERNANDES, 2012; LORINI et al., 2015).

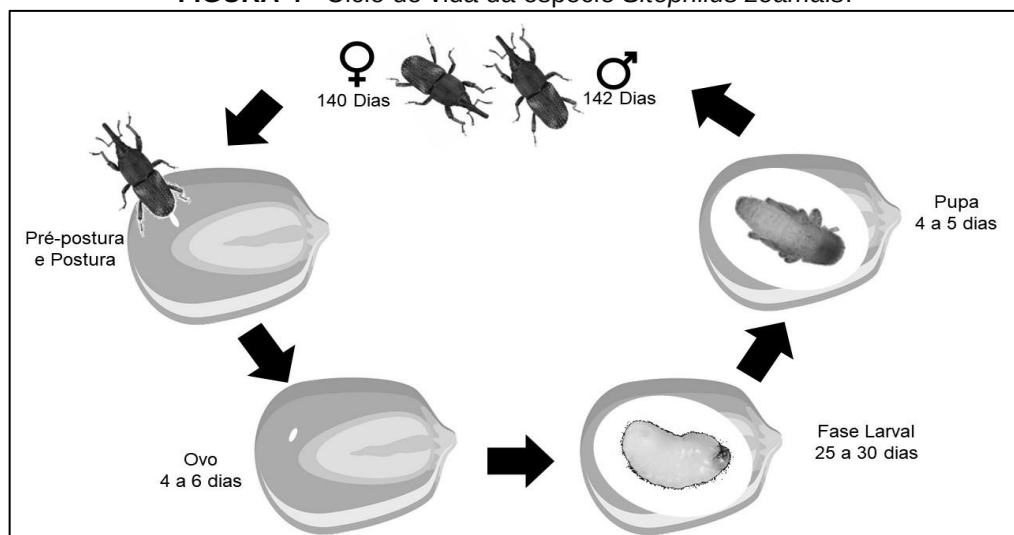
FIGURA 3 - *Sitophilus zeamais*. Larva (A) adulto vista dorsal (B) e adulto vista lateral (C).



Fonte: (A) LORINI et al. (2015); (B e C) Autor (2021).

Geralmente, as fêmeas colocam um ovo por grão, em um orifício que elas fazem com suas mandíbulas, e em seguida fecham o orifício com uma substância gelatinosa que secretam. As larvas recém eclodidas alimentam-se no interior do grão, e caso vários ovos sejam depositados no mesmo grão, ocorre o canibalismo e somente uma larva alcança o estágio de pupa. A fase de pupa ocorre no interior do grão, e o adulto recém-emergido, perfura o grão para sua saída (Figura 4) (ATHIÉ, 2002; ANTUNES; DIONELLO, 2010; FERNANDES, 2012; LORINI et al., 2015).

FIGURA 4 - Ciclo de vida da espécie *Sitophilus zeamais*.



Fonte: Autor (2021).

Sob a temperatura de 28 °C e 60% de umidade relativa, a espécie *S. zeamais* apresenta, em média, seis dias de período pré-oviposição e 104 dias de oviposição. Uma fêmea coloca em média 282 ovos durante sua vida adulta, sendo

aproximadamente três ovos por dia. A longevidade do macho é de 142 dias, enquanto a da fêmea é de 140 dias. Apenas 27% dos ovos se desenvolvem para inseto adulto e o tempo médio de desenvolvimento é de 34 dias (GALLO et al., 2002; ATHIÉ, 2002; LORINI et al., 2015).

As larvas e adultos do gorgulho do milho chegam a destruir totalmente os grãos (CARNEIRO, 2017). Os danos podem ser classificados como qualitativo, que ocorre pela diminuição do valor nutricional do grão e da taxa germinativa da semente, ou quantitativo, que ocorre através da diminuição da massa do grão através da alimentação do inseto. Como consequência, os grãos e as sementes têm o seu valor de mercado reduzido e alguns lotes chegam a ser condenados (ANTUNES et al., 2011, TREMATERRA et al., 2013; GOÑI et al., 2017).

O ataque de *S. zeamais*, danifica e aumenta a umidade dos grãos e sementes, tornando o ambiente propício para o crescimento e proliferação de fungos (CANEPPELE et al., 2003; YANG; ISMAN; TAK, 2020). Os fungos oportunistas, tais com *Aspergillus flavus*, podem produzir centenas de micotoxinas altamente tóxicas para os seres humanos e animais (WOLOSHUK; SHIM, 2013; YANG; ISMAN; TAK, 2020).

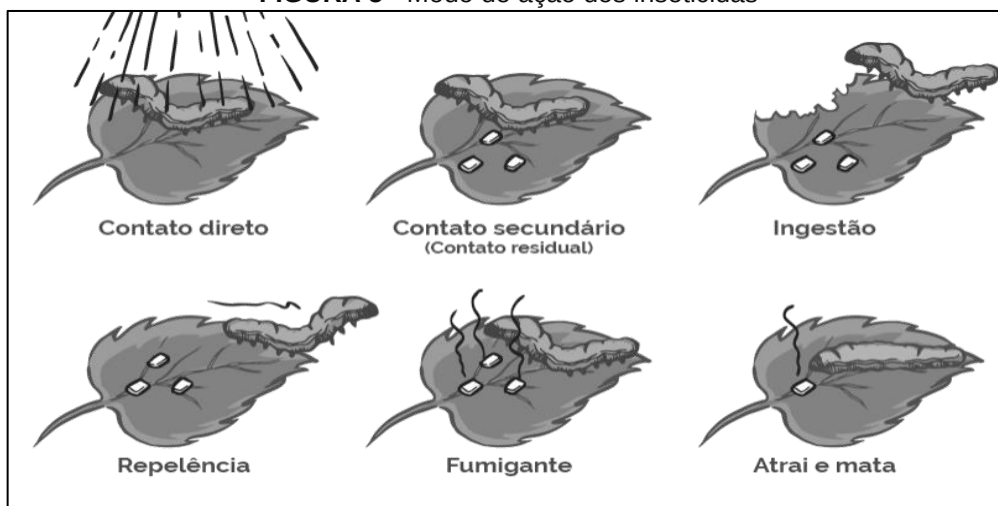
Os principais métodos de controle do *S. zeamais*, são o método físico e o químico. Os métodos físicos envolvem a manipulação dos fatores físicos para reduzir a população da praga a um nível tolerável ou eliminá-la. Podem ser utilizados isoladamente ou em combinações. Os métodos utilizados são: aumento ou diminuição da temperatura, diminuição da umidade relativa do ar, alterações na atmosfera, através da modificação das concentrações de CO₂, O₂, N₂, remoção física, que consiste no uso de peneiras para a redução da densidade populacional. Já os métodos químicos é o mais empregado atualmente e ocorrem através da aplicação de inseticidas (LORINI et al., 2015).

2.3 USO DE INSETICIDAS NO CONTROLE DOS INSETOS-PRAGA

Os inseticidas são compostos sintéticos ou naturais que matam ou repelem insetos em diferentes fases do seu ciclo de vida (ovos, larvas e adultos). Essas substâncias podem agir por meio do contato direto ou secundário (residual) e serem absorvidas pelo tegumento ou através do processo de ingestão, no qual, o composto

irá penetrar por via oral, ou podem atuar repelindo o inseto ou atraindo e matando, outra forma de ação dos inseticidas é pela via respiratória, conhecida como ação fumigante (Figura 5). Os inseticidas atuam em processos fisiológicos e bioquímicos dos insetos, prejudicando o seu desenvolvimento, crescimento, a sua respiração celular e digestão (MOREIRA; MANSUR; FIGUEIRA-MANSUR, 2012; MATIAS, 2016). Os inseticidas mais utilizados e indicados para o controle do *S. zeamais*, são o Pirimifós-metil ($C_{11}H_{20}N_3O_3PS$) e a Fenitrothion ($C_9H_{12}NO_5PS$) (LORINI et al., 2010), já para o controle dos cupins os principais inseticidas utilizados são o BHC ($C_6H_6Cl_6$), Aldrin ($C_{12}H_8Cl_6$), Pentaclorofenol (C_6HCl_5O), Dursan ($C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$), Lindane ($C_6H_6Cl_6$) e o Octaclorado/Clordane ($C_{10}H_6Cl_8$) (DETETIZAÇÃO-CONSULTE, 2010).

FIGURA 5 - Modo de ação dos inseticidas



Fonte: HENRIQUE (2019).

2.3.1 Inseticidas sintéticos

Os inseticidas sintéticos são geralmente os mais utilizados no controle de insetos-pragas urbanas e agrícolas (LIMA, 2015). Esses compostos atuam principalmente sobre o sistema nervoso provocando excitação, convulsão, paralisia e morte (MATIAS, 2016). Entre os principais grupos de inseticidas químicos destacam-se os organoclorados, organofosforados, carbamatos e piretróides.

Os organoclorados são derivados do clorobenzeno, do ciclohexano ou do ciclodieno e foram os primeiros inseticidas sintéticos a serem desenvolvidos e ainda são muito utilizados no combate de pragas agrícolas e urbanas. O método de ação desses compostos é através do contato e ingestão, atuando no bloqueio de impulsos

nervosos. Os organoclorados são muito estáveis, e não são facilmente degradados, permanecendo por longos períodos no solo e no ar (MOREIRA; MANSUR; MANSUR-FIGUEIRA, 2012; BARAKAT; KHAIRY; AUKAILY, 2013; FONSECA, 2014).

Durante a década de 40, os organofosforados foram os primeiros inseticidas criados para substituírem os organoclorados, pois, os insetos já haviam adquirido resistência. São extremamente usados em produtos agrícolas e sanitários. Sua estrutura molecular apresenta principalmente ésteres, amidas ou derivados tiol dos ácidos de fósforo. Os organofosforados atuam através do contato e ingestão, e agem inibindo a enzima acetilcolinesterase, provocando principalmente hiperatividade, colapso do sistema nervoso e morte. Possuem curta persistência no meio ambiente, mas sob altas temperaturas podem sofrer oxidação, formando compostos extremamente tóxicos e perigosos (MOREIRA; MANSUR; MANSUR-FIGUEIRA, 2012; FONSECA, 2014).

Os carbamatos, introduzidos no mercado na década de 50, são derivados do éster ácido carbâmico e possuem curto espectro de atividade. Os carbamatos possuem baixa persistência no meio ambiente e são degradados por diversos fatores como umidade, temperatura e luminosidade. Nos insetos, agem por meio do contato e ingestão e atuam como inibidores da acetilcolinesterase (MOREIRA; MANSUR; MANSUR-FIGUEIRA, 2012; FONSECA, 2014).

Os piretróides, foram introduzidos no mercado durante a década de 70 e são muito utilizados na agricultura e como domissanitários e em programas de saúde pública no combate de insetos vetores de doenças. São compostos sintéticos derivados das piretrinas extraídas do crisântemo que agem no sistema nervoso dos insetos. Não apresentam persistência e são degradados rapidamente por microrganismos do ambiente (SANTOS; AREAS; REYES, 2008; MOREIRA; MANSUR; MANSUR-FIGUEIRA, 2012; FONSECA, 2014). Alguns estudos mostram que os piretróides são tóxicos para organismos não alvo, como abelhas, artrópodes aquáticos e peixes (SANTOS; AREAS; REYES, 2008).

O uso descontrolado e excessivo dos inseticidas químicos sintéticos pode causar danos ao meio ambiente, e à saúde humana e animal, podendo ser responsável por eliminação de inimigos naturais e pela seleção de indivíduos resistentes (ESTRELA et al., 2006; CANEPPELE; ANDRADE; SANTAELLA, 2010; PAULIQUEVIS; CONTE; FAVERO, 2013). A elevada pressão de seleção devido ao

uso abusivo de inseticidas químicos contribui para a evolução da resistente dos insetos-praga a diversas classes de inseticidas (NETO, 2016).

2.3.2 Inseticidas naturais

Os inseticidas naturais de origem vegetal são utilizados há milhares de anos. As primeiras espécies de plantas a serem utilizadas como inseticidas foram a *Nicotiana tabacum* L., *Chrysanthemum cinerifolium* Calli, *Derris* spp., *Lonchocarpus* spp., *Schoenocaulon officiale* Lind e *Ryania speciosa* Vahl (GALLO et al., 2002). Na Índia e na China, por volta de 2000 a.C. e 1.200 a.C. respectivamente, os inseticidas oriundos de plantas já eram aplicados diretamente nos produtos (contato) ou utilizados como fumigantes para o controle de pragas. No século XVI, os europeus já faziam uso de inseticidas botânicos, mas após a Segunda Guerra Mundial, com o surgimento dos inseticidas químicos sintéticos, o uso de plantas como inseticidas foi gradativamente reduzido (MOREIRA et al., 2005).

A busca por plantas com atividade inseticida e sua utilização como inseticidas botânicos vem ressurgindo devido à necessidade de novos compostos que sejam, menos danosos ao meio ambiente e à saúde humana, que deixem pouco ou nenhum resíduo, que não sejam tóxicos para organismos não-alvo e que causem baixa ou nenhuma resistência dos insetos (GALLO et al., 2002; FORIM et al., 2010; ALI et al., 2018).

Os inseticidas botânicos podem ser obtidos de várias partes da planta e podem ser utilizados como pó, extrato ou óleos essenciais (PONCIO, 2010; MARANGONI; MOURA; GARCIA, 2013). Os inseticidas oriundos de plantas, geralmente apresentam uma grande diversidade de compostos ativos, que agem em conjunto dificultando a evolução da resistência dos insetos, pois, ao contrário da inseticidas químicos que são constituídos apenas por uma única substância, os compostos vegetais geralmente possuem diversas substância com ação inseticida, diminuindo as chances do insetos de adquirir resistência (NAVARRO-SILVA; MARQUES; DUQUE, 2009; NETO, 2016). Esses compostos podem causar mortalidade em diversas fases do ciclo de vida dos insetos, repelência, esterilidade, inibição de oviposição e da alimentação, alterações no sistema hormonal, interferência no desenvolvimento e modificação no comportamento (PONCIO, 2010; VENZON; PAULA-JÚNIOR; PALLINI, 2010).

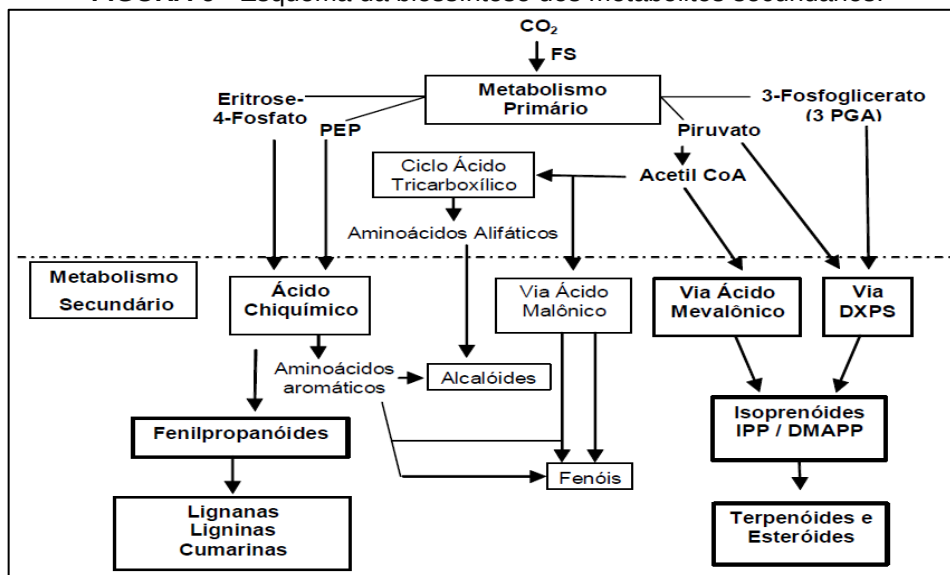
2.4 ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais, também são conhecidos como óleos voláteis ou óleos etéreos (SIMÕES et al., 2017; MENEZES et al., 2017), são misturas de compostos naturais e voláteis originados a partir do metabolismo secundário de plantas aromáticas (BAKKALI et al., 2008; MACHADO; FERNANDES-JUNIOR, 2011; NAVARRETE et al., 2011; SILVEIRA; COSTA; COSTA-JUNIOR, 2015). Em água, os óleos essenciais possuem solubilidade limitada e por esse motivo também podem ser denominados de hidrolatos (SIMÕES et al., 2017).

Os óleos voláteis são substâncias complexas constituídas de 20 a 60 componentes presentes em diferentes concentrações (ANDRÉ et al., 2018). Os principais componentes dos óleos essenciais são os terpenos e os fenilpropanóides, e em concentrações menores são encontradas moléculas de álcoois, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, éteres, furanos e cumarinas (BAKKALI et al., 2008; SILVEIRA et al., 2012; MENEZES et al., 2017; CAMPOS et al., 2018).

A biossíntese dos componentes dos óleos essenciais ocorre a partir de rotas derivadas dos processos de fotossíntese, glicólise e do ciclo do ácido tricarboxílico (SIMÕES et al., 2017). Por exemplo, os fenilpropanóides são formados a partir do ácido chiquímico (LUNA, 2019), enquanto os terpenos são formados a partir da via 1-deoxi-D-xilulose-5-fosfato (DXPS) e da via do mevalonato (SILVEIRA, 2018). Os isoprenos ou terpenóides simples são moléculas compostas por cinco carbonos, e a sua metabolização origina outros terpenóides maiores (Figura 6). Os monoterpenos possuem 10 carbonos (dois isoprenos), os sequiterpenos possuem 15 carbonos (três isoprenos), os diterpenos são compostos por 20 carbonos (quatro isoprenos), os triterpenos por 30 carbonos (seis isoprenos) e os tetraterpenos por 40 carbonos (oito isoprenos) (MENEZES et al., 2017).

FIGURA 6 - Esquema da biossíntese dos metabólitos secundários.



Fonte: Silveira (2018).

Os óleos essenciais podem ser extraídos de diversas partes da planta como raiz, caule, casca, folha, flor, fruto e semente (BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009; TRANCOSO, 2013; GONÇALVES; GUAZZELLI, 2014). A função desses óleos voláteis na planta está relacionada com a sobrevivência, inibição da germinação de sementes outras espécies, atração de polinizadores, dispersão de sementes, proteção contra microrganismos fitopatógenos e predadores e na proteção contra perda de água e aumento da temperatura (STEFFENS, 2010).

A composição e o rendimento dos óleos essenciais estão relacionados diretamente com a genética das plantas. Fatores como idade da planta, hora e época da colheita, disponibilidade de água, temperatura, umidade relativa do ar, altitude, nutrientes do solo e radiação solar, também influenciam nesses aspectos (GONÇALVES; GUAZZELLI, 2014; ANDRÉ et al., 2018).

Os métodos de extração dos óleos essenciais também podem interferir na sua composição e no seu rendimento (ALBRECHT, 2010; ANDRÉ et al., 2018). Geralmente, a escolha do método para a extração é realizada, a partir da localização do óleo essencial na planta e para que fim o óleo volátil será utilizado (SIMÕES et al., 2017; SILVEIRA, 2018). Os principais métodos de extração de óleos essenciais são enfloração, hidrodestilação, destilação por arraste de vapor, prensagem, extração por solventes orgânicos e a extração por fluido supercrítico.

A enfloração que é um método utilizado para a extração do óleo essencial de pétalas de flores, onde as pétalas são colocadas sobre uma camada de gordura, a temperatura ambiente por um determinado período de tempo. Em seguida, a gordura é tratada com álcool, que em seguida é destilada a baixa temperatura para que o óleo essencial seja obtido (SIMÕES et al., 2017).

A hidrodestilação é um processo no qual o material vegetal é imerso em água destilada. O vapor obtido (água destilada + óleo essencial) passa por um condensador, no qual é resfriado, formando um líquido com duas fases que é separado. A destilação por arraste de vapor é um método onde o material vegetal fica em contato apenas com o vapor de água e a mistura (vapor d'água + óleo essencial) passa por um condensador. Em seguida, é realizada a separação do óleo essencial e da água (SILVEIRA et al., 2012; SIMÕES et al., 2017).

A prensagem a frio é o método empregado para extração de óleos essenciais de frutos cítricos, nesse processo os frutos são prensados em uma prensa hidráulica, para que ocorra a ruptura das glândulas de óleo e, em seguida a mistura de água e óleo essencial é separada através de processos de decantação, destilação e centrifugação (SIMÕES et al., 2017).

A extração por solventes orgânicos é realizada com solventes com baixa polaridade e com caráter lipofílico como hexano, éter etílico e o diclorometano. A separação do óleo essencial e do solvente orgânico ocorre através do aquecimento da solução. A extração por fluido supercrítico é considerada o método de extração mais eficiente. Nesse processo o CO₂ é liquefeito por compressão e em seguida aquecido a uma temperatura de aproximadamente 33 °C. Após esse processo é adicionado o material vegetal, do qual o óleo essencial será extraído. Após esse processo o CO₂ é resfriado até a temperatura de aproximadamente 25 °C, nessa temperatura o CO₂ encontra-se em estado gasoso, deixando apenas o óleo essencial (SILVEIRA et al., 2012; SIMÕES et al., 2017).

Atualmente, mais de 300 óleos essenciais apresentam importância comercial, sendo muito empregados nas indústrias alimentícias, de cosméticos e maquiagens, de perfumaria, nas agrônômicas, farmacêuticas, odontológicas, de produtos sanitários e na aromaterapia (BAKKALI et al., 2008; TRANCOSO, 2013; GONÇALVES; GUAZZELLI, 2014). A grande importância comercial dos óleos essenciais está relacionada com as inúmeras atividades biológicas que eles podem apresentar, como

por exemplo, atividades cardioestimulante, anti-inflamatória, anti-mutagênicas, antioxidante, antidepressiva, antiespasmódica, anticonvulsivante, antisséptica, anti-helmíntica, antibacteriana, antifúngica, carrapaticida e inseticida (NÓBREGA; MOTTA; LEITE, 2003; BAKKALLI et al., 2008; ANDRÉ et al., 2018; GUERREIRO, 2018).

Os óleos essenciais que apresentam atividade inseticida, podem atuar através do contato ou ingestão, bem como pelas vias respiratórias (fumigação) (SUTHISUT; FIELDS; CHANDRAPATYA, 2011). Geralmente, os óleos essenciais ocasionam distúrbios fisiológicos, comportamentais e bioquímicos nos insetos (COITINHO et al., 2011). Entre as famílias de espécies vegetais que tem apresentado maior atividade inseticida destacam-se, as famílias Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, Euphorbiaceae, Labiatae, Lauraceae, Myrtaceae, Piperaceae, Ranunculaceae e Verbenaceae (NERIO; OLIVERO-VERBEL; STASHENKO, 2010; COITINHO et al., 2011).

2.5 *Croton pulegioidorus*

A família Euphorbiaceae Juss. é considerada uma das famílias mais diversas e com maior importância econômica entre as Angiospermas e possui aproximadamente 6300 espécies distribuídas em 246 gêneros (TORRES, 2009; WURDACK; DAVIS, 2009). No Brasil, são encontradas aproximadamente 1.889 espécies distribuídas por todas as regiões brasileiras, nos domínios fitogeográficos da Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (FLORA DO BRASIL, 2020).

O gênero *Croton* L. é um dos gêneros mais estudados e de maior importância da família Euphorbiaceae (NEVES; CAMARA, 2012; SECCO et al., 2012; BRITO et al., 2018). No Brasil, são encontradas aproximadamente 350 espécies distribuídas nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul, nos domínios fitogeográficos da Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal (FLORA DO BRASIL, 2020). Na Caatinga, são encontradas cerca de 68 espécies, e destas, 21 espécies são endêmicas dessa formação vegetal (TORRES, 2009). No estado de Pernambuco, as espécies do gênero *Croton* são encontradas principalmente em áreas de Caatinga, descartando-se as espécies de *C. blanchetianus* Baill, *C.*

heliotropiifolius Kunth e *Croton pulegioidorus* Baill, como as mais abundantes plantas aromáticas (NEVES; CAMARA, 2012).

A espécie *Croton pulegioidorus* Baill, conhecida popularmente como Velaminho ou Velame (Figura 7A), é um arbusto de 0,30-1,5 m de comprimento, monóico, ramos verdes e látex translúcido (FLORA DO BRASIL, 2020). Possui um aroma característico que se dá pela presença do ácido caprílico/ácido octanóico (SILVA, 2006). No Brasil, pode ser encontrado nos estados da Bahia, Ceará, Goiás, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco e Piauí e durante os meses de outubro a maio *C. pulegioidorus* encontra-se florida e frutificada (TORRES, 2009). Na medicina popular, a espécie é utilizada para tratamento de problemas urinários, reumáticos e dermatológicos (SILVA, 2006).

FIGURA 7 - *Croton pulegioidorus* (A); óleo essencial de *C. pulegioidorus* (B)



Fonte: Autor (2019).

Silva (2006) mostrou que a constituição química do óleo essencial de folhas de *C. pulegioidorus* é majoritariamente formada por sesquiterpenos (83,21%) e monoterpenos (2,11%). Os compostos que foram observados com maior porcentagem no estudo foram o β -Cariofileno (21,80%) Germacreno D (10,16%), Bicyclogermacreno (17,49%), α -Humuleno (3,75%), β -Copaen-4- α -ol (4,15%) e τ -Cadinol (4,22%). Já Dória et al. (2010) observaram que o óleo essencial das folhas de *C. pulegioidorus* era constituído majoritariamente por sesquiterpenos e monoterpenos, nas porcentagens de 83,49% e 2,19% respectivamente, sendo o β -Caryophyllene (20,96%), Bicyclogermacrene (16,89%), Germacrene-D (10,55%), τ -Cadinol (4,56%), β -Copaen-4- α -ol (4,35%) e o α -Humulene (3,95%), os compostos

com maior porcentagem no óleo essencial. A ação inseticida do óleo essencial de folhas de *C. pulegioidorus* contra insetos das ordem Diptera e Coleoptera, já foi avaliada por diversos pesquisadores (BRITO et al., 2015; DÓRIA et al., 2010; MAGALHÃES et al., 2015; SOUZA et al., 2016; SILVA, 2006; SILVA et al., 2019 e SANTOS et al., 2019).

3 RESULTADO

Os resultados dessa pesquisa são apresentados na forma de artigo.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE INSETICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL DE FOLHAS DE *CROTON PULEGIODORUS* SOBRE *SITOPHILUS ZEAMAI* E *NASUTITERMES CORNIGER*

Patryck Érmerson Monteiro dos Santos^{a*}, Amanda Vieira de Barros^b, Thâmarah de Albuquerque Lima^a, Renata Mendonça Araújo^c, Carlos Romero Ferreira de Oliveira^d, Thiago Henrique Napoleão^a, Ana Patrícia Silva de Oliveira^a, Patrícia Maria Guedes Paiva^a

^aDepartamento de Bioquímica, Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

^bCentro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil

^cInstituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil

^dNúcleo de Ecologia de Atropódes, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, Pernambuco, Brasil

Resumo

O presente estudo determinou a composição química e a toxicidade do óleo essencial de folhas de *Croton pulegiodorus* sobre *S. zeamais* e *N. corniger*. O óleo foi investigado quanto ao efeito na sobrevivência, alimentação e parâmetros nutricionais de insetos adultos de *S. zeamais*. A ação inseticida do óleo de *C. pulegiodorus* também foi avaliada contra soldados e operários de *N. corniger* usando os testes de fumigação e de contato. Os principais compostos identificados no óleo foram borneol, eucaliptol, sabineno, cânfora, ascaridol, p-cimeno, terpinen-4-ol, linalol, α -humuleno e o-cimeno. O óleo foi inseticida contra *S. zeamais* após 7 e 15 dias, e apresentou efeito deterrente e causou alterações na taxa de ganho relativo de biomassa, taxa de consumo relativo e na eficiência de conversão de alimento de *S. zeamais*. O óleo também causou alteração na atividade das enzimas digestivas xilanase, endoglucanase, exoglucanase, amilase e tripsina do inseto *S. zeamais*. Atividade inseticida também foi detectada contra as duas castas de *N. corniger*. No ensaio de fumigação, a taxa de sobrevivência começou a ser reduzida significativamente após 6 e 7 h de experimento para operários e soldados, respectivamente e a CL₅₀ determinada em 24 h para soldados e operários. No ensaio de toxicidade por contato, o óleo nas concentrações de 0,5 e 0,2 μ L causou a morte dos operários e soldados após 0,5 e 2,1 min, respectivamente. O óleo essencial também causou alterações no comportamento individual de operários como aumento no número de autolimpezas e de tombamentos, quando comparados com o controle. O estudo revelou que o óleo essencial de *C. pulegiodorus* tem potencial uso inseticida quando ingerido por *S.*

zeamais por interferir no processo de digestão e quando inalado por ou em contato com *N. corniger*, por agir nos sistemas nervoso e respiratório do inseto.

Palavras chaves: inseticidas botânicos; óleos voláteis; *Croton*; insetos-praga.

1 INTRODUÇÃO

Os insetos são em sua grande maioria benéficos para a espécie humana, pois estão envolvidos, em processos de decomposição de matéria orgânica e reciclagem de nutrientes, no controle biológico de pragas, na polinização das plantas e dispersão de sementes, economicamente os insetos são importantes principalmente nas atividades de apicultura e produção de seda. Contudo, alguns insetos são considerados pragas urbanas e/ou agrícolas, sendo responsáveis por ocasionar grandes prejuízos econômicos (RAFAEL; MELO; CARVALHO, 2012; GULLAN; CRANSTON, 2017). *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885 (Coleptera: Curculionidae), conhecido popularmente como gorgulho do milho, é praga agrícola que ataca diversos grãos armazenados de grande importância global (PESCHIUTTA et al., 2019; ROSA et al., 2020). É responsável por ocasionar perdas irreversíveis, afetando os parâmetros nutricionais e o valor comercial dos grãos (FOUAD; CAMARA, 2017; OLIVEIRA et al., 2017). Já a espécie de cupim *Nasutitermes corniger* Motschulsky, 1855 (Termitidae: Nasutitermitinae) é uma praga urbana e agrícola (BOULEGNE et al., 2017; SOARES et al., 2017), responsável por causar grandes prejuízos para a espécie humana. Já que a madeira é a sua principal fonte de alimento, e desse modo podem consumir molduras de quadros, prensas e compensados de madeira, obras de arte e livros (SCHEFFRAHN et al., 2005; RUST; SU, 2012).

Geralmente, o controle de insetos-praga é realizado através da aplicação de grandes quantidades de inseticidas sintéticos. Porém, por causa da alta persistência e toxicidade, esses compostos, podem provocar danos ao meio ambiente, à saúde humana, além de induzir a resistência dos insetos e ocasionarem também a eliminação de inimigos naturais e espécies não-alvo (MILLER; TINDALL; LEONARD, 2010; PAULIQUEVIS; CONTE; FAVERO, 2013; DIAS et al., 2018). Isso tem impulsionado o desenvolvimento de métodos alternativos para o controle que possuam baixo ou nenhum grau de toxicidade e sejam igualmente eficientes para o controle desses insetos-pragas (OLIVEIRA et al., 2017; DIAS et al., 2018).

Os óleos essenciais são misturas de compostos de origem natural, líquidos e complexas, biodegradáveis e que geralmente apresentam baixa ou nenhuma toxicidade para o meio ambiente (ESTRELA et al., 2006; CAMPOS et al., 2014; LOZOWICKA et al., 2016; PAUMGARTTEN; DELGADO, 2016; RAI et al., 2017). São extraídos principalmente das flores, folhas e das cascas de plantas aromáticas (MORAIS et al., 2006; BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009; TRANCOSO, 2013). Nas últimas duas décadas, diversos estudos mostraram a ação inseticida de óleos essenciais oriundos de plantas medicinais e aromáticas (FOUAD; CAMARA, 2017). Os principais constituintes com ação inseticida de óleos essenciais são os monoterpenos, sesquiterpenos e fenilpropanoides (RIBEIRO; BONILLA; LUCENA, 2018).

A espécie *Croton pulegioidorus* Baill. pertence à família Euphorbiaceae e é conhecida popularmente como velaminho (SILVA, 2006; FLORA DO BRASIL, 2020). No Brasil, a espécie pode ser encontrada em alguns estados do nordeste, centro-oeste e sudeste, e o seu óleo essencia extraído das folhas, possui diferentes compostos ativos, em especial monoterpenos e sesquiterpenos, que apresentam diversas atividades biológicas, incluindo atividade inseticida contra insetos das ordens Diptera e Coleoptera (SILVA, 2006; ROCHA, 2020). Desse modo, o objetivo do presente estudo foi avaliar a toxicidade do óleo essencial de folha de *Croton pulegioidorus* contra os insetos-praga *Sitophilus zeamais* e *Nasutitermes corniger*.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 COLETA DO MATERIAL BOTÂNICO E EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL

As folhas de *Croton pulegioidorus*, foram coletadas no município de Triunfo – PE (7°49'19.5 "S, 38°06'27.2 "W), durante o período da manhã. Após a coleta, as folhas foram secas em estufa a 40 °C. Alguns exemplares da espécie foram depositados, sob a forma de exsicatas, no Herbário do Semiárido do Brasil (HESBRA) da UAST-UFRPE (Voucher #S.S. Matos 104)

A extração do óleo essencial foi realizada através do sistema tipo clewenger modificado, acoplado a um balão de fundo redondo de 3 L e uma manta elétrica como fonte geradora de calor. As folhas secas foram trituradas e em seguida, em um balão

de fundo redondo foi adicionado 200 g de material vegetal juntamente com 2 L de água destilada. O processo de hidrodestilação ocorreu por 2 h sob a temperatura de 100 °C e em seguida, em um funil de decantação foi adicionado 0,5 L do líquido emulsionável e 0,1 L do solvente diclorometano. A fase solvente-óleo essencial obtida foi submetida ao processo de percolação em sulfato de sódio anidro, e em seguida, transferida para um rotaevaporador acoplado a uma bomba à vácuo, para a separação do óleo essencial do solvente. O óleo essencial coletado foi armazenado em frasco do tipo âmbar, hermeticamente fechado e mantido sob refrigeração constante.

O rendimento (%) do óleo essencial foi calculado através da relação da matéria seca, conforme a fórmula a seguir: $R\% = (VO \times MO/MS) \times 100$ onde R% = rendimento de óleo em porcentagem, VO = volume de óleo em mL, MO = massa de um ml de óleo em g e MS = massa seca de folhas em gramas.

2.2 ANÁLISE CROMATOGRÁFICA DO ÓLEO ESSENCIAL

A análise química do óleo essencial foi realizada em cromatógrafo gasoso acoplado a espectrômetro de massa (CG/EM) em equipamento QP 5050A (Shimadzu, Kyoto, Japão) e uma coluna capilar não polar Agilent DB-5ms (50 m × 0,25 mm × 0,25 µm). A temperatura do forno foi programada a 60 ° C com um aumento de 4 ° C/ min até atingir 280 ° C, e depois mantida por 15 min. O gás portador era hélio, com uma taxa de fluxo constante de 1 mL / min. A temperatura da fonte de ionização foi mantida a 280 ° C, a energia de ionização a 70 eV e os espectros de massa foram registrados de 10 a 400 m / z. A amostra do óleo essencial foi realizada em triplicata, sendo esta amostra dissolvida em dicloro metano.

Os componentes individuais foram identificados comparando os índices de retenção e padrões de fragmentação com os da biblioteca do espectrômetro e os dados da literatura (ADAMS, 2007).

2.3 CRIAÇÕES DE *S. zeamais* E *N. corniger*

Os insetos da espécie *S. zeamais*, foram mantidos em potes de vidro, fechados com tampas plásticas perfuradas e revestidas com tecido do tipo organza, para permitir as trocas gasosas entre o recipiente e o meio externo. O substrato alimentar

utilizado foi grãos de milho. Os potes de vidro com os insetos foram acondicionados em câmaras climáticas tipo BOD (Biochemical Oxygen Demand) sob temperatura de 28 ± 2 °C, fotofase de 24 h e umidade relativa (UR) de aproximadamente $70 \pm 10\%$. Os insetos permaneceram sob o confinamento com o intuito de realizarem a postura dos seus ovos e consequentemente, a multiplicação do número de insetos viáveis para realização dos experimentos.

Os ninhos da espécie *N. corniger* foram coletados em um fragmento de Mata Atlântica (8°00'45 "S, 34°56'57 "W) no campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada na cidade de Recife–PE (Brasil). Os cupinzeiros foram selecionados com base na sua integridade física, e em seguida retirados do tronco da árvore e transferidos para o laboratório em caixas de plástico sendo mantidos sob temperatura de 27 ± 2 °C durante o período necessário para a separação das castas de operários e soldados e transferência dos cupins para a realização dos bioensaios.

2.4 AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE POR INGESTÃO DO ÓLEO ESSENCIAL CONTRA *S. zeamais*

A avaliação da toxicidade por ingestão foi realizada de acordo com a metodologia de Xie et al. (1996) adaptado por Napoleão et al. (2013). O experimento foi realizado em placas de Petri (90 x 15 mm) contendo cinco discos de uma dieta artificial. O ensaio foi realizado em quintuplicata e para o preparo dos discos, 5 mL do óleo em diferentes concentrações em dimetilsulfóxido (DMSO) a 1% foram adicionados a 2 g de farinha de trigo previamente autoclavada, obtendo-se as concentrações finais de 10, 15, 20, 25 e 30 µL/g (µL óleo puro/g de farinha de trigo). As misturas foram homogeneizadas por cinco minutos e posteriormente, foram preparados os discos, cada um formado por uma alíquota de 200 µL da mistura. As placas de Petri contendo os discos foram levadas para a estufa a 50 °C por 24 h para a secagem dos discos e em seguida, o peso das placas de Petri com os discos secos foi registrado. Os insetos com peso determinado (20 indivíduos) foram adicionados a placa de Petri e os ensaios foram realizados em câmaras climáticas do tipo BOD sob temperatura de 28 ± 2 °C, fototofase de 24 h e umidade relativa (UR) de aproximadamente $70 \pm 10\%$. O controle correspondeu a discos de farinha de trigo

diluída em 200 µL/g de água destilada e DMSO a 1%. Após 7 dias de experimento, foram avaliados o peso das placas de Petri e dos insetos e a taxa de mortalidade foi determinada após 7 e 15 dias.

O índice de deterrência alimentar (IDA) foi obtido mediante a seguinte fórmula: $IDA = (\%) = [100 \times (C - T)] / (C)$, sendo que C corresponde à quantidade de massa ingerida no controle e T à quantidade de massa ingerida no tratamento. Com base nos valores de IDA, o efeito da amostra foi classificado em: não-deterrente ($IDA < 20\%$), deterrente fraco ($50\% > IDA \geq 20\%$), deterrente moderado ($70\% > IDA \geq 50\%$) ou deterrente forte ($IDA \geq 70\%$) (LIU et al., 2007). Ainda foram estimados os seguintes dados nutricionais: taxa de ganho relativo de biomassa (TGB) que corresponde a $\text{biomassa ganha} / (\text{biomassa inicial dos insetos} \times \text{dias})$; taxa de consumo relativo (TCR) que corresponde a $\text{massa ingerida} / (\text{biomassa inicial dos insetos} \times \text{dias})$ e eficiência de conversão do alimento ingerido (ECAI) dada pela razão $\text{biomassa adquirida} / \text{biomassa ingerida} \times 100$ (XIE et al., 1996).

2.5 AVALIAÇÃO DO EFEITO DO ÓLEO ESSENCIAL SOBRE AS ENZIMAS DIGESTIVAS DO INTESTINO DE ADULTOS DE *S. zeamais*

Um grupo de 50 adultos da espécie *S. zeamais* foram coletados e colocados em freezer a -20 °C por 10 min para que fossem imobilizados. Em seguida, insetos foram macerados e homogeneizados com 1,5 mL de tampão de acetato (0,1 M de acetato de sódio pH 5,5, contendo CaCl₂ 0,02 M e NaCl 0,15 M) ou tampão Tris (0,1 M de Tris-HCl, pH 8,0, contendo 0,02 M de CaCl₂ e 0,15 M de NaCl). Os homogenatos foram centrifugados a 9.000 rpm por 15 min e os sobrenadantes contendo as enzimas intestinais foram coletados e submetidos a dosagem da concentração de proteínas (Lowry et al., 1951). O extrato em tampão acetato de sódio foi utilizado para os ensaios da atividade de celulasas (endoglucanases e exoglucanases), hemicelulase (β -D-Xilanase) e α -amilase, enquanto o extrato em tampão Tris foi utilizado na determinação da atividade de tripsina.

Extrato de intestino em tampão acetato (0,6 mg de proteína) ou Tris (2,13 mg de proteína) foi incubado (10 min) com óleo essencial de folhas de *C. pulegioidorus* (0,06, 0,03, 0,015, 0,0075 e 0,00375 µL/mL) e posteriormente foram determinadas as

atividades enzimáticas. Ensaios controles com ausência do substrato (branco controle) e do óleo (100% enzimático) foram incluídos em todos os experimentos.

As atividades de amilase, endoglucanase, exoglucanase, e xilanase foram determinadas de acordo com as metodologias de Bernfeld (1955), Li et al. (2009) e Wood e Bhat (1988) respectivamente, adaptado por Lima et al. (2016). As reações foram iniciadas com a incubação (10 min a 50 °C) de 100 µL do extrato de intestino de *S. zeamais* com 400 µL de solução (1%, p/v) contendo amido (atividade de amilase), carboximetilcelulose (atividade de endoglucanase), avicel (atividade de exoglucanase) ou xilana (atividade de xilanase) em acetato de sódio 0,1 M pH 5,5 contendo NaCl 0,15 M. Após a incubação, 500 µL de ácido 3,5-dinitrosalisílico (DNS) foram adicionados para interromper a reação, e as misturas foram aquecidas a 100 °C por 6 min, e em seguida, o ensaio foi imediatamente resfriado em gelo durante 15 min. Após esse período, foi realizada a leitura a 540 nm. A quantidade de açúcares redutores foi determinada através da curva padrão de glicose ($Y = 0,1261X - 0,0157$ onde Y é a absorbância em 540 nm e X é a concentração de glicose em mg/mL). Uma unidade enzimática foi definida como a quantidade de enzima necessária para gerar 1 µmol de glicose por min.

A avaliação da atividade de tripsina foi realizada com base no método proposto por Kakade et al. (1969). Extrato de intestino (85 µL) foi incubado (1 h a 37 °C) com 100 µL de tampão Tris e 15 µL de N-benzoil-DL-arginil-p-nitroanilida (BapNA) 8 mM. Em seguida, a absorbância foi medida a 405 nm. Uma unidade de atividade da tripsina foi definida como a quantidade de enzima que hidrolisa 1 µmol de BApNA por minuto.

2.6 AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE POR FUMIGAÇÃO CONTRA *N. corniger*

Para a avaliação do efeito fumigante do óleo essencial de *C. pulegioidorus* sobre *N. corniger*, papel filtro (40 x 40 mm) impregnado com o óleo essencial em diferentes concentrações foi fixado na superfície interior da tampa do frasco estéril do tipo coletor universal com capacidade de 50 mL, para evitar o contato direto dos insetos com o óleo essencial. Em seguida, 20 adultos (16 operários e 4 soldados) foram colocados no frasco. As concentrações finais do óleo essencial nos ensaios foram 0,01, 0,05, 0,10, 0,15, 0,20 e 0,25 µL/mL de ar e controle (sem tratamento).

Os ensaios de fumigação foram conduzidos em quintuplicatas, à 28 ± 2 °C e $70 \pm 10\%$ de UR, em câmaras climáticas do tipo BOD. A quantidade de insetos mortos foi determinada após 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 24 h após o início do ensaio. Os dados foram submetidos à análise de Probit, para a determinação da concentração necessária para matar 50% e 90% dos insetos (CL_{50} e CL_{90} , respectivamente).

2.7 AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE POR CONTATO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *C. pulegiodorus* CONTRA *N. corniger*

Os bioensaios de toxicidade por contato foram realizados em placas de Petri (90 x 15 mm). O óleo essencial (0,5 µL) de *C. pulegiodorus* puro e diluído 3, 5 e 10 vezes em tween 80 1%, correspondendo respectivamente a 0,2 µL, 0,1 µL e 0,05 µL de óleo/ 0,5 µL de solução, foi aplicado, com o auxílio de uma micropipeta, no pronoto de operários de *N. corniger*. No tratamento controle foi aplicado 0,5 µL Tween 80 a 1%. Para cada volume do óleo essencial foram realizadas 10 repetições. Após a aplicação do óleo, o tempo de morte dos indivíduos foi cronometrado. Posteriormente foi estabelecido o tempo médio de mortalidade para cada concentração e as CL_{50} e CL_{90} foram determinadas.

2.8 AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO INDIVIDUAL DO *N. corniger* FRENTE AO ÓLEO ESSENCIAL

A avaliação das mudanças comportamentais em indivíduos tratados com óleo essencial de *C. pulegiodorus*, foi realizada com base na metodologia apresentada por Bacci et al. (2015) e Santos et al. (2017), com modificações. Os bioensaios foram realizados em placas de Petri (90 x 15 mm). Para análise de comportamento individual, um operário de *N. corniger* foi colocado em uma placa de Petri e após 5 min de aclimação, 0,5 µL do óleo diluído 5 vezes (0,1 µL de óleo essencial/ 0,5 µL de solução), foi aplicado no pronoto do inseto com o auxílio de uma micropipeta. Após 30 s, o comportamento foi observado sendo registrados o número de cabeçadas (movimentação para frente e para trás realizada repetidamente pelo indivíduo) e o número de autolimpeza realizado pelo inseto. O controle foi feito a partir da observação dos operários sem tratamento. Foram realizadas 10 repetições, e em cada

repetição foram feitas observações por um período de 5 min. Todas as observações foram realizadas com o auxílio de um microscópio (lupa) estereoscópio, e em seguida foram calculados as médias e o desvio padrão de todos os parâmetros observados nos ensaios.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O óleo essencial extraído de folhas de *C. pulegioidorus* teve um rendimento de 0,91%. A tabela 1 mostra que um total de 19 componentes foram identificados, correspondendo a 100% da composição do óleo essencial. Desses, 83,29% são monoterpenos e 16,71% são sesquiterpenos. Os principais componentes observados foram: borneol (20,03%), eucaliptol (16,71%), sabineno (9,06%), cânfora (7,34%), ascaridol (6,07%), p-Cimeno (5,24%), terpinen-4-ol (5,18%), linalol (4,53%), α -Humuleno (4,31%) e o-Cimeno (4,21%).

TABELA 1 – Composição química do óleo essencial de *Croton pulegioidorus* Baill.

Nº	COMPOSTO	IK-L	IK-S	TEOR (%)
1	o-Cimeno	990	985	4,21
2	Sabineno	975	999	9,06
3	α -Terpineno	1017	1010	1,28
4	p-Cimeno	1024	1018	5,24
5	Eucaliptol	1031	1024	16,71
6	γ -Terpineno	1059	1051	1,38
7	Linalol	1096	1096	4,53
8	Cânfora	1146	1148	7,34
9	Borneol	1160	1163	20,03
10	Terpinen-4-ol	1177	1188	5,18
11	α -Terpineol	1188	1204	1,15
12	Ascaridol	1237	1261	6,07
13	Isoascaridol	1303	1314	1,11
14	Z- Cariofileno	1408	1328	2,61
15	α - Humuleno	1454	1335	4,31
16	Biciclogermacreno	1500	1377	1,34

17	Espathulenol	1578	1385	3,47
18	Óxido Cariofileno	1507	1446	3,77
19	Humuleno epoxide II	1608	1454	1,21
TOTAL DETECTADO (%)				100

IK-L = índice de Kovats da literatura; IK-S = índice de Kovats calculado. Fonte: Autor (2021).

Similarmente, outros estudos reportam a presença de terpenos na composição química de óleos essenciais da espécie *C. pulegioidorus*. Castro et al. (2019) relataram para o óleo essencial de folhas de *C. pulegioidorus*, rendimento de 1,1% e constituição química majoritária de p-cimeno (23,13%), ascaridol (22,50%), α -terpineno (9,32%), cânfora (8,26%) e γ -Terpineno (5,88%). Rocha (2020) obteve rendimento de 0,37% do óleo essencial de folhas de *C. pulegioidorus* cuja constituição correspondeu a 21 compostos diferentes, sendo os majoritários trans-Acetato de crisantenila (27,05%), α -terpineno (19,21%), o-cimeno (12,27%), γ -Terpineno (9,51%), mirceno (3,65%) e 1,8-Cineol (3,33%). Silva (2006), identificou um total de 56 constituintes no óleo essencial de folhas de *C. pulegioidorus* que teve um rendimento de 5%. Os constituintes majoritários foram o b-Cariofileno (21,80%), biciclogermacreno (17,49%), germacreno D (10,16%), t-Cadinol (4,22%) e b-Copaen-4-a-ol (4,15%). As diferenças na composição química e no rendimento dos óleos essenciais estão diretamente relacionadas com o método de extração escolhido, hora e época da colheita, disponibilidade de água, temperatura, umidade relativa do ar, altitude, nutrientes do solo e radiação solar, assim como a idade da planta (ALBRECHT, 2010; GONÇALVES; GUAZZELLI, 2014; ANDRÉ et al., 2018).

O efeito do óleo essencial de *C. pulegioidorus* por ingestão na sobrevivência de *S. zeamais* foi observado após os períodos de 7 de 15 dias (Tabela 2). O óleo foi tóxico para os insetos com uma CL_{50} de 24,2 μ L/g de farinha de trigo após 15 dias. A maior concentração (30 μ L/g) causou mortalidade de 70% dos insetos adultos.

Outros estudos mostram a ação de óleos essenciais contra *S. zeamais*. Santos et al. (2019) estudando a toxicidade por contato e ingestão do óleo essencial de folhas de *C. pulegioidorus* sobre diferentes populações de *S. zeamais*, observaram que a CL_{50} variou de 6,02 a 4,21 μ L/g de milho. Silva et al. (2019), também estudando p efeito tóxico por contato e ingestão do óleo essencial de folhas de *C. pulegioidorus*, sobre diferentes populações de *S. zeamais*, observaram que as CL_{50} variam entre

3,40 a 14,49 $\mu\text{L/g}$ de milho. Já Mercês et al. (2018), observaram que a ingestão do óleo essencial de folhas do Jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *courbaril*) causaram um aumento significativo na mortalidade de *S. zeamais* em comparação com o controle. De acordo com Santos (2017) e os monoterpenos, p-Cimeno, γ -terpineno e linalol apresentam efeito tóxico sobre os insetos. Já Tanoh et al., 2020 destaca o α -humuleno e cariofileno, como compostos com ação inseticida.

TABELA 2. Taxa de sobrevivência de adultos de *S. zeamais* criados por 7 e 15 dias em dieta contendo óleo essencial de *C. pulegioidorus*.

Óleo ($\mu\text{L/g}$ de farinha de trigo)	Taxa de mortalidade (%) após 7 dias	Taxa de mortalidade (%) após 15 dias
CONTROLE	0 a	4 $\pm$ 4,2 d
10	6 $\pm$ 6,5 b	8 $\pm$ 7,6 d
15	4 $\pm$ 4,2 b	8 $\pm$ 2,7 d
20	15 $\pm$ 3,5 c	41 $\pm$ 11,9 e
25	15 $\pm$ 7,9 c	48 $\pm$ 14,4 e
30	17 $\pm$ 14,4 c	70 $\pm$ 5,4 f

O tratamento controle contém apenas farinha de trigo. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos. Fonte: Autor (2021).

O óleo essencial de *C. pulegioidorus* apresentou, efeito deterrente moderado para as concentrações de 20 e 25 $\mu\text{L/g}$ de farinha de trigo e forte para a concentração de 30 $\mu\text{L/g}$ de farinha de trigo, atuando com eficiência na redução da alimentação de adultos de *S. zeamais* (Tabela 3). Segundo Moraes & Marinho-Prado (2016), algumas substâncias oriundas do metabolismo secundário das plantas, como os terpenos, apresentam atividade deterrente. De acordo com Liao et al. (2017), o monoterpeno, terpinen-4-ol apresenta ação antialimentar, Já Lima (2006), cita que o α -terpineol apresenta ação repelente/deterrente. Esse monoterpeno, tanto o terpinen-4-ol, como o α -terpineol, estão presentes no óleo essencial de *C. pulegioidorus* e podem ter sido os principais responsáveis pela ação deterrente.

TABELA 3. Índice de deterrência alimentar (IDA) do óleo essencial de *C. pulegioidorus* contra adultos de *S. zeamais*.

Óleo ($\mu\text{L/g}$ de farinha de trigo)	% IDA	Classificação (LIU et al., 2007)
10	13 $\pm$ 7,6	Não-deterrente

15	10 ± 5,0	Não-deterrente
20	59 ± 8,4	Deterrente Moderado
25	69 ± 11,9	Deterrente Moderado
30	78 ± 12,5	Deterrente Forte

Fonte: Autor (2021).

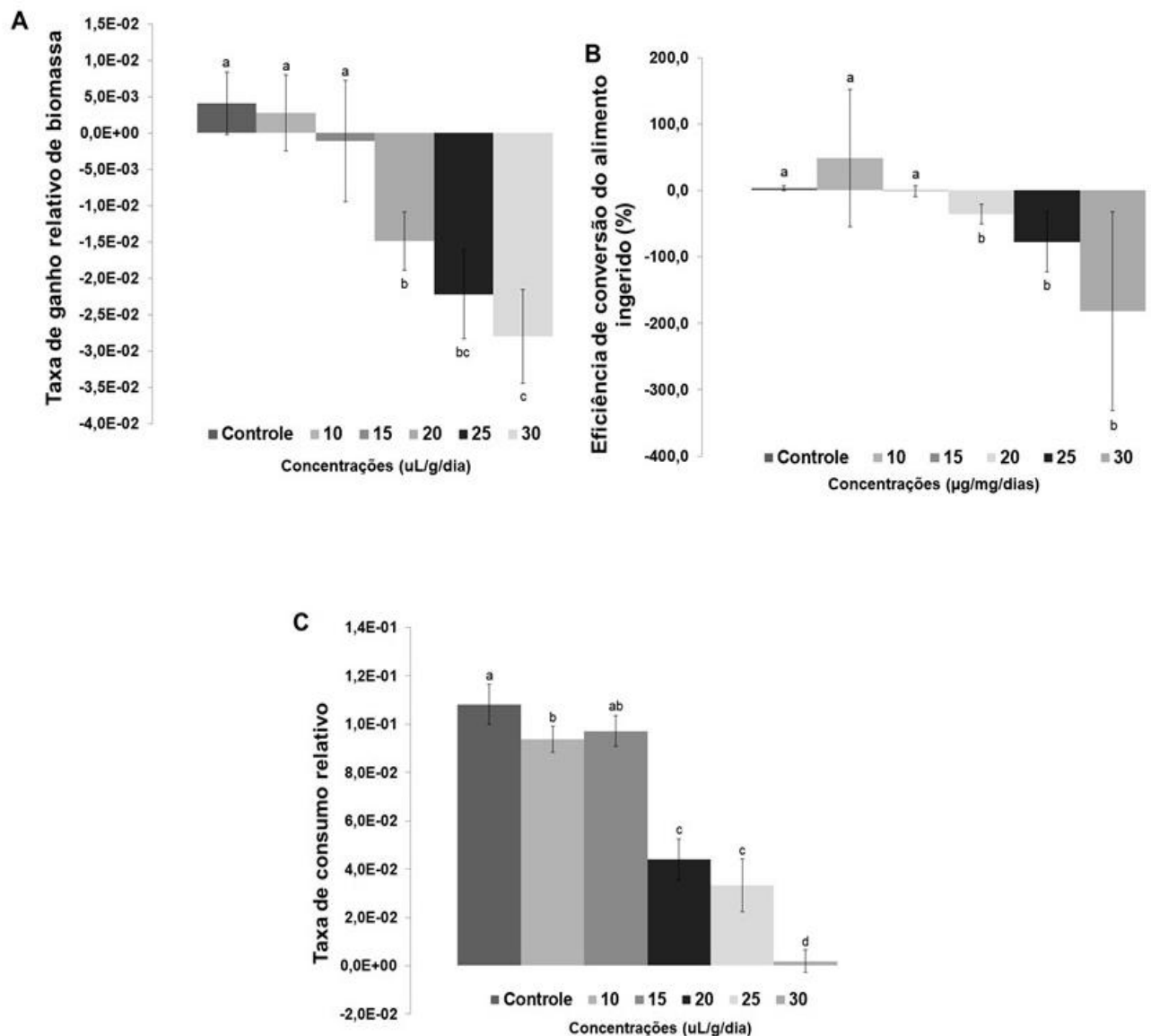
A dieta contendo o óleo essencial de *C. pulegiodorus* causou alteração nos parâmetros nutricionais de *S. zeamais*. A taxa de ganho relativo de biomassa (Figura 1A) e a eficiência de conversão de alimentos (Figura 1B) foram reduzidas nas menores concentrações (10 e 15 µL/g) e negativas nas maiores concentrações (20, 25 e 30 µL/g). Todas as concentrações do óleo essencial reduziram a taxa de consumo relativo (Figura 1C). Esses resultados sugerem que os insetos não conseguiram digerir o alimento e/ou não conseguiram ingerir, levando-os a metabolizar as suas reservas nutricionais para suprir a necessidade energética e desse modo, acabaram perdendo a sua biomassa.

Óleos essenciais podem causar interferência no metabolismo de *S. zeamais* e provocar alterações na digestibilidade. Lira et al. (2015) observaram que a taxa de ganho relativo de biomassa e eficiência de conversão do alimento ingerido de *S. zeamais* foram afetadas pelo óleo essencial de *A. purpurata*, porém não houve alteração na taxa de consumo relativo. Ribeiro et al. (2020) observaram que o óleo essencial de *Croton rudolphianus* (125 µL/g) causou aumento da taxa de consumo relativo, porém redução na taxa de ganho relativo de biomassa e eficiência de conversão de alimentos. De acordo com Viegas-Júnior (2003), a maioria dos terpenos apresentam ação de inibição ou retardador de crescimento, danos na maturação, redução da capacidade reprodutiva, supressores de apetite, podendo levar os insetos à morte por inanição ou por toxicidade direta.

O óleo essencial de *C. pulegiodorus* apresentou ação estimulante sobre as enzimas digestivas do *S. zeamais*. O aumento nas concentrações de óleo essencial foi acompanhado de um aumento na atividade das enzimas xilanase (Figura 2A), endoglucanase (Figura 2B), exoglucanase (Figura 2C), amilase (Figura 2D) e na diminuição na atividade da enzima tripsina (Figura 2E). Os compostos que interferem a atividade catalítica das enzimas digestivas, estimulando ou inibindo sua atividade, causam a perturbação da organização intestinal dos insetos através das alterações

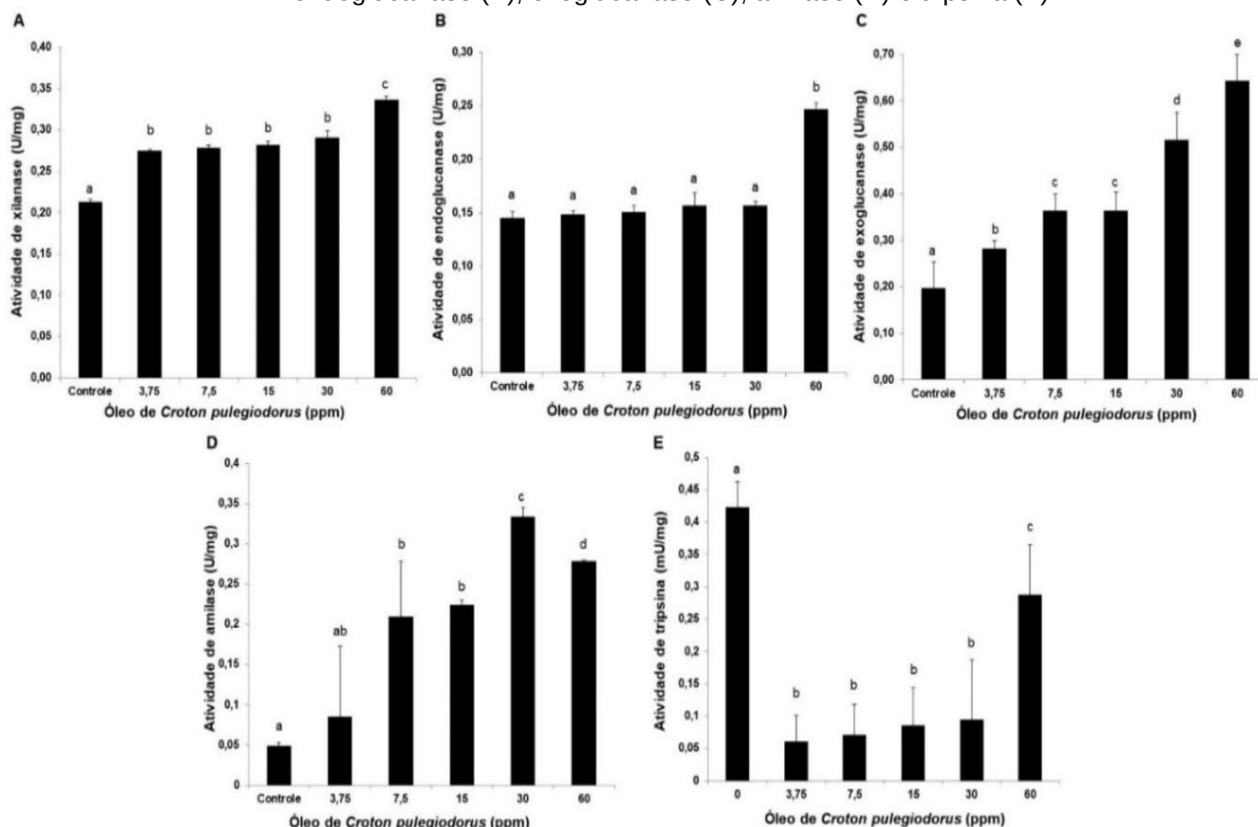
metabólicas, induzindo os insetos à morte (AGRA-NETO et al., 2014; OLIVEIRA, 2016).

FIGURA 1 - Parâmetros nutricionais de adultos de *S. zeamais* criados com dieta artificial contendo óleo essencial de *C. pulegioidorus* (10, 15, 20, 25 e 30 $\mu\text{L/g}$ de farinha de trigo). Taxa de ganho relativo de biomassa indica a quantidade de biomassa em mg ganha todos os dias por mg do peso corporal inicial (A); Taxa de consumo relativo indica a quantidade de alimentos consumido em mg por mg de peso corporal do inseto por dia (B); Eficiência de conversão do alimento ingerido (%) indica a quantidade de alimento ingerido incorporado por insetos como biomassa (C). Cada barra corresponde a média de cinco repetições para cada uma das concentrações. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos.



Fonte: Autor (2021).

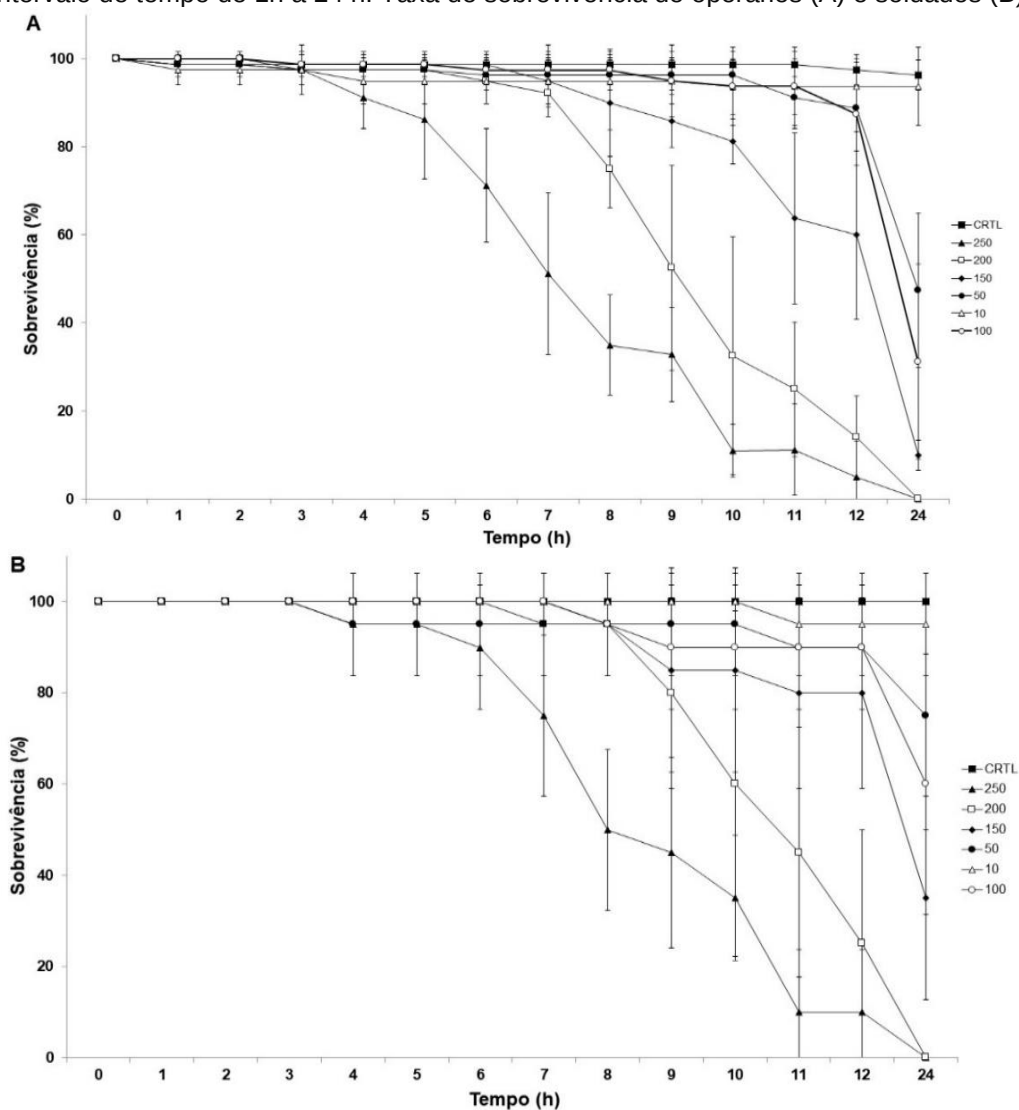
FIGURA 2 – Efeito do óleo essencial de *C. pulegioidorus* sobre as atividades da xilanase (A); endoglucanase (B); exoglucanase (C); amilase (D) e tripsina (E).



Fonte: Autor (2021).

A atividade inseticida do óleo de *C. pulegioidorus* foi avaliada também contra cupins da espécie *N. corniger*. O óleo essencial apresentou efeito tóxico por fumigação para soldados e operários após 24 h de tratamento (Figura 3A e B). A maior concentração testada (0,25 μ L/mL de ar) causou aumento significativo da mortalidade de soldados e operários após 7 e 6 h, respectivamente, e em 24 h todos os insetos estavam mortos nas concentrações de 0,20 e 0,25 μ L/mL de ar. Todas as concentrações testadas reduziram significativamente a sobrevivência dos operários após 24 h de tratamento. Para soldados, apenas a menor concentração não reduziu significativamente a sobrevivência. A CL₅₀ para operários e soldados de *N. corniger* em 24 h foi 28,71 e 81,67 μ L/50 mL de ar, respectivamente (Tabela 4).

FIGURA 3 - Efeito fumigante do óleo essencial de *C. pulegiolorus* (10, 50, 100, 150, 200, 250 ppm/50 mL de ar) na sobrevivência de operários e soldados da espécie *N. corniger*, quando expostos por um intervalo de tempo de 1h a 24 h. Taxa de sobrevivência de operários (A) e soldados (B).



Fonte: Autor (2021).

TABELA 4. Concentrações letais (CL₅₀ e CL₉₀) do óleo essencial de *C. pulegiolorus* sobre operários e soldados de *N. corniger*, determinadas no ensaio do efeito fumigante.

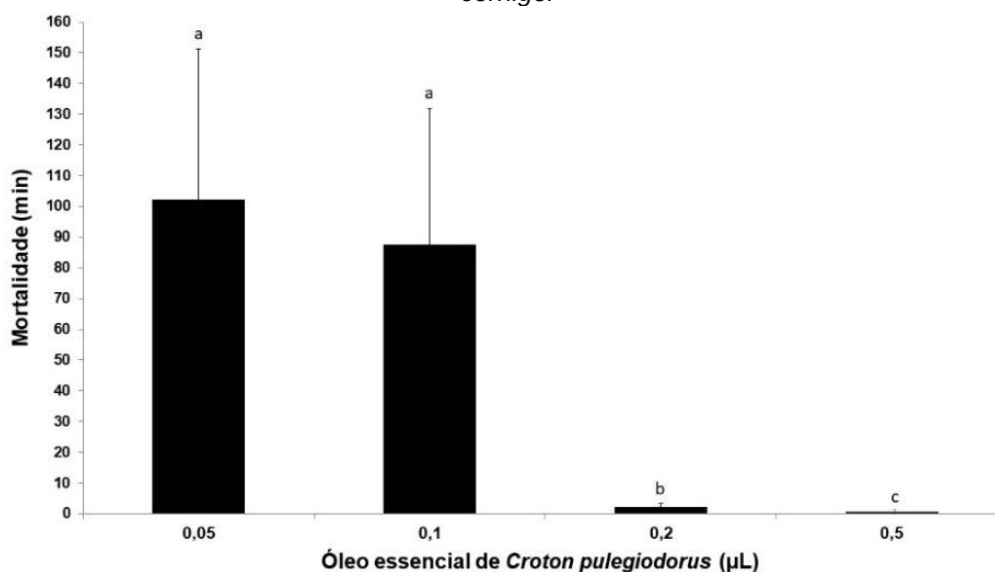
TEMPO	OPERÁRIOS		SOLDADOS	
	CL ₅₀	CL ₉₀	CL ₅₀	CL ₉₀
	(µL/50 mL de ar)	(µL/50 mL de ar)	(µL/50 mL de ar)	(µL/50 mL de ar)
12 H	130,35	432,65	162,05	550,03
24 H	28,71	162,97	81,67	236,85

Fonte: Autor (2021).

A rápida mortalidade dos cupins no ensaio pode indicar que o óleo essencial de folha de *C. pulegioidorus* penetrou com velocidade nos espiráculos do *N. corniger* (HADDI et al., 2015) provocando rápida ação neurotóxica (TONG; COATS, 2012; SANTOS et al., 2017). De acordo com Tak & Isman (2017) as substâncias oriundas do metabolismo secundário das plantas podem atuar inibindo a enzima acetilcolinesterase. Os óleos essenciais também podem afetar neuromoduladores como o ácido gama-aminobutírico (GABA), octopamina e tiramina (PRIESTLEY et al., 2003; ENAN, 2005; SANTOS et al., 2020). Santos et al. (2020) observaram que os óleos essenciais de *L. thymoides* e *L. lasiocalycina* causaram 100% de mortalidade de *N. corniger* após 24h de teste e o efeito foi atribuído aos terpenos.

O efeito da toxicidade por contato do óleo essencial de *C. pulegioidorus* contra operários de *N. corniger* também foi avaliado (Figura 4). Os volumes de 0,5 e 0,2 μL causaram a morte dos insetos após 0,5 e 2,1 min, respectivamente. A rápida ação do óleo essencial causando a mortalidade dos insetos pode estar relacionada com a espessura da cutícula do *N. corniger*, pois a espécie possui uma cutícula fina (BACCI et al., 2015; LIMA et al., 2013). As substâncias que apresentam ação inseticida por contato são, principalmente, absorvidas pela quitina e pelo exoesqueleto dos insetos (CORRÊA; SALGADO, 2011). De acordo com Santos et al. (2017) e Bacci et al. (2015), além de serem absorvidos pela quitina, os óleos essenciais, também agem nos espiráculos dos insetos, afetando o seu sistema respiratório e causando asfixia.

FIGURA 4 – Toxicidade por contato do óleo essencial de *C. pulegioidorus* sobre operários de *N. corniger*



Fonte: Autor (2021).

Óleos essenciais têm sido reportados por apresentarem toxicidade por contato contra *N. corniger*. O óleo essencial de *Aristolochia trilobata* (2,04 e 2,03 µg/mg) causaram 90% de mortalidade após 11 h de experimento (Santos, 2016). O óleo essencial de *Cymbopogon winterianus* nas concentrações de 0,2 e 0,3% (v/v) foram eficientes no controle do *N. corniger* causando uma mortalidade significativa após 24 horas de ensaio (SOARES et al., 2008).

O comportamento de operários de *N. corniger* foi alterado após exposição ao óleo essencial de *C. pulegioidorus*. Insetos tratados com 0,1 µL do óleo apresentaram aumento no número de autolimpezas e de tombamentos, quando comparados com o controle (Tabela 5). Foi observado também agitação dos operários nos primeiros 30 s de experimento, e após a agitação inicial, os indivíduos ficaram letárgicos. Santos et al. (2017) e Bacci et al. (2015) concluíram que o óleo essencial de *L. sidoides* alterou o comportamento individual, causando trofalaxia (estomodeal e proctodeal) e cabeçadas, em cupins da espécie *Cryptotermes brevis*.

TABELA 5 – Efeito do óleo essencial de *C. pulegioidorus* sobre o comportamento individual de operários de *N. corniger*.

COMPORTAMENTO	CONTROLE	0,1 µL
	Nº médio de ações	
AL	1	7,25
T	0	1,75

AL = Autolimpeza; T = Tombamentos. Fonte: Autor (2021).

4 CONCLUSÃO

O óleo essencial de folhas de *C. pulegioidorus* constituído principalmente por monoterpenos e sesquiterpenos, tem ação inseticida contra as duas espécies de insetos testadas. O óleo prejudicou a ingestão e digestão de alimentos quando ingerido por *S. zeamais* e promoveu mortalidade e alteração comportamental quando inalado ou em contato com *N. corniger*, provavelmente por ação nos sistemas nervoso e respiratório do inseto. A rápida ação tóxica é uma característica desejada para inseticidas, o que torna o óleo essencial de *C. pulegioidorus* um candidato para uso em estratégias para controle de *S. zeamais* e *N. corniger*.

REFERÊNCIAS

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry**. 4th ed. Carol Stream, Ill: Allured Pub. Corp, 2007.

AGRA-NETO, A. C.; NAPOLEÃO, T. H.; PONTUAL, E. V.; SANTOS, N. D. L.; LUZ, L. A.; OLIVEIRA, C. M. F.; MELO-SANTOS, M. A. V.; COELHO, L. C. B. B.; NAVARRO, D. M. A. F.; PAIVA, P. M. G. Effect of Moringa oleifera lectins on survival and enzyme activities of Aedes aegypti larvae susceptible and resistant to organophosphate. **Parasitology Research**. v. 113. p. 175-184, 2014.

ALBRECHT, A. **Métodos de extração dos óleos essenciais**. (2010). Disponível em: <<http://aromatologia.net.br/blog/metodos-de-extracao-dos-oleos-essenciais/>>. Acesso em: 01 jun. 2020.

ANDRÉ, W. P. P.; RIBEIRO, W. L. C.; OLIVEIRA, L. M. B. D.; MACEDO, I. T. F.; RONDON, F. C. M.; BEVILAQUA, C. M. L. Essential Oils and Their Bioactive Compounds in the Control of Gastrointestinal Nematodes of Small Ruminant. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 46, n.1522, p. 1-14, 2018.

BACCI, L.; LIMA, J. K.; ARAÚJO, A. P. A.; BLANK, A. F.; SILVA, I. M.; SANTOS, A. A.; SANTOS, A. C. C.; ALVES, P. B.; PICANÇO, M. C. Toxicity, behavior impairment, and repellence of essential oils from pepper-rosmarin and patchouli to termites. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 156, n. 1, p. 66-76, 2015.

BERNFELD, P. Amylases, α and β . **Methods in Enzymology**, v. 1, n. 1, p. 149-158.

BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 588-594, 2009.

BOULOGNE, I.; CONSTANTINO, R.; AMUSANT, N.; FALKOWSKI, M.; RODRIGUES, A. M. S.; HOUËL, E. Ecology of termites from the genus Nasutitermes (Termitidae: Nasutitermitinae) and potential for science-based development of sustainable pest management programs. **Journal of Pest Science**, v. 90, n. 1, p. 19-37, 2017.

BRUSCA, R.; BRUSCA, G.J. **Invertebrados**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2007.

BLANK A.F.; ARRIGONI-BLANK, M.F.; BACCI, L.; COSTA-JÚNIOR, L.M.; NIZIO, D.A.C. **Chemical Diversity and Insecticidal and Anti-tick Properties of Essential Oils of Plants from Northeast Brazil**. In: Essential Oil Research. Springer, Cham, 2019. p. 235-258.

BRITO, S. S. S.; MAGALHÃES, C. R. I.; DE OLIVEIRA, C. R. F.; OLIVEIRA, C. H. C. M.; FERRAZ, M. S. S.; MAGALHÃES, T. A. Bioatividade de óleos essenciais sobre *Zabrotes subfasciatus* Boh. (Coleoptera: Chrysomelidae) em feijão-comum armazenado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 243-248, 2015.

CASTRO, K. N. D. C.; CHAGAS, A. C. D. S.; COSTA-JÚNIOR, L. M.; CANUTO, K. M.; BRITO, E. S. D.; RODRIGUES, T. H. S.; ANDRADE, I. M. Acaricidal potential of volatile oils from *Croton* species on *Rhipicephalus microplus*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 29, n. 6, p. 811-815, 2019.

CAMPOS, A. C.; RADUNZ, L. L.; RADÜNZ, A. L.; MOSSI, A. J.; DIONELLO, R. G.; ECKER, S. L. Atividade repelente e inseticida do óleo essencial de carqueja doce sobre o caruncho do feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 18, n. 8, p. 861-865, 2014.

CASIDA, J. E.; QUISTAD, G. B. Why insecticides are more toxic to insects than people: the unique toxicology of insects. **Journal of Pesticide Science**, v. 29, n. 2, p. 81-86, 2004.

CORRÊA, J.C.R.; SALGADO, H.R.N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 4, p. 500-506, 2011.

DIAS, A. P.; GURGEL, A. M.; ROSA, A. C. S.; BÚRIGO, A. C.; OLIVEIRA, A. C.; NIEMEYER, C. B.; SANTOS, E. H. A.; ALMEIDA, F. S.; CARNEIRO, F. F.; NETTO, G. F.; GURGEL, I. G. D.; VAÇÇARDI, J. W. R.; ROSA, J. C. S.; FRIEDRICH, K.; AUGUSTO, L. C. S.; BASTOS, L. H. P.; MEIRELLERS, L. C.; COSTA, R. N.; BOCHNER, R.; MOREIRA, S. V.; PESSOA, V. M. **Agrotóxicos e Saúde: Coleção Saúde, Ambiente e Sustentabilidade**. 2. ed. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2018.

ENAN, E. E. Molecular response of *Drosophila melanogaster* tyramine receptor cascade to plant essential oils. **Insect biochemistry and molecular biology**, v. 35, n. 4, p. 309-321, 2005.

ESTRELA, J. L. V.; FAZOLIN, M.; CATANI, V.; ALÉCIO, M. R.; LIMA, M. S. D. Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 217-222, 2006.

FLORA DO BRASIL. **Euphorbiaceae**. (2020). Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/FichaPublicaTaxonUC/FichaPublicaTaxonUC.do?id=FB17497>>. Acesso em: 24 out. 2020.

FOUAD, H. A.; CAMARA, C. A. 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.

GONÇALVES, A.; GUAZZELLI, M. J. Agrofloresta e Óleos essenciais. **Litoral Norte: Centro ecológico**, p. 07-11, 2014. Disponível em: <http://www.centroecologico.org.br/cartilhas/Cartilha_Oleos.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2020.

GULLAN, P. J.; CRANSTON P. S. **Insetos: fundamentos da entomologia**. 5. ed. Rio de Janeiro: Roca, 2017.

HADDI, K.; OLIVEIRA, E. E.; FARONI, L. R.; GUEDES, D. C.; MIRANDA, N. N. 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.

KAKADE, M. L., SIMONS, N., LIENER, I. E. An evaluation of natural vs. synthetic substrates for measuring the antitryptic activity of soybean samples. **Cereal Chemistry**, v. 46, p. 518–526, 1969.

LI, Y.; YIN, Q.; DING, M.; ZHAO, F. Purification, characterization and molecular cloning of a novel endo-beta-1, 4-glucanase AC-EG65 from the mollusc *Ampullariacrossean*. **Comparative biochemistry and physiology. Part B, Biochemistry & molecular biology**, v. 153, n. 2, p. 149-156, 2009.

LIMA, T. A. **Efeitos de lectinas de Myracrodruon urundeva no trato intestinal de Nasutitermes corniger: alterações estruturais, modulação de atividades enzimáticas e identificação de alvos de ligação**. 171 f. Tese (Doutorado em Bioquímica e Fisiologia) – Universidade Federal de Pernambuco, 2016.

LIMA, J. K.; ALBUQUERQUE, E. L.; SANTOS, A. C. C.; OLIVEIRA, A. P.; ARAÚJO, A. P. A.; BLANK, A. F.; ARRIGONI-BLANK, P. B. A.; SANTOS, D. A.; BACCI, L. Biototoxicity of some plant essential oils against the termite *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae). **Industrial Crops and Products**, v. 47, p. 246-251, 2013.

LIMA, R. K.; CARDOSO, M. D. G.; SANTOS, C. D. D.; MORAES, J. C.; NÉRI, D. K. P.; NASCIMENTO, E. A. D. Caracterização química do óleo essencial de folhas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) e seus efeitos no comportamento da lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797)(Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. SPE, p. 1777-1781, 2009.

LIRA, C. S.; PONTUAL, E. V.; ALBUQUERQUE, L. P.; PAIVA, L. M.; PAIVA, P. M. G.; OLIVEIRA, J. V.; NAPOLEÃO, T. H.; NAVARRO, D. M. D. A. F. Evaluation of the toxicity of essential oil from *Alpinia purpurata* inflorescences to *Sitophilus zeamais* (maize weevil). **Crop Protection**, v. 71, p. 95-100, 2015.

LIAO, M.; XIAO, J. J.; ZHOU, L. J.; YAO, X.; TANG, F.; HUA, R. M.; WU, X. W.; CAO, H. Q. Chemical composition, insecticidal and biochemical effects of *Melaleuca alternifolia* essential oil on the *Helicoverpa armígera*. **Journal of Applied Entomology**, v. 141, n. 9, p. 721-728, 2017.

LIU, Z. L.; GOH, S. H.; HO, S. H. Screening of Chinese medicinal herbs for bioactivity against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). **Journal of Stored Products Research**, v. 43, n. 3, p. 290-296, 2007.

LOWRY, O. H.; ROSEBROUGH, N. J.; FARR, A. L.; RANDALL, R. J. Medição de proteína com o reagente de fenol Folin. **J biol Chem**, v. 193, n. 1, p. 265-275, 1951.

LORINI, I.; BECKEL, H. **Mecanismos de Resistência das Pragas de Grãos Armazenados**. (2002). Disponível em:<http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_do13_1.htm>. Acesso em: 29 jan. 2020.

LOZOWICKA, B., MOJSK A, P., JANKOWSKA, M., KACZYNSKI, P., HRYNKO, I., RUTKOWSKA, E., SZABUNKO, J., BORUSIEWICZ, A. Toxicological studies for adults and children of insecticide residues with common mode of action (MoA) in pome, stone, berries and other small fruit. **Science of the Total Environment**, v. 566/567, n. 1, p. 144-156, 2016.

MERCÊS, P. F. F.; SILVA-BESSA, C. M. A.; MALAFAIA, C. B.; CÂMARA, C. A. G.; SILVA, M. M. C.; NAVARRO, D. M. D. A. F.; NAPOLEÃO, T. H.; CORREIA, T. S.; SILVA, M. V.; OLIVA, M. L. V. Caracterização fitoquímica e avaliação do potencial acaricida e inseticida do óleo essencial de *Hymenaea courbaril* L. var. *courbaril* sobre o ácaro-rajado e o gorgulho do milho. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 3, n. 4, p. 41-428, 2018.

MORAIS, L. A. S.; MARINHO-PRADO, J. S. **Plantas com atividade Inseticida**. (2016). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/153558/1/2016CAPLIV1.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

MAGALHÃES, C.; OLIVEIRA, C.; MATOS, C.; BRITO, S.; MAGALHÃES, T.; FERRAZ, M. Potencial inseticida de óleos essenciais sobre *Tribolium castaneum* em milho armazenado. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 17, n. 4, p. 1150-1158, 2015.

MATIAS, R. S. **Como agem os Inseticidas nos Insetos?** (2016). Disponível em:<<https://www.pragaseeventos.com.br/saude-ambiental/como-agem-os->

inseticidas-nos-insetos/#:~:text=De%20um%20modo%20geral%20pode,atuam%20sobre%20o%20sistema%20nervoso>. Acesso em: 02 jan. 2020.

MILLER, A. L.; TINDALL, K.; LEONARD, B. R. Bioassays for monitoring insecticide resistance. **Journal of Visualized Experiments**, v. 46, n. 2129, p. 1-5, 2010.

MORAIS, S. M.; CATUNDA-JÚNIOR, F. E. A.; SILVA, A. R. A. D.; MARTINS-NETO, J. S.; RONDINA, D.; CARDOSO, J. H. L. Atividade antioxidante de óleos essenciais de espécies de *Croton* do nordeste do Brasil. **Química Nova**, v. 29, n. 5, p. 907, 2006.

NAPOLEÃO, T. H., BELMONTE, B. R., PONTUAL, E. V., ALBUQUERQUE, L. P., SÁ, R. A., PAIVA, L. M., COELHO, L. C. B. B., PAIVA, P. M. G. Deleterious effects of *Myracrodruon urundeuva* leaf extract and lectin on the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 54, p. 26-33, 2013.

NEUMANN, K.; VERBURG, P. H.; STEHFEST, E.; MÜLLER, C. A lacuna de rendimento da produção global de grãos: uma análise espacial. **Sistemas agrícolas**, v. 103, n. 5, p. 316-326, 2010.

OLIVEIRA, A. P. S. **Atividade inseticida de torta de sementes de *Moringa oleifera***. 116 f. Tese (Doutorado em Bioquímica e Fisiologia) – Universidade Federal de Pernambuco, 2016.

OLIVEIRA, A. P. S.; AGRA-NETO, A. C.; PONTUAL, E. V.; ALBUQUERQUE, T. L.; CRUZ, K. C. V.; MELO, K. R.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO, L. C. B. B.; FERREIRA, M. R. A.; SOARES, L. A. L.; NAPOLEÃO, T. H.; PAIVA, P. M. G. Evaluation of the insecticidal activity of *Moringa oleifera* seed extract and lectin (WSMoL) against *Sitophilus zeamais*. **Journal of Stored Products Research**, v. 87, p. 101615, 2020.

OLIVEIRA, A. P.; SANTANA, A. S.; SANTANA, E. D.; LIMA, A. P. S.; FARO, R. R.; NUNES, R. S.; LIMA, A. D.; BLANK, A. F.; ARAÚJO, A. P. A.; CISRALDO, P. F.; BACCI, L. 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.

PAULIQUEVIS, C. F.; CONTE, C. O.; FAVERO, S. Atividade insetistática do óleo essencial de *Pothomorphe umbellata* (L.) Miq. Sobre *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Bostrichidae). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 3, p. 39-45, 2013.

PAUMGARTTEN, F. J. R.; DELGADO, I. F. Repelentes de mosquitos, eficácia para prevenção de doenças e segurança do uso na gravidez. **Vigil. sanit. Debate**, v. 4, n. 2, p. 97-104, 2016.

PRIESTLEY, C. M.; WILLIAMSON, E. M.; WAFFORD, K. A.; SATTELLE, D. B. Thymol, a constituent of thyme essential oil, is a positive allosteric modulator of human GABAA receptors and a homo-oligomeric GABA receptor from *Drosophila melanogaster*. **British journal of pharmacology**, v. 140, n. 8, p. 1363-1372, 2003.

PESCHIUTTA, M. L.; BRITO, V.D.; ACHIMÓN, F.; ZUNINO, M. P.; USSEGLIO, V. L.; ZYGADLO, J. A. New insecticide delivery method for the control of *Sitophilus zeamais* in stored maize. **Journal of Stored Products Research**, v. 83, p. 185-190, 2019.

RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. **Insetos do Brasil: diversidade taxonomia**. Ribeirão Preto: Halos, 2012.

RAI, M.; PARALIKAR, P.; JOGEE, P.; AGARKAR, G.; INGLE, A. P.; DERITA, M.; ZACCHINO, S. Synergistic antimicrobial potential of essential oils in combination with nanoparticles: Emerging trends and future perspectives. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 519, n. 1-2, p. 67-78, 2017.

RAJENDRAN, S.; SRIRANJINI, V. Plant products as fumigants for stored-product insect control. **Journal of Stored Products Research**, v. 44, n. 2, p. 126-135, 2008.

RIBEIRO, I. A. T. A.; SILVA, R. SILVA, A. G. MILET-PINHEIRO, P.; PAIVA, P. M. G.; NAVARRO, D. M. D. A. F.; SILVA, M. V.; NAPOLEÃO, T. H.; CORREIA, M. T. S. Chemical characterization and insecticidal effect against *Sitophilus zeamais* (maize weevil) of essential oil from *Croton rudolphianus* leaves. **Crop Protection**, v. 129, n. 105043, p. 1-35, 2020.

ROCHA, R. R. **Estudo comparativo sobre a composição química, atividade antibacteriana e efeito sinérgico dos óleos essenciais de *Croton tetradenius* Baill. e *C. pulegioides* Baill. contra isolados de *Staphylococcus aureus***. 81 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Ceará, 2020.

RIBEIRO, S. M.; BONILLA, O. H.; LUCENA, E. M. P. Influência da sazonalidade e do ciclo circadiano no rendimento e composição química dos óleos essenciais de *Croton* spp. da Caatinga. **Iheringia. Série Botânica**, v. 73, n. 1, p. 31-38, 2018.

ROSA, J.S.; OLIVEIRA, L.; SOUSA, R. M. O. F.; ESCOBAR, C. B.; FERNANDES-FERREIRA, M. 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.

RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. **Zoologia dos Invertebrados**. 7ª ed. São Paulo: Roca, 2005.

RUST, M. K.; SU, N. Y. Managing social insects of urban importance. **Annual review of entomology**, v. 57, p. 355-375, 2012.

SANTANA-CAMPOS, R. N.; LIMA, C. B. N.; OLIVEIRA, A. P.; ARAÚJO, P. A.; BLANK, A. F.; ALVES, P. B.; LIMA, R. N.; ARAÚJO, V. A.; SANTANA, A. S.; BACCI, L. Acaricidal properties of vetiver essential oil from *Chrysopogon zizanioides* (Poaceae) against the tick species *Amblyomma cajennense* and *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). **Veterinary Parasitology**, v. 212, n. 3-4, p. 324-330, 2015.

SANTOS, A. A., OLIVEIRA, B. M. S., MELO, C. R., LIMA, A. P. S., SANTANA, E. D. R., BLANK, A. F.; PICAÇO, MC; ARAÚJO A. P. A; BACCI, L. Sub-lethal effects of essential oil of *Lippia sidoides* on drywood termite *Cryptotermes brevis* (Blattodea: Termitoidea). **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 145, p. 436-441, 2017.

SANTOS, D. R. **Atividade inseticida de extratos e óleo essências de espécies do gênero *Lippia* contra *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) e *Nasutitermes corniger* (Motschulsky, 1855)**. 105 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana, 2017.

SANTOS, D. R.; OLIVEIRA, L. M.; LUCCHESI, A. M.; DE FREITAS ESPELETA, A.; CRUZ, J. D.; LORDELO, M. S. Insecticidal activity of essential oils of species from the genus *Lippia* against *Nasutitermes corniger* (Motschulsky) (Isoptera: Termitidae). **Sociobiology**, v. 67, n. 2, p. 292-300, 2020.

SANTOS, G. K.; DUTRA, K. A.; LIRA, C. S.; LIMA, B. N.; NAPOLEÃO, T. H.; PAIVA, P. M.; MARANHÃO, C. A.; BRANDÃO, S. S. F.; NAVARRO, D. M. Effects of *Croton rhamnifolioides* essential oil on *Aedes aegypti* oviposition, larval toxicity and trypsin activity. **Molecules**, v. 19, n. 10, p. 16573-16587, 2014.

SANTOS, P. É. M.; Silva, A. B.; Magalhães Lira, C. R. I.; Matos, C. H. C.; Oliveira, C. R. F. Toxicidade por contato do óleo essencial de *Croton pulegioides* BAILL sobre *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 2, p. 329-335, 2019.

SCHEFFRAHN, R. H.; KRECEK, J.; SZALANSKI, A. L.; AUSTIN, J. W. Synonymy of neotropical arboreal termites *Nasutitermes corniger* and *N. costalis* (Isoptera: Termitidae: Nasutitermitinae), with evidence from morphology, genetics, and biogeography. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 98, n. 3, p. 273-281, 2005.

SILVA, W. J. **Atividade larvicida do óleo essencial de plantas existentes no estado de Sergipe contra *Aedes aegypti* Linn**. 81 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, 2006.

SOARES, C. G.; DE LEMOS, R. N. S.; CARDOSO, S. R. S.; MEDEIROS, F. R.; ARAÚJO, J. R. G. Efeito de óleos e extratos aquosos de *Azadirachta indica* A. Juss e *Cymbopogon winterianus* Jowitt sobre *Nasutitermes corniger* Motschuls (Isoptera: Termitidae). **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 50, n. 1, p. 107-116, 2008.

SOUZA, P. G. V. D. ***Cnidoscolus urens* da Caatinga: fitoquímica e atividades biológicas**. 208 f. Tese (Doutorado em Bioquímica e Fisiologia) – Universidade Federal de Pernambuco, 2016.

TANOI, EA; BOUÉ, GB; NEA, F .; GENVA, M .; WOGNIN, EL; LEDOUX, A .; MARTIN, H .; TONZIBO, ZF; FREDERICH, M .; FAUCONNIER, M. L. Seasonal Effect on the Chemical Composition, Insecticidal Properties and Other Biological Activities of *Zanthoxylum leprieurii* Guill. & Perr. Essential Oils. **Foods**, v. 9, n. 3, p. 1-26, 2020.

WOOD, T. M.; BHAT, K. M. Métodos para medir as atividades da celulase. **Methods in enzymology**, v. 160, n.1, p. 87-112, 1988.

XIE, Y. S.; BODNARYK, R. P.; FIELDS, P. G. A rapid and simple flour-disk bioassay for testing substances active against stored-product insects. **The Canadian Entomologist**, v. 128, n. 5, p. 865-875, 1996.

SANTOS, A. A. **Óleos essenciais e seus constituintes para o controle de *Cryptotermes brevis* e *Nasutitermes corniger*: vias de exposição e respostas comportamentais**. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) – Universidade Federal de Sergipe, 2016.

SANTOS, A. A., OLIVEIRA, B. M. S., MELO, C. R., LIMA, A. P. S., SANTANA, E. D. R., BLANK, A. F., PICANÇO, M. C.; ARAÚJO, A. P. A.; CISTALDO, P. F.; BACCI, L. Sub-lethal effects of essential oil of *Lippia sidoides* on drywood termite *Cryptotermes brevis* (Blattodea: Termitoidea). **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 145, p. 436-441, 2017.

SANTOS, M. D.; LIMA, R. A.; FERNANDES, C. F.; SILVA, A. G.; LIMA, D. K. S.; TEIXEIRA, C. A. D.; FACUNDO, V. A. Insecticidal Activity of the Essential Oil of *Schinus terebinthifolius* Raddi on *Acanthoscelides obtectus* Say and *Zabrotes subfasciatus* Boheman. **Revista Fitos**, v.3, n.1; p.77-84, 2007.

SILVA, T. L.; OLIVEIRA, C. R. F.; MATOS, C. H. M.; BADJI, C. A.; MORATO, R. P. Leaf essential oil from *Croton pulegioides* Baill shows insecticidal activity against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 2, p. 354-363, 2019.

SILVA, W. J. **Atividade Larvicida do Óleo Essencial de Plantas Existentes no Estado de Sergipe Contra *Aedes aegypti* Linn**. 84f. Dissertação de Mestrado - Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal de Sergipe. Sergipe, 2006.

SOARES, C. G.; LEMOS, R. N. S.; CARDOSO, S. R. S.; MEDEIROS, F. R.; ARAÚJO, J. R. G. Efeito de óleos e extratos aquosos de *Azadirachta indica* A. Juss e *Cymbopogon winterianus* Jowitt sobre *Nasutitermes corniger* Motschuls (Isoptera: Termitidae). **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 50, n. 1, p. 107-116, 2008.

SOARES, V. F. M.; SILVA, V. S. G.; ROSA, A. C.; MENEZES, E. B. Termites (Insecta: Blattodea) buildings in urban located in the municipality of Seropédica, RJ. **Scientific Electronic Archives**, v. 10, n. 5, p. 18-25, 2017.

SOUZA, V. N. D.; OLIVEIRA, C. R. F. D.; MATOS, C. H. C.; ALMEIDA, D. K. F. D. Toxicidade da fumigação de óleos essenciais contra *Rhyzopertha dominica* (f.) Em grãos de milho armazenados. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 2, pág. 435-440, 2016.

TAK, J. H.; ISMAN, M. B. Penetration-enhancement underlies synergy of plant essential oil terpenoids as insecticides in the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-11, 2017.

TONG, F.; COATS, J. R. Quantitative structure–activity relationships of monoterpenoid binding activities to the housefly GABA receptor. **Pest management science**, v. 68, n. 8, p. 1122-1129, 2012.

TRANCOSO, M. D. Projeto Óleos Essenciais: extração, importância e aplicações no cotidiano. **Revista Práxis**, v. 5, n. 9, p. 89-96, 2013.

VIEGA-JÚNIOR, C. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. **Quim. Nova**, v. 26, n. 3, p. 390-400, 2003.

4 CONCLUSÃO

O óleo essencial de folha de *C. pulegioidorus*, é composto por 83,29% de monoterpenos e 16,71% de sesquiterpenos, sendo, o borneol (20,03%), eucaliptol (16,71%), sabineno (9,06%), cânfora (7,34%), ascaridol (6,07%), p-Cimeno (5,24%), terpinen-4-ol (5,18%), linalol (4,53%), α -Humuleno (4,31%) e o-Cimeno (4,21%), os principais componentes.

A ingestão do óleo essencial de *C. pulegioidorus* provocou mortalidade de adultos de *S. zeamais*, além de reduzir taxa de consumo relativo, a eficiência de conversão de alimentos e a taxa de ganho relativo de biomassa. O composto também apresentou efeito deterrente, isso pode ser explicado pelas alterações que o óleo essencial ocasionou no equilíbrio metabólico do *S. zeamais* devido ao aumento da atividade das enzimas xilanase, endoglucanase, exoglucanase e amilase e a redução na atividade da enzima tripsina. Pois, essas enzimas são essenciais para o metabolismo digestivo dos insetos e para a sua sobrevivência.

O óleo essencial de *C. pulegioidorus* também apresentou efeito inseticida sobre *N. corniger* pelas vias de contato e fumigação. Para os bioensaios de fumigação, soldados e operários tiveram redução significativa na sobrevivência em 24 h de experimento. No bioensaio de contato, o óleo essencial de *C. pulegioidorus* também promoveu rápida mortalidade dos operários. Ainda, o composto causou alterações no comportamento individual de operários do *N. corniger*.

Os resultados dessa dissertação revelam o potencial uso do óleo essencial de *C. pulegioidorus* como inseticida para o controle do *S. zeamais* e do *N. corniger*.

REFERÊNCIAS

ACIOLI, A. N. S. Frequência, diversidade e composição da fauna de cupins (Blattodea: Isoptera) em diferentes sistemas de uso do solo no sudoeste do Amazonas, Brasil. **EntomoBrasilis**, v. 11, n. 2, p. 78-84, 2018.

AGUIAR, A.; PEDROSO, L. D.; GONÇALVES, A. C. M.; SILVA GARCIA, K. G.; CRUZ, M. P. D. S.; VESTENA, S. Potencial Inseticida De Extrato De Eragrostis Plana Nees Em Modelo Experimental Nauphoeta Cinerea Olivier. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 10, n. 2, p. 1-6, 2019.

ALBRECHT, A. **Métodos de extração dos óleos essenciais**. (2010). Disponível em: <<http://aromatologia.net.br/blog/metodos-de-extracao-dos-oleos-essenciais/>>. Acesso em: 01 jun. 2020.

ALI, S.; FAROOQI, M. A.; SAJJAD, A.; ULLAH, M. I.; QUERESHI, A. K.; SIDDIQUE, B.; WAHEED, W.; SARFRAZ, M.; ASGHAR, A. Compatibility of entomopathogenic fungi and botanical extracts against the wheat aphid, *Sitobion avenae* (Fab.) (Hemiptera: Aphididae). **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 28, n. 1, p. 97-102, 2018.

ANDRÉ, W. P. P.; RIBEIRO, W. L. C.; OLIVEIRA, L. M. B. D.; MACEDO, I. T. F.; RONDON, F. C. M.; BEVILAQUA, C. M. L. Essential Oils and Their Bioactive Compounds in the Control of Gastrointestinal Nematodes of Small Ruminant. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 46, n.1522, p. 1-14, 2018.

ANTUNES, L. E. G.; DIONELLO, R. G. **Bioecologia de *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885 (Coleoptera: Curculionidae)**. 2010. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_2/Sitophilus/index.htm>. Acesso em: 29 abr. 2020

ANTUNES, L. E. G.; VIEBRANTZ, P. C.; GOTTARDI, R.; DIONELLO, R. G. Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento. **Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 615-620, 2011.

ANTUNES, L. R.; JUNQUEIRA, L. R.; MENDES, J. E. P.; SALVADOR, J. F.; CAMARGO, M. B.; SOLIMAN, E. P.; MARANGON, C. B.; TANGANELLI, M. K. Derrogação para uso de Fipronil em florestas certificadas FSC no Brasil. **Documentos Técnicos IPEF**, v. 3, n. 3, p.1-23, 2016.

ARENA, J. S.; PESCHIUTTA, L.; CALVIMONTE, H.; ZYGADLO, J. A. Fumigant and repellent activities of different essential oils alone and combined against the maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). **MOJ Biorg Org Chem**, v. 1, n. 7, p. 2-6, 2017.

ATHIÉ, I. **Insetos de grãos armazenados: aspectos biológicos e identificação**. 2. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2002.

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils: A review. **Toxicologia alimentar e química**, v. 46, n. 2, p. 446-475, 2008.

BARAKAT, A. O.; KHAIRY, M.; AUKAILY, I. Persistent organochlorine pesticide and PCB residues in surface sediments of Lake Qarun, a protected area of Egypt. **Chemosphere**, v. 90, n. 9, p. 2467-2476, 2013.

BARRERA, C. A. C.; GÓMEZ, D. C.; CASTIBLANCO, F. A. Medicinal importance of *Croton* genus (euphorbiaceae). **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 21, n. 2, p. 234-247, 2016.

BERTI-FILHO, E.; MARICONI, F. A. M.; WILCKEN, C. F.; DIETRICH, C. R. R. C.; COSTA, V. A.; CHAVES, L. E. L.; CERIGNONI, J. A. Manual de pragas em florestas: cupins ou térmitas. **Viçosa: IPEF/SIF**, v. 3, p. 0- 56, 1993.

BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 588-594, 2009.

BOTTON, M.; LORINI, I.; LOECK, A. E.; AFONSO, A. P. S. **O gorgulho do milho *Sitophilus zeamais* (Coleptera: Curculionidae) como praga em frutíferas de clima temperado**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. Circular técnica, n. 58, 2005.

BOULOGNE, I.; CONSTANTINO, R.; AMUSANT, N.; FALKOWSKI, M.; RODRIGUES, A. M. S.; HOUËL, E. Ecology of termites from the genus *Nasutitermes* (Termitidae: Nasutitermitinae) and potential for science-based development of sustainable pest management programs. **Journal of Pest Science**, v. 90, n. 1, p. 19-37, 2017.

BRITO, S. S. S.; MAGALHÃES, C. R. I.; OLIVEIRA, C. R. F.; OLIVEIRA, C. H. C. M.; FERRAZ, M. S. S.; MAGALHÃES, T. A. Bioatividade de óleos essenciais sobre *Zabrotes subfasciatus* Boh. (Coleoptera: Chrysomelidae) em feijão-comum armazenado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 243-248, 2015.

BRITO, S. S. S.; SILVA, F.; MALHHEIRO, R.; BAPTISTA, P.; PEREIRA, J. A. *Croton argyrophyllus* Kunth and *Croton heliotropiifolius* Kunth: Phytochemical characterization and bioactive Properties. **Ind. Crops Prod.** v. 113, p. 308-315, 2018.

BRUSCA, R.; BRUSCA, G.J. **Invertebrados**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2007.

CAMPOS, A. C.; RADUNZ, L. L.; RADÜNZ, A. L.; MOSSI, A. J.; DIONELLO, R. G.; ECKER, S. L. Atividade repelente e inseticida do óleo essencial de carqueja doce sobre o caruncho do feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 18, n. 8, p. 861-865, 2014.

CAMPOS, E. V. R.; PROENÇA, P. L. F.; OLIVEIRA, J. L.; BAKSHI, M.; ABHILASH, P. C.; FRACETO, L. F. Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: future perspectives. **Ecological Indicators**, v. 105, n. 1, p. 483-495, 2018.

CANEPPELE, M. A. B.; ANDRADE, P. D. J.; SANTAELLA, A. G. Different dosages of inert dust and temperatures in storage corn for control of maize weevil. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 4, p. 343-347, 2010.

CANEPPELE, M. A. B.; CANEPPELE, C.; LÁZZARI, F. A.; LÁZZARI, S. M. N. Correlation between the infestation level of *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera, Curculionidae) and the quality factors of stored corn, *Zea mays* L. (Poaceae). **Rev. Brasileira de Entomologia**, v. 47, n. 4, p. 625-630, 2003.

CARNEIRO, Z. F. **Resistência de variedades de milho crioulo ao gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)**. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

COITINHO, R. L. B. C.; OLIVEIRA, J. V.; GONDIM JUNIOR, M. G. C.; CÂMARA, C. A. G. Toxicidade por fumigação, contato e ingestão de óleos essenciais para *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885 (Coleoptera: Curculionidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 1, p. 172-178, 2011.

CONSTANTINO, R. **Termite Database**. 2018. Disponível em: <<http://www.termitologia.net/termite-database>>. Acesso em: 25 abr. 2020.

CONSTANTINO, R. The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. **Journal of Applied Entomology**, v. 126, n. 7-8, p. 355-365, 2002.

CONSTANTINO, R.; **Cupins do Cerrado**. 1.ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2015.

CRISTALDO, P. F.; JANDÁK, V.; KUTALOVÁ, K.; RODRIGUES, V. B.; BROTHÁNEK, M.; JIŘÍČEK, O.; SOUZA, O.; ŠOBOTNÍK, J. The nature of alarm communication in *Constrictotermes cyphergaster* (Blattodea: Termitoidea).

Termitidae): the integration of chemical and vibroacoustic signals. **Biology open**, v. 4, n. 12, p. 1649-1659, 2015.

CRUZ, M. N. S.; SANTOS-JUNIOR, H. M.; REZENDE, C. M.; ALVES, R. J. V.; CANCELLO, E. M.; ROCHA, M. M. Terpenos em cupins do gênero *Nasutitermes* (Isoptera, termitidae, nasutitermitinae). *Química Nova*, v. 37, n. 1, p. 95-103, 2014.

CUEZZO, C.; CANCELLO, E. M.; CARRIJO, T. F. *Sandsitermes* gen. nov., a new nasute termite genus from South America (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae). **Zootaxa**, v. 4221, n. 5, p. 562-574, 2017.

CUEZZO, C.; CARRIJO, T. F.; CANCELLO, E. M. Transfer of two species from *Nasutitermes* Dudley to *Cortaritermes* Mathews (Isoptera: Termitidae: Nasutitermitinae). **Austral Entomology**, v. 54, n. 2, p. 172-179, 2015.

DELATTRE, O.; ŠOBOTNÍK, J.; JANDÁK, V.; SYNEK, J.; CVAČKA, J.; JIŘÍČEK, O.; BOURGUIGNON, T.; SILLAM-DUSSEŠ, D. Chemical and vibratory signals used in alarm communication in the termite *Reticulitermes flavipes* (Rhinotermitidae). **Insectes Sociaux**, v. 66, n. 2, p. 265-272, 2019.

DIAS, A. P.; GURGEL, A. M.; ROSA, A. C. S.; BÚRIGO, A. C.; OLIVEIRA, A. C.; NIEMEYER, C. B.; SANTOS, E. H. A.; ALMEIDA, F. S.; CARNEIRO, F. F.; NETTO, G. F.; GURGEL, I. G. D.; VAÇÇARDI, J. W. R.; ROSA, J. C. S.; FRIEDRICH, K.; AUGUSTO, L. C. S.; BASTOS, L. H. P.; MEIRELLERS, L. C.; COSTA, R. N.; BOCHNER, R.; MOREIRA, S. V.; PESSOA, V. M. **Agrotóxicos e Saúde: Coleção Saúde, Ambiente e Sustentabilidade**. 2. ed. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2018.

DÓRIA, G. A.; SILVA, W. J.; CARVALHO, G. A.; ALVES, P. B.; CAVALCANTI, S. C. A study of the larvicidal activity of two *Croton* species from northeastern Brazil against *Aedes aegypti*. **Pharmaceutical biology**, v. 48, n. 6, p. 615-620, 2010.

ENGEL, M. S.; GRIMALDI, D. A.; KRISHNA, K. Termites (Isoptera): Their phylogeny, classification, and rise to ecological dominance. **American Museum Novitates**, v. 3650, p. 1-27, 2009.

ESTRELA, J. L. V.; FAZOLIN, M.; CATANI, V.; ALÉCIO, M. R.; LIMA, M. S. D. Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 217-222, 2006.

FERNANDES, J. R. C. *Sitophilus Zeamais* e *Sitotriga Cerealella*: pragas do milho. **Agrotec**, Porto, Publindústria. n. 2, 2012.

FERREIRA, E. V. O.; MARTINS, V.; INDA-JUNIOR, A. V.; GIASSEN, E.; NASCIMENTO, P. C. Ação dos térmitas no solo. **Cienc. Rural**, v. 41, n. 5, p. 804-811, 2011.

FLORA DO BRASIL 2020. **Euphorbiaceae**. (2020). Disponível em:<<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/FichaPublicaTaxonUC/FichaPublicaTaxonUC.do?id=FB17497>>. Acesso em: 20 mai. 2020.

FONSECA, A. H. **Classificação dos ectoparasitoides**. (2014). Disponível em:<<http://adivaldofonseca.vet.br/service3.html>>. Acesso em: 02 jun. 2020.

FORIM, M. R.; MATOS, A. P.; SILVA, M. F. D. G. F. D.; CASS, Q. B.; VIEIRA, P. C.; FERNANDES, J. B. Uso de CLAE no controle de qualidade em produtos comerciais de nim: reprodutibilidade da ação inseticida. **Química Nova**, v. 33, n. 5, p. 1082-1087, 2010.

FRAZÃO, C. A. V.; SILVA, P. R. R.; ALMEIDA, W. A. D.; PONTUAL, E. V.; CRUZ, G. D. S.; NAPOLEÃO, T. H.; FRANÇA, S. M. D. Resistance of maize cultivars to *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Arq. Inst. Biol.**, v. 85, n. e0552017, p.1-8, 2018.

GALLO, D.; Nakano, O.; Silveira-Neto, S.; Carvalho, R. P. L.; Baptista, G. C.; Berti-Filho, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; Marchini, L. C.; LOPES, J. O. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 2002.

GONÇALVES, A.; GUAZZELLI, M. J. Agrofloresta e Óleos essenciais. **Litoral Norte: Centro ecológico**, p. 07-11, 2014. Disponível em:<http://www.centroecologico.org.br/cartilhas/Cartilha_Oleos.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2020.

GOÑI, M. L.; GAÑÁN, N. A.; HERRERA, J. M.; STRUMIA, M. C.; ANDREATTA, A. E.; MARTINI, R. E. Supercritical CO₂ iof LDPE films with terpene ketones as biopesticides against corn weevil (*Sitophilus zeamais*). **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 122, p. 18-26, 2017.

GUERREIRO, M. A. V. **Mecanismos de Ação Antimicrobiana de Óleos Essenciais de Plantas Condimentares de Família Lamiaceae**. 112 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) – Universidade de Évora, 2018.

GULLAN, P. J.; CRANSTON P. S. **Insetos: fundamentos da entomologia**. 5. ed. Rio de Janeiro: Roca, 2017.

HENRIQUE, F. **Inseticidas: aliados no controle de insetos-praga.** (2019). Disponível em:<<https://boaspraticasagronicas.com.br/artigos/inseticidas>>. Acesso em: 02 jun. 2020.

KRISHNA, K.; GRIMALDI, D. A.; KRISHNA, V.; ENGEL, M. S. Treatise on the Isoptera of the World: Basal Families. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 1, n. 377, p. 05-200, 2013a.

KRISHNA, K.; GRIMALDI, D. A.; KRISHNA, V.; ENGEL, M. S. Treatise on the Isoptera of the world. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, v. 5, n. 377, p. 1495- 1987, 2013b.

LIMA, J. T.; COSTA-LEONARDO, A. M. Recursos alimentares explorados pelos cupins (Insecta: Isoptera). **Revista Biota Neotropical**. v.7, n.2. p. 244-250, 2007.

LIMA, V. L. D. S.; BAILEZ, O. E.; VIANA-BAILEZ, A. M. Polimorfismo de castas da linha apterosa do cupim neotropical *Nasutitermes corniger* (Motschulsky) (Isoptera, Termitidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 57, n. 3, p. 309-312, 2013.

LIMA, V. S. **Avaliação do semissintético isodilapiol na expressão de genes de resistência a inseticidas em mosquitos *Aedes (Stegomyia) aegypti*.** 40 f. Dissertação (Mestrado em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2015.

LOPES, E. A.; CARVALHO-FILHO, A.; NOBRE, D. A. C.; MENDES, F. Q.; FERNANDES, F. L.; PINTO, F. G.; SILVA, G. H.; TRONTO, J.; VISÔTTO, L. E.; BORGES, P. D.; GOD, P. I. V. G.; RUAS, R. A. A.; NOVAIS, R. F. **A Química na Produção Vegetal**. 1. ed. Rio PRETO: UFV, 2017.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; BARROS FRANÇA-NETO, J.; HENNING, A. A.; HENNING, F. A. **Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento-Série Sementes**. Londrina: Embrapa. Circular técnica, n. 73, 2010.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; BARROS FRANÇA-NETO, J.; HENNING, A. A.; HENNING, F. A. **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2015.

LORINI, I. **Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados**. 2. ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008.

LOZOWICKA, B., MOJSAK A, P., JANKOWSKA, M., KACZYNSKI, P., HRYNKO, I., RUTKOWSKA, E., SZABUNKO, J., BORUSIEWICZ, A. Toxicological studies for adults and children of insecticide residues with common mode of action (MoA) in

pome, stone, berries and other small fruit. **Science of the Total Environment**, v. 566/567, n. 1, p. 144-156, 2016.

LUNA, E. C. **Óleos Essenciais E Seus Componentes Bioativos Para Uso Frente À Doenças Negligenciadas E Arboviroses: Uma Revisão**. 102 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Estadual da Paraíba, 2019.

MAGALHÃES, C. R. I., OLIVEIRA, C. R. F., MATOS, C. H. C., BRITO, S. S. S., MAGALHÃES, T. A., & FERRAZ, M. S. S. Potencial inseticida de óleos essenciais sobre *Tribolium castaneum* em milho armazenado. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 1150-1158, 2015.

MARANGONI, C.; MOURA, N. F.; 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.

MATIAS, R. S. **Como agem os Inseticidas nos Insetos?** (2016). Disponível em:<<https://www.pragaseeventos.com.br/saude-ambiental/como-agem-os-inseticidas-nos-insetos/#:~:text=De%20um%20modo%20geral%20pode,atuam%20sobre%20o%20sistema%20nervoso>>. Acesso em: 02 jun. 2020.

MENEZES, P. M. N.; BRITO, M. C.; LUCCHESI, A. M.; LIMA, J. T.; ALMEIDA RIBEIRO, L. A.; SILVA, F. S. Atividade Farmacológica De Óleos Essenciais No Sistema Respiratório: Uma Revisão Sistemática De Estudos Pré-Clínicos. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 14, n. 3, p. 16-31, 2017.

MILLER, A. L.; TINDALL, K.; LEONARD, B. R. Bioassays for monitoring insecticide resistance. **Journal of Visualized Experiments**, v. 46, n. 2129, p. 1-5, 2010.

MIRANDA, C. A. S. F.; GRAÇAS CARDOSO, M.; CARVALHO, M. L. M.; MACHADO, S. M. F.; SOUZA GOMES, M.; ANDRADE SANTIAGO, J.; TEIXEIRA, M. L. Atividade alelopática de óleos essenciais de plantas medicinais na germinação e vigor de aquênios de alface. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 1783-1797, 2015.

MOREIRA, M. D.; PICANÇO, M. C.; SILVA, E. M.; MORENO, S. C.; MARTINS, J. C. Uso de inseticidas botânicos no controle de pragas. 2005. Disponível em:<https://www.researchgate.net/profile/Julio_Martins3/publication/313386658_Uso_de_inseticidas_botanicos_no_controle_de_pragas/links/58a2db40aca272046ab4483c/Use-de-inseticidas-botanicos-no-controle-de-pragas.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2020.

MOREIRA, M. F.; MANSUR, J. F.; MANSUR-FIGUEIRA, J. Resistência e inseticidas: estratégias, desafios e perspectivas no controle de insetos. **Inst Nac Ciênc Tecnol Entomol Mol**, v. 15, n. 1, p. 1-23, 2012.

DETETIZAÇÃO-CONSULTE. **DESCUPINIZAÇÃO**. (2010). Disponível em: <<http://www.dedetizacao-consulte.com.br/dedetizacao-informativo.asp?cod=100>>. Acesso em: 02. abr. 2021.

NAVARRETE, A.; WALLRAF, S.; MATO, R. B.; COCERO, M. J. Improvement of essential oil steam distillation by microwave pretreatment. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 50, n. 8, p. 4667-4671, 2011.

NAVARRO-SILVA, M. A.; MARQUES, F. A.; DUQUE, J. E. L. Review of semiochemicals that mediate the oviposition of mosquitoes: a possible sustainable tool for the control and monitoring of Culicidae. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n.1, p.1-6, 2009.

NERIO, L. S.; OLIVERO-VERBEL, J.; STASHENKO, E. Repellent activity of essential oils: a review. **Bioresource technology**, v. 101, n. 1, p. 372-378, 2010.

NETO, A. A. P. Potencial inseticida dos óleos essenciais das espécies de mentha para o Controle de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). 68 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2016.

NEVES, I. A.; CAMARA, C. A. G. Volatile Constituents of Two *Croton* Species from Caatinga Biome of Pernambuco--Brasil. **Records of Natural Products**, v. 6, n. 2, 2012.

NÓBREGA, R. D. A.; MOTTA, S. C.; LEITE, J. R. Óleos essenciais com propriedades anticonvulsivantes. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas**, v. 2, n. 1, p. 3-6, 2003.

NÖRNBERG, S. D.; NAVA, D. E.; GRÜTZMACHER, A. D.; BENTO, J. M. S.; OZELAME, Â. L.; HÜBNER, L. K. Flutuação populacional e distribuição de *Sitophilus zeamais* em pomares de pessegueiro e macieira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 4, p. 358-364, 2013.

PAULIQUEVIS, C. F.; FAVERO, S. Atividade insetistática de óleo essencial de *Pothomorphe umbellata* sobre *Sitophilus zeamais*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.19, n.12, p.1192–1196, 2015.

PESCHIUTTA, M. L.; BRITO, V.D.; ACHIMÓN, F.; ZUNINO, M. P.; USSEGLIO, V. L.; ZYGADLO, J. A. New insecticide delivery method for the control of *Sitophilus zeamais* in stored maize. **Journal of Stored Products Research**, v. 83, p. 185-190, 2019.

PONCIO, S. **Bioatividade de Inseticidas Botânicos Sobre *Microtheca ochroloma* Stal (Coleoptera: Chrysomelidae)**. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, 2010.

RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. **Insetos do Brasil: diversidade taxonomia**. Ribeirão Preto: Halos, 2012.

RAI, M.; PARALIKAR, P.; JOGEE, P.; AGARKAR, G.; INGLE, A. P.; DERITA, M.; ZACCHINO, S. Synergistic antimicrobial potential of essential oils in combination with nanoparticles: Emerging trends and future perspectives. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 519, n. 1-2, p. 67-78, 2017.

RESTELLO, R. M.; MENEGATT, C.; MOSSI, A. J. Efeito do óleo essencial de *Tagetes patula* L. (Asteraceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 2, p. 304-307, 2009.

REUTERS, B. H. Termites' gut reaction set for biofuels. (2007). Disponível em: <www.abc.net.au/science/articles/2007/11/22/2097855.htm?site=science/tricks&topic=enviro>. Acesso em: 10 jan. 2021.

ROCHA, R. R. **Estudo comparativo sobre a composição química, atividade antibacteriana e efeito sinérgico dos óleos essenciais de *Croton tetradenius* Baill. e *C. pulegioides* Baill. contra isolados de *Staphylococcus aureus***. 81 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Ceará, 2020.

ROSA, J.S.; OLIVEIRA, L.; SOUSA, R. M. O. F.; ESCOBAR, C. B.; FERNANDES-FERREIRA, M. 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.

ROY, V.; CONSTANTINO, R.; CHASSANY, V.; GIUSTI-MILLER, S.; DIOUF, M.; MORA, P.; HARRY, M. Species delimitation and phylogeny in the genus *Nasutitermes* (Termitidae: Nasutitermitinae) in French Guiana. **Molecular Ecology**, v. 23, n. 4, p. 902-920, 2014.

RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. **Zoologia dos Invertebrados**. 7ª ed. São Paulo: Roca, 2005.

RUST, M. K.; SU, N. Y. Managing social insects of urban importance. Annual review of entomology, v. 57, p. 355-375, 2012.

SANT'ANA, L. P.; CRUZ, C. C.; SANTOS, C. A. Conceição Aparecida. Local de produção e composição dos feromônios de trilha e sexual em cupins:(BLATTODEA: ISOPTERA): Uma revisão. **Unimontes Científica**, v. 18, n. 1, p. 82-91, 2016.

SANTOS, A. A. **Óleos essenciais e seus constituintes para o controle de *Cryptotermes brevis* e *Nasutitermes corniger*: vias de exposição e respostas comportamentais**. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) – Universidade Federal de Sergipe, 2016.

SANTOS, M. D.; AREAS, M. A.; REYES, F. G. R. Piretróides—uma visão geral. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 18, n. 3, p. 339-349, 2008.

SANTOS, P. É. M.; SILVA, A. B.; LIRA, C. R. I.; MATOS, C. H. C.; OLIVEIRA, C. R. F. Contact toxicity of essential oil of *Croton pulegioidorus* Baill on *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 2, p. 329-335, 2019.

SCHEFFRAHN, R. H.; KRECEK, J.; SZALANSKI, A. L.; AUSTIN, J. W. Synonymy of neotropical arboreal termites *Nasutitermes corniger* and *N. costalis* (Isoptera: Termitidae: Nasutitermitinae), with evidence from morphology, genetics, and biogeography. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 98, n. 3, p. 273-281, 2005.

SECCO, R. S.; CORDEIRO, I.; SENNA-VALE, L.; SALES, M. F.; LIMA, L. R., MEDEIROS, D.; HAIAD, B. S.; OLIVEIRA, A. S.; CARUZO, M. B. R.; CARNEIRO-TORRES, D.; BIGIO, N. C. An overview of recent taxonomic studies on Euphorbiaceae s.l. in Brazil. **Rodriguésia**, v. 63, n. 1, p. 227-242, 2012.

SENAR (Serviço Nacional de Aprendizagem Rural). **Grãos: armazenamento de milho, soja, feijão e café**. 1. ed. Brasília: Senar, 2018. 100 p.

SILVA, T. L. D.; OLIVEIRA, C. R. F. D.; MATOS, C. H. C.; BADJI, C. A.; MORATO, R. P. Leaf essential oil from *Croton pulegioidorus* Baill shows insecticidal activity against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 2, p. 354-363, 2019.

SILVA, T. S. A.; NASCIMENTO, J. E. C.; GIACOMIN, L. L.; POLTRONIERI, A. S.; ZAWADNEAK, M. A. C.; PIMENTEL, I. C.; BARATTO, L. C.; PORSANI, M. V. Potencial inseticida de plantas medicinais encontradas na Amazônia Central contra o pulgão-da-couve *Brevicoryne brassicae* (L.) (Homoptera: Aphididae). **EntomoBrasilis**, v. 10, n. 2, p. 106-111, 2017.

SILVA, W. J. **Atividade Larvicida do Óleo Essencial de Plantas Existentes no Estado de Sergipe Contra *Aedes aegypti* Linn**. 84f. Dissertação de Mestrado - Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal de Sergipe, 2006.

SILVEIRA, D. P. B. **Atividade Larvicida Sobre *Aedes Aegypti* L. (Culicidae) E Composição Química Do Óleo Essencial De Partes Aéreas De *Baccharis trimera* Less D.C**. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Universidade Federal do Maranhão, 2018.

SILVEIRA, J. C.; BUSATO, N. V.; COSTA, A. O. S.; COSTA-JÚNIOR, E. F. Levantamento e análise de métodos de extração de óleos essenciais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 2038-2052, 2012.

SILVEIRA, J. C.; COSTA, A. O. S.; COSTA-JUNIOR, E. F. Modelagem da extração de óleos essenciais empregando coeficiente de difusão variável. **Engenharia agrícola**, v. 35, n. 2, p. 302-312, 2015.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

SOARES, V. F. M.; SILVA, V. S. G.; ROSA, A. C.; MENEZES, E. B. Termites (Insecta: Blattodea) buildings in urban located in the municipality of Seropédica, RJ. **Scientific Electronic Archives**, v. 10, n. 5, p. 18-25, 2017.

ŠOBOTNÍK, J.; JIROŠOVÁ, A.; HANUS, R. Chemical warfare in termites. **Journal of Insect Physiology**, v. 56, n. 9, p. 1012-1021, 2010.

SODRÉ, R. C.; SILVA, M. J. O gênero *Croton* L. (Euphorbiaceae s. s. – Crotonoideae) na Floresta Nacional de Silvânia, Goiás, Brasil. **Iheringia. Série Botânica.**, v. 70, n. 1, p. 89-104, 2015.

SOUZA, V. N. D.; OLIVEIRA, C. R. F. D.; MATOS, C. H. C.; ALMEIDA, D. K. F. D. Fumigation toxicity of essential oils against *Rhyzopertha dominica* (f.) in stored maize grain. **Revista Caatinga**, v.29, n.2, p435-450, 2016.

STEFFENS, A. H. **Estudo da Composição Química dos Óleos Essenciais Obtidos por Destilação por Arraste a Vapor em Escala Laboratorial e Industrial**. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) - Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2010.

SULEIMAN, R.; ROSENTRATER, K. A.; BERN, C. J. Evaluation of maize weevils *Sitophilus zeamais* Motschulsky infestation on seven varieties of maize. **Journal of stored products Research**, v. 64, n. 1, p. 97-102, 2015.

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.

THORNE, B. L. Polygyny in the Neotropical termite *Nasutitermes corniger*: life history consequences of queen mutualism. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 14, n. 2, p. 117-136, 1984.

TORRES, D. S. N. **Diversidade de *Croton* L. (Euphorbiaceae) no bioma caatinga.** 2009. 295 f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2009.

TRANCOSO, M. D. Projeto Óleos Essenciais: extração, importância e aplicações no cotidiano. **Revista Práxis**, v. 5, n. 9, p. 89-96, 2013.

TREMATERRA, P.; IANIRO, R.; ATHANASSIOU, C. G.; KAVALLIERATOS, N. G. Behavioral responses of *Sitophilus zeamais* Motschulsky adults to conditioned grain kernels. **Journal of stored products research**, v. 53, p. 77-81, 2013.

ULYSHEN, M. D. Wood decomposition as influenced by invertebrates. **Biological Reviews**, v. 91, n. 1, p. 1 - 17, 2014.

VENZON, M.; PAULA-JÚNIOR, T. J.; PALLINI, A. **Controle alternativo de pragas e doenças na agricultura orgânica.** 1ª ed. Viçosa: EPAMIG, 2010.

WOLOSHUK, C. P.; SHIM, W. B. Aflatoxins, fumonisins, and trichothecenes: a convergence of knowledge. **FEMS Microbiology Reviews**, v.37, p.94-109, 2013.

WURDACK, K. J.; DAVIS, C. C. Malpighiales phylogenetics: gaining ground on one of the most recalcitrant clades in the angiosperm tree of life. **American Journal of Botany**, v. 96, n. 8, p. 1551-1570, 2009.

YANG, Y.; ISMAN, M. B.; TAK, J. H. Insecticidal activity of 28 essential oils and a commercial product containing *Cinnamomum* Cassia bark essential oil against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Insects**, v. 11, n. 8, p. 474, 2020.