

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
URI - ERECHIM
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

MARINA ANDREIA DE SOUZA

**ATIVIDADES INSETICIDA, REPELENTE E ANTIFÚNGICA DO ÓLEO
ESSENCIAL DE *Cinnamomum cassia***

ERECHIM - RS

2020

MARINA ANDREIA DE SOUZA

**ATIVIDADES INSETICIDA, REPELENTE E ANTIFÚNGICA DO ÓLEO
ESSENCIAL DE *Cinnamomum cassia***

Trabalho de conclusão de curso, apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheira de Alimentos, Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Câmpus de Erechim.

Orientador(a): Dr. Rogério Luis Cansian

ERECHIM

2020

MARINA ANDREIA DE SOUZA

**ATIVIDADES INSETICIDA, REPELENTE E ANTIFÚNGICA DO ÓLEO
ESSENCIAL DE *Cinnamomum cassia***

Trabalho de conclusão de curso apresentado como
requisito parcial à obtenção do grau de Engenheira
de Alimentos, Departamento de Ciências Agrárias
da Universidade Regional Integrada do Alto
Uruguai e das Missões – Câmpus de Erechim.

Erechim, ____ de _____ de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Professor Dr. Rogério Luis Cansian
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Professora Dra. Natalia Paroul
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Ms. Bruna Maria Saorin Putton
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

RESUMO

Devido ao uso indiscriminado de agentes químicos e as perdas de grãos armazenados, faz-se necessário a busca de novos compostos no controle dos insetos e fungos. Esse controle pode ser realizado pelo uso de inseticidas naturais. Neste sentido, o do presente trabalho foi avaliar o efeito repelente e inseticida do óleo essencial de *Cinnamomum cassia* no controle de *Sitophilus zeamais*, bem como sua atividade antifúngica sobre três fungos *Aspergillus flavus*, *Alternaria alternata* e *Penicillium crustosum*. A atividade de repelência foi determinada utilizando arenas de placas e mini silos interligados com substrato alimentar. Para o teste com as arenas de placas a repelência de *C. cassia* em *S. zeamais* ficou entre -0,7 e -0,6, respectivamente DL_{30} e DL_{15} e a dose de $0,34 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ ($52,86 \mu\text{L}/\text{placa}$), a DL_{50} , proporcionou o maior I.P. que foi de -0,9. Quanto aos mini silos, mostraram repelentes em todas as dosagens testadas, variaram entre -1,0 com $1582 \mu\text{L}$ (DL_{50}), -0,8 com $156,73 \mu\text{L}$ (DL_{30}), foi observada correlação (Pearson = 0,99) entre as diferentes doses testadas e os respectivos índices de preferência. Para a avaliação da atividade inseticida utilizou-se placas de Petry sem substrato alimentar. O óleo de *C. cassia* apresentou efeito inseticida alto, causando a mortalidade de 100% de *S. zeamais*, na concentração de $120 \mu\text{L}/\text{cm}^2$. Na concentrações menor, a mortalidade de insetos foi inferior a 22,5%. Os ensaios da atividade antifúngica foram realizados por meio da técnica de difusão em meio sólido utilizando cavidades em placa. O óleo essencial de *C. cassia* apresentou o valor de halo de inibição de 30 mm para *A. alternata* e *P. crustosum* e de 29 mm para *A. flavus* na maior concentração testada (10%). A partir dos resultados obtidos verificou que o óleo tem ação inseticida e ação de repelência sobre os *S. zeamais*, além disso, o óleo essencial é uma opção na inibição do desenvolvimento de fungos.

Palavras - chave: *Cinnamomum cassia*. Inseticida natural. Óleos essenciais

ABSTRACT

Due to the indiscriminate use of chemical agents and the loss of stored grains, it is necessary to search for new compounds to control insects and fungi. This control can be accomplished through the use of natural insecticides. In this sense, the present work was to evaluate the repellent and insecticidal effect of the essential oil of *Cinnamomum cassia* in the control of *Sitophilus zeamais*, as well as its antifungal activity on three fungi *Aspergillus flavus*, *Alternaria alternata* and *Penicillium crustosum*. Repellency activity was determined using plate arenas and mini silos interconnected with food substrate. For the test with the plate arenas, the repellency of *C. cassia* in *S. zeamais* was between -0.7 and -0.6, respectively DL30 and DL15 and the dose of 0.34 $\mu\text{L} / \text{cm}^2$ (52.86 $\mu\text{L} / \text{board}$), the DL50, provided the highest IP which was -0.9. As for the mini silos, they showed repellents in all tested doses, varied between -1.0 with 1582 μL (DL50), -0.8 with 156.73 μL (DL30), a correlation was observed (Pearson = 0.99) between the different tested doses and respective preference indexes. For the evaluation of insecticidal activity, Petry plates without food substrate were used. *C. cassia* oil had a high insecticidal effect, causing 100% mortality from *S. zeamais*, at a concentration of 120 $\mu\text{L} / \text{cm}^2$. At lower concentrations, insect mortality was less than 22.5%. The antifungal activity tests were performed using the diffusion technique in solid medium using plate cavities. The essential oil of *C. cassia* showed an inhibition halo value of 30 mm for *A. alternata* and *P. crustosum* and 29 mm for *A. flavus* in the highest concentration tested (10%). From the results obtained, he verified that the oil has an insecticidal and repellent action on *S. zeamais*, in addition, essential oil is an option in inhibiting the development of fungi.

Keywords: *Cinnamomum cassia*. Natural insecticide. Essential oils

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -Caruncho–do-milho (<i>Sitophilus zeamais</i>).....	12
Figura 2 - Árvore <i>C. cassia</i> (a); Flores e folhas da <i>C. cassia</i> (b); <i>C. cassia</i> em pau (c).	16
Figura 3 -Placa utilizada para testes de ação inseticida.....	17
Figura 4 -Arena utilizada nos bioensaios para avaliação da repelência.	18
Figura 5 -Mini silos utilizados nos bioensaios para avaliação inseticida e repelente.	19
Figura 6 -Placa evidenciando as cavidades utilizadas para teste fungicida.....	20
Figura 7 -Ação inseticida de <i>C. cassia</i> em <i>S. zeamais</i>	22
Figura 8 - Curva de mortalidade de <i>S. zeamais</i> em diferentes doses de <i>C. cassia</i>	25
Figura 9 - Tamanho dos halos de inibição do óleo essencial de <i>C. cassia</i> sobre <i>A. alternata</i> , <i>A. flavus</i> , e <i>P. crustosum</i>	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ação inseticida do óleo essencial de <i>C. cassia</i> sobre <i>S. zeamais</i>	22
Tabela 2 - Ação de repelência óleo essencial de <i>C. cassia</i> sobre os <i>S. zeamais</i> no tratamento que contém óleo essencial.	23
Tabela 3 - Relação Concentração testada e Índice de Preferencial dos Insetos <i>S. zeamais</i> sobre as concentrações testadas do óleo essencial de <i>C. cassia</i>	23
Tabela 4 - Ação de repelência óleo essencial de <i>C. cassia</i> sobre os <i>S. zeamais</i> no tratamento que contém óleo essencial.	24
Tabela 5 - Ação de repelência óleo essencial de <i>C. cassia</i> sobre os <i>S. zeamais</i> no tratamento que contém óleo essencial.	25
Tabela 6 - Diâmetro médio de halo (mm) de diferentes concentrações do óleo essencial (OE) de <i>C. cassia</i> e do <i>trans</i> -cinamaldeído (TC) sobre <i>A. alternata</i> , <i>A. flavuse</i> e <i>P. crustosum</i>	26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. OBJETIVOS.....	9
2.1. Objetivo geral	9
2.2. Objetivos específicos	9
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
3.1 Produção de milho (<i>Zeamays</i> L.).....	10
3.2 Insetos-Praga.....	11
3.4 Controle dos insetos e fungos em grãos armazenados.....	13
3.5 Óleos essenciais	14
3.6 <i>Cinnamomum cassia</i>	15
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4.1 Manutenção da criação e reprodução e reprodução dos insetos	17
4.2. Avaliação do efeito inseticida do óleo essencial de <i>C. cassia</i>	17
4.3 Avaliação do efeito repelente em placas do óleo essencial de <i>C. cassia</i>	18
4.4 Avaliação do efeito inseticida e repelente em mini silos do óleo essencial de <i>Cinnamomum cassia</i>	19
4.5. Avaliação do efeito antifúngico do óleo essencial de <i>C. cassia</i>	20
4.6 Análise estatística	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5.1 Avaliação do efeito inseticida do óleo essencial de <i>C. cassia</i>	21
5.2 Avaliação do efeito de repelência do óleo essencial de <i>C. cassia</i> em arenas	23
5.3 Atividade antifúngica do óleo essencial comercial de <i>C. cassia</i>	25
6. CONCLUSÃO.....	27
7. REFERÊNCIAS	28
ANEXO	36

1. INTRODUÇÃO

O milho é a cultura mais amplamente difundida e cultivada, pois se adapta aos mais diferentes ecossistemas. O milho (*Zeamays* L.) é uma planta caracterizada por dois ciclos vegetativos, o ciclo cultivares precoce, com polinização 30 dias após a emergência e o ciclo normal, com abrangência máxima de 300 dias (CONAB, 2019).

O milho, dentre os cereais, é uma das culturas mais cultivadas, sendo que em 2019 foram com atualmente 183,73 milhões de hectares colhidos no mundo (USDA, 2019), sendo que o Brasil possui uma estimativa de área plantada de 18,2 milhões hectares, e uma produção com previsão de atingir, no ano de 2020 o volume de 251,8 milhões de toneladas, destacando-se como um dos maiores produtores mundial de milho (CONAB, 2020). O constante crescimento da produção de milho está relacionado ao aumento da produtividade, sendo que as tecnologias desencadeiam papel fundamental para o crescimento da produção do milho (HERRENDORF; SCHOELLMAN, 2015).

Entretanto, o sistema de produção brasileiro apresenta muitas perdas de grãos por pragas, que é um dos fatores mais importantes na crise alimentar global (HERNANDEZ et al., 2015). As pragas podem causar cerca de 5 a 10% de perda em grãos armazenados em países desenvolvidos e mais de 20% de perda de grãos nos países em desenvolvimento (GOLDEN et al., 2017). Com o uso eficiente de produtos agrícolas e reduzindo as perdas pré e pós-colheita, pode-se diminuir o dano de grãos (KUMAR et al., 2017).

Entre as principais pragas estão os Coleoptera, popularmente conhecidos como besouros, dentro deste grupo, os gorgulhos ou carunchos possuem a capacidade de sobrevivem em grandes profundidades dos silos e graneleiros. Dentre as espécies mais encontradas estão: *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae* e *Sitophilus zeamais* (LORINI, 2018). As infestações de grãos por *S. zeamais* podem ocorrer tanto no campo, antes da colheita, quanto no armazenamento (WALE; ASSEGIE, 2015).

Os fungos patógenos e deteriorantes são outra praga que podem provocar grandes perdas econômicas na comercialização de produtos vegetais (SHU et al., 2019). A contaminação por fungos afeta a qualidade dos grãos de milho pela produção de micotoxinas, que ocasionam danos à saúde, tanto humana quanto animal, em razão da atividade tóxica que podem exercer sobre o organismo (KUMAR et al., 2017). Quando consideramos a ocorrência mundial de fungos e sua capacidade produzir micotoxinas, os principais gêneros são *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* e *Alternaria* (SHU et al., 2019). Para combater esses insetos e fungos encontrados em grãos armazenados, são aplicados indiscriminadamente agentes químicos. Os pesticidas são tóxicos por natureza e prejudiciais aos organismos vivos, podendo deixar resíduos tóxicos nos

alimentos e no ambiente, além do surgimento de insetos e fungos resistentes (MOSTAFALOU; ABDOLLAHI, 2017). Além disso, previsões estimam que a aplicação de pesticidas aumentará substancialmente nas próximas décadas (CARVALHO, 2017). Assim, os efeitos indesejáveis associados ao uso de pesticidas sintéticos têm levantado preocupação entre o público e pesquisadores buscando alternativas seguras e ecologicamente corretas, dentre elas o uso de óleos essenciais (AMOABENG; JOHNSON; GURR, 2019).

O emprego dos óleos essenciais para o controle de insetos-pragas mostrou-se eficiente, por causa da sua complexidade e ao potencial de efeitos sinérgicos entre seus compostos podendo ser empregado na forma de pós, extratos e óleos. Ele possui a vantagem de diminuir o desenvolvimento de resistência dos insetos devido à mistura de compostos atuando em vários locais de ação, bem como, baixa persistência em condições de campo devido à alta volatilidade dos compostos e, portanto, menor toxicidade para organismos não-alvo (PEIXOTO et al., 2015; TAK; JOVEL; ISMAN, 2016).

Mesmo que o Brasil tenha aumentado muito a produção de grãos e suas tecnologias nos últimos anos, pouco se avançou no controle de pragas em grãos armazenados. As perdas causadas por insetos e fungos ainda são muito altas, tanto perdas diretas na massa de grãos como indiretas na qualidade do produto. Assim, a possibilidade de inovação tecnológica para aplicação do óleo essencial de canela cássia (*Cinnamomum cassia*) no controle de pragas, surge como uma alternativa aos atuais métodos de controle utilizados, contribuindo para construção do conhecimento científico-tecnológico.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a atividade repelente e inseticida do óleo essencial de canela cássia (*Cinnamomum cassia*) como forma de controle sobre o caruncho-do-milho (*Sitophilus zeamais*) em grãos armazenados, bem como a atividade antifúngica do óleo essencial sobre três fungos *A. flavus*, *P. crustosum* e *A. alternata*.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar a mortalidade de *S. zeamais* em diferentes concentrações do óleo essencial;
- Determinar a concentração letal (DL₅₀) do óleo essencial;
- Avaliar a atividade repelente do óleo essencial;
- Avaliar a atividade antifúngica do óleo essencial sobre *A. flavus*, *P. crustosum* e *A. alternata*.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Produção de milho (*Zeamays* L.)

O milho é cultivado em quase todos os países, ocupando uma área de aproximadamente 160 milhões de hectares (SILVA et al., 2017). O Brasil se destaca na sua produção sendo uma das principais culturas produzidas no país, distribuída entre a primeira e segunda safra de 2020, atingiu 100,7 milhões de toneladas (CONAB, 2020). Em 2019, o Brasil, encontrava-se como 3º maior produtor de milho no mundo e 2º maior exportador, com um consumo diário elevado (CONAB, 2019).

A produção de milho ocupa em todo o território nacional cerca de 12 milhões de hectares, concentrada nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, os quais respondem por cerca de 98% da produção nacional. Embora seja uma cultura apropriada ao uso de alta tecnologia e com potencial para produzir acima de 16 t/ha, predomina o uso de tecnologia de baixo investimento, o que tem mantido a produtividade média nacional em torno de 5,7 t/ha (CONAB, 2019).

No Brasil estima-se uma produção para a safra de 2027/28, de 113,2 milhões de toneladas, porém seu limite superior pode chegar a 139,7 milhões de toneladas. O acompanhamento da safra de grão aponta uma área plantada de milho tendo um acréscimo de 6,2% entre 2017/18 e 2027/28, passando de 16,6 milhões de hectares em 2017/18 para 17,7 milhões no final do período das projeções. Podendo chegar a 23,4 milhões de hectares nos próximos dez anos (BRASIL, 2018). Segundo técnicos que trabalham com essa cultura, o aumento da área deve ser superior ao que está sendo projetado e talvez se aproximar mais do seu limite superior de crescimento que é de 23,4 milhões de hectares (MAPA, 2018). Produção essa, que teve uma colheita recorde em 2016/17 (GASQUES; SOUZA; BASTOS, 2018). Seu crescimento resplandece índices com 4,67% a.a. na produção e 2,95% a.a. na produtividade (CONAB, 2018), dados maiores aos observados para o mundo e para os Estados Unidos (USDA, 2018).

O milho ganhou destaque nos últimos anos alcançando o patamar de maior cultura agrícola do mundo, sendo a única a ter ultrapassado a marca de um bilhão de toneladas, ultrapassando concorrentes como o arroz e o trigo. O consumo interno brasileiro de milho que em 2017/18 representou 60,4% da produção, deve elevar-se nos próximos anos para 66,1% (MAPA, 2018). Fato que se deve a cultura ainda se notabilizar pelos diversos usos. Estimativas indicam para mais de 3.500 aplicações deste cereal, como ração, alimentos, combustíveis, entre outros. Além da sua importância no aspecto de segurança alimentar, na alimentação humana e animal. (MIRANDA, 2018).

São dois os destinos da produção brasileira de milho, o consumo no estabelecimento rural e o mercado consumidor, com fluxos de comercialização direcionados às fábricas de ração, indústrias químicas, produto *in natura* e exportação. A suinocultura e a avicultura são responsáveis pela utilização da maior parte dos grãos (41%), servindo como matéria-prima básica para a formulação de rações. O restante da produção divide-se entre a indústria (13,5%), formulação de rações para outras espécies animais (5,6%) e produção de sementes (0,6%) e 40 % dos grãos produzidos não são comercializados, devido principalmente ao consumo na propriedade rural (24,7%), ao consumo humano nas grandes cidades (4,4 %) e às perdas durante a colheita e armazenamento (9,9%) (GOLDEN et al., 2018; MIRANDA, 2018).

3.2 Insetos-Praga

Os insetos são o grupo mais populoso do reino animal e formam um componente muito importante do ecossistema. Entretanto, alguns insetos são prejudiciais devido a transferência de patógenos perigosos, além de causarem danos às culturas e aos alimentos armazenados (JANKOWSKA et al., 2019).

Os insetos constituem o principal fator de perdas nos grãos durante o período de armazenagem (STEJSKAL et al., 2015). As perdas de grãos devido a ataques de insetos-pragas podem representar de 15 a 50% da produção total, dependendo da localização geográfica (CASINI; SANTA JULIA, 2015). Entre os fatores, a ação dos insetos-praga é um dos que mais afetam a produtividade das lavouras de milho, devido a atacarem desde a semeadura até a colheita, causando danos nas raízes, colmos, folhas e espigas (HERNANDEZ et al., 2015).

Os insetos são classificados quanto ao seu hábito alimentar em grupos sendo pragas primárias e secundárias. As primárias atacam grãos e sementes inteiros, dependendo da parte do grão que atacam, podem ser denominadas pragas primárias internas ou externas. As primárias internas perfuram os grãos e sementes e nestes penetram para completar seu desenvolvimento. Já as pragas primárias externas destroem a parte exterior do grão ou semente (casca) e, posteriormente, alimentam-se da parte interna sem, no entanto, se desenvolverem no interior destes. As pragas secundárias são aquelas que não conseguem atacar grãos e sementes saudáveis, pois não conseguem se alimentar de grãos inteiros, mas aproveitam para atacar grãos danificados por pragas primárias (LORINI, 2018).

O *Sitophilus zeamais* Motschulsky (1885) (Curculionidae), é um inseto pequeno (2,5 mm a 4 mm), cuja fêmea causa danos aos grãos ao perfurá-los para oviposição. A prole (larvas) alimenta-se das partes internas do grão, reduzindo seu peso. Com a perda de peso, o dano causado pela alimentação do gorgulho leva a reduções severas nos valores nutritivos e

econômicos, reduzindo a viabilidade da semente, bem como causando contaminação por excreções e fragmentos de seus corpos (SULEIMAN et al., 2015; WEI et al., 2014).

Trata-se de uma praga cujas larvas vivem exclusivamente no interior do grão e que os adultos podem atacar grãos tanto no campo quanto no armazém (infestação cruzada). Apresenta elevado potencial biótico, com média de 282 ovos por fêmea. O período médio de oviposição é de 104 dias e o período de incubação oscila entre 3 e 6 dias, o ciclo evolutivo de ovo até emergir o inseto adulto é em média de 34 dias. A postura é realizada na superfície dos grãos e as larvas, após se desenvolverem, empupam e se transformam em adultos ainda dentro do grão. Tanto os adultos quanto as larvas se alimentam do grão e os danos causados se refletem em perdas quantitativas e qualitativas (LORINI, 2015; BESPALHOK; RENESTO; SIGNORINI, 2015). Na Figura 1, encontra-se uma representação do *S. zeamais*, popular caruncho do milho.

Figura 1 -Caruncho-do-milho (*Sitophilus zeamais*).



Fonte: Google Imagens (2020).

3.3 Fungos e toxinas

As micotoxinas são metabólitos secundários produzidos por fungos, os quais estão presentes no solo, na água, ou são carregados pelo vento (esporos). Quando encontram as condições (tempo, temperatura e substrato) adequadas para sua multiplicação, desenvolvem-se exponencialmente e podem gerar as micotoxinas (VALMORBIDA, 2016).

Se as condições forem favoráveis, a contaminação por fungos e micotoxinas pode ocorrer durante a fase de desenvolvimento das culturas, no campo, e continuar após a colheita, no armazenamento e após o processamento, sendo um risco em todos os setores envolvidos na produção de alimentos (OLDENBURG et al., 2017). As micotoxinas são estáveis ao calor e resistentes à maioria das condições de processamento, persistindo e sendo repassadas (ALIM et al., 2018; MARTINS et al., 2018; OUESLATI et al., 2018).

As micotoxinas em grãos de milho são produzidas principalmente pelos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* e *Alternaria*, sendo os mais importantes quando consideramos a ocorrência mundial de fungos e sua capacidade em produzir micotoxinas (SHU

et al., 2019). Enquanto as espécies de *Aspergillus* e *Penicillium* são geralmente encontradas como contaminantes nos alimentos durante a secagem e o armazenamento, *Fusarium* e *Alternaria* podem produzir micotoxinas antes ou imediatamente após a colheita (NGANGA, et al., 2016)

O *A. flavus* é um fungo responsável pela deterioração de muitos alimentos, além disso, as cepas toxigênicas de *A. flavus* podem se desenvolver em nozes, amendoim, sementes de algodão, milho e outros cereais, produzindo micotoxinas carcinogênicas altamente tóxicas, as aflatoxinas (ALBUZAUDI et al., 2017). A espécie *A. alternata* é a mais toxigênica do gênero, podendo ser encontrada em produtos, como plantas, frutas, oleaginosas e cereais, bem como milho (JUAN-GARCIA et al., 2015). A espécie *P. crustosum* é uma das responsáveis pela deterioração de alimentos, sendo também relacionada à intoxicação animal devido ao consumo de cereais e rações contaminados (ZAHORANOVÁ et al., 2018).

O controle natural da proliferação de fungos pode ser realizado por óleos essenciais de plantas e seus constituintes isolados, como *Cinnamomum zeylanicum*, *Eugenia caryophyllus* (CASTRO et al., 2017), *Cymbopogon martinii*, *Illicium verum* e *Melaleuca alternifolia* (NETO et al., 2019), *Litsea cubeba*, *C. cassia*, *C. martinii* e *Thymus mongolicus* (WANG et al., 2018) e cinamaldeído (XU et al., 2018).

3.4 Controle dos insetos e fungos em grãos armazenados

O controle das pragas de grãos armazenados pode ser feito pelo método físico, químico ou biológico (LORINI, 2015).

O controle físico é feito pelo controle da temperatura, umidade relativa do ar, teor de umidade dos grãos e dos silos, graneleiros e armazéns, além da pressão no produto. As estratégias de manejo com controle químico de pragas em grãos a granel incluem o uso de fumigantes ou expurgo, que são pulverizados diretamente nos produtos à medida que são carregados no armazenamento. Aerossóis e sprays de contato também são usados como tratamentos estruturais em empresas, plantas de processamento e armazéns de alimentos (WIJAYARATNE; ARTHUR; WHYARD, 2018).

O controle biológico é feito empregando-se parasitas, predadores ou patógenos para eliminar as populações de insetos. O mesmo acontece quando a grande quantidade de uma praga de insetos é extinta pela ação de um inimigo natural vivo. O controle biológico natural ocorre na ausência de contribuição humana (MILLS, 2014).

Apesar dos efeitos maléficos dos inseticidas sobreporem-se aos benéficos, esse método ainda continua sendo o mais utilizado de manejo de pragas contra insetos de produtos

armazenados (VÉLEZ et al., 2017). A pulverização com inseticidas residuais é o principal método de controle preventivo contra insetos-pragas de armazéns, enquanto, os inseticidas protetores têm aplicação direta no grão, a qual se dá por aplicação de uma solução inseticida sobre os grãos (WIJAYARATNE; ARTHUR; WHYARD, 2018).

O uso excessivo de inseticidas sintéticos pode propiciar a resistência em insetos-pragas. O motivo pela qual ocorre resistência nas populações de insetos é dependente do volume e frequência das aplicações dos inseticidas utilizados no manejo, além das capacidades inerentes das espécies de insetos também desempenham um papel significativo no desenvolvimento da resistência. Entre os fenômenos evolutivos, a resistência aos inseticidas é o de maior impacto econômico (NAQQASH et al., 2016).

Devido os problemas causado pelos inseticidas sintéticos como os impactos ambientais e sanitários, observa-se uma evolução sobre a consciência ambiental, além de uma preocupação com os impactos à saúde (DING et al., 2015), impulsionando o interesse no desenvolvimento de novas alternativas para o controle de pragas por métodos menos danosos, com um nível razoável de segurança ecológica e humana (JANKOWSKA et al., 2019).

Assim, a busca por sustentabilidade na agricultura está levando a mudança de agentes químicos por alternativas de menor risco, uma conversão que envolve frequentemente a implementação de inseticidas naturais, que são frequentemente referidos como bioinseticidas (CELESTINO et al., 2014).

3.5 Óleos essenciais

Óleos essenciais podem ser extraídos de diversas plantas e são ricos em compostos bioativos, que conferem a eles atividades biológicas (SOUZA et al., 2019).

A designação do óleo essencial refere-se às suas características hidrofóbicas e sua similaridade com os óleos em termos de viscosidade. Pois, eles são lipofílicos, líquidos, normalmente menos densos que a água e são substâncias altamente odoríferas. Quanto, o termo essencial consiste na essência nativa e fragrância específica da planta da qual o óleo é extraído (RAUT; KARUPPAYIL, 2014).

Os óleos essenciais e seus componentes tornaram-se objeto de crescente interesse na gestão integrada de pragas, sendo cada vez mais propostos como alternativa aos inseticidas sintéticos (PAVELA; BENELLI, 2016; ROMAN, 2016)

Sabe-se que as plantas e especiarias aromáticas apresentam compostos ativos capazes de inibir o crescimento microbiano, podendo atuar como agentes antimicrobianos (SANTOS et al., 2017). Além do mais, a maioria das plantas aromáticas ricas em óleos essenciais tem

potencial para funcionar como inseticidas e repelentes (JESSICA et al., 2017), pois possuem naturalmente capacidades bioativas contra inúmeros grupos de pragas, devido, em grande parte, ao seu desenvolvimento evolutivo, para própria defesa e em resposta a possíveis ataques (GONÇALVES; HUERTA; FREITAG, 2016). Porém ressalta-se que as plantas, podem atuar como sistemas atrativos e fazer a manutenção de inimigos naturais nas áreas cultivadas (RESENDE et al., 2015)

Os componentes principais podem constituir até 85% dos óleos essenciais, enquanto outros componentes estão presentes apenas como traço. A composição e as propriedades físico-químicas dos óleos essenciais são muito influenciadas pela espécie, parte da planta utilizada, origem geográfica, época da colheita, fase de desenvolvimento, idade das plantas e método de extração (RIBEIRO-SANTOS et al., 2015). A diferenciação da composição dos óleos essenciais de uma determinada espécie de planta, entre as épocas de colheita e fontes geográficas é decorrente, pelo menos em parte, da formação de substâncias antibacterianas a partir dos seus precursores.

Wang et al. (2019) avaliaram os efeitos fumigante, toxicidade de contato e atividade repelente destas plantas ou gênero óleos essenciais (OE) de quatro plantas de especiarias da família Lauraceae, sendo elas *Cinnamomum burmannii*, *Cinnamomum migao*, *Litsea pungens* e *Laurus nobilis* sobre *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae; besouro de farinha vermelha) e *Liposcelis bostrychophila* (Psocoptera: Liposcelididae; booklice).

3.6 *Cinnamomum cassia*

O gênero *Cinnamomum* pertence à família Lauraceae e compreende cerca de 250 espécies. Esse grande número de espécies oferece abundantes matérias-primas, uma vez que as especiarias e plantas dessa família possuem atividades amplamente biológicas (WANG et al., 2019). A família Lauraceae se concentra principalmente na Ásia tropical e subtropical, na Austrália e nas ilhas Pacíficas (WEI et al., 2017).

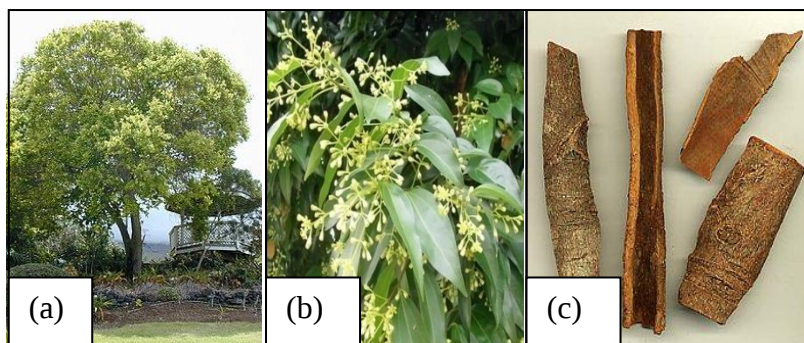
É uma árvore de ciclo perene que atinge de 8 a 9 metros de altura. A obtenção da canela é obtida do tronco da caneleira, uma árvore que tem seus galhos secos separados de suas “cascas” de cor marrom avermelhadas, muito perfumadas (WANG et al., 2019).

Devido às suas propriedades antimicrobiana, antioxidante e anticancerígena (WANG et al., 2019), *C. cassia* tem sido utilizada em alimentos, condimentos, cosméticos e medicamentos (UTCHARIYAKIAT et al., 2016). A FEMA (Flavor and Extract Manufacturers Association) considera os derivados de *Cinnamomum*, como os extratos e óleos essenciais, quando usados

como ingredientes aromatizantes, como GRAS (geralmente reconhecidos como seguros) (RIETJENS et al., 2020).

A Figura 2 apresenta uma imagem da árvore *Cinnamomum* (a) e das suas flores e folhas (b), e da *C. cassia* em pau (c).

Figura 2 - Árvore *C. cassia* (a); Flores e folhas da *C. cassia* (b); *C. cassia* em pau (c).



Fonte: Google Imagens (2020).

O componente principal do óleo essencial de *C. cassia* é o *trans*-cinamaldeído, representando cerca de 60 a 75% da composição total do óleo essencial (FIGUEIREDO et al., 2017). Uma maior concentração de *trans*-cinamaldeído é normalmente encontrada no óleo essencial destilado da casca do que da folha (DUSSAULT; VU; LACROIX, 2014).

Foi relatado que *trans*-cinamaldeído possui propriedades antifúngicas estimulantes (ANDRADE-OCHOA, 2015; SUN, 2016). Xie et al. (2017), relataram que o tratamento de *A. flavus* com cinamaldeído mostrou uma diminuição na germinação de esporos, juntamente com alterações significativas na morfologia e na ultraestrutura de hifas e esporos.

Ribeiro-Santos et al. (2017), avaliaram tanto a atividade antimicrobiana contra *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Penicillium* spp, como a atividade antioxidante dos óleos essenciais de *C. cassia* (canela) e *C. zeylanicum* (canela). Na qual, esses estudos mostraram forte atividade antimicrobiana, sendo que o óleo essencial de *C. cassia* apresentou maior eficiência na inibição do crescimento dos microrganismos testados e, seu composto principal, o cinamaldeído, mostrou o maior efeito antimicrobiano, seguido do eugenol. O óleo essencial de *C. zeylanicum* e seu composto principal, eugenol, mostraram a maior atividade antioxidante.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Manutenção da criação e reprodução e reprodução dos insetos

Os insetos *Sitophilus zeamais* utilizados nos experimentos foram obtidos em um silo da cidade de Tapejara - RS e foram mantidos no Laboratório de Biotecnologia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Câmpus de Erechim em frascos de 1 litro com milho sob condições aproximadas de 25°C e umidade relativa de 75%.

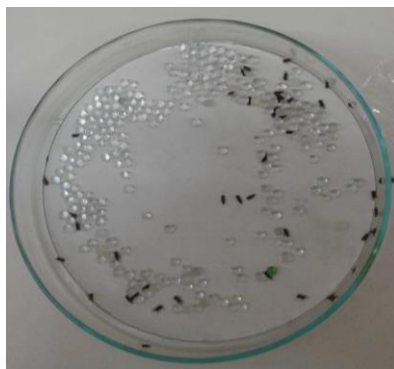
Para que ficassem estéreis, estando prontos para testes, os frascos com milho e insetos foram mantidos em freezer a – 80 °C por um período de 24 horas.

Para a realização dos bioensaios foram inoculados 20 insetos adultos em 20 frascos de 1L com milho, onde permaneceram durante 15 dias até a eclosão dos ovos. Após os 15 dias os insetos adultos foram retirados, procurando deixar nos vidros somente os ovos e ninfas. Estes insetos que vierem a eclodir foram utilizados para os experimentos seguintes, pois se encontrava na mesma faixa etária (PROCÓPIO et al., 2003). Sabe-se que em 15 dias esses insetos estariam prontos para eclosão dos ovos ou já em ninfa, devido a testes de observações realizados com os insetos.

4.2. Avaliação do efeito inseticida do óleo essencial de *C. cassia*

Para avaliação da atividade inseticida dos óleos essenciais, foram utilizadas placas circulares, conforme Figura 3, sendo que para este teste não foi usado substrato alimentar. Foram aplicadas diferentes concentrações (5, 10, 20, 30, 50, 100 e 120µL) de óleo em um papel filtro, e acrescentadas pérolas de vidro impedindo o contato direto do inseto com o óleo.

Figura 3 -Placa utilizada para testes de ação inseticida.



Fonte: Autor (2020).

Foram utilizados no teste 20 insetos adultos, não sexados. Após a aplicação do óleo, as placas foram mantidas em ambiente sem luz e aclimatizado (20°C e U.R. 65%), para após 24

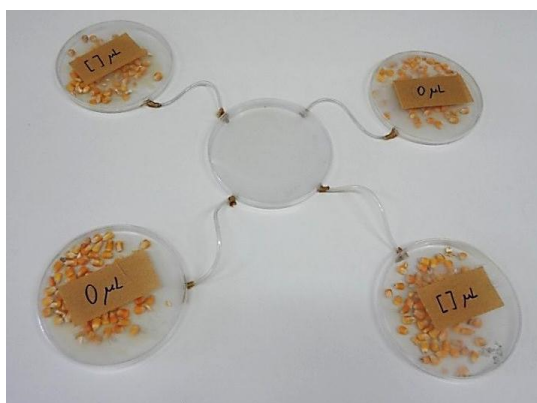
horas, contar o número de insetos mortos por placa (PROCÓPIO et al., 2003). Foi utilizado um delineamento experimental casualizado com seis repetições para cada concentração de óleo de canela cássia.

A curva de mortalidade foi obtida pela correlação entre a dose e o percentual de insetos mortos, e as doses letais (DL_{15} , DL_{30} e DL_{50}) foram determinadas a partir da equação da curva gerada.

4.3 Avaliação do efeito repelente em placas do óleo essencial de *C. cassia*

Para a avaliação do efeito repelente, foi feita uma arena (Figura 4), com cinco placas plásticas circulares com 14,0 cm de diâmetro, 2,0 cm de altura e 153,9 cm², sendo a central interligada simetricamente com as demais por mangueiras plásticas, dispostas diagonalmente (PROCÓPIO et al., 2003).

Figura 4 -Arena utilizada nos bioensaios para avaliação da repelência.



Fonte: Autor (2020).

Nos recipientes, exceto na placa central, colocou-se 20 g de grãos de milho. Na placa central, foram liberados 50 insetos adultos, não sexados, e após 24 horas foi feita a contagem. Antes dos experimentos os insetos ficaram por 3 horas sem contato com o substrato alimentar (TAVARES; VENDRAMIM, 2005). Utilizou-se o delineamento experimental casualizado, com três repetições.

Em concomitante, nas duas placas em lados opostos foi testada a concentração determinada pelas doses letais calculadas pela avaliação inseticida sendo elas DL_{15} , DL_{30} , e DL_{50} e as outras duas placas ficaram como testemunhas (sem óleo essencial). Após 24 horas foi feita a contagem dos insetos presentes nas placas com o tratamento e nas placas testemunha.

4.4 Avaliação do efeito inseticida e repelente em mini silos do óleo essencial de *Cinnamomum cassia*

O ensaio foi realizado em um recipiente central circular, medindo 13,5 cm de altura por 9 cm de diâmetro (858,8 cm³) e os laterais colocados opostos simetricamente possuíam 6 cm de altura por 4,5 cm de largura (95,4 cm³). Os mini silos, conforme Fig. 5, foram preparados com 50g de milho em cada recipiente menos no central. Em dois recipientes laterais foi aplicado o óleo essencial (tratamento) sobre um papel filtro na parte superior e inferior dos simuladores de mini silos e nos outros dois não havia óleo essencial, sendo considerados testemunha.

Figura 5 -Mini silos utilizados nos bioensaios para avaliação inseticida e repelente.



Fonte: Autor (2020).

A aplicação do óleo essencial em papel filtro colocado somente na parte superior e inferior dos silos simula uma aplicação em condições normais de uso, garantido que o efeito seja apenas por fumigação e não aplicação direta do mesmo sobre os grãos armazenados. Os recipientes que simulam silos (mini silos) apresentam proporções métricas similares a silos graneleiros comerciais, buscando uma condição mais próxima da realidade.

Nos ensaios foram usados 50 insetos adultos, não sexados, neste teste de mortalidade. As doses usadas para este teste foram 3000, 4000, 5000, 6000, 7500 e 9000 µL ou 31,45, 41,93, 52,41, 62,89, 78,62 e 94,34 µL/cm³. Após 24 horas contaram-se o número de insetos por mini silos. Antes dos experimentos os insetos ficaram por 3 horas sem contato com o substrato alimentar (TAVARES; VENDRAMIN, 2005).

Em concomitante foram testados a ação de repelência, nos dois mini silos em lados opostos foram testados a concentração determinada pelas doses letais calculadas pela avaliação inseticida sendo elas DL₃₀ e DL₅₀ e os outros dois mini silos ficaram como testemunhas (sem óleo essencial). Após 24 horas foi feita a contagem dos insetos por mini silos com o tratamento

e nos testemunha. É importante ressaltar que a testemunha dos experimentos não aparecerá nos resultados pelo fato de não influenciar na contagem dos insetos que estavam nos mesmos.

4.5. Avaliação do efeito antifúngico do óleo essencial de *C. cassia*

A atividade antifúngica do óleo essencial comercial de *C. cassia* (Ferquima) foi baseada na metodologia de Hadacek e Greger (2000), com o método de difusão em meio sólido com cavidades em placa, sobre três fungos: *Alternaria alternata*, *Aspergillus flavus* e *Penicillium crustosum*, obtidos junto ao Agricultural Research Service (ARS Culture Collection - NRRL).

Para os ensaios da atividade antifúngica, primeiramente realizou-se diferentes concentrações do óleo essencial comercial de *C. cassia* e do *trans*-cinamaldeído (10, 8, 5, 3, 1 e 0,5%; v/v) em água destilada estéril com 1% de Tween 80 e em seguida as diluições foram agitadas em agitador de tubos (Phoenix, AP 56) por 5 minutos antes da utilização.

Após a esterilização do meio Potato Dextrose Agar (PDA) (Merck) o mesmo foi resfriado até aproximadamente 40 °C, temperatura em que ainda está líquido e não provoca a morte do micro-organismo, que é adicionado ao meio na proporção 1 mL de suspensão fúngica (aproximadamente 10^6 UFC.mL⁻¹) para 20 mL de meio de cultura. Em seguida realizou-se o plaqueamento e após a solidificação do ágar, quatro cavidades foram feitas com cânulas de vidro estéreis com 6 mm de diâmetro, sendo então depositados 50 µL da solução com óleo essencial ou *trans*-cinamaldeído, 50 µL de Tween 80 (Dinâmica), utilizado como controle negativo, 50 µL de água estéril (controle negativo) e 50 µL de antifúngico comercial Canesten® (1% de clotrimazol) como controle positivo (Figura 6).

Figura 6 -Placa evidenciando as cavidades utilizadas para teste fungicida.



Fonte: Autor (2020).

Em seguida, incubou-se o sistema por 72 h a 25 °C em estufa (Tecnal, TE 392/2), sendo verificado a cada 24 h (LAUXEN, 2012). Os testes foram realizados em triplicata.

Logo após o crescimento do fungo, mediu-se o diâmetro total do halo, levando-se em consideração o diâmetro da cavidade (6 mm), e os resultados foram expressos em milímetros. A concentração inibitória mínima (CIM) foi considerada como a concentração de amostra capaz de desenvolver um halo de inibição do crescimento fúngico maior ou igual a 10 mm de diâmetro (LIMA et al., 2006).

A comparação das médias para avaliar o efeito antifúngico foi realizada através do Teste de Tukey ($p < 0,05$) com a utilização do programa SAS.

4.6 Análise estatística

A estimativa da DL_{50} , DL_{30} e DL_{15} , foi feita pela análise de Probit, utilizando o programa SPSS (ROSA et al., 2016).

Para comparar o grau de repelência dos diversos tratamentos, utilizou-se a Eq. (1), onde se estabelece um Índice de Preferência indicado por Procópio et al. (2003):

$$I.P. = \frac{\% \text{ de insetos no teste} - \% \text{ de insetos na testemunha}}{\% \text{ de insetos no teste} + \% \text{ de insetos na testemunha}} \quad (1)$$

Em que:

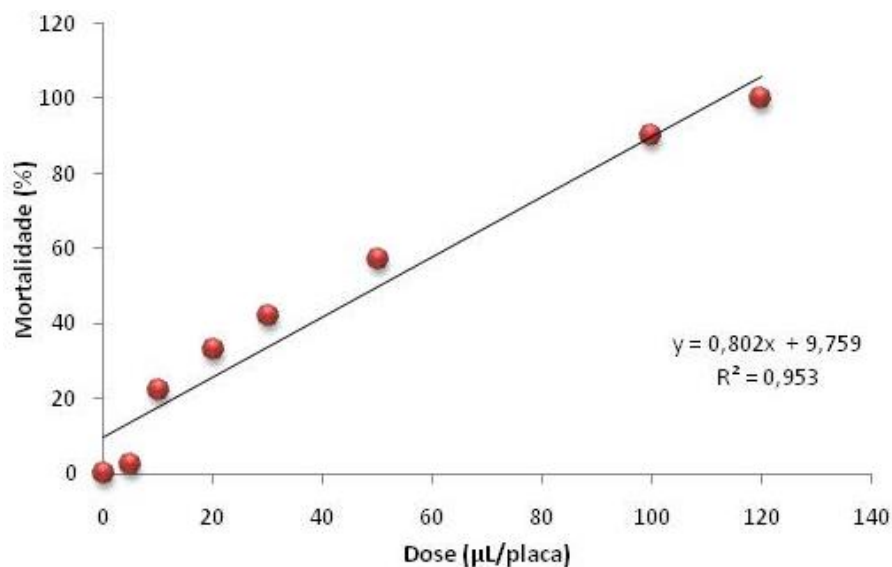
I.P.: -1,00 a -0,10 = Teste repelente; I.P.: -0,10 a +0,10 = Teste neutra; I.P.: +0,10 a +1,00 = Teste atraente.

As análises estatísticas de comparação entre os percentuais de insetos presentes no tratamento foram feitas por ANOVA seguida de teste de Tukey com 95% de confiança com auxílio do software SPSS student version e a correlação de Pearson entre as doses e os índices de preferência, no Excel.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliação do efeito inseticida do óleo essencial de *C. cassia*

O óleo essencial de *C. cassia* possui efeito inseticida nas doses testadas sobre *S. zeamais*, apresentando valores em torno de 22,5% de mortalidade com a dose de 10µL e 100% de mortalidade na dosagem de 120µL, conforme observa-se na Figura 7.

Figura 7 -Ação inseticida de *C. cassia* em *S. zeamais*.

A Tabela 1 apresenta a análise estatística de comparação das médias de mortalidade do *S. zeamais* com as doses testadas de óleo essencial de *C. cassia*. Observa-se que as doses de 120µL/placa, apresenta uma média de mortalidade de 100%, diferindo a nível de 5% quando comparadas com as outras doses. Assim, uma dose de 120 µL/placa (0,78 µL/cm²) é suficiente para se obter uma alta eficiência no controle de *S. zeamais* em condições experimentais.

Tabela 1 -Ação inseticida do óleo essencial de *C. cassia* sobre *S. zeamais*.

Doses	Mortalidade (%)
	<i>Sitophilus zeamais</i>
0,03 µL/cm ² (5 µL/placa)	0±0,00 ^h
0,06µL/cm ² (10 µL/placa)	2,4±0,14 ^g
0,13µL/cm ² (20 µL/placa)	22,5±0,07 ^f
0,19µL/cm ² (30 µL/placa)	33,15±0,21 ^e
0,26µL/cm ² (40 µL/placa)	42,15±0,21 ^d
0,32µL/cm ² (50 µL/placa)	57,15±0,21 ^c
0,65µL/cm ² (100 µL/placa)	90,05±0,07 ^b
0,78µL/cm ² (120 µL/placa)	100±0,00 ^a

*Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferenciam entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

Ribeiro et al. (2020), avaliando o efeito inseticida de *Croton rudolphianus* sobre *S. zeamais* encontraram resultados semelhantes com 100% de mortalidade em 125 µL/g de óleo essencial. Observando-se o efeito de *C. cassia* sobre *S. zeamais* nota-se um resultado crescente

de acordo com as dosagens aplicadas. Destacando-se ação inseticida relevante do óleo essencial utilizado.

5.2 Avaliação do efeito de repelência do óleo essencial de *C. cassia* em areias

A Tabela 2 mostra a análise estatística com a comparação média de porcentagem dos insetos no tratamento com óleo essencial no teste de repelência. Observa-se que as doses de 6,88 e 26,52 $\mu\text{L/placa}$, sendo elas, DL_{15} e DL_{30} , com uma porcentagem de insetos no tratamento de 14,67% e 10,67%, onde as mesmas não se diferem estatisticamente usando a comparação de média pelo Teste de Tukey ($p>0,05$), com diferença apenas entre a maior e menor dose testada. Observa-se também que ocorre uma diminuição do percentual de insetos com o aumento das doses, sendo que 0,04 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ foi de 14,67% e a 0,34 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ foi de 4,0%.

Tabela 2 - Ação de repelência óleo essencial de *C. cassia* sobre os *S. zeamais* no tratamento que contém óleo essencial.

Doses	% insetos no tratamento
0,34 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ (52,86 $\mu\text{L/placa}$)	4,00 $\pm$ 3,46 ^a
0,17 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ (26,52 $\mu\text{L/placa}$)	10,67 $\pm$ 2,31 ^{ab}
0,04 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ (6,88 $\mu\text{L/placa}$)	14,67 $\pm$ 3,06 ^b

*Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferenciam entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

A Tabela 3 apresenta os índices de preferência em relação às doses usadas no teste.

Tabela 3 - Relação Concentração testada e Índice de Preferencial dos Insetos *S. zeamaissobre* as concentrações testadas do óleoessencial de *C. cassia*.

Concentração	I.P	<i>C. Cassia</i>
0,34 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ (52,86 $\mu\text{L/placa}$)		-0,9
0,17 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ (26,52 $\mu\text{L/placa}$)		-0,7
0,04 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ (6,88 $\mu\text{L/placa}$)		-0,6

I.P.: onde -1,00 a -0,10 planta-teste repelente; I.P.: -0,10 a +0,10 planta-teste neutra; I.P.: +0,10 a +1,00 planta-teste atraente.

A dose de 0,34 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ (52,86 $\mu\text{L/placa}$), a DL_{50} , proporcionou o maior I.P. que foi de -0,9 indicando que esta dose têm a maior ação de repelência sobre os *S. zeamais*. As demais doses 0,17 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ (26,52 $\mu\text{L/placa}$) e 0,04 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ (6,88 $\mu\text{L/placa}$) tiveram ação de repelências,

mas menores comparados com a de maior dose testada, no qual o I.P. das mesmas foi de -0,7 e -0,6, respectivamente DL_{30} e DL_{15} .

A correlação entre as concentrações testadas e os respectivos índices de preferência foi de 0,994, comprovando que o aumento de concentração do óleo essencial induz a um aumento da repelência de *S. zeamais* em grãos de milho armazenados.

A Tabela 4 mostra a análise estatística com a comparação média de porcentagem dos insetos no tratamento com óleo essencial no teste de repelência em mini silos. Observa-se que as doses de 5000 e 6000 $\mu\text{L/silo}$, com uma porcentagem de insetos no tratamento de 59%, onde as mesmas não se diferem estatisticamente usando a comparação de média pelo Teste de Tukey ($p>0,05$), com diferença apenas entre a maior e menor dose testada. Observa-se também que ocorre uma diminuição do percentual de insetos com o aumento das doses, sendo que 31,45 $\mu\text{L/cm}^3$ foi de 8,5% e a 94,34 $\mu\text{L/cm}^3$ foi de 97,5% de mortalidade.

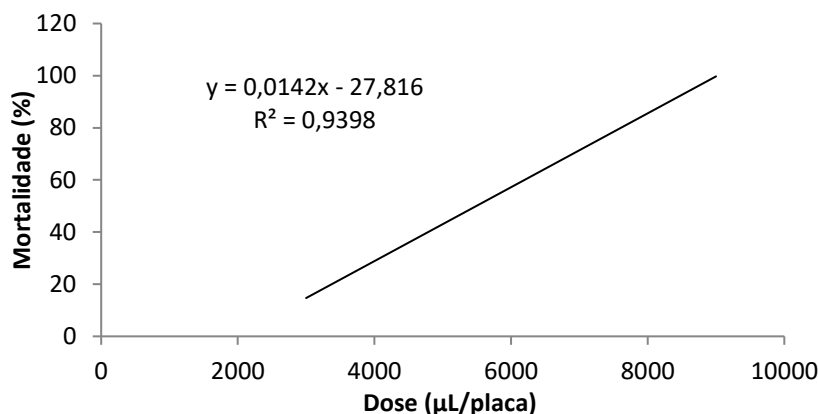
Tabela 4 - Ação de repelência óleo essencial de *C. cassia* sobre os *S. zeamais* no tratamento que contém óleo essencial.

Doses	Mortalidade (%)
	<i>Sitophilus zeamais</i>
31,45 $\mu\text{L/cm}^3$ (3000 $\mu\text{L/silo}$)	8,5 $\pm$ 0,71 ^e
41,93 $\mu\text{L/cm}^3$ (4000 $\mu\text{L/silo}$)	25 $\pm$ 1,41 ^d
52,41 $\mu\text{L/cm}^3$ (5000 $\mu\text{L/silo}$)	59 $\pm$ 1,41 ^c
62,89 $\mu\text{L/cm}^3$ (6000 $\mu\text{L/silo}$)	59 $\pm$ 1,41 ^c
78,62 $\mu\text{L/cm}^3$ (7500 $\mu\text{L/silo}$)	75,5 $\pm$ 0,71 ^b
94,34 $\mu\text{L/cm}^3$ (9000 $\mu\text{L/silo}$)	97,5 $\pm$ 2,12 ^a

*Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferenciam entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

A curva de mortalidade de *S. zeamais* em função da dose de óleo essencial de *C. cassia* é apresentada na Figura 8, a qual destaca-se com um R^2 de 0,939. Com a equação da reta determinou-se a DL_{50} , DL_{30} de *C. cassia* sobre *S. zeamais* onde gerou uma DL_{50} de 1582 $\mu\text{L/silo}$ (16,58 $\mu\text{L/cm}^3$) e uma DL_{30} de 156,43 $\mu\text{L/silo}$ (1,64 $\mu\text{L/cm}^3$). Observa-se a partir dos dados obtidos para DL_{50} , que é necessária uma dose letal baixa para obter-se a mortalidade de *S. zeamais*.

Figura 8 - Curva de mortalidade de *S. zeamais* em diferentes doses de *C. cassia*.



Os índices de preferência nos testes realizados com *S. zeamais* estão apresentados na Tabela 5 que se mostraram repelentes em todas as dosagens testadas, variaram entre -1 com 1582µL (DL₅₀), -0,8 com 156,73µL (DL₃₀). Foi observada correlação (Pearson = 0,99) entre as diferentes doses testadas e os respectivos índices de preferência.

Tabela 5 - Ação de repelência óleo essencial de *C. cassia* sobre os *S. zeamais* no tratamento que contém óleo essencial.

Doses	% insetos no tratamento
16,58 µL/cm ³ (1582 µL/silo)	-1,0
1,64 µL/cm ³ (156,43 µL/silo)	-0,8

I.P.: onde -1,00 a -0,10 planta-teste repelente; I.P.: -0,10 a +0,10 planta-teste neutra; I.P.: +0,10 a +1,00 planta-teste atraente.

A correlação entre as concentrações testadas e os respectivos índices de preferência, confirmam que o aumento de concentração do óleo essencial induz a um aumento da repelência de *S. zeamais* em grãos de milho armazenados, e que uma dose equivalente a DL₃₀ de *C. cassia* sobre *S. zeamais* é suficiente para sindeuzir a repelência dos insetos via fumigação dos grãos armazenados.

5.3 Atividade antifúngica do óleo essencial comercial de *C. cassia*

Os resultados da atividade antifúngica do óleo essencial de *C. Cassia* sobre os três fungos testados estão apresentados na Tabela 6.

O óleo essencial de *C. cassia* apresentou o valor de halo de inibição de 30 mm para *A. alternata* e *P. crustosum* e de 29 mm para *A. flavus* na maior concentração testada (10%).

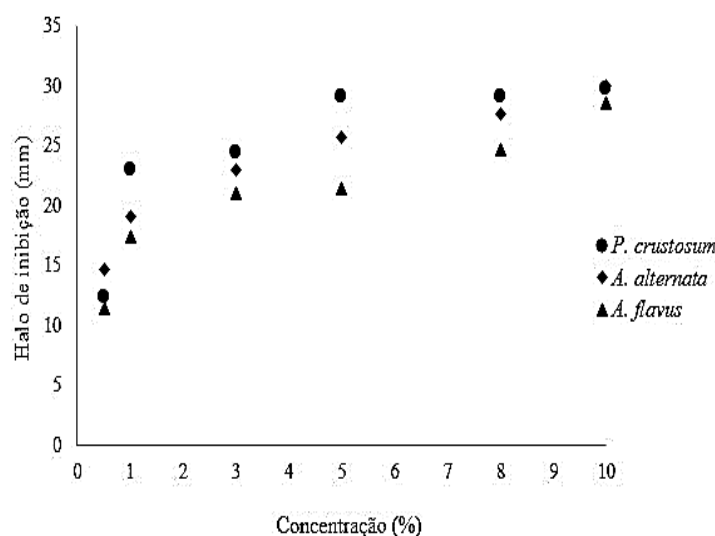
Tabela 6 - Diâmetro médio de halo (mm) de diferentes concentrações do óleo essencial (OE) de *C. cassia* sobre *A. alternata*, *A. flavus* e *P. crustosum*.

Concentrações do OE	<i>A. alternata</i>	<i>A. flavus</i>	<i>P. crustosum</i>
	Diâmetro do halo (mm)		
10%	30 ^a ± 1	29 ^a ± 2	30 ^a ± 1
8%	28 ^{ab} ± 1	25 ^b ± 1	29 ^a ± 1
5%	26 ^{bc} ± 1	21 ^c ± 1	29 ^a ± 1
3%	23 ^{cd} ± 3	21 ^c ± 0	24 ^b ± 2
1%	19 ^d ± 1	17 ^d ± 2	23 ^b ± 1
0,5%	15 ^e ± 1	11 ^e ± 1	12 ^c ± 1

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A fim de visualizar melhor os dados da atividade antifúngica do óleo essencial de *C. cassia* construiu-se um gráfico relacionando a concentração do óleo essencial com a formação do halo de inibição, representado na Figura 9.

Figura 9 - Tamanho dos halos de inibição do óleo essencial de *C. cassia* sobre *A. alternata*, *A. flavus*, e *P. crustosum*.



Para o óleo essencial, a CIM, concentração necessária para formar um halo de inibição igual ou maior a 10 mm de diâmetro, para os três fungos testados foi de 0,5%. Com base nos resultados da CIM o fungo mais sensível foi *A. alternata*, seguido de *P. crustosum* e *A. flavus* foi o micro-organismo mais resistente, formando o menor halo de inibição (11 mm) na concentração de 0,5%.

Wang et al. (2018), avaliaram a atividade antifúngica de 11 óleos essenciais sobre três fungos toxigênicos, *A. flavus*, *A. carbonarius* e *P. viridicatum*, através da determinação do diâmetro da zona fúngica, entre eles o óleo essencial de *C. cassia*, e verificaram que este estava entre os 4 óleos essenciais com maior atividade antifúngica. Além disso, os autores realizaram experimentos com seis dos principais componentes ativos encontrados em óleos essenciais, incluindo *trans*-cinamaldeído, e os resultados indicaram que este composto, pode contribuir para o efeito antifúngico.

Xie et al. (2017), investigaram as atividades antifúngicas de óleos essenciais da casca da espécie Lauraceae, do broto do cravo, do cinamaldeído e de derivados do eugenol contra os fungos fitopatogênicos *Rhizoctonia solani* e *Fusarium oxysporum*, e observaram inibição do crescimento micelial provocado pelos dois óleos essenciais. Segundo os mesmos autores, as características estruturais dos compostos presentes nos óleos essenciais pode ter relação com a atividade, para os derivados do cinamaldeído a atividade antifúngica pode estar relacionada à ligação dupla conjugada e ao comprimento da cadeia CH ligada ao anel, outro fator que pode ter influência é a lipofilicidade do composto.

6. CONCLUSÃO

Comprovou-se que *C. cassia* possui ação inseticida em todas as dosagens testadas ao longo do tempo e que em 24 horas de exposição nas dosagens mais altas testadas já foi o suficiente para a morte dos insetos presentes nos grãos. Com base nos resultados obtidos neste trabalho evidenciou-se que o óleo essencial de *C. cassia* mostrou repelência sobre *S. zeamais* no bioensaio com arenas.

Em relação à ação repelente constatou-se que o óleo essencial de *C. cassia* apresentou repelência sobre *S. zeamais* no bioensaio com mini silos, indicando a ação de repelência em todas as doses letais testadas, com correlação positiva entre as doses avaliadas e o aumento da repelência.

No teste antifúngico, pode-se considerar o óleo essencial de *C. cassia* uma alternativa no controle do desenvolvimento de fungos filamentosos. O óleo essencial de *C. cassia*

apresentou-se como potencial agente para redução de perdas causadas por fungos em grãos de milho armazenados e, principalmente para a redução da incidência de micotoxinas nestes.

Levando em consideração ao aspecto ecológico deste trabalho, obteve-se resultados promissores, indicando que os agricultores poderão deixar de usar inseticidas industriais prejudiciais ao meio ambiente e ao responsável pela aplicação desses produtos, substituindo-os por especiarias pertencentes ao ambiente. Ressalta-se que a planta libera através do contato com o oxigênio, alguns de seus componentes químicos quando colocada em meio aos grãos de milho e em ambiente fechado, repelindo os insetos. Possibilitando assim, uma forma de visar lucros e não necessitando somente do óleo para repelir os insetos.

Considerando a possibilidade de que insetos podem adquirir resistência contra princípios ativos de diferentes origens, o estudo dos óleos essenciais pode ser alternativa aos novos bioprodutos usados diretamente no controle de insetos ou mesmo, novos modelos moleculares para a produção de pesticidas menos agressivos para o ambiente. Recomenda-se o uso do óleo essencial de *C. cassia* em grãos armazenados, porém são necessários estudos complementares, visando oferecer ao usuário um produto eficiente, de baixo custo e seguro do ponto de vista toxicológico.

7. REFERÊNCIAS

- ALBUZAUDI, M.; EERIKAINEN, T.; TURUNEN, O.; GHELAWI, M.; ASSAD, E. H.; TAWALBEH, M.; BEDADE, D.; SHAMEKH, S. Effect of gamma irradiation and heat treatment on the artificial contamination of maize grains by *Aspergillus flavus* Link NRRL 5906. **Journal of Stored Products Research**, v. 71, p. 57-63, 2017.
- ALIM, M.; IQBAL, S. Z.; MEHMOOD, Z.; ASI, M. R.; ZIKAR, H.; CHANDA, H.; MALIK, N. Survey of mycotoxins in retail market cereals, derived products and evaluation of their dietary intake. **Food Control**, v. 84, p. 471-477, 2018.
- AMOABENG, W. B.; JOHNSON, A. C.; GURR, G. M. Natural enemy enhancement and botanical insecticide source: a review of dual use companion plants. **Applied Entomology and Zoology**, v. 54, n. 1, p. 1-19, 2019.
- ANDRADE-OCHOA S.; NEVAREZ-MOORILLON G. V; SANCHEZ-TORRES L. E; VILLANUEVA-GARCIA M.; SANCHEZ-RAMIREZ B. E.; RODRIGUEZ-VALDEZ L. M., RIVERA-CHAVIRA B. E. Quantitative structure-activity relationship of molecules constituent of different essential oils with antimycobacterial activity against *Mycobacterium tuberculosis* and *Mycobacterium bovis* BMC Complement. **Alternative Medicine**, v. 15, p. 332, 2015.
- BESPALHOK, D. N.; RENESTO, E.; SIGNORINI, T. Enzyme Polymorphism in *Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763) and *Sitophilus zeamais*(Motschulsky, 1855) (Coleoptera, Curculionidae) in southern Brazil. **Biological Sciences**, v. 37, n. 2, p. 205-211, 2015.

BRASIL. Projeções do Agronegócio: Brasil 2017/18 a 2027/28 projeções de longo prazo, **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, Brasília, p. 112, 2018.

CARVALHO, F. P. Pesticides, environment, and food safety. **Food and Energy Security**, v. 6, n. 2, p. 48-60, 2017.

CASINI, C.; SANTA JULIA, M. Programa Nacional Agroindustria y Valor Agregado. **Control de Plagas en Granos Almacenados**. 2015. Disponível em: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/postcosecha/ControlPlagasGranosAlmacenados.asp>. Acesso em: 25 de abril de 2020.

CASTRO, J. C.; ENDO, E. H.; SOUZA, M. R.; ZANQUETA, E. B.; POLONIO, J. C.; PAMPHILR, J. A.; UEDA-NAKAMURA, Y.; NAKAMURA, C. V.; FILHO, B. P. D.; FILHO, B. A. A. Bioactivity of essential oils in the control of *Alternaria alternata* in dragon fruit (*Hylocereus undatus* Haw.). **Industrial Crops and Products**, v. 97, p. 101-109, 2017.

CELESTINO, D.; BRAOIROS, G. I.; RAMOS, R. S.; GONTIJO, L. M.; GUEDES, R. N. C. Azadirachtin-mediated reproductive response of the predatory pirate bug *Blaptostethus pallescens*. **Bio Control**, v. 59, n. 6, p. 697–705, 2014.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da safra de grãos**, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 29 de Abril de 2020.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da safra de grãos**, 2020. Disponível em: https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/31188_59a3ca776bb30fa3764094b3acad2b1c. Acesso em: 29 de Abril 2020.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da safra de grãos**, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 29 de Abril 2020.

DING, G.; CUI, C.; CHEN, L.; GAO, Y.; ZHOU, Y.; SHI, R.; TIAN, Y. Prenatal exposure to pyrethroid insecticides and birth outcomes in Rural Northern China. **Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology**, v. 25, n. 3, p. 264–270, 2015.

DUSSAULT, D.; VU, K. D.; LACROIX, M. *In vitro* evaluation of antimicrobial activities of various commercial essential oils, oleoresin and pure compounds against food pathogens and application in ham. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p. 514–520, 2014.

FIGUEIREDO, C. S. S. S.; OLIVEIRA, P. V.; SAMINEZ, W. F. S.; DINIZ, R. M.; RODRIGUES, J. F. S.; DINIZ, R. M.; MAIA, M. S.; SILVA, L. C. N.; GRISOTTO, M. A. G. Óleo essencial da canela (Cinamaldeído) e suas aplicações biológicas. **Revista de Investigação Biomédica**, v. 9, n. 2, p. 192-197, 2017.

GASQUES, J. G.; SOUZA, G. da S.; BASTOS, E. T. Tendências do agronegócio brasileiro para 2017-2030. In: RODRIGUES, R. (org.). **Agro é paz: análises e propostas para o Brasil alimentar o mundo**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2018. p. 31-68.

GOLDEN, G.; QUINN, E.; SHAAYA, E.; KOVSKY, M.; POVERENOV, E. Coarse and nano emulsions for effective delivery of natural pest control agent pulegone for stored grain protection. **Pest Management Science**, v. 74, p. 820-827, 2017.

GOLDEN, G.; QUINN, E.; SHAAYA, E.; KOSTYUKOVSKY, M.; POVERENOV, E. Coarse and nano emulsions for effective delivery of the natural pest control agent pulegone for stored grain protection. **Pest Management Science**, v. 74, n. 4, p. 820–827, 2018.

GONÇALVES, V. de M.; HUERTA, M.; FREITAG, R. A. Potencial de plantas acaricidas no controle de carrapatos *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública**, v. 3, n. 1, p. 14-22, 2016.

HADACECK, F.; GREGER, H. Testing of antifungal natural products: methodologies, comparability of results and assay choice. **Phytochemistry Anal**, v. 11, p. 137-147, 2000.

HERNANDEZ, N. J. F.; DAGLISH, G. J.; HAGSTRUM, D. W.; LESLIE, J. F.; PHILLIPS, T. W.; SCOGGIO, C. Ecological networks in stored grain: key postharvest nodes for emerging pests, pathogens and mycotoxins. **Bioscience**, v. 65, p. 985-1002, 2015.

HERRENDORF, B.; SCHOELLMAN, T. B. Why is measured productivity so low in agriculture?. **Review of Economic Dynamics**, v. 18, n. 4, p. 1003-1022, 2015.

JANKOWSKA, M.; LAPIED, B.; JANKOWSKI, W.; STANKIEWICZ, M. The unusual action of essential oil component, menthol, in potentiating the effect of the carbamate insecticide, bendiocarb. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 158, p. 101–111, 2019.

JESSICA E. D. L. T.; GASSARA, F.; KOUASSI, A. P.; BRAR, S. K.; BELKACEMI, K. Spice use in food: Properties and benefits. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 6, p. 1078–1088, 2017.

JUAN-GARCIA, A.; JUAN, C.; KONIG, S.; RUIZ, M. J. Cytotoxic effects and degradation products of three mycotoxins: Alternariol, 3-acetyl-deoxynivalenol and 15-acetyldeoxynivalenol in liver hepatocellular carcinoma cells. **Toxicology Letters**. v. 235, n. 1, p. 8-16, 2015.

KUMAR, S.; MOHAPATRA, D.; KOTWALIWALE N.; SINGH K.K. Vacuum hermetic fumigation: A review. **Journal of Stored Products Research**, v. 71, p. 47-56, 2017.

LAUXEN, F. R. **Estudo do efeito repelente, inseticida e antifúngico do óleo essencial de *Baccharis trimera* (Less.) DC e *Baccharis articulata* (Lam.) no controle de insetos e fungos em grãos armazenados**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, p. 64, 2012.

LIMA, I.O.; GUERRA, O. R. A.; OLIVEIRA, L. E.; PORTO, F. N. M; LEITE, S. E. Atividade antifúngica de óleos essenciais sobre espécies de *Candida*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, n. 2, p. 197-201, 2006.

LIN, C.Y.; ZHI, W.; ZHAO, J.; LI, W.; ZANG, L.; LIU, F.; NIU, X. Complementary relationship between *trans*-cinnamaldehyde and transcinnamyl acetate and their seasonal

variations in *Cinnamomum mosmophloeum* ct. cinnamaldehyde. **Industrial Crops & Products**, v. 127, p. 172–178, 2019.

LORINI, I. Descrição, biologia e danos das principais pragas de grãos e sementes armazenadas. In: LORINI, I. et al. (Ed.). **Armazenagem de Grãos**. Jundiaí, IBGE, p. 363- 382, 2018.

LORINI, I. Perdas anuais em grãos armazenados chegam a 10% da produção nacional. **Revista Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 13, p. 127-129, 2015.

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

MARTINS, C.; ASSUNÇÃO, R.; CUNHA, S. C.; FERNANDES, J. F.; JAGER, A.; PETTA, T.; OLIVEIRA, C. A.; ALVITO, P. Assessment of multiple mycotoxins in breakfast cereals available in the Portuguese Market. **Food Chemistry**, v. 239, p. 132-140, 2018.

MAPA-MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **AGROFIT – Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. 2018. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/lap_praga_detalhe_cons?p_id_cultura_praga=3233. Acesso em: 17 abril 2020.

MILLS, N. J. Plant Health Management: In: VAN ALFEN, N.K. (Ed.). Biological control of insect pests. Encyclopedia of agriculture and food systems. **Academic Press Oxford**. p. 375-387, 2014.

MIRANDA, R. A. de. Uma história de sucesso da civilização. **A Granja**, v. 74, n. 829, p. 24-27, 2018.

MOSTAFALOU, S.; ABDOLLAHI, M. Pesticides: an update of human exposure and toxicity. **Toxicology**, v. 91, n. 2, p. 549-599, 2017.

NAQQASH, M. N.; GÖKÇE, A.; BAKHSH, A.; SALIM, M. Insecticide resistance and its molecular basis in urban insect pests. **Parasitology Research**, v. 115, n. 4, p. 1363–1373, 2016.

NETO, A. C. R.; NAVARRO, B. B.; CANTON, L.; MARASCHIN, M.; DI PIERO, R. M. Antifungal activity of palmarosa (*Cymbopogon martinii*), tea tree (*Melaleuca alternifolia*) and star anise (*Illicium verum*) essential oils against *Penicillium expansum* and their mechanisms of action. **LWT – Food Science and Technology**, v. 105, p. 385-392, 2019.

NGANGA, J.; MUTUNGI, C.; IMATHIU, S.; AFFOIGNON, H. Effect of triple-layer hermetic bagging on mould infection and aflatoxin contamination of maize during multi-month onfarm storage in Kenya. **Journal of Stored Products Research**, v. 69, p. 119–128, 2016.

OUESLATI, S.; BERRADA, H.; MANES, J.; JUAN, C. Presence of mycotoxins in Tunisian infant foods samples and subsequent risk assessment. **Food Control**, v. 84, p. 362-369, 2018.

OLDENBURG, E.; HÖPPNER, F.; ELLNER, F.; WEINERT, J. Fusarium diseases of maize associated with mycotoxin contamination of agricultural products intended to be used for food and feed. **Mycotoxin Research**, v. 33, p. 167-182, 2017.

OOI, L.S.M.; WANG, S.-L.; WONG, H.; VINCENT, E. O. Antimicrobial activities of cinnamon oil and cinnamaldehyde from the Chinese medicinal herb *Cinnamomum cassia* Blume. **The American Journal of Chinese Medicine**, v. 34, n. 03, p. 511–522, 2006.

PAVELA, R.; BENELLI, G. Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. **Trends in Plant Science**, v. 21, n. 12, p. 1000–1007, 2016.

PEIXOTO, M. G.; BACCI, L.; BLANK, A. F.; ALBANO ARAUJO, A. P.; ALVES, P.B.; SANTOS SILVA, J. H.; SANTOS, A. A.; OLIVEIRA, A. P.; DA COSTA, A. S.; ARRIGONI-BLANK, M. de F. I. Toxicity and repellency of essential oils of *Lippia alba* chemotypes and their major monoterpenes against stored grain insects. **Industrial Crops and Products**, v. 71, p. 31–36, 2015.

PROCÓPIO, S. O. DE; VENDRAMIN, J. D.; RIBEIRO, J. I. J. R.; SANTOS, J. B. DOS. Bioatividade de diversos pós de origem vegetal em relação *Sitophilus zeamais* MOST. (CLEOPTERA: Curculionidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 6, p. 1231-1236, 2003.

RAUT, J. S.; KARUPPAYIL, S. M. A status review on the medicinal properties of essential oils. **Industrial Crops and Products**, v. 62, p. 250-264, 2014.

RESENDE, A. L. S.; FERREIRA, R. B.; SOUZA, B. Attractiveness of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) adults to volatile compounds of coriander, dill and fennel (Apiaceae) in laboratory conditions. **Revista Ceres**, v. 62, n. 1, 2015.

RIBEIRO, I. A. T. A.; SILVA, R.; SILVA, A. G. S.; MILET-PINHEIRO, P.; PAIVA, P. M. G.; NAVARRO, D. M. 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 rudo lphianus* leaves. **Crop Protection**, v. 129, p. 105043, 2020.

RIBEIRO-SANTOS, R.; ANDRADE, M.; MADELLA, D.; MARTINAZZO, A. P.; DE AQUINO GARCIA MOURA, L.; DE MELO, N. R.; SANCHES-SILVA, A. Revisiting an ancient spice with medicinal purposes: Cinnamon. **Trends in Food Science & Technology**, v. 62, p. 154–169, 2017.

RIBEIRO-SANTOS, R.; CARVALHO-COSTA, D.; CAVALEIRO, C.; COSTA, H. S.; ALBUQUERQUE, T. G.; CASTILHO, M. C.; RAMOS, F.; MELO, N. R.; SANCHES-SILVA, A. A novel insight on an ancient aromatic plant: The rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). **Trends in Food Science & Technology**, v. 45, n. 2, p. 355–368, 2015.

RIEGER, K. A.; SCHIFFMAN, J. D. Electrospinning an essential oil: Cinnamaldehyde enhances the antimicrobial efficacy of chitosan/poly (ethylene oxide) nanofibers. **Carbohydrate Polymers**, v. 113, p. 561–568, 2014.

RIETJENS, I. M. C. M. et al. FEMA GRAS assessment of natural flavor complexes: *Cinnamomum* and Myroxylon-derived flavoring ingredients. **Food and Chemical Toxicology**, v. 135, p. 110-949, 2020.

ROSA, C. S.; VERAS, K. S.; SILVA, P. R.; LOPES NETO, J. J.; CARDOSO, H. L. M.; ALVES, L. P. L.; BRITO, M. C. A.; AMARAL, F. M. M.; MAIA, J. G. S.; MONTEIRO, O. S.; MORAES, D. F. C. Composição química e toxicidade frente *Aedes aegypti* L. e *Artemia salina* Leach do óleo essencial das folhas de *Myrciasylvatica* (G. Mey.) DC. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, p. 19-26, 2016.

SANTOS, R.; REGIANE e ANDRADE; MARIANA e MADELLA; DAYANA e MARTINAZZO P.; ANA e MOUTA A. G.; LÍVIA e MELO; NATHÁLIA e SANCGES-SILVA A.; MARTINAZZO, A. P.; MOURA, L. A. G.; MELO, N. R.; SANCHES-SILVA, A. Revisiting an ancient spice with medicinal purposes: *Cinnamon*. **Trends in Food Science and Technology**, v. 62, p. 154–169, 2017.

SHU, C.; ZHAO, H.; JIAO, W.; LIU, B.; CAO, J. JIANG, W. Antifungal efficacy of ursolic acid in control of *Alternaria alternata* causing black spot rot on apple fruit and possible mechanisms involved. **Scientia Horticulturae**, v. 256, p. 108-636, 2019.

SILVA, F. M. da; ALVES, L. S.; BOTELHO, F. B.; SILVA, I. S. Liquidez dos contratos futuros de milho negociados na BM&FBOVESPA. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v. 9, n. 1, p. 26-44, 2017.

SOUZA, V. G. L.; RODRIGUES, C.; FERREIRA, L.; PIRES, J. R. A.; DUARTE, M. P.; COELHO, I.; FERNANDO, A. L. *In vitro* bioactivity of novel chitosan bionanocomposites incorporated with different essential oils. **Industrial Crops and Products**, v. 140, p. 111563, 2019.

STEJSKAL, V.; HUBERT, J.; AULICKY, R.; KUCEROVA, Z. Overview of present and past and pest-associated risks in stored food and feed products: European perspective. **Journal of Stored Products Research**, v. 64, p. 122-132, 2015.

SULEIMAN, R.; WILLIAMS, D.; NISSEN, A.; BERN, C; ROSENTRATER, K. Is flint corn naturally resistant to *Sitophilus zeamais* infestation. **Journal of Stored Products Research**, v. 60, p. 19-24, 2015.

TAK, J. H.; JOVEL, E.; ISMAN, M. B. Comparative and synergistic activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil constituents against the larvae and an ovarian cell line of the cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae). **Pest Management Science**, v. 72, n. 3, p. 474-480, 2016.

TAVARES, M. A. C.; VENDRAMIM, J. D. Bioatividade da Erva-de-Santa-Maria, *Chenopodium ambrosioides* L., sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**. Londrina, v. 34, n. 2, p. 319-323, 2005.

USDA. **World Agricultural Production**. Office of Global Analysis, International Production Assessment Division (IPAD), Washington, DC, 2019.

USDA. **World Agricultural Production**. Office of Global Analysis, International Production Assessment Division (IPAD), Washington, DC, 2018.

UTCHARIYAKIAT, I.; SURASSMO, S.; JATURANPINYO, M.; KHUNTAYAPORN, P.; CHOMNAWANG, M. T. Efficacy of cinnamon bark oil and cinnamaldehyde on anti-multidrug resistant *Pseudomonas aeruginosa* and the synergistic effects in combination with other antimicrobial agents. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 16, n. 1, p. 158, 2016.

VALMORBIDA, R. **Fungos e micotoxinas em grãos de milho (*Zea mays* L.) e seus derivados produzidos no estado de Rondônia, região norte do Brasil**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), p. 151, 2016.

VÉLEZ, M.; BARBOSA, W. F.; QUINTERO, J.; CHEDIAK, M.; GUEDES, R. N. C. Deltamethrin- and spinosad-mediated survival, activity and avoidance of the grain weevils *Sitophilus granarius* and *S. zeamais*. **Journal of Stored Products Research**, v. 74, p. 56–65, 2017.

WALE, M.; ASSEGIE, H. Efficacy of castor bean oil (*Ricinus communis* L.) against maize weevils (*Sitophilus zeamais* Mots.) in northwestern Ethiopia. **Journal of Stored Products Research**, v. 63, p. 1-88, 2015.

WANG, Y.; ZHANG, L.; FENG, Y.; ZHANG, D.; GUO S.; PANG, X.; GENG, Z.; XI, C., DU, S. Comparative evaluation of the chemical composition and bioactivities of essential oils from four spice plants (Lauraceae) against stored-product insects. **Industrial Crops and Products**, v. 140, p. 111640, 2019.

WANG, H.; YANG, Z.; YING, G.; YANG, M.; NIAN, Y. WEI, F.; KONG, W. Antifungal evaluation of plant essential oils and their major components against toxigenic fungi. **Industrial Crops and Products**, v. 120, n. 15, p. 180-186, 2018.

WEI, L.; HUA, R.; LI, M.; HUANG, Y.; LI, S.; HE, Y.; SHEN, Z. Chemical Composition and biological activity of star anise *Illicium verum* extracts against maize weevil, *Sitophilus zeamais* adults. **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 1, p. 80, 2014.

WEI, X.; LI, G. H.; WANG, X. L, HE, J.X, WANG, X. N, REN, D. M, LOU, H.X, SHEN, T. Chemical constituents from the leaves of *Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Meisn. (Lauraceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 70, p. 95–98, 2017.

WIJAYARATNE L. K. W; ARTHUR F. H; WHYARD S. Methoprene and control of stored-product insects. **Journal of Stored Products Research**, v. 76, p. 161-169, 2018.

XIE, Y.; HUANG, Q.; WANG, Z.; CAO, H.; ZHANG, D. 2017. Structure-activity relationships of cinnamaldehyde and eugenol derivatives against plant pathogenic fungi. **Industrial Crops and Products**, v. 97, p. 388–394, 2017.

XU, L.; TAO, N.; YANG, W.; JING, G. Cinnamaldehyde damaged the cell membrane of *Alternaria alternata* and induced the degradation of mycotoxins *in vivo*. **Industrial Crops and Products**, v. 112, p. 427-433, 2018.

ZAHORANOVÁ, A.; HOPPANOVÁ, L.; SIMONCICOVÁ J.; KELAR, T. Z.; MEDVECKA, V.; HUDECOVA, D; LAINAKOVA, B; KOVACIK, D.; CERNAK, M. Effect of cold atmospheric pressure plasma on maize seeds: enhancement of seedlings growth and surface microorganisms inactivation. **Plasma Chemistry Plasma Processing**, v. 38, p. 969–988, 2018.

ANEXO

Laudo Técnico do óleo essencial de Canela Cássia (*Cinnamomum cassia*).



LAUDO TÉCNICO
Óleo Essencial de Canela Cássia
(Cinnamomum cassia)

Lote: 225	CAS Number: 8007-80-5
Fabricação: Junho/2018	Validade: Junho/2021

Itens Controlados	Resultados	Especificações
Aparência	Líquido	Líquido
Cor	Amarelo	Amarelo a Marrom
Impurezas	Isento	Isento
Odor	Característico	Característico
Densidade (20°C)	1,053	1,045 – 1,065
Índice de Refração (20°C)	1,612	1,595 – 1,615
Rotação Ótica		[-1° ; +1°]
Data da Análise	24/08/2018	
Origem	China	
Resultado	Aprovado	
Principais Componentes (aprox.)	Aldeido cinâmico = 80% Cumarina = 2% Benzaldeído = 2% Álcool cinâmico= 2 % Estireno = 2%	
Extração	Destilação a vapor das folhas, talos, casca	
Obs.: não contem OGM nem foi utilizado para teste em animais.		
Este produto é 100% puro, isento de solvente e diluente e segundo a RDC 481/99, não suscetível a contaminação microbiológica.		
Recomendações Especiais		
Manuseio	Perigos mínimos, máscara e luvas recomendável. Não ingerir. Não colocar o produto em contato com a pele, olhos e mucosa. Se isso ocorrer, lavar imediatamente com água límpida em abundância. Pode causar irritação à pele sensível. Em caso de derramamento, absorver o material derramado com material absorvente (areia, terra).	
Incêndio	Caso haja fogo, utilizar extintor de pó químico seco e água em forma de neblina, não utilizando jatos de água para não espalhar o produto. Flash Point: 91°C.	
Explosividade	Nenhum perigo em condições normais.	
Uso	Este produto destina-se exclusivamente ao uso profissional / industrial e como é elaborado a partir de substâncias naturais pode apresentar pequenas variações de cor e cromatografia sem causar qualquer problema na performance do produto.	
Armazenamento	Armazenar em local seco, longe de umidade e do calor, protegido da luz, em recipiente original bem vedado. Não reutilizar a embalagem vazia.	
Transporte	Número de risco:60 / Número da ONU:2810 / Classe ou Subclasse de risco: 6.1 / Descrição da classe ou subclasse: Tóxico, líquido, orgânico / Grupo de Embalagem: III	