


WEVERTON PERONI SANTOS



**ÓLEO ESSENCIAL DE *Piper aduncum*: TOXICIDADE PARA
Sitophilus zeamais E EFEITOS SOBRE A QUALIDADE DOS GRÃOS
DE MILHO**

RIO BRANCO – AC

2021

WEVERTON PERONI SANTOS

**ÓLEO ESSENCIAL DE *Piper aduncum*: TOXICIDADE PARA
Sitophilus zeamais E EFEITOS SOBRE A QUALIDADE DOS GRÃOS
DE MILHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Adalberto Hipólito de Sousa
Coorientador: Dr. Lucas Martins Lopes

RIO BRANCO – AC

2021

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

S729o Santos, Weverton Peroni, 1994- .
Óleo essencial de *Piper aduncum* : toxicidade para *Sitophilus zeamais* e efeitos sobre a qualidade de grãos de milho / Weverton Peroni Santos. – 2021.
58f. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Acre. Centro de Ciências Biológicas e da Natureza. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Mestrado em Produção Vegetal. Rio Branco, Acre, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Adalberto Hipólito de Sousa.

Coorientação: Dr. Lucas Martins Lopes.

Inclui referências e apêndice.

1. Bioinseticida. 2. Grãos armazenados. 3. Caruncho-do-milho. 4. Piperaceae. I. Sousa, Adalberto Hipólito de (orientador). II. Lopes, Lucas Martins (coorientador). III. Universidade Federal do Acre. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. IV. Título

CDD: 338

WEVERTON PERONI SANTOS

**ÓLEO ESSENCIAL DE *Piper aduncum*: TOXICIDADE PARA
Sitophilus zeamais E EFEITOS SOBRE A QUALIDADE DOS
GRÃOS DE MILHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADA em 30 de setembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA



Dr. Adalberto Hipólito de Sousa (Orientador)
UFAC



Dra. Josiane Moura do Nascimento
Membro



Dra. Tancredo Augusto Feitosa de Souza
Membro – Ufac

RIO BRANCO – AC

2021

AGRADECIMENTOS

A minha família pelo amor, confiança e incentivo que sempre me apoiou e nunca me deixou faltar recursos para que pudesse continuar na formação acadêmica, em especial aos meus pais, Hilton da Silva Santos e Eliane Maria Peroni Santos, meu padrasto, Elizeu dos Santos e irmãos, Weliton Peroni Santos e Diogo Santos.

Ao meu orientador Dr. Adalberto Hipólito de Sousa, pela amizade, respeito, orientação, disponibilidade, paciência e confiança, me ajudou a crescer e me concedeu oportunidades de aprendizado que vai além do conhecimento oferecido pelo programa.

Ao meu coorientador, Lucas Martins Lopes, pela amizade, respeito, confiança, e disponibilidade de orientação no decorrer do desenvolvimento dessa pesquisa.

Aos colegas do laboratório, Josilene Rocha e Roger Ventura, pelo incentivo e apoio.

Ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Acre, por oportunizar a realização do mestrado e a todos os professores pelos conhecimentos transmitidos e demais funcionários da UFAC, que de alguma forma contribuíram para o meu aprendizado e formação.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

E não poderia deixar de agradecer a Deus, criador e mantenedor, que desde sempre tem guiado os meus passos e iluminado o meu caminho, sou totalmente grato por Sua infinita graça e amor.

Enfim, a todos que me apoiaram e incentivaram, meu muito obrigado.

RESUMO

A qualidade dos grãos de milho armazenado é comprometida pelo ataque de insetos-pragas. *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae), é considerado a principal praga pós colheita do milho. Frente a necessidade de novos produtos que sejam eficientes no controle do caruncho-do-milho, e que apresentem menores riscos de intoxicação ao homem a fauna e contaminação ao meio ambiente, o óleo essencial de *Piper aduncum* (OEPA), relatado como bioinseticida de vários insetos-praga, surge como uma possível alternativa de uso para o controle de *S. zeamais*. Diante do exposto, objetivou-se investigar a toxicidade do óleo essencial de *P. aduncum* para *Sitophilus zeamais* e avaliar os seus efeitos sobre a qualidade dos grãos de milho durante o período de armazenamento de quatro meses. O estudo foi realizado em duas etapas. Na primeira, estimou-se a toxicidade do OEPA em concentrações letais para 50 e 95% dos insetos (CL₅₀ e CL₉₅) através de testes preliminares com concentrações pré-estabelecidas. Na segunda etapa avaliou-se o grau de infestação, teor de água, massa específica aparente, perda de massa, condutividade elétrica e percentual de germinação dos grãos aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias após exposição ao OEPA, a aplicação de um produto comercial (piretróide) e o tratamento controle. O OEPA apresenta toxicidade para *S. zeamais*. As concentrações letais para 50 e 95% dos insetos (CL₅₀ e CL₉₅) são 298,50 $\mu\text{L kg}^{-1}$ e 585,20 $\mu\text{L kg}^{-1}$, respectivamente. O aumento no grau de infestação, do teor de água, da condutividade elétrica, aumento da perda de massa, redução da massa específica aparente e germinação, evidencia a perda da qualidade do milho durante o período de armazenamento de 120 dias, sendo mais significativa, quando não ocorre aplicação de produto. Para o tratamento com piretróide observou-se comportamento parecido. Já o OEPA retarda a perda da qualidade dos grãos ao longo do armazenamento, indicando um controle mais prolongado sobre *S. zeamais*, e maior capacidade de conservar os grãos por mais tempo.

Palavras-chave: Bioinseticida. Grãos armazenados. Caruncho-do-milho. Piperaceae.

ABSTRACT

The quality of stored corn kernels is compromised by the attack of insect pests. *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae), is considered the main post-harvest pest of corn. Faced with the need for new products that are efficient in the control of the corn rootworm, and that present lower risks of intoxication to man and fauna and contamination to the environment, the essential oil of *Piper aduncum* (OEPA), reported as bioinsecticide of several insect-pests, appears as a possible alternative of use for the control of *S. zeamais*. Given the above, we aimed to investigate the toxicity of *P. aduncum* essential oil to *Sitophilus zeamais* and to evaluate its effects on corn grain quality during the four-month storage period. The study was conducted in two stages. In the first, the toxicity of OEPA at concentrations lethal to 50 and 95% of insects (LC50 and LC95) was estimated through preliminary tests with pre-established concentrations. The second step evaluated the degree of infestation, water content, apparent specific mass, loss of mass, electrical conductivity and germination percentage of the grains at 0, 30, 60, 90 and 120 days after exposure to OEPA, the application of a commercial product (pyrethroid) and the control treatment. OEPA presents toxicity to *S. zeamais*. The lethal concentrations for 50 and 95% of the insects (LC50 and LC95) are 298.50 $\mu\text{L kg}^{-1}$ and 585.20 $\mu\text{L kg}^{-1}$, respectively. The increase in the degree of infestation, water content, electrical conductivity, increase of mass loss, reduction of apparent specific mass and germination, shows the loss of corn quality during the 120 days storage period, being more significant when no product is applied. A similar behavior was observed for the pyrethroid treatment. On the other hand, OEPA delays the loss of quality of the grains during storage, indicating a longer control over *S. zeamais*, and a greater capacity to conserve grains for a longer period.

Keywords: Bioinsecticide. Stored grains. Corn beetle. Piperaceae

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fórmula estrutural do dilapiol.....	21
Figura 2 - Grau de infestação <i>S. zeamais</i>	27
Figura 3 - Secagem dos grãos em estufa (A); Aferição da massa de grãos (B).....	27
Figura 4 - Cano de PVC (A); Balança analítica para aferir o peso dos grãos (B).....	28
Figura 5 - Grãos em câmara B.O.D (A); Condutímetro (B).	29
Figura 6 - Grãos sobre papel-germitest (A); Grãos para germinação em câmara B.O.D (B).	30
Figura 7 - Grau de infestação (A), teor de água (B), massa específica aparente (C), perda de massa (D), condutividade elétrica (E) e germinação (F) dos grãos de milho armazenados ao longo de 120 dias após exposição ao OEPA, piretróide e controle. Rio Branco, AC. 2021.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização inicial de grãos de milho.....	24
Tabela 2 - Toxicidade relativa entre o inseticida piretróide e óleo essencial de <i>P. aduncum</i> para <i>S. zeamais</i> , 24 h exposição.....	32
Tabela 3 - Modelos matemáticos utilizados para representar os valores obtidos ao longo do período de armazenamento dos grãos de milho, após exposição ao OEPA, piretróide e controle. Rio Branco, AC, 2021.	35
Tabela 4 - Qualidade dos grãos de milho sob interação entre produto e período de armazenamento. Rio Branco, AC, 2021.....	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MILHO.....	12
2.2 AMARZENAMENTO E QUALIDADE DOS GRÃOS.....	13
2.2.1 Grau de infestação.....	15
2.2.2 Teor de água.....	15
2.2.3 Massa específica aparente.....	16
2.2.4 Perda de massa.....	16
2.2.5 Condutividade elétrica.....	16
2.2.6 Germinação.....	17
2.3 CARUNCHO-DO-MILHO.....	17
2.4 ÓLEOS ESSENCIAIS.....	18
2.5 <i>Piper aduncum</i> L.	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 CRIAÇÃO DOS INSETOS.....	23
3.2 CARACTERIZAÇÃO INICIAL DO MILHO.....	23
3.3 EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>P. aduncum</i>	24
3.4 TESTE DE TOXICIDADE DO OEPA E INSETICIDA PIRETRÓIDE.....	24
3.5 TRATAMENTO E ARMAZENAMENTO DOS GRÃOS.....	25
3.6 ANÁLISES DE QUALIDADE DOS GRÃOS.....	26
3.6.1 Grau de infestação.....	26
3.6.2 Teor de água.....	27
3.6.3 Massa específica aparente.....	28
3.6.4 Perda de massa.....	28
3.6.5 Condutividade elétrica.....	29
3.6.6 Percentual de germinação.....	29
3.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 MORTALIDADE DOS INSETOS.....	31
4.2 QUALIDADE DOS GRÃOS DE MILHO.....	33

4.2.1 Grau de infestação	33
4.2.2 Teor de água	36
4.2.3 Massa específica aparente.....	38
4.2.4 Perda de massa	39
4.2.5 Condutividade elétrica	40
4.2.6 Percentual de germinação.....	41
5 CONCLUSÕES.....	44
REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

Cultivado em diversas regiões do mundo, o milho é um dos principais cereais agrícolas, dado a sua importância para a segurança alimentar (SOUZA et al., 2018a). No entanto, o ataque de insetos-praga pós colheita dos grãos causam perdas significativas, comprometendo o rendimento e a qualidade do milho produzido (BARBOSA, 2015; FERRAZ, 2018; SILVA et al., 2018). O caruncho-do-milho, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae), é considerado a principal praga pós colheita do milho (COITINHO et al., 2011; FRAZÃO et al., 2018). As perdas variam em função do grau de infestação e tempo de contato dos insetos com os grãos (ANTUNES et al., 2011).

A qualidade de grãos armazenados pode ser avaliada por meio de propriedades qualitativas e quantitativas, como grau de infestação de pragas (PESSOA et al., 2016; SILVA et al., 2018), massa específica aparente, porcentagem de germinação, condutividade elétrica, teor de água (FREITAS et al., 2016; FERRAZ, 2018) e perda de massa seca (ANTUNES et al., 2011). É fundamental que a qualidade da produção seja mantida durante o armazenamento para atender as exigências do mercado (VILARINHO, 2012; FERRAZ, 2018).

Visando evitar as perdas, o uso de produtos sintéticos como inseticidas a base de piretróides, organofosforados e fumigante fosfina (PH_3) têm sido amplamente e historicamente o mais utilizado para o controle de insetos-praga de grãos armazenados, no entanto, o uso contínuo e indiscriminado desses produtos tem levado ao desenvolvimento de indivíduos resistentes, como é o caso de populações brasileiras de *S. zeamais* (PIMENTEL et al., 2009; SANTOS et al., 2009; MELO JUNIOR et al., 2018; NAYAK et al., 2020), além de causarem impactos ao meio ambiente, animais e ao homem (MACIEL, 2016; KIM et al., 2017).

Na busca de produtos naturais como alternativa aos sintéticos, trabalhos têm demonstrado a eficiência do uso de óleos essenciais (OEs) no controle de diversas pragas de grãos armazenados (PEREIRA et al., 2008; FERNANDES; FAVERO, 2014; SANTOS et al., 2015; ALBIERO et al., 2019). Os OEs são metabólitos secundários, produzidos por várias partes da planta (sementes, caules, folhas e flores), os quais, são liberados para sua defesa (ASCENÇÃO; MOUCHREK-FILHO, 2013). Seus componentes podem causar efeito toxicológico por contato e fumigação (ARAÚJO et al., 2017; FERRAZ, 2018), repelência (OLIVEIRA et al., 2017), diminuir a alimentação,

afetar o desenvolvimento populacional de insetos e sua reprodução (FERREIRA, 2017; SOUZA et al., 2018b), interferindo no comportamento e fisiologia da praga (ARAÚJO et al., 2017; LOPES, 2020; NASCIMENTO, 2020).

Nesse contexto, o gênero *Piper* (Piperaceae) apresenta grande diversidade, em torno de 288 espécies, as quais, possuem elevado rendimento de óleo essencial (OE), que são constituídos principalmente por monoterpenos, sesquiterpenos e fenilpropanóides (ANDRADE et al., 2009). Dentre as espécies de piperáceas da Amazônia, a pimenta- de-macaco, *Piper aduncum* L., tem sido amplamente utilizada na indústria, o seu OE possui o éter fenílico dilapiol como componente majoritário (ALMEIDA et al., 2009).

Estudos relevantes têm evidenciado o potencial bioinseticida de *P. aduncum* no controle de *Cerotoma tingomarianus* Bechyné (Coleoptera: Chrysomelidae), *Tenebrio molitor* L. (FAZOLIN et al., 2005; FAZOLIN et al., 2007); lagartas *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) (SANTOS et al., 2017) e *Anticarsia gemmatalis* Hubner (Lepidoptera: Erebidae) (LUCENA et al., 2017). A eficiência do OE de *P. aduncum* também foi avaliado por Farias (2019) que constatou controle significativo em lagarta *Ascia monuste orseis* (Godart) (Lepidoptera: Pieridae), formiga *Atta sexdens* L. (Hymenoptera: Formicidae) e *Zabrotes subfasciatus* Boheman (Coleoptera: Chrysomelidae).

O óleo essencial de *P. aduncum* (OEPA), relatado como bioinseticida de vários insetos-praga, surge como uma possível alternativa de uso para o controle de *S. zeamais*. E para isso, faz-se necessário, trabalhos iniciais que investiguem não só o uso do óleo sobre o inseto, como também o seu efeito sobre a qualidade dos grãos.

Diante do exposto, objetivou-se determinar a toxicidade do OEPA para *S. zeamais* e avaliar os seus efeitos sobre a qualidade dos grãos de milho durante o período de armazenamento de quatro meses.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.) pertencente a classe das monocotiledôneas e família Poaceae, é uma planta de porte herbácea e cultivo anual, tendo sua origem no teosinto (FEPAGRO, 1998). Seu cultivo ocorre praticamente em todo o mundo (Estados Unidos da América, China, Brasil, Índia, França, Indonésia, África do Sul, Rússia, Argentina, Bolívia, Ucrânia, Canadá e etc.), encontrando-se, dessa forma, em regiões de clima temperado, tropical e subtropical (CONTINI et al., 2019).

A produção de grãos no Brasil e no mundo é um setor de grande relevância no segmento agrícola. A produção de milho no mundo foi entorno de 1,2 bilhões de toneladas, sendo o Estados Unidos o maior produtor com 360,3 milhões de toneladas, o Brasil ocupou a terceira posição na produção mundial de milho, com cerca de 93,0 milhões de toneladas na safra 2020/2021 (USDA, 2021). O cultivo de milho ocorre em todas as regiões do Brasil, abrangendo uma área entorno de 19,5 milhões de há, e apresenta produtividade média de 4,87 mil t. ha⁻¹. Grande parte da produção ocorre nas regiões Centro-Oeste e Sul, com produção média anual de 50,76 e 19,48 milhões de toneladas, respectivamente. O estado do Mato Grosso é principal produtor do país, com produção média de 32,27 milhões de toneladas (CONAB, 2021; IBGE, 2021).

O Brasil apresenta potencial tanto em expandir a sua produção por meio do investimento em áreas pouco produtivas como pastagens degradadas, uso das novas fronteiras do Cerrado da região do Nordeste e do leste da Amazônia região denominada de MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) quanto aumentar a sua produtividade (SOUZA; PEREIRA, 2019).

O avanço da milhocultura no país, está relacionado aos estudos de pesquisa e ao acesso a tecnologias disponíveis a cadeia produtiva. A obtenção de cultivares e híbridos com alto potencial de produção e adaptadas às diferentes condições edafoclimáticas, além de maior resistência ao ataque de pragas e doenças, são fatores que contribuem para o sucesso da cultura, bem como o adequado manejo de solos, da adubação e calagem, manejo de pragas e doenças, e operações relacionado a colheita e armazenamento de grãos (ARTUZO et al., 2017).

Sua importância econômica está relacionada as diversas formas de utilização do milho, que vão desde a alimentação humana, principalmente animal (frangos,

suínos, bovinos) como seu destino para produção de biocombustível e uso na indústria para produção de plásticos filmes e embalagens biodegradáveis, e etc. (MIRANDA, 2018). No Brasil, a sua produção contribui para a geração de emprego e renda, promove o desenvolvimento econômico e social do país (ARTUZO et al., 2019).

Segundo a projeção do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos USDA (2018), as exportações totais de milho são da ordem de 188,8 milhões de toneladas em 2027/2028. Sendo esse volume suprimido principalmente pelos Estados Unidos, 29,6%, Brasil, 23,7%, Ucrânia, 16,2% e Argentina, 17,2%. Já os maiores importadores serão México, Japão, União Europeia, Irã e Egito, em um total de 84,0 milhões de toneladas. A produção de milho no Brasil ocorre em diferentes épocas, devido as condições de clima em cada região, sendo dividida em duas safras. O cultivo de verão ou primeira safra, ocorre com a semeadura realizada na primavera/verão para a maioria das regiões produtoras, exceto para as regiões Norte e Nordeste, que devido a maior concentração de chuvas ser a partir do mês de janeiro, o período de semeadura é denominado de segunda safra. O cultivo de milho na região Centro-Sul é chamado de safrinha, já que a semeadura é realizada após a colheita da soja no verão/outono (CONTINI et al., 2019).

O grão possui peso médio que varia de 250 a 300 mg, com composição média em base seca de 72% de amido, 9,5% de proteína, 9% de fibra e 4% de óleo. (PAES, 2006). As características físicas, químicas e biológicas dos grãos devem ser preservadas, a fim de manter o rendimento e a qualidade do produto colhido. As perdas podem ocorrer ainda no campo, devido a ocorrência de pragas e doenças (LIMA et al., 2016; NETO; BOSCAINI, 2019), procedimentos inadequados durante a colheita e também ocorrem pós-colheita durante o período de armazenamento dos grãos (TIECKER JUNIOR, 2013).

2.2 AMARZENAMENTO E QUALIDADE DOS GRÃOS

A demanda na produção de alimentos no mundo ocorre em função do aumento da população, e isso, exige dos produtores e do mercado de grãos, não só maior produção, como também, a necessidade de manter a qualidade dos produtos, e evitar as perdas (MACIEL, 2016). Além do controle da temperatura e umidade, faz-se

necessário medidas adequadas no manejo de pragas ocorrentes em grãos armazenados afim de manter sua qualidade (LORINI et al., 2015).

Após a colheita e beneficiamento dos grãos, os mesmos podem ser diretamente comercializados, aproveitados ou armazenados para o consumo quando for necessário, e também na espera por preços melhores de venda (MELO et al., 2011). O objetivo através do adequado armazenamento após secagem dos grãos, é manter suas características qualitativas e quantitativas, possibilitando a preservação dos nutrientes presentes nos grãos e a otimização no processo de moagem (TIECKER JUNIOR, 2013).

O milho normalmente é estocado em depósitos ou armazéns em palha ou debulhado (grãos a granel ou ensacado) antes de ser distribuído aos compradores (MARCOLAN et al., 2016). Segundo Santos et al. (1994) as perdas de peso em relação ao total armazenado variam de 1 a 2% quando realizado o armazenamento a granel em silos, em graneleiros e em sacarias, desde que adotadas medidas adequadas no combate as pragas e prevenção da ocorrência de fungos. No entanto, a redução de peso causado por isentos (caruncho e traça-do-milho) podem ser bastante variadas, o que vai depender do nível de infestação dos grãos, principalmente em situações onde o milho é armazenado em espiga, normalmente em paióis de madeira que possuem estruturas rústicas (SANTOS; OLIVEIRA, 1991).

Apesar dos grãos poderem ser armazenados por longo período de tempo, as perdas de quantidade e qualidade, estão associadas em sua maioria ao ataque de roedores, pássaros, agentes como fungos, bactérias que podem promover a deterioração dos grãos, e a infestação de insetos-praga caso não se adotem medidas preventivas (SANTOS, 2006). A atividade respiratória e a perda gradual da viabilidade dos grãos, da qualidade nutricional e de outras propriedades relacionadas ao destino final dos grãos, também fazem parte do conjunto total de perdas (TIECKER JUNIOR, 2013).

Para a avaliação da qualidade dos grãos, Bakker-Arkema (1993) leva em consideração várias propriedades, como o teor de umidade, massa específica, percentual de grãos quebrados, presença de matéria estranha e teor de impurezas, susceptibilidade à quebra, características de moagem, teor de óleo e proteína, valor para consumo animal, presença de insetos e fungos, tipo de grão e ano da colheita. Vários trabalhos têm avaliado a qualidade dos grãos por meio de propriedades quantitativas e qualitativas, como grau de infestação de pragas (PESSOA et al., 2016;

SILVA et al., 2018), massa específica aparente, condutividade elétrica, porcentagem de germinação, teor de água (FREITAS et al., 2016; FERRAZ, 2018) e perda de massa seca (ANTUNES et al., 2011).

2.2.1 Grau de infestação

A porcentagem de grãos atacados por insetos representa o grau de infestação de um determinado inseto-praga na massa de grãos, podendo ser de ocorrência ainda no campo antes da colheita, ou durante o período de armazenamento, em que, o valor comercial dos grãos pode ser afetado (FREITAS, 2009). A perda em massa varia de acordo com o grau de infestação e o tempo de armazenamento dos grãos, e decorre do consumo interno da massa, onde os insetos se desenvolvem (FARONI; SILVA, 2008). Com a infestação por insetos, ocorre a degradação do tegumento dos grãos, produzindo gás carbônico (CO_2) e água (H_2O), contribuindo para o aumento do teor de água, devido a atividade metabólica dos insetos, interferindo também na respiração dos grãos, resultando em aumento da temperatura local, propiciando dessa forma o desenvolvimento de outros organismos como fungos e ácaros que acabam comprometendo a qualidade dos grãos ao longo do tempo (AGEITEC, 2019).

2.2.2 Teor de água

Segundo Rigueira (2009) um dos fatores primordiais para a conservação dos grãos está relacionado ao teor de água nos grãos. Durante o período de armazenamento as características dos grãos podem ser alteradas através da interação da umidade com a temperatura local, fazendo-se necessário, estabelecer o teor de água adequado para o armazenamento de grãos (RIOS et al., 2003). Elevadas temperaturas e umidades nas condições de armazenamento de grãos, promovem a troca de umidade dos grãos com o meio ambiente, comprometendo dessa forma, a integridade dos grãos (MARCOS FILHO, 2005). É recomendado reduzir o teor de água em grãos com teores acima de 13% b.u., por meio da secagem, afim de diminuir os riscos de deterioração, que normalmente ocorrem por meio da perda de matéria seca através da respiração, infestação por fungos, produção de calor espontâneo e redução do percentual de germinação (FREITAS, 2009).

2.2.3 Massa específica aparente

A massa específica aparente baseia-se na razão entre a massa e o volume de determinada quantidade de um produto, levando em consideração os espaços intergranulares (BOTELHO et al., 2018). Através desse teste de qualidade, pode ser calculado o dimensionamento e a capacidade de armazenamento de silos, secadores, depósitos e unidades de transportes, podendo ser empregado como sinalizador de elevados teores de água e danos ocasionado por insetos-praga nos grãos armazenados (CORRÊA; SILVA, 2008). A massa específica aparente é influenciada por fatores como teor de água inicial e final dos grãos, da temperatura utilizada durante a secagem, da variedade do grão e pelo grau de infestação (CORRÊA et al., 2006).

2.2.4 Perda de massa

A perda da massa em grãos é variável, pois, as variedades ou cultivares apresentam maior ou menor tolerância ao ataque de insetos-praga, a redução ocorre principalmente por meio da atividade metabólica dos insetos que ao se alimentarem do conteúdo interno, transformam o subproduto em gás carbônico (ALMEIDA FILHO et al., 2003) Outros fatores como a umidade e temperatura também influenciam na perda massa seca dos grãos (SANTOS et al., 2012).

2.2.5 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica baseia-se na liberação de constituintes celulares, em função da desintegração dos sistemas celulares de grãos que sofreram deterioração (NUNES et al., 2016). A qualidade dos grãos pode ser avaliada por meio da condutividade elétrica de forma eficiente, e possibilita maior agilidade e possibilidade de padronização no ranqueamento de lotes conforme o vigor dos grãos (LEMES et al., 2015). O vigor do grão será menor quanto maior for o valor da condutividade elétrica, evidenciado pela maior quantidade de lixiviados no exsudado, isso indica células danificadas, redução na integridade das membranas celulares, perda de constituintes celulares, menor capacidade de reparação e reestruturação das membranas durante a embebição (BINOTTI et al., 2008).

2.2.6 Germinação

Sob condições adequadas de campo, a germinação dará origem a uma planta normal, por meio do crescimento do embrião até o rompimento do tegumento pela radícula e posteriormente da emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião (BRASIL, 2009). A percentagem de germinação pode ser utilizada para avaliar a deterioração de grãos. O ataque de insetos, infecção por fungos, teor de água, temperatura do ambiente de armazenamento, danos físicos e tempo de armazenamento são fatores que influenciam no resultado da germinação (FREITAS, 2009).

2.3 CARUNCHO-DO-MILHO

O caruncho-do-milho, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885 (Coleóptera: Curculionidae), é considerado uma das pragas mais importante de grãos armazenados no Brasil, sendo a principal praga primária interna do milho. Isso é devido, ao elevado potencial biótico, infestação cruzada (capacidade de infestar o produto tanto no campo como nos depósitos), elevado número de hospedeiros, e pelo motivo de tanto as larvas como os adultos danificarem os grãos. Além de facilitar a entrada de outros insetos e patógenos (GALLO et al., 2002; CANEPPELE et al., 2003).

Os besourinhos adultos possuem cerca de 3,0 mm de comprimento, apresentam coloração castanho-escura, com quatro manchas avermelhadas nos élitros. Têm a cabeça prolongada para frente e rostró recurvado com mandíbulas mastigadoras, nos machos, o rostró é mais curto e grosso, já nas fêmeas, mais longo e afilado. No pronoto observa-se muitas pontuações e os élitros são densamente estriados. As larvas são de coloração amarelo-clara com a cabeça mais escura e as pupas são brancas. A longevidade média de fêmeas e machos são de 140 e 142 dias, respectivamente. O número inicial de descendentes por fêmea é em média de 76 indivíduos. O período de ovo-larva varia de 3 a 6 dias e a fase de ovo-adulto é entorno de 34 dias. Podem completar em média 8 a 10 gerações no ano (LORINI; SCHNEIDER, 1994; GALLO et al., 2002; LOECK, 2002).

O inseto ao consumir o conteúdo interno do grão, causa danos de aspecto quantitativo e qualitativo. Em relação as perdas quantitativas, a infestação natural dessa espécie pode provocar perda de peso que variam de 50 a 80% após um período

de 6 meses de armazenamento e diminuição da massa no interior dos grãos. Os danos qualitativos estão associados as alterações na qualidade, como a redução do valor nutritivo dos grãos atacados, alteração na aparência e uniformidade dos grãos, e desvalorização do produto pela presença de orifícios, excrementos, ovos e etc. (ANDERSON et al., 1990; GALLO, et al., 2002).

Antunes et al. (2011) ao avaliarem os danos físicos e químicos causados por adultos de *S. zeamais* em grãos de milho armazenados durante 30, 60 e 120 dias, constataram maiores perdas de peso, grãos danificados (carunchados), aumento da população dos insetos e produção de resíduos, e redução do percentual de gordura no maior período avaliado (120 dias). Os autores concluíram, que quanto maior o período de contato desse inseto com os grãos, maiores serão os danos causados e os prejuízos para os produtores.

Na prática o controle do caruncho-do-milho e outras pragas de grãos armazenados, tem sido realizado através da utilização de produtos sintéticos, principalmente inseticidas protetores a base de piretróides e organofosforados, e o uso de fumigantes como o fosfeto de alumínio e de magnésio. No entanto, o uso indiscriminado desses produtos com técnicas inadequadas de aplicação, têm causado vários impactos negativos, como a seleção de população de insetos resistentes (PIMENTEL et al., 2009; SANTOS et al., 2009; MELO JUNIOR et al., 2018; NAYAK et al., 2020), mortalidade de insetos benéficos (polinizadores e inimigos naturais das pragas), além da contaminação do meio ambiente, fauna e ao homem em função do acúmulo e exposição aos resíduos tóxicos (MACIEL, 2016; KIM et al., 2017).

É de grande importância manter a qualidade dos grãos, conservando-os sadios, limpos e sem resíduos de agrotóxicos utilizados no controle de pragas que atacam os grãos armazenados (SANTOS, 2006). Com isso, faz-se necessário a busca por produtos que sejam não só eficazes no controle, mas que também, apresentem menor impacto a natureza e ao homem, como é o caso do uso de óleos essenciais com propriedades bioinseticidas (COITINHO, 2009; PROCÓPIO et al., 2015).

2.4 ÓLEOS ESSENCIAIS

Provenientes do metabolismo secundário das plantas, os óleos essenciais (OEs) também conhecidos como óleos voláteis, são compostos naturais, voláteis e complexos, possuem forma líquida, incolores ou amarelados, lipossolúveis e solúveis

em solventes orgânicos e normalmente odoríferas, podem apresentar mais de 60 constituintes em sua composição e em variadas concentrações (BAKKALI et al., 2008; MACHADO; FERNANDES JÚNIOR, 2011).

Os componentes químicos de OEs são oriundos em sua maioria das classes de terpenóides e fenilpropanóides, gerados a partir das rotas bioquímicas dos ácidos mevalônico e chiquímico, respectivamente (JACOB, 2017). Na natureza são liberados pelas plantas para atração de polinizadores, repelência de insetos e proteção contra patógenos, agem na perda de água e inibição de germinação. Suas propriedades biológicas possuem ação antioxidante, analgésica, anti-inflamatória (MACHADO; FERNANDES JÚNIOR, 2011) e ação antimicrobiana contra fungos e bactérias (KALEMBA; KUNICKA, 2003; SILVA; BASTOS, 2007; FIUZA; KNAAK, 2010; OOTANI et al., 2013).

Os OEs podem ser extraídos de várias partes da planta como folhas, frutos, sementes, tubérculos ou raízes (ASCENÇÃO; MOUCHREK-FILHO, 2013), obtidos geralmente por arraste vapor ou hidrodestilação (BAKKALI et al., 2008; MACHADO; FERNANDES JÚNIOR, 2011). Seus constituintes são em função do genótipo da planta, no entanto, podem variar conforme as condições edafoclimáticas, idade da planta, origem geográfica, secagem do material vegetal, horário de coleta e outros (BAKKALI et al., 2008; MORAIS, 2009).

A possibilidade do uso de óleos essenciais obtidos de plantas como uma alternativa aos inseticidas sintéticos para o controle de pragas de grãos armazenados, têm sido o foco de estudos de vários pesquisadores, em função da preocupação da sociedade com o meio ambiente, à qualidade do alimento e com os impactos negativos do uso indiscriminado de inseticidas sintéticos (MOREIRA et al., 2007; RAJENDRAN; SRIRANJINI, 2008; COITINHO, 2009). Comparado aos inseticidas sintéticos, considera-se que os OEs e seus constituintes apresentam menor risco à saúde humana e a contaminação ambiental (CORREA et al., 2015). Acredita-se que ação inseticida de alguns OEs esteja relacionada ao neuromodulador octopamina, encontrado nos invertebrados, e ao ser interrompido afeta o funcionamento do sistema nervoso do inseto (ISMAN, 2006; SHAAYA; KOSTYUKOVYISKY, 2006).

Agem nos insetos por ingestão, contato e fumigação, provocando diversos efeitos como mortalidade, repelência, diminuição da alimentação, oviposição, e afetam a reprodução e desenvolvimento populacional dos insetos (ARAÚJO et al., 2017; FERREIRA, 2017; OLIVEIRA, et al., 2017; FERRAZ, 2018; SOUZA et al.,

2018b). Outros trabalhos, tem demonstrado o efeito dos OEs sobre vírus (GILLING et al., 2014), bactérias (DIÃO et al., 2014), fungos e nematoides (ANDRÉS et al., 2017).

2.5 *Piper aduncum* L.

Segundo Guimarães et al. (2015), a espécie *P. aduncum* é classificada botanicamente como pertencente a divisão: Magnoliophyta; classe: Magnoliopsida; subclasse: Magnoliidae; ordem: Piperales; família: Piperaceae e gênero: *Piper* L. No Brasil, possui como nomes comuns, Pimenta-de-macaco, jaborandi-falso, aberta-ruão, tapa-buraco, pimenta-de-fruto-gancho (SILVA et al., 2013), em Cuba é denominada como platanillo-de-cuba e canilha-de-ruerto, na Venezuela como comdocillo branco e em Trinidad Tobago como oijú-yú (FAZOLIN et al., 2006). Essa espécie é nativa da Amazônia, e encontra-se distribuída geograficamente na América do Sul, América Central e Antilhas. No Brasil, está presente em vários estados como o Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Mato Grosso, Ceará, Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná (FAZOLIN et al., 2006). Ocorre de forma natural em área antrópica, campo rupestre, cerado, floresta ciliar, floresta de terra firme, floresta estacional semidecidual, floresta ombrófila, floresta ombrófila mista, restingua, savana amazônica, vegetação sobre afloramentos rochosos (GUIMARÃES, et al., 2015).

O Acre apresenta grande potencial para o cultivo de pimenta-de-macaco (*P. aduncum*) uma vez, que essa espécie, ocorre de forma espontânea na natureza, principalmente em áreas desmatadas e por ser adaptada as condições de clima (temperatura e precipitação) e solo, é menos exigente no manejo, tornando-se, portanto, uma opção de cultivo para os produtores familiares (AMARAL et al., 2016). A ocorrência de *P. aduncum* no estado foi relatada em 1992 através de um trabalho realizado pela Embrapa Acre em parceria com pesquisadores do Museu Goeldi, os quais, realizando um estudo sobre os habitats naturais das pimentas longas, constataram além da *P. hispidinervum*, e outras espécies de piperáceas, a presença e abundância de *P. aduncum* nos Vales dos Rios Juruá e Purus, e também no Vale do Rio Acre em menor quantidade (FAZOLIN et al., 2006).

A planta de *P. aduncum* morfologicamente é descrita como arbusto ou arvoreta de até 8 m de altura meio nodoso. As folhas são ovado-elípticas ou lanceoladas com pecíolo de 0,3 a 0,8 cm de comprimento, apresentam base assimétrica, arredondada

ou cardulata, ápice agudo ou acuminado, ásperas ao tato em ambos os lados; as espiguetas são alongadas e curvadas medindo de 7 a 14 cm de comprimento e 0,2 a 0,3 cm de diâmetro. O pendúnculo da espiga é pubescente medindo de 1 a 2 cm de comprimento; apresenta bractéolas triangular-subpeltadas, margem franjada, quatro estames, dupla obvoídes, tri ou tetragonais, glabros com três estigmas sésseis. As flores são minúsculas e frutos obpiramidais e com minúsculas sementes marrons. (MAIA et al., 2001; FAZOLIN et al., 2006).

Em relação as espécies aromáticas dentro do gênero *Piper*, *P. aduncum*, possui alto teor de óleo essencial, que varia entre 1,2 a 3,5%, apresentando como constituinte principal o fenilpropanoide dilapiol (Figura 1), em quantidade que varia de 58% a 88,4% (SMITH; KASSIM, 1979; GOTTLIEB et al., 1981), ou ainda de 31,5% até 97,3%, conforme Maia et al. (1998) e Almeida et al. (2009). Outros constituintes em menor concentração estão presentes no óleo como (E)- β -cariofileno com 3,76% e a miristicina com 1,41% (FERREIRA, 2015).

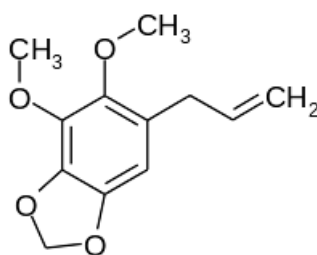


Figura 1 - Fórmula estrutural do dilapiol

Segundo os estudos, pode ser observado uma variação na composição do OE em plantas de *P. aduncum* de diferentes regiões do Brasil, pois, na Amazônia o óleo é rico em dilapiol e na Mata atlântica rico em (E)-nerolidol com 14,2 % (MESQUITA et al., 2005) e linalol (ALMEIDA et al., 2009). Pelo fato de ser uma espécie amplamente distribuída na natureza, essa variabilidade pode estar relacionada a condições ambientais distintas, como temperatura, disponibilidade de luz, precipitação, estação do ano, condições geográficas, período de colheita, parte da planta e ainda ao processo de obtenção (ALMEIDA et al., 2009; POTZERNHEIM et al., 2012) e também a variabilidade genética entre plantas de diferentes populações (GAIA et al., 2004).

Essa planta é amplamente utilizada na medicina tradicional como diurético, no controle de sangramentos, náuseas, males do fígado, úlceras crônicas, laxante, distúrbios ginecológicos, analgésico, antiinflamatório, antimicrobiano e digestivo, entre

outros (VAN DEN BERG,1993; COIMBRA, 1994; POHLIT et al., 2006; ALMEIDA et al., 2009; GUERRINI et al., 2009).

Além do uso medicinal, pesquisas têm demonstrado a bioatividade do óleo como larvicida e inseticida (ALMEIDA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2013; VOLPE et al., 2016) fungicida contra fitopatógenos (BASTOS; ALBUQUERQUE, 2004; VALADARES et al., 2018), molusquicida (RAPADO et al., 2011), parasiticida (CEOLE et al., 2017; VILLAMIZAR et al., 2017) e contra micro-organismos causadores de infecções da pele como fungo patogênico *Trichophyton mentagrophytes* (GUERRINI et al., 2009; FERREIRA, 2015).), e bactéria *Staphylococcus aureus* (BRAZÃO et al., 2014). Apresenta ação repelente contra insetos de *Aedes aegyptiem* (MAMOOD et al., 2017).

Quanto a atividade bioinseticida do OEPA, vários trabalhos têm constatado a sua eficiência no controle de diversos inseto-pragas de importância agrícola como a vaquinha do feijoeiro *Cerotoma tingomarianus* B. (FAZOLIN et al., 2005), larvas de *Tenebrio molitor* L. (FAZOLIN et al., 2007), lagartas: *Helicoverpa armígera* H. (SANTOS et al., 2017), *Anticarsia gemmatalis* H. (LUCENA et al., 2017) e *Ascia monuste orseis* G. (FARIAS, 2019), formiga *Atta sexdens* L. e o caruncho-do-feijoeiro *Zabrotes subfasciatus* B. (FARIAS, 2019). Possui potencial sinérgico ao ser utilizado com inseticidas piretróides, reduzindo a quantidade do produto utilizado e melhorando a sua eficiência no controle de lagarta *Spodoptera frugiperda* (FAZOLIN et al., 2016a).

3 MATERIAL E MÉTODOS

As criações dos insetos e a condução dos bioensaios foram realizados no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Acre – *campus* Rio Branco. O município acriano localiza-se a 9°58'29" S e a 67°48'36" W, numa altitude de 153 metros acima do nível do mar.

3.1 CRIAÇÃO DOS INSETOS

A colônia-estoque foi estabelecida por meio da criação dos insetos em grãos de milho com teor de água de 13% em base úmida (b.u), sob condições constantes de temperatura (27 ± 2 °C), umidade relativa do ar ($70\pm 5\%$) e escotofase de 24 h. Os grãos utilizados como substrato alimentar foram previamente fumigados com fosfina (PH_3) (Gastoxin, Bernado Química, São Vicente, SP, Brasil) e mantidos a -18 °C para evitar reinfestação. Utilizou-se frascos de vidro com capacidade de 1,5 L, fechados com tampa plástica perfurada e revestida internamente com tecido organza para que ocorresse as trocas gasosas.

Os adultos de *S. zeamais*, foram mantidos em confinamento por 15 dias para efetuarem a postura, posteriormente, retirados e o milho estocado até a emergência da geração F₁. A cada dois dias o milho foi peneirado para a coleta dos novos adultos emergidos, garantindo assim, o controle de idade de 48 h. Esse procedimento foi realizado por sucessivas gerações, de forma a assegurar a quantidade de adultos necessários para a execução dos testes de toxicidade.

3.2 CARACTERIZAÇÃO INICIAL DO MILHO

Para a caracterização inicial dos grãos utilizados nas análises de qualidade, realizaram-se as seguintes análises: grau de infestação, germinação, teor de água, condutividade elétrica e massa específica aparente (Tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização inicial de grãos de milho

Características dos Grãos	Média	E.P.M
Grau de infestação por insetos-praga (%)	0	0,0
Percentual de germinação (%)	98,5	0,9
Teor de água em base úmida (%)	13,0	0,0
Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)	15,7	0,6
Massa específica aparente (Kg m^{-3})	685,3	2,7

Fonte: Elaborado pelos autores (2021). E.P.M = Erro Padrão da Média.

3.3 EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *P. aduncum*

O óleo essencial de *P. aduncum* (OEPA) utilizado, foi obtido de material vegetal coletado no *Campus* da UFAC, no município de Rio Branco, Acre, Brasil ($9^{\circ}57'17.22''\text{S}$; $67^{\circ}49'45.54''\text{W}$). As plantas silvestres adultas foram cortadas a 0,4 m do solo, separando-se as folhas, para processamento. As folhas foram secas em estufa por um período de 48 horas sob temperatura de 45°C até atingir de 20% a 30% de umidade. A exsicata de *P. aduncum* foi depositada no Herbário UFACPZ da Universidade Federal do Acre, sob o número de registro: UFACPZ 20.646. A espécie foi identificada pela Dra. Elsie Franklin Guimarães, do Herbário do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (Herbário RB).

O processo de extração do óleo essencial (OE) foi realizado no Laboratório de Produtos Naturais (Microbiologia e Biotecnologia) da UFAC. As folhas secas foram submetidas à hidrodestilação, com o uso de aparelho tipo Clevenger, balão volumétrico de 5 L e manta aquecedora (0321A28, Qimis, Brasil). Cada extração foi realizada com 150 g de folhas secas. OE foi separado do hidrolato por decantação em funil de separação e a secagem com uso de sulfato de sódio anidro (Synth, 99,0%, Brasil), e armazenado em frasco âmbar e mantido sob refrigeração em câmara do tipo B.O.D. a 4°C .

3.4 TESTE DE TOXICIDADE DO OEPA E INSETICIDA PIRETRÓIDE

Os bioensaios de toxicidade foram realizados sob condições constantes de temperatura ($27 \pm 2^{\circ}\text{C}$), umidade relativa ($70 \pm 5\%$) e escotofase (24 h). As

concentrações letais para 50% e 95% dos insetos (CL_{50} e CL_{95}), foram estimadas através de concentrações crescentes de ambos os produtos, conforme determinado em testes preliminares. Para o teste com OEPA utilizou-se as seguintes concentrações: (5; 10; 15; 20 e 25 %), correspondentes aos volumes de calda: (100; 200; 300; 400 e 500 $\mu\text{L kg}^{-1}$) respectivamente. Para fins de comparação, foi utilizado o inseticida comercial do grupo químico dos piretróides (K-Obiol® 25 EC) em concentrações de (0,01; 0,02; 0,03; 0,04 e 0,05 %), correspondentes aos volumes de calda (0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1 $\mu\text{L kg}^{-1}$) respectivamente. Obtidas as (CL_{50} e CL_{95}), foi calculado a razão de toxicidade entre o inseticida comercial piretróide e o OEPA.

O OEPA foi diluído em acetona e o inseticida piretróide em água, sendo o volume de calda aplicado de 400 μL para 200 g de milho, que corresponde a 2 L t^{-1} de grãos. Após a pulverização da calda (aerógrafo de dupla ação, com pressão de trabalho de 15 Psi) foram liberados 50 insetos adultos de *S. zeamais* na massa de grãos.

Cada unidade experimental foi composta por frasco de vidro com capacidade 1,5 L, contendo 200 g de milho e 50 insetos adultos de *S. zeamais* não-sexados, com até 48 h de idade após a emergência, obtidos da criação estoque. Os frascos foram mantidos fechados com tecido organza (15 x 15 cm) para evitar a fuga dos insetos e permitir trocas gasosas. O número de indivíduos mortos (considerando-se, aqueles sem movimento observável em seus apêndices) foi contabilizado com 24 horas da aplicação de ambos os produtos. Foram utilizadas 4 repetições para cada concentração (OEPA e inseticida piretróide) e os tratamentos controles foram constituídos de acetona (OEPA) e água (inseticida piretróide). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado.

3.5 TRATAMENTO E ARMAZENAMENTO DOS GRÃOS

Inicialmente os grãos foram infestados com 15 insetos adultos, e mantidos armazenados por seis semanas (42 dias). Após esse período, avaliou-se o efeito imediato e latente da aplicação do OEPA (CL_{95}) e piretróide (1%) na qualidade dos grãos, além do tratamento controle, sem aplicação de inseticida. A concentração do OEPA utilizada na calda foi de 30% (valor esse, estimado no bioensaio de toxicidade, e representa a CL_{95}), correspondente a 600 $\mu\text{L kg}^{-1}$ e do inseticida piretróide foi de

1%, conforme a bula do produto comercial, equivalente a $20 \mu\text{L kg}^{-1}$. O volume de calda aplicado foi de $400 \mu\text{L}$ para 200 g de milho, que corresponde a 2 mL kg^{-1} , equivalente a 2 L t^{-1} de grãos (volume de calda recomendado para inseticidas residuais comerciais). Os produtos foram pulverizados com um aerógrafo de dupla ação, sistema de mistura interna e depósito por gravidade (modelo BC 60, Steula, São Paulo, Brasil), com pressão de trabalho de 15 Psi.

Posteriormente os grãos infestados permaneceram armazenados em frasco de vidro com capacidade de 1,5 L contendo 200g de milho cada, e mantidos fechados com tecido tipo organza ($15 \times 15 \text{ cm}$), para permitir as trocas gasosas e evitar a entrada e saída de insetos no recipiente. As unidades experimentais foram devidamente identificadas e mantidas em câmara climática sob condições constantes de temperatura ($27 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$) e umidade relativa ($70 \pm 5\%$). O experimento foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3×5 com 3 repetições. O primeiro fator representou os tratamentos com OEPA, inseticida piretróide e controle, já o segundo fator, o período de armazenamento dos grãos (1, 30, 60, 90 e 120 dias) após aplicação dos produtos. O período de 1 dia de armazenamento após aplicação dos produtos, foi considerado como tempo zero (0) na análise de regressão.

3.6 ANÁLISES DE QUALIDADE DOS GRÃOS

Após o tratamento dos grãos com os produtos, a sua qualidade foi avaliada de acordo com o período de armazenamento. Em intervalo de 30 dias, os três frascos (repetições) de cada tratamento foram abertos para a realização das seguintes análises: grau de infestação (%); teor de água (% b.u.); massa específica aparente (Kg m^{-3}); perda de massa (%); condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) e percentual de germinação (%).

3.6.1 Grau de infestação

O grau de infestação por insetos-praga (Figura 2), foi avaliado examinando-se os grãos, para isso, duas amostras de 100 grãos de milho de cada repetição, foram imersas em água por 24 h, para amolecer os grãos. Posteriormente foram secos em papel filtro, cortados e examinados individualmente. Considerou-se infestados os grãos que continham insetos

jovens ou adultos internamente, e também aqueles com orifícios de saída do inseto. Os resultados foram expressos em percentagem média de grãos infestados (BRASIL, 2009).



Figura 2 - Grau de infestação *S. zeamais*

Fonte: Santos, W. P.

3.6.2 Teor de água

O teor de água do milho foi determinado conforme as recomendações da American Society of Agricultural Engineers, método S352.2 (ASAE, 2000). Para isso, foram utilizados 30 g em triplicata para cada uma das três repetições. As amostras foram colocadas em estufa com circulação forçada de ar e temperatura regulada a 103 ± 1 °C durante 72 horas (Figura 3A). Posteriormente as amostras foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g., para determinar o teor de água expresso em base úmida (% b.u.) (Figura 3B).

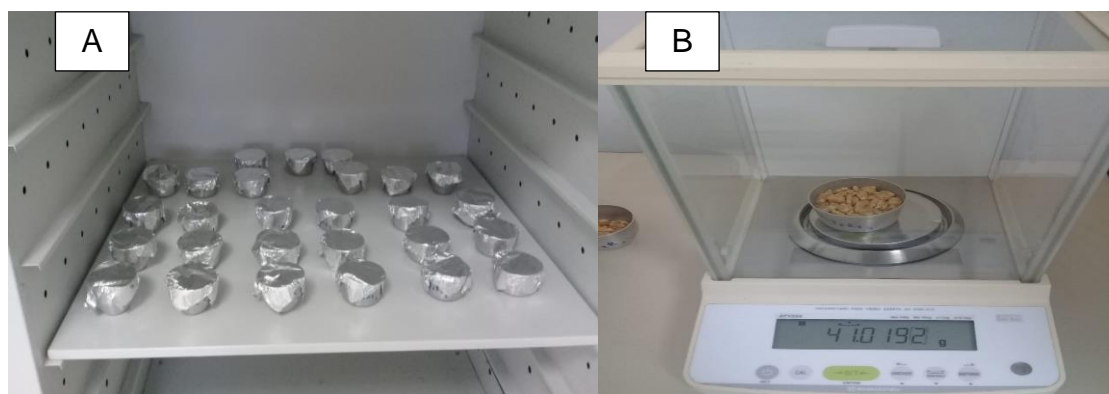


Figura 3 - Secagem dos grãos em estufa (A); Aferição da massa de grãos (B).

Fonte: Santos, W.P.

3.6.3 Massa específica aparente

A massa específica aparente foi determinada com o auxílio de uma balança de peso hectolítrico, com capacidade de um quarto de litro (250 mL) (Figura 4A e Figura 4B) usando grãos limpos. Realizaram-se três leituras consecutivas para cada repetição e os resultados foram expressos em Kg m^{-3} (BRASIL, 2009).

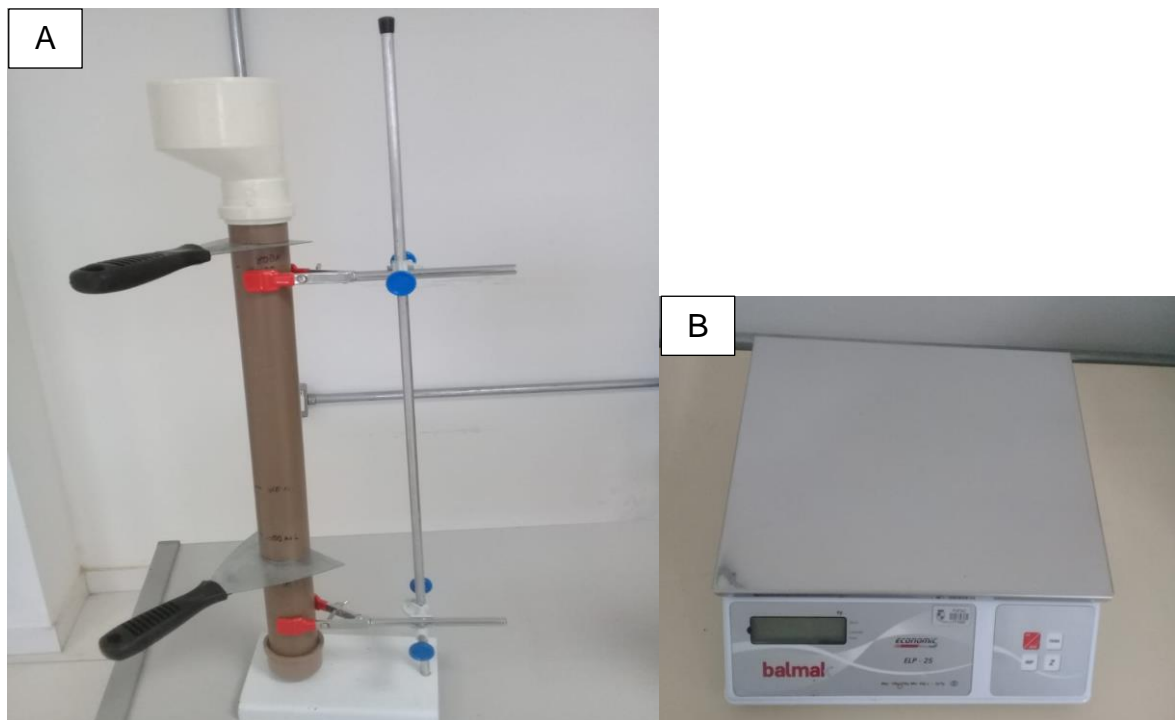


Figura 4 - Cano de PVC (A); Balança analítica para aferir o peso dos grãos (B).

Fonte: Santos, W.P.

3.6.4 Perda de massa

A perda de massa seca (%) do milho durante o armazenamento, foi determinada por meio da diferença entre a massa seca obtida no início e no final do período de armazenamento dos grãos, conforme Marcondes et al. (2013), (Equação 1).

Em que:

PM = perda de massa (%);

M_i = massa inicial (g);

M_f = massa final (g).

$$PM = \frac{M_i - M_f}{M_i} * 100 \quad (1)$$

3.6.5 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica foi avaliada por meio de testes realizados com três amostras de 50 grãos, retiradas de cada uma das três repetições. Os grãos foram pesados em balança com precisão de 0,01 g e acondicionados em copos plásticos com capacidade de 180 mL, nos quais, adicionaram-se 75 mL de água destilada. Em seguida os copos foram mantidos em câmara de B.O.D com temperatura regulada a 25 °C durante 24 h (Figura 5A). Após esse período, a leitura da condutividade elétrica da solução contendo os grãos, foi realizada com um condutivímetro (Figura 5B) e o valor ($\mu\text{S cm}^{-1}$) fornecido pelo aparelho, foi dividido pela massa total dos grãos, para obter o valor expresso em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ (VIEIRA et al., 2001; FREITAS et al., 2016).

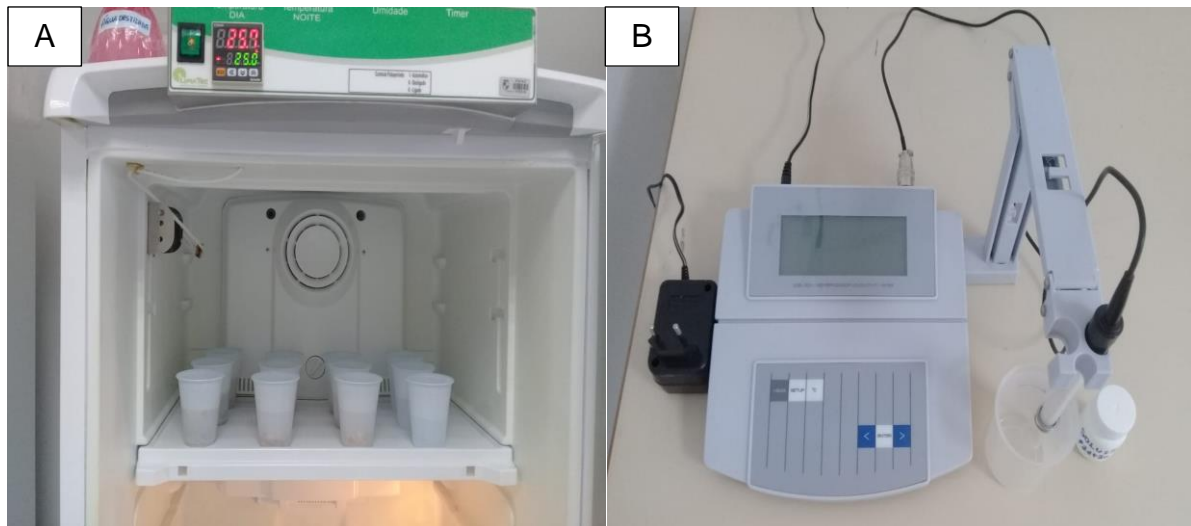


Figura 5 - Grãos em câmara B.O.D (A); Condutivímetro (B).

Fonte: Santos, W.P.

3.6.6 Percentual de germinação

Para o teste de germinação foram utilizadas quatro amostras de 50 grãos para cada uma das três repetições, conforme as Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009). Foi utilizado como substrato o papel-germitest, o qual foi umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o seu peso. Os grãos foram alocados sobre duas folhas do papel e posteriormente cobertas com mais uma folha do papel de germinação (Figura 6A), e embrulhadas, formando rolos. Esses rolos foram acondicionados em posição vertical dentro de uma câmara B.O.D e mantidos sob uma

temperatura de 25 ± 1 °C (Figura 6B). As avaliações foram realizadas aos sete dias do início do teste, considerando-se o número de grãos germinados, quando visualizadas as radículas. Os dados foram expressos em porcentagem média de germinação.

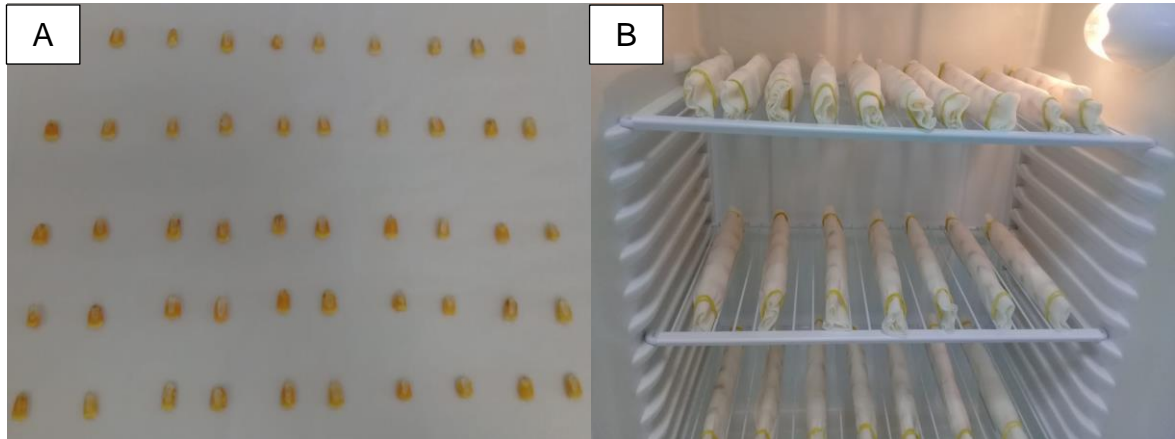


Figura 6 - Grãos sobre papel-germitest (A); Grãos para germinação em câmara B.O.D (B).

Fonte: Santos, W.P.

3.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados de mortalidade dos insetos de cada tratamento foram ajustados pela fórmula de Abbott (ABBOTT, 1925), posteriormente foram submetidos à análise de Probit (PROC PROBIT; SAS Institute, 2011), para obter os valores de concentração-mortalidade.

Atendido a normalidade dos resíduos (SHAPIRO; WILK, 1965) e a homogeneidade das variâncias (COCHRAN, 1957), realizou-se a análise de variância (teste F) e adicionalmente, aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (TUKEY, 1949), para comparação entre as médias dos produtos utilizados (OEPA, inseticida piretróide e controle) dentro de cada período de armazenamento utilizado o software SISVAR, VERSÃO 5,6 (FERREIRA, 2014).

A análise de regressão foi aplicada em função do período de armazenamento dos grãos após exposição aos produtos, utilizando o procedimento de ajuste de curvas no software SigmaPlot, versão 14 (SYSTAT SOFTWARE, Inc., San Jose, CA, EUA), onde também, os gráficos foram plotados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MORTALIDADE DOS INSETOS

Os resultados de concentração-mortalidade e toxicidade relativa entre piretróide e OEPA para *S. zeamais* são representados na (Tabela 2). O modelo probit foi adequado para os dados de concentração-mortalidade, levando em consideração os baixos valores de χ^2 ($\chi^2 < 7,33$) e elevados valores P ($P > 0,05$), obtidos para cada curva de concentração-mortalidade. As concentrações letais para 50 e 95% dos insetos (CL_{50} e CL_{95}) foram de 0,42 $\mu\text{L kg}^{-1}$ e 0,90 $\mu\text{L kg}^{-1}$ para piretróide e 298,50 $\mu\text{L kg}^{-1}$ e 585,20 $\mu\text{L kg}^{-1}$ para OEPA, respectivamente.

A susceptibilidade de *S. zeamais* ao piretróide foi de 650 vezes maior em relação ao OEPA na CL_{95} . Embora os insetos tenham sido mais susceptíveis ao produto sintético, estudos tem relatado a resistência de populações brasileiras de *S. zeamais* aos inseticidas piretróides (SANTOS et al., 2009; CORRÊA et al., 2011; HADDI et al., 2018; MELO JUNIOR et al., 2018). Por outro lado, pesquisas recentes com óleos essenciais, como de *Piper hispidinervum* e *P. aduncum*, observaram que as populações brasileiras de *S. zeamais* estudadas, foram suscetíveis aos bioinseticidas, não apresentando resistência (LOPES, 2020; NASCIMENTO, 2020). Araújo et al. (2017), também não observaram indícios de resistência ao OE de *P. hispidinervum* e *Ocimum basilicum* L. em cinco populações brasileiras de *S. zeamais*.

A toxicidade do OEPA para *S. zeamais* já foi relatada, no entanto, esses estudos usaram pouco ou nenhum grão (ESTRELA et al., 2006; COITINHO et al., 2011; NASCIMENTO, 2020). Vale ressaltar que esse é o primeiro estudo que analisa a toxicidade do OEPA para *S. zeamais* diretamente em contato com a massa de grãos, bem como, avalia a qualidade do milho durante períodos de armazenamento após exposição ao óleo, não havendo informações a respeito na bibliografia pesquisada.

Tabela 2 - Toxicidade relativa entre o inseticida piretróide e óleo essencial de *P aduncum* para *S. zeamais*, 24 h exposição.

Inseticida*	Inclinação (±E.P.M)	CL ₅₀ (95% IF) (µL kg ⁻¹ de grãos)	RT ₅₀ (IC 95%)	CL ₉₅ (95% IF) (µL kg ⁻¹ de grãos)	R ₉₅ (IC 95%)	χ ²	P
Piretróide	4,94±0,52	0,42 (0,37–0,46)	-	0,90 (0,79–1,09)	-	2,02	0,57
OEPA	5,62±0,61	298,50 (279,80–316,45)	710,71	585,20 (519,88–697,11)	650	7,32	0,29

E.P.M.=Erro padrão da média; CL=Concentração letal; IF 95%=Intervalo fiducial a 95% de probabilidade; IC 95%=Intervalo de confiança a 95% de probabilidade
RT=Razão de toxicidade para CL₅₀ e CL₉₅; χ²=Qui-quadrado; P=Probabilidade. *Número total de insetos por bioensaio=1000.

4.2 QUALIDADE DOS GRÃOS DE MILHO

4.2.1 Grau de infestação

O grau de infestação (%) variou significativamente entre os tratamentos com OEPA, piretróide e controle ($F_{2,30} = 4498,91$; $P < 0,05$) e ao longo do período de armazenamento dos grãos ($F_{4,30} = 8292,05$; $P < 0,05$). Foi observada interação significativa entre estes dois fatores ($F_{8,30} = 581,37$; $P < 0,05$) (Apêndice A).

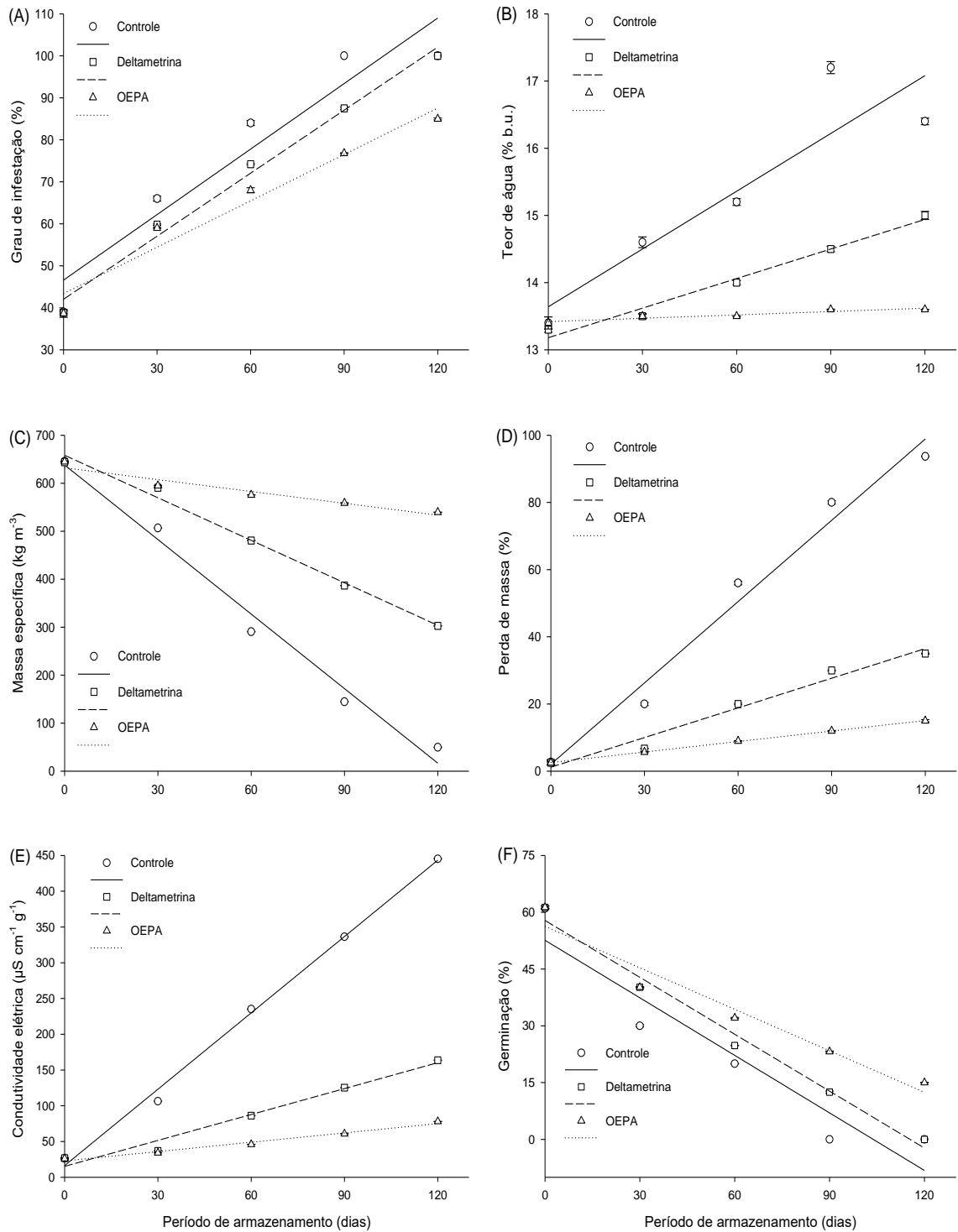
O modelo matemático linear foi o que melhor se ajustou a variação do grau de infestação nos grãos de milho armazenados ao longo de 120 dias após exposição ao OEPA, piretróide e controle (Figura 7 A e Tabela 3). O grau de infestação nos grãos sob os tratamentos com piretróide e controle alcançou 100% de infestação aos 115,9 e 102,7 dias respectivamente. Já no tratamento com OEPA o grau de infestação foi 87,6% no período final de armazenamento (120 dias). Houve incremento 14,2% no grau de infestação nos grãos sob piretróide e controle em relação ao valor obtido com OEPA.

Observou-se, que a diferença significativa foi evidente a partir 30 dias de armazenamento, onde no tratamento controle os grãos apresentaram grau de infestação superior ($p < 0,05$) em relação aos valores obtidos com piretróide e o OEPA, que não diferiram entre si. A diferença entre o piretróide e OEPA ocorreu a partir dos 60 aos 120 dias, sendo o grau de infestação menor ($p < 0,05$) nos grãos tratados com OEPA (Tabela 4).

Verificou-se aumento substancial do percentual de grãos infestados ao longo do período de armazenamento, principalmente no tratamento controle, ambiente esse, onde os insetos levaram menor tempo para infestar 100% da massa de grãos. Já no tratamento com OEPA, mesmo ao final do período de armazenamento, ainda houve grãos não infestados (12,4%), indicando que o OEPA retardou e/ou inibiu o crescimento populacional dos insetos.

Segundo Antunes et al. (2011), a presença de insetos-praga compromete a qualidade dos grãos e que, quanto maior o grau de infestação e o período de contato dos insetos com os grãos, maiores serão os danos causados. O aumento na taxa de infestação promove diminuição da massa específica aparente, aumento da perda de massa e condutividade elétrica, outros danos relacionados a elevação no grau de infestação, está a redução do percentual de germinação, elevação do teor de água na massa de grãos e o surgimento de pragas secundárias (PEREIRA et., 2007; FREITAS et al., 2016; SILVA et al., 2018; MAGALHAES; SOUSA, 2020).

Figura 7 - Grau de infestação (A), teor de água (B), massa específica aparente (C), perda de massa (D), condutividade elétrica (E) e germinação (F) dos grãos de milho armazenados ao longo de 120 dias após exposição ao OEPA, piretróide e controle. Rio Branco, AC. 2021.



Os símbolos representam as médias de quatro repetições. As barras de erro representam o erro padrão da média.

Tabela 3 - Modelos matemáticos utilizados para representar os valores obtidos ao longo do período de armazenamento dos grãos de milho, após exposição ao OEPA, piretróide e controle. Rio Branco, AC, 2021.

Variável	Tratamentos	Equações ajustadas	g.l.erro	F	P	R ²
Grau de Infestação	OEPA	$\hat{y}=0,3682x+43,4020$	10	65,19	0,004	0,96
	Piretróide	$\hat{y}=0,5003x+42,0400$	10	248,94	0,0006	0,99
	Controle	$\hat{y}=0,5200x+46,600$	10	31,04	0,0114	0,91
Teor de Água	OEPA	$\hat{y}=0,0017x+13,4200$	10	25,00	0,0154	0,89
	Piretróide	$\hat{y}=0,0147x+13,1800$	10	161,33	0,0011	0,98
	Controle	$\hat{y}=0,0287x+13,6400$	10	14,64	0,0315	0,83
Massa Específica Aparente	OEPA	$\hat{y}=-0,8220x+632,1600$	10	44,14	0,0069	0,94
	Piretróide	$\hat{y}=-2,9533x+658,0600$	10	341,64	0,0003	0,99
	Controle	$\hat{y}=-5,1780x+638,0200$	10	189,96	0,0008	0,98
Perda de Massa	OEPA	$\hat{y}=0,1043x+2,5800$	10	6835,05	<0,0001	0,99
	Piretróide	$\hat{y}=0,2943x+1,1800$	10	107,68	0,0019	0,97
	Controle	$\hat{y}=0,8069x+2,0560$	10	140,22	0,0013	0,98
Condutividade Elétrica	OEPA	$\hat{y}=0,4347x+22,9600$	10	161,04	0,0011	0,98
	Piretróide	$\hat{y}=1,2080x+15,2800$	10	109,37	0,0019	0,97
	Controle	$\hat{y}=3,5587x+16,3600$	10	811,78	<0,0001	0,99
Percentual de Germinação	OEPA	$\hat{y}=-0,3653x+56,2800$	10	57,09	0,0048	0,95
	Piretróide	$\hat{y}=-0,5010x+57,8200$	10	205,84	0,0007	0,99
	Controle	$\hat{y}=-0,5067x+52,6000$	10	28,13	0,0131	0,90

A mortalidade dos insetos sob aplicação do OEPA possivelmente está relacionada a ação dos seus compostos. O OE de *P. aduncum* apresenta como constituinte principal o fenilpropanoide dilapiol (FAZOLIM et al., 2016b). Pesquisas constataram a toxicidade de OEs sobre insetos-praga de grãos armazenados, e atribuíram a bioatividade inseticida dos óleos principalmente aos seus compostos majoritários (FERRAZ, 2018; NASCIMENTO, 2020).

Segundo estudos a ação inseticida de alguns OEs está relacionada ao neurotransmissor octopamina, o qual está presente em todos invertebrados, porém ausente nos mamíferos (ISMAN, 2006). A octopamina se assemelha à noradrenalina, agindo como neurohormônio, neuromodulador e neurotransmissor, a sua atividade ao ser interferida afeta o funcionamento do sistema nervoso do inseto, causando-lhe alterações nos batimentos cardíacos, nos movimentos, comportamento e fisiologia do inseto, levando-o a morte (SHAAYA; KOSTYUKOVYSKY, 2006; ROEDER 1999).

Tabela 4 - Qualidade dos grãos de milho sob interação entre produto e período de armazenamento. Rio Branco, AC, 2021.

Produto	Período de armazenamento (dias)				
	0	30	60	90	120
Grau de infestação (%)					
Controle	39,0 a	66,0 a	84,0 a	100,0 a	100,0 a
Piretróide	38,8 a	59,8 b	71,2 b	91,2 b	100,0 a
OEPA	38,7 a	59,0 b	64,3 c	72,3 c	85,0 b
Teor de água (% b.u.)					
Controle	13,5 a	14,6 a	15,2 a	17,2 a	16,4 a
Piretróide	13,3 a	13,5 b	14,0 b	14,5 b	15,0 b
OEPA	13,4 a	13,5 b	13,5 c	13,6 c	13,9 c
Massa específica aparente (kg m⁻³)					
Controle	645,3 a	506,3 b	290,7 c	144,7 c	49,7 c
Piretróide	643,7 a	590,7 a	480,3 b	386,7 b	302,7 b
OEPA	645,0 a	594,7 a	575,7 a	559,0 a	539,7 a
Perda de massa (%)					
Controle	2,7 a	20,3 a	47,0 a	69,0 a	93,8 a
Piretróide	2,5 a	9,0 b	21,0 b	30,0 b	45,0 b
OEPA	2,5 a	8,3 b	10,7 c	12,8 c	15,2 c
Condutividade elétrica (μS cm⁻¹ g⁻¹)					
Controle	26,5 a	106,2 a	235,2 a	336,2 a	445,3 a
Piretróide	26,4 a	37,2 b	86,2 b	125,3 b	163,7 b
OEPA	26,1 a	34,2 b	46,1 c	60,8 c	78,0 c
Percentual de germinação (%)					
Controle	61,0 a	34,0 b	14,0 c	0,0 c	0,0 b
Piretróide	61,2 a	40,0 a	24,8 b	8,5 b	0,0 b
OEPA	61,3 a	40,2 a	32,1 a	23,2 a	15,0 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem ($p>0,05$) entre si pelo teste de Tukey.

4.2.2 Teor de água

O teor de água nos grãos (% b.u.) variou significativamente entre o tratamento com OEPA, piretróide e controle ($F_{2,30} = 151,42$; $P<0,05$) e ao longo do período de armazenamento dos grãos ($F_{4,30} = 62,27$; $P<0,05$). Foi constatado interação significativa entre estes dois fatores ($F_{8,30} = 25,47$; $P<0,05$) (Apêndice A).

O modelo matemático linear foi o que melhor se ajustou a variação do teor de água nos grãos de milho armazenados ao longo de 120 dias após exposição ao OEPA, piretróide e controle (Figura 7 B e Tabela 3). A umidade nos grãos tratados com OEPA, piretróide e controle foi de 13,6; 14,9 e 17,1%, respectivamente, aos 120 dias. Em relação ao OEPA o teor de água nos grãos sob piretróide e controle apresentou aumento de 9,6 e 25,7%, respectivamente.

Observou-se, também, que a diferença significativa foi evidente a partir 30 dias de armazenamento, onde no tratamento controle os grãos apresentaram maior ($p < 0,05$) umidade em relação aos valores obtidos nos grãos sob piretróide e OEPA, que não diferiram entre si. A diferença entre o tratamento com piretróide e OEPA ocorreu a partir dos 60 aos 120 dias, onde verificou-se menor ($p < 0,05$) umidade nos grãos tratados com OEPA, e maior ($p < 0,05$) nos grãos sob tratamento controle aos 120 dias (Tabela 4).

Houve aumento significativo no teor de água dos grãos ao longo dos 120 dias de armazenamento, principalmente no tratamento controle que apresentou aumento de 25,4 % em relação ao período inicial de armazenamento. Esse resultado pode estar relacionado ao aumento substancial na taxa de infestação, Figura 7 A, o que favoreceu a elevação do teor de água nos grãos. O teor de água nos grãos sob tratamento OEPA apresentou pouca variação ao longo do período de armazenamento, permanecendo dentro do padrão tecnicamente recomendado para comercialização que é de até 14,0% conforme estabelecido Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2011), indicando, portanto, maior potencial do OEPA em conservar o teor de umidade dos grãos de milho.

Dentre os parâmetros mais utilizados para avaliação da qualidade dos grãos, está o teor de água. O tipo armazenamento, condições de temperatura, umidade inicial, período de armazenamento e a atividade biológica por meio de insetos, ácaros e fungos são fatores que favorecem a elevação da umidade ao longo do período de armazenamento dos grãos, reduzindo a sua qualidade, (PARAGINSKI et al., 2015; FREITAS et al., 2016; ELY, 2018; SILVA et al., 2018; DÜRKS et al., 2019; MAGALHAES; SOUSA, 2020).

A elevação do teor de água indica aumento no grau de infestação, redução do percentual de germinação, diminuição da massa seca presente no grão levando a maior redução da massa específica aparente e aumento na perda de massa (JESUS et al., 2013; MAGALHAES, SOUSA, 2020). A elevação da umidade induzida pela presença de insetos está relacionada a atividade metabólica destes que durante o processo de alimentação, liberam dióxido de carbono (CO_2), promovendo o aquecimento na massa de grãos que também acabam aumentando a atividade respiratória devido as perturbações, levando dessa forma ao aumento no teor de água (FREITAS et al., 2016).

4.2.3 Massa específica aparente

Houve variação significativa para a massa específica aparente (kg m^{-3}) entre os tratamentos com OEPA, piretróide e controle ($F_{2,30} = 6092,54$; $P < 0,05$) e ao longo do período de armazenamento dos grãos ($F_{4,30} = 5824,10$; $P < 0,05$). Observou-se também interação significativa entre estes dois fatores ($F_{8,30} = 1370,15$; $P < 0,05$) (Apêndice A).

O modelo matemático linear foi o que melhor se ajustou a variação da massa específica aparente nos grãos de milho armazenados ao longo de 120 dias após exposição ao OEPA, piretróide e controle (Figura 7 C e Tabela 3). A massa específica aparente nos grãos tratados com OEPA, piretróide e controle foi de 533,5; 303,7 e 16,7 kg m^{-3} respectivamente, aos 120 dias. Em relação ao OEPA o decréscimo na massa específica aparente nos grãos sob piretróide e controle aumentou em 1718,6 e 3094,6%, respectivamente.

A diferença significativa foi evidente a partir 30 dias de armazenamento, onde no tratamento controle os grãos apresentaram menor ($p < 0,05$) massa específica aparente em relação aos valores obtidos com piretróide e o OEPA, que não diferiram entre si. A diferença entre os tratamentos piretróide e OEPA ocorreu a partir dos 60 aos 120 dias, onde verificou-se maior ($p < 0,05$) massa específica aparente nos grãos tratados com OEPA e menor ($p < 0,05$) valor para os grãos sob o tratamento controle aos 120 dias (Tabela 4).

Verificou-se redução significativa na massa específica aparente dos grãos ao longo dos 120 dias de armazenamento, principalmente no tratamento controle que apresentou redução de 97,4% em relação ao período inicial de armazenamento. Esse resultado pode estar relacionado ao aumento no teor de água Figura 8 B, favorecido pelo aumento na taxa de infestação Figura 7 A. A redução na massa específica aparente dos grãos sob tratamento OEPA foi de 96,9% inferior ao tratamento controle, evidenciando, menor perda e maior potencial do OEPA em conservar esse parâmetro de qualidade.

A perda na massa específica de grãos está relacionada a vários fatores como o tipo de armazenamento, condições de temperatura, umidade, grau de infestação por insetos-praga e período de armazenamento dos grãos (FARONI et al., 2005; SANTOS et al., 2012; FREITAS et al., 2016; MAGALHAES, SOUSA, 2020). O decréscimo na massa específica aparente e aumento na perda de massa associado ao ataque de

insetos-praga está relacionado ao consumo do conteúdo interno do grão pelo inseto adulto e na sua fase larval, que ao se alimentarem acabam reduzindo a matéria seca e o volume do produto (ANTUNES et al., 2011; FREITAS et al., 2016; SILVA et al., 2018).

4.2.4 Perda de massa

A perda de massa nos grãos (%) variou significativamente entre o tratamento com OEPA, piretróide e controle ($F_{2,30} = 1841,53$; $P < 0,05$) e ao longo do período de armazenamento dos grãos ($F_{4,30} = 2192,21$; $P < 0,05$). Foi observada interação significativa entre estes dois fatores ($F_{8,30} = 312$; $P < 0,05$) (Apêndice A).

O modelo matemático linear foi o que melhor se ajustou a variação da perda de massa nos grãos de milho armazenados ao longo de 120 dias após exposição ao OEPA, piretróide e controle (Figura 7 e Tabela 3). A perda de massa nos grãos tratados com OEPA, piretróide e controle foi de 15,1, 36,5 e 98,9% respectivamente, aos 120 dias. Em relação ao OEPA a perda de massa nos grãos sob piretróide e controle aumentou em 141,7 e 555% respectivamente.

Analisou-se também, que a diferença significativa foi evidente a partir 30 dias de armazenamento, onde o tratamento controle apresentou maior perda ($p < 0,05$) de massa em relação aos valores obtidos sob os tratamentos com piretróide e OEPA, que não diferiram entre si. A diferença entre o piretróide e OEPA ocorreu a partir dos 60 aos 120 dias, onde verificou-se menor ($p < 0,05$) perda de massa nos grãos tratados com OEPA e maior perda ($p < 0,05$) nos grãos sob o tratamento controle aos 120 dias (Tabela 4).

Constatou-se aumento significativo na perda de massa de grãos ao longo dos 120 dias de armazenamento, principalmente no tratamento controle que apresentou aumento de 4710,3% em relação ao período inicial de armazenamento. Esse resultado pode estar relacionado ao aumento na taxa de infestação Figura 7 A, acompanhado da elevação do teor de água nos grãos Figura 8 B. A perda de massa dos grãos sob tratamento OEPA foi de 84,7% inferior ao tratamento controle, evidenciando, menor perda e maior potencial do OEPA em conservar a massa dos grãos. Levando-se em consideração uma tonelada, as perdas aos 120 dias representariam, 151; 365 e 989 kg para o OEPA, piretróide e controle, respectivamente. Isso em sacos de 60 kg, perdem-se em torno 2,5; 6,1 e 16,5 sacos respectivamente.

A perda na massa de grãos está relacionada a vários fatores como o tipo de armazenamento, condições de temperatura, umidade e período de armazenamento dos grãos (SANTOS et al., 2012). Outro fator importante está relacionado a presença de insetos-praga, quanto maior o grau de infestação e o período de armazenamento dos grãos na presença desses agentes, maior será a perda de massa, já que se alimentam do conteúdo interno do grão reduzindo dessa forma, a massa seca e o peso do grão (CANEPPELE et al., 2003; ANTUNES et al., 2011).

4.2.5 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) variou significativamente entre os tratamentos com OEPA, piretróide e controle ($F_{2,30} = 4849,61$; $P < 0,05$) e ao longo do período de armazenamento dos grãos ($F_{4,30} = 4378,14$; $P < 0,05$). Houve interação significativa entre estes dois fatores ($F_{8,30} = 1903,16$; $P < 0,05$) (Apêndice A)

O modelo matemático linear foi o que melhor se ajustou a variação da condutividade elétrica nos grãos de milho armazenados ao longo de 120 dias após exposição ao OEPA, piretróide e controle (Figura 7 E e Tabela 3). A condutividade nos grãos tratados com OEPA, piretróide e controle foi de 75,1; 160,2 e 443,3 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, respectivamente, aos 120 dias. Em relação ao OEPA a condutividade elétrica na solução contendo os grãos sob piretróide e controle aumentou em 113,3 e 490,3% respectivamente.

A diferença significativa foi evidente a partir de 30 dias de armazenamento, onde no tratamento controle, os grãos apresentaram maior ($p < 0,05$) condutividade em relação aos valores obtidos sob os tratamentos piretróide e o OEPA, que não diferiram entre si. A diferença entre o piretróide e OEPA ocorreu a partir dos 60 aos 120 dias, onde verificou-se menor ($p < 0,05$) condutividade na solução contendo grãos tratados com OEPA e maior ($p < 0,05$) valor no tratamento controle aos 120 dias (Tabela 4).

Observou-se aumento significativo da condutividade elétrica ao longo dos 120 dias de armazenamento, principalmente no tratamento controle que apresentou aumento de 2609,7% em relação ao período inicial de armazenamento. Esse resultado pode estar relacionado ao aumento na taxa de infestação Figura 7 A, acompanhado da elevação do teor de água nos grãos Figura 7 B. A condutividade elétrica da solução contendo os grãos sob tratamento OEPA foi de 83,1% inferior ao tratamento controle, evidenciado

pela menor lixiviação de eletrólitos do interior das células para o meio, indicando maior potencial do OEPA em conservar a integridade do grão armazenado.

A condutividade elétrica é utilizada como indicativo da deterioração de grãos armazenados, e sofre influência das condições de armazenamento, temperatura, umidade, ataque de insetos-praga e período de armazenamento dos grãos (FARONI et al., 2005; FREITAS et al., 2016; MAGALHAES; SOUSA, 2020)

O aumento na infestação por insetos-praga acompanhado da elevação nos teores de água acelera o processo de degradação da membrana celular, gerando maiores valores de condutividade elétrica na solução contendo os grãos devido à maior lixiviação de eletrólitos, comprometendo, dessa forma, a qualidade de sementes e/ou grãos armazenados ao longo do período de armazenamento (FARONI et al., 2005; FREITAS et al., 2016; SILVA et al., 2018).

4.2.6 Percentual de germinação

A germinação (%) variou significativamente entre os tratamentos com OEPA, piretróide e controle ($F_{2,30} = 15593,34$; $P < 0,05$) e ao longo do período de armazenamento dos grãos ($F_{4,30} = 29191,08$; $P < 0,05$). Verificou-se interação significativa entre estes dois fatores ($F_{8,30} = 2019,95$; $P < 0,05$) (Apêndice A).

O modelo matemático linear foi o que melhor se ajustou a variação na germinação dos grãos de milho armazenados ao longo de 120 dias após exposição ao OEPA, piretróide e controle (Figura 7 F e Tabela 3). A germinação nos grãos sob os tratamentos com piretróide e controle reduziu em 100% chegando a 0% de germinação aos 115,4 e 103,8 dias respectivamente. Já no tratamento OEPA o percentual de germinação reduziu em 87,4% no período final de armazenamento (120 dias).

A diferença significativa foi evidente a partir dos 30 dias de armazenamento, onde no tratamento controle os grãos apresentaram menor ($p < 0,05$) percentual de germinação em relação aos tratamentos piretróide e OEPA, que não diferiram entre si. A diferença entre o piretróide e OEPA ocorreu a partir dos 60 aos 120 dias, sendo a germinação maior ($p < 0,05$) nos grãos tratados com OEPA. A germinação nos grãos sob o tratamento com piretróide foi estatisticamente igual ($p > 0,05$) ao controle aos 120 dias de armazenamento (Tabela 4).

Verificou-se redução significativa do percentual de grãos germinados ao longo do período de armazenamento, chegando a 0% em menor tempo no tratamento controle quando comparado com os demais tratamentos, evidenciando, dessa forma, a deterioração e perda de vigor do grão. Esse resultado pode estar relacionado ao aumento na taxa de infestação Figura 7 A, acompanhado da elevação no teor de água dos grãos Figura 7 B. Já no tratamento com OEPA, mesmo ao final do período de armazenamento, ainda houve 12,4% germinação, indicando a capacidade OEPA em preservar esse parâmetro de qualidade fisiológica do grão.

A germinação é um parâmetro de qualidade utilizado como indicativo da deterioração de sementes e grãos armazenados, e sofre influência do tipo de armazenamento, condições de temperatura, teor de água, infecção por fungos, ataque de insetos-praga e período de armazenamento dos grãos (FARONI et al., 2005; SANTOS et al., 2012; FREITAS et al., 2016; MAGALHAES; SOUSA, 2020)

A redução da germinação influenciada pela presença de insetos-praga ocorre através do consumo do conteúdo interno do grão pelo inseto adulto e também durante a sua fase larval, levando dessa forma a destruição do embrião durante a alimentação (FREITAS et al., 2016; SILVA et al., 2018). Em relação ao teor de água, elevados valores associados a temperatura podem acelerar a degradação da estrutura das membranas dos grãos e contaminação por fungos, comprometendo, dessa maneira, o poder germinativo das sementes e/ou grãos armazenados ao longo do tempo (PARAGINSKI et al., 2015).

De maneira geral, constatou-se perda na qualidade do milho durante o período de armazenamento dos grãos, evidenciado pelo aumento no grau de infestação, do teor de água, da condutividade elétrica, aumento da perda de massa, redução da massa específica aparente e germinação, indicando possível correlação entre o grau de infestação e demais variáveis de qualidade. Análises de correlações foram estabelecidas por Freitas et al. (2016) e Silva et al. (2018), os quais, constataram que o aumento no grau de infestação por insetos-praga, promoveu a elevação nos teores de água e condutividade elétrica, e levou a redução da massa específica aparente e germinação dos grãos.

O aumento no grau de infestação, do teor de água, da condutividade elétrica, aumento da perda de massa, redução da massa específica aparente e germinação, evidencia a perda da qualidade do milho durante o período de armazenamento de 120 dias, sendo mais significativa, quando não ocorre aplicação de produto. Comportamento parecido, ocorre também nos grãos sob aplicação do produto piretróide. Já o OEPA retardou a perda da qualidade dos grãos ao longo do armazenamento, indicando um controle mais prolongado sobre *S. zeamais*, e maior capacidade de conservar os grãos por mais tempo. Do ponto de vista prático, os grãos tratados com OEPA, podem permanecer armazenados por mais tempo, sem que ocorra perdas significativas em sua qualidade, quando comparado com a utilização do produto comercial piretróide, ou sem nenhum tipo de controle. Além, do mais, a utilização do OEPA como alternativa ao inseticida piretróide, pode atenuar os gastos com aplicações do produto comercial.

A determinação da toxicidade do OEPA é uma informação de grande importância para o manejo no controle de *S. zeamais* e para proteção dos grãos de milho armazenados. O fato de o OEPA ter apresentado toxicidade para *S. zeamais* instiga também, o uso deste bioinseticida como agente sinérgico em combinações com inseticidas piretróides para o controle de populações resistentes a esse grupo químico, haja vista, o relato de estudos que verificaram efeito sinérgico significativo com o uso do OEPA combinado com mistura pronta à base de teflubenzuron (benzoilfenilureia)/alfacipermetrina (piretróide) e com inseticidas piretróides no controle de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (FAZOLIN et al., 2016b; FAZOLIN et al., 2016a).

A utilização do OEPA combinada com inseticidas piretróides poderá auxiliar no controle de populações de *S. zeamais* resistentes. Além disso, o efeito sinérgico possivelmente irá reduzir as concentrações letais utilizadas de ambos os produtos, e proporcionar maior eficiência no controle e na conservação da qualidade dos grãos armazenados. Dessa maneira, surge a necessidade de trabalhos adicionais sobre a potencialização do OEPA como bioinseticida, formulações e análises de resíduo.

5 CONCLUSÕES

O OEPA apresenta toxicidade para *S. zeamais*. As concentrações letais OEPA para 50 e 95% dos insetos (CL₅₀ e CL₉₅) são 298,50 e 585,20 $\mu\text{L kg}^{-1}$, respectivamente.

O OEPA retarda a depreciação da qualidade dos grãos de milho em relação aos demais produtos no período de 120 dias.

O uso do OEPA como bioinseticida no tratamento de grãos de milho armazenado, mostra-se uma alternativa eficaz no controle de *S. zeamais* e não compromete a qualidade dos grãos.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, p. 265-267, 1925.
- AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Árvore do conhecimento milho:Pragas de Grãos Armazenados. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_38_168200511158.html>. Acesso em: 03 jan. 2021.
- ALBIERO, B.; FREIBERGER, G.; MORAES, R. P.; VANIN, A. B. POTENCIAL inseticida dos óleos essenciais de endro (*anethum graveolens*) e de nim (*azadirachta indica*) no controle de *sitophilus zeamais*/Insecticide potential of essential oils of endro (*anethum graveolens*) and nim (*azadirachta indica*) in the control of *sitophilus zeamais*. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 21443-21448, 2019.
- ALMEIDA FILHO, A. J.; FONTES, L. S.; ARTHUR, V. Determinação da perda de peso do milho (*Zea mays*) provocada por *Sitophilus oryzae* e *Sitophilus zeamais*. **Ecosistema**, v. 27, n. 2, p. 41-44, jan. 2002.
- ALMEIDA, R. P.; SOUTO, R. N. P.; SILVA, M. H. L.; MAIA, J. G. S. Chemical Variation in *Piper aduncum* and Biological Properties of Its Dillapiole-Rich Essential Oil. **Chemistry & Biodiversity**, v. 9, n. 6, p. 1427-1434, 2009.
- AMARAL, E. F. do; BARDALES, N.; NEGREIROS, J. D. S.; ARAÚJO, E. A. de. **Zoneamento pedoclimático da Pimenta-Longa (*Piper hispidinervum*) e Pimenta-de-Macaco (*Piper aduncum*) no Estado do Acre**. Embrapa Acre-Documents (INFOTECA-E), 2016. 43 p.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (ASAE). **Moisture measurement - Unground grain and seeds**. ASAE, 2000. p. 563.
- ANDERSON, K.; SCHURLE, B.; REED, C.; PEDERSEN, J. An economic analysis of producers' decisions regarding insect control in stored grain. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 12, n. 1, p. 23-29, 1990.
- ANDRADE, E. H. A; GUIMARÃES, E. F; MAIA, J. G. S. **Variabilidade química em óleos essenciais de espécies de Piper da Amazônia**. 22. ed. FEQ/UFPA, Belém, 2009, 448p.
- ANDRÉS, M. F.; ROSSA, G. E.; CASSEL, E.; VARGAS, R. M. F.; SANTANA, O.; DÍAZ, C. E.; GONZÁLEZ-COLOMA, A. Biocidal effects of *Piper hispidinervum* (Piperaceae) essential oil and synergism among its main components. **Food and Chemical Toxicology**, v. 109, p. 1086-1092, 2017.
- ANTUNES, L. E.; VIEBRANTZ, P. C.; GOTTARDI, R.; DIONELLO, R. G. Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais*

durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 615-620, 2011.

ARAÚJO, A. M. N. de; FARONI, L. R. A.; OLIVEIRA, J. V. de. NAVARRO, D. M. A. F.; SILVA BARBOSA, D. R.; BREDA, M. O.; FRANÇA, S. M. de. Lethal and sublethal responses of *Sitophilus zeamais* populations to essential oils. **Journal of Pest Science**, v. 90, n. 2, p. 589-600, 2017.

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; MACHADO, J. A. D.; OLIVEIRA, L. de; SOUZA, Â. R. L. de. O POTENCIAL PRODUTIVO BRASILEIRO: UMA ANÁLISE HISTÓRICA DA PRODUÇÃO DE MILHO. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá (PR), v. 12, n. 2, p. 515-540, 2019.

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; SILVA, L. X. Agricultura de precisão: inovação para a produção mundial de alimentos e otimização de insumos agrícolas. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 13, n. 29, p. 146-161, 2017.

ASCENÇÃO, V. L.; MOUCHREK-FILHO, V. E. Extração, caracterização química e atividade antifúngica de óleo essencial *Syzygium aromaticum* (cravo da Índia). **Cadernos de Pesquisas**, São Luís, v. 20, p. 137-144, 2013.

BAKKALI, F., AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils—a review. **Food and chemical toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446-475, 2008.

BAKKER-ARKEMA, F. W. Grain quality and management of grain quality standards. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF GRAIN CONSERVATION, 1993, Canela, RS. **Anais...** Porto Alegre, p. 3-11, 1993.

BARBOSA, E. A. S. **Efeitos de extratos de *Casearia javitensis* Kunth (Salicaceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae)**. 2015. 52F. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Entomologia) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2015.

BASTOS, C. N. E.; ALBUQUERQUE, P. S. B. Efeito do óleo de *Piper aduncum* no controle em pós-colheita de *Colletotrichum musae* em banana. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p.555-557, 2004.

BINOTTI, F. F. S.; HAGA, K. I.; CARDOSO, E. D.; ALVES, C. Z.; SÁ, M. E. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.30, n.2, p. 247-254, abr./jun. 2008.

BOTELHO, F. M.; FARIA, M. E. M.; BOTELHO, S. C. C.; RUFFATO, S.; MARTINS, R. N. Metodologias para determinação de massa específica de grãos. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 11, n. 41, p. 251-259, jun. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Secretaria de Defesa Agropecuária (ACS). **Regras para análise de sementes (RAS)**. Brasília: MAPA, 2009. 399 p.

BRAZÃO, M. A. B.; BRAZÃO, F. V.; MAIA, J. G. S.; MONTEIRO, M. C. Antibacterial activity of the *Piper aduncum* oil and dillapiole, its main constituent, against multidrug-resistant strains. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v. 13, n. 6, p. 517-526, 2014.

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). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 47, n. 4, p. 625-630, 2003.

CEOLE, L. F.; CARDOSO, M. D. G.; SOARES, M. J. Nerolidol, the main constituent of *Piper aduncum* essential oil, has anti-*Leishmania braziliensis* activity. **Parasitology**, v. 144, n. 9, p. 1179-1190, 2017.

COCHRAN, W. G. e COX, G. M. (1968). **Experimental Designs**. 2 ed. New York: COIMBRA, R. Manual de **fitoterapia**. Belém: CEJUP, 2 ed., 1994, 335 p.

COITINHO, R. L. B. D. C.; OLIVEIRA, J. V. D.; GONDIM JUNIOR, M. G. C.; CÂMARA, C. A. G. D. Toxicidade por fumigação, contato e ingestão de óleos essenciais para *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae). **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 1, p. 172-178, 2011.

COITINHO, R. L. B. de C. **Atividade inseticida de óleos essenciais sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae)**. Tese 62 f. (Entomologia Agrícola) - Programa de Pós-graduação em Entomologia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

CONAB - Companhia nacional de abastecimento. 2021. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2020/2021 - 10º levantamento**. Brasília, p. 1-110, julho 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/>>. Acesso em: 25 de jul. de 2021.

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MACHADO, J. R. A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. **Milho: caracterização e desafios tecnológicos**. Brasília: Embrapa, 2019. 45 p. (Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2).

CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, D. M.; RESENDE, O.; BOTELHO, F. M. Determinação e modelagem das propriedades físicas e da contração volumétrica do trigo, durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 665-670, set. 2006.

CORRÊA, P. C.; SILVA, J. S. Estrutura, composição e propriedades dos grãos. In: SILVA, J. S. (Ed.) **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. 2ª. ed. Viçosa: [sn], cap. 2, p. 19-36. 2008.

CORREA, Y. D. C. G.; FARONI, L. R.; HADDI, K.; OLIVEIRA, E. E.; PEREIRA, E. J. G. Locomotory and physiological responses induced by clove and cinnamon essential

oils in the maize weevil *Sitophilus zeamais*. **Pesticide biochemistry and physiology**, v. 125, p. 31-37, 2015.

CORRÊA, A. S.; TOLLEDO, J.; PEREIRA, E. J. G.; GUEDES, R. N. C. Bidirectional selection for body mass and correlated response of pyrethroid resistance and fitness in *Sitophilus zeamais*. **Journal of Applied Entomology**, v.135, n. 4, p. 285-292, 2011.

DIÃO, W. R.; H.U, Q. P.; ZHANG, H.; XU, J. G. Chemical composition, antibacterial activity and mechanism of action of essential oil from seeds of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). **Food control**, v. 35, n. 1, p. 109-116, 2014.

DÜRKS, J. M.; BOTELHO, F. M.; BOTELHO, S. D. C. C.; RUFFATO, S.; HOSCHER, R. H. Perdas quantitativas e qualitativas em soja armazenada com aeração convencional e resfriamento artificial. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 17, n. 1, p. 31-39, 2019.

ELY, A. Redução da qualidade de grãos de soja durante o armazenamento em diferentes condições de umidade e temperatura. **Revista Thema**, v. 15, n. 2, p. 506-520, 2018.

Estrela, J. L. V.; Fazolin, M.; Catani, V.; Alécio, M. R.; Lima, M. S. D. Toxicity of essential oils of *Piper aduncum* and *Piper hispidinervum* against *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 217-222, 2006

FARIAS, M. J. **Óleos essências de piperáceas como alternativas para o controle de pragas**. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Rio Branco, 2019.

FARONI, L. R. A.; BARBOSA, G. D. O.; SARTORI, M. A.; CARDOSO, F. D. S.; ALENCAR, E. D. Avaliação qualitativa e quantitativa do milho em diferentes condições de armazenamento. **Engenharia na Agricultura**, v. 13, n. 3, p. 193-201, jul./set., 2005.

FARONI, L. R. D. A.; SILVA, J. S. Manejo de pragas do ecossistema de grãos armazenados. In: SILVA, J. S. (Ed.). **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. Viçosa, MG: Ed. 2. Aprenda Fácil, 2008. cap. 15, p. 345-382.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; CATANI, V.; ALÉCIO, M. R.; LIMA, M. S. D. Propriedade inseticida dos óleos essenciais de *Piper hispidinervum* C. D C.; *Piper aduncum* L. e *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum sobre *Tenebrio molitor* L., 1758. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 113-120, 2007.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; CATANI, V.; COSTA, C. R. da. **Potencialidades da Pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.): características gerais e resultados de pesquisa**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2006. 53p. il. color. (Embrapa Acre. Documentos, 103).

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; CATANI, V.; LIMA, M. S.; ALECIO, M. R. Toxidade do óleo de *Piper aduncum* L. a adultos de *Cerotoma tingomarianus* Bechyné

(Coleoptera: Chrysomelidae). **Neotropical Entomology**, Vacaria, v. 34, n. 3, p. 485-489, 2005.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; MEDEIROS, A. F. M.; SILVA, I. M.; GOMES, L. P.; SILVA, M. S. F. Synergistic potential of dillapiole-rich essential oil with synthetic pyrethroid insecticides against fall armyworm. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 382-388, 2016a.

FAZOLIN, M.; ESTRELA J. L. V.; MONTEIRO, A. F. M.; GOMES L. P.; SILVA, I. M.; SILVA, M. S. F. Potencial sinérgico do óleo de *Piper aduncum* para inseticidas formulados com misturas de princípios ativos. **Revista de Ciências Agrárias – Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 59, p. 362-369, 2016b.

FEPAGRO; EMATER/RS; FECOTRIGO. Recomendações técnicas para a cultura do milho no Rio Grande do Sul. **Programa multistitucional de difusão de tecnologia em milho**. Porto Alegre, 1998. 194 p. (Boletim técnico, 3).

FERNANDES, E. T.; FAVERO, S. Óleo essencial de *Schinus molle* L. para o controle de *Sitophilus zeamais* Most. 1855 (Coleoptera: Curculionidae) em milho. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 1, p. 225-231, 2014.

FERRAZ, M. S. S. **Potencial inseticida do óleo essencial de *Piper hispidinervum* sobre *Callosobruchus maculatus* e sua persistência em feijão-caupi**. 2018. 54 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2018.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, jun. 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

FERREIRA, L. O. G. **Óleo essencial de *Pluchea sagittalis*: influência comportamental e ação inseticida sobre *Sitophilus zeamais***. 59 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) - Universidade Anhanguera-uniderp, Campo Grande, 2017.

FERREIRA, R. G. **Ação antimicrobiana do óleo essencial de *Piper Aduncum* e dilapiol em infecções de pele**. 88 f. Disertação (Mestrado em Ciências Farmacêutica) – Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2015.

FIUZA, L. M.; KNAAK, N. Potencial dos óleos essenciais de plantas no controle de insetos e micro-organismos. **Neotropical Biology and Conservation**, v.5, n. 2, p.120 132, 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). **Arquivos do Instituto Biológico**, Teresina, v. 85, p.1-8, 2018.

FREITAS, R. S. **Qualidade de grãos de feijão armazenados sob atmosfera modificada**. 2009. 58 f. Dissertação (Mestre em Agronomia: Fitotecnia) Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, 2009.

FREITAS, R. S.; FARONI, L. R. A; SOUSA, A. H. Hermetic storage for control of common bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* (Say). **Journal of Stored Products Research**, v. 66, p. 1-5, Mar. 2016.

GAIA, J. M. D.; MOTA, M. G. D. C.; CONCEIÇÃO, C. C. C. D.; COSTA, M. R.; MAIA, J. G. S. Similaridade genética de populações naturais de pimenta-de-macaco por análise RAPD. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 4, p. 686-689, 2004.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**, Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GILLING, D. H.; KITAJIMA, M.; TORREY, J. R.; BRIGHT, K. R. Antiviral efficacy and mechanisms of action of oregano essential oil and its primary component carvacrol against murine norovirus. **Journal of applied microbiology**, v. 116, n. 5, p. 1149-1163, 2014.

GOTTLIEB, O. R.; KOKETSU, M.; MAGALHÃES, M. T.; MAIA, J. G. S.; MENDES, P. H.; da ROCHA, A. I.; WILBERG, V. C. Óleos essenciais da Amazônia VII. **Acta Amazonica**, v. 11, n. 1, p. 143-148, 1981.

GUERRINI, A.; SACCHETTI, G.; ROSSI, D.; PAGANETTO, G.; MUZZOLI, M; ADREOTTI E; TOGNOLINI M; MALDONADO, M.E; BRUNI. R. Bioactivities of *Piper aduncum* L. and *Piper obliquum* (Piperaceae) essential oils from Eastern Ecuador. **Environ Toxicol Pharmacol**, v. 27, p. 39-48, 2009.

GUIMARÃES, E. F.; CARVALHO-SILVA, M.; MONTEIRO, D.; MEDEIROS, E. S.; QUEIROZ, G. A. Piperaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. **Rodriguésia**, v. 66, n. 4, p. 1085-1113, 2015.

HADDI, K.; VALBON, W. R.; VITERI JUMBO, L. O.; OLIVEIRA, L.O.; GUEDES, R. N. C.; OLIVEIRA, E. E. Diversity and convergence of mechanisms involved in pyrethroid resistance in the stored grain weevils, *Sitophilus* spp. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1-15, 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola - junho 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: 01 Aug. 2021.

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

JACOB, R. G. Óleos Essenciais como Matéria-Prima Sustentável para o Preparo de Produtos com Maior Valor Agregado. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1, 2017.

JESUS, F. F.; SOUZA, R. T. G.; TEIXEIRA, G. G. S.; TEIXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A. Propriedades físicas de sementes de feijão em função de teores de água. **Engenharia na Agricultura**, v.21, n.1, p.9-18, 2013.

KALEMBA, D.; KUNICKA, A. Antibacterial and antifungal properties of essential oils. **Current Medicinal Chemistry**, v.10, p. 813–829, 2003.

KIM, K. H.; KABIR, E.; JAHAN, S. A. Exposure to pesticides and the associated human health effects. **Science of the Total Environment**, v. 575, p. 525-535, 2017.

LEMES, E. S.; OLIVEIRA S.; RODRIGUES R. R.; ALMEIDA A. S.; MENEGHELLO G. E.; TUNES, L. M. Avaliação do potencial fisiológico de lotes de aveia preta por meio do teste de condutividade elétrica. **Tecnologia e Ciência. Agropecuária**. João Pessoa, v. 9, n. 2, p. 5-10, abr. 2015.

LIMA, B. V.; CAETANO, B. S.; SOUZA, G. G. de; SPONTONI, M. T.; SOUZA, L. C. D. de. Pragas da cultura do Milho. **Revista Conexão Eletrônica**, v. 13, p. 1-15, 2016.
LOECK, A. E. **Pragas de produtos armazenados**. Pelotas: EGUFPEL, 2002. 113p.

LOPES, L. M. **Óleo essencial de pimenta-longa (*Piper hipidinerun*): alternativa de controle para *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)**. 2020. 93 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Acre. Rio banco, AC, 2020.

LORINI, I.; ACHNEIDER, S. **Pragas de grãos armazenados: Resultados de Pesquisa**. EMBRAPA-CNPTrigo, Passo Fundo, RS, 1994. 47p.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A.; HENNING, F. A. **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 84 p.

LUCENA, D. C.; BERTHOLDO-VARGAS, L. R.; SILVA, W. C.; MACHADO, A. F.; LOPES, T. S.; MOURA, S.; BARROS, N. M. Biological Activity of *Piper aduncum* extracts on *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) (Lepidoptera: Erebididae) and *Spodoptera frugiperda* (JE Smith)(Lepidoptera: Noctuidae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 89, n. 3, p. 1869-1879, Aug. 2017.

MACHADO, B.F.M.T.; FERNANDES JÚNIOR, A. Óleos essenciais: aspectos gerais e usos em terapias naturais. **Caderno Acadêmico Tubarão**, v. 3, n. 2, p. 105-127, 2011.

MACIEL, Franciele Casarin. **Ação de óleos essenciais de *Syzygium aromaticum* e *Thymus vulgaris* sobre *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* em laboratório**. 76 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

MAGALHAES, V. B.; SOUSA, A. H. Quality of white Gurgutuba creole beans stored in silo bags and PET bottles. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 12, n. 3, p. 195-208. Set. 2020.

MAIA, J. G. S.; ZOGHBI, M. G. B.; ANDRADE, E. H. A. **Plantas Aromáticas na Amazônia e Seus Óleos Essenciais**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001, p.186.

MAIA, J. G. S.; ZOGHBI, M. G. B.; ANDRADE, E. H. A.; SANTOS, A. S.; SILVA, M. H. L.; LUZ, A. I. R.; BASTOS, C. N. Constituents of the essential oil of *Piper aduncum* L. growing in the Amazon Region, **Flavour and Fragrance Journal.**, v.13, p .269-272, 1998.

MAMOOD, S. N. H.; HIDAYATULFATHI, O.; BUDIN, S. B.; ROHI, G. A.; ZULFAKAR, M. H The formulation of the essential oil of *Piper aduncum* Linnaeus (Piperales: Piperaceae) increases its efficacy as an insect repellent. **Bulletin of entomological research**, v. 107, n. 1, p. 49-57, 2017.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 60, de 22 de dezembro de 2011. Regulamento Técnico do Milho. Diário Oficial da União. 23.12.2011, Brasília, DF.

MARCOLAN, A. L.; RAMALHO, A. R.; TEIXEIRA, C. A. D.; FERNANDES, C. de F.; RAMOS, J. E. de L.; COSTA, J. N. M.; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; OLIVEIRA, S. J. de M.; **Sistema de produção para a cultura do milho em Rondônia**. Porto Velho, RO, 2008, 46 p. Embrapa Rondônia-Sistema de Produção (INFOTECA-E).

MARCONDES, E.; RIBEIRO, M. A.; STANGERLIN, D. M.; SOUZA, A. P.; MELO, R. R. de; GATTO, D. A. Resistência natural da madeira de duas espécies amazônicas em ensaios de deterioração de campo. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 9, n. 6, p. 1-9, jun. 2013.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.

MELO JUNIOR, J. L. de A.; SILVA, J. A.; SANTORO, K. R.; BADJI, C. A. Insecticide resistance of corn weevil populations from semi-arid regions. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 3, p. 430-334, Mar. 2018.

MELO, B. A.; OLIVEIRA, S. R. de; LEITE, D. T.; BARRETO, C. F.; SILVA, H. de S. Revisão de Literatura: Inseticidas botânicos no controle de pragas de produtos armazenados. **Revista Verde**, v.6, n. 4, p.01-10, 2011.

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

MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 4050-4063, ago. 2009.

MOREIRA, M. D.; PICANÇO, M. C.; BARBOSA, L. C. D. A.; GUEDES, R. N. C.; CAMPOS, M. R. D.; SILVA, G. A.; MARTINS, J. C. Plant compounds insecticide

activity against Coleoptera pests of stored products. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 7, p. 909-915, 2007.

NASCIMENTO, J. M. **Bioatividade do óleo essencial de *Piper aduncum* L. para diferentes espécies de carunchos (insecta: coleptera) de grãos armazenados.** 2020. 61 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Acre. Rio banco, AC, 2020.

NAYAK, M. K.; DAGLISH, G. J.; PHILLIPS, T. W.; EBERT, P. R. Resistance to the fumigant phosphine and its management in insect pests of stored products: A global, perspective. **Annual Review of Entomology**, v. 65, p. 333-350, 2020.

NETO, J. R. C.; BOSCAINI, R. GRÃOS ARDIDOS EM MILHO: UMA REVISÃO. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 2, p. 105-125, 2019.

NUNES, R. T. C.; NETO, A. C. A.; SOUZA, U. O.; FOGAÇA, J. J. N. L; MORAIS, O. M. Relação entre o tamanho e a qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi. **Cultura Agrônômica: Revista de Ciências Agrônômicas**, Ilha Solteira, v. 25, n. 4, p. 339-350, dez. 2016.

OLIVEIRA, G. L.; CARDOSO, S. K.; LARA JUNIOR, C. R.; VIEIRA, T. M.; GUIMARÃES, E. F.; FIGUEIREDO, L. S.; KAPLAN, M. A. C Chemical study and larvicidal activity against *Aedes aegypti* of essential oil of *Piper aduncum* L. (Piperaceae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85, n. 4, p. 1227-1234, 2013.

OLIVEIRA, J. V. D.; FRANÇA, S. M. D.; BARBOSA, D. R.; DUTRA, K. D. A.; ARAUJO, A. M. N. D.; NAVARRO, D. M. D. A. F. Fumigation and repellency of essential oils against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) in cowpea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 1, p. 10-17, 2017.

OOTANI, M. A; AGUIAR, R. W; RAMOS, A. C. C.; BRITO, D. R.; SILVA, J. B; CAJAZEIRA, J.P. Use of Essential Oils in Agriculture. **Journal of Biotechnonology and Biodiversity**, v. 4, n.2, p.162-175, 2013.

PAES, M. C. D. **Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 6p. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica 75).

PARAGINSKI, R. T.; ROCKENBACH, B. A.; SANTOS, R. F. D.; ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. D. Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 358-363, 2015.

PEREIRA, A. C. R. L.; OLIVEIRA, J. V. D.; GONDIM JUNIOR, M. G. C.; CÂMARA, C. A. G. D. Atividade inseticida de óleos essenciais fixos sobre *Collosobruchus maculatus* (FABR.,1775) (Coleoptera: Bruchidae) em grãos de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) WALP.]. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.3, p.717-724, 2008.

PEREIRA, A. M.; FARONI, L. R. D. A.; SOUSA, A. H.; URRUCHI, W. I.; ROMA, R. C. C. Efeito imediato e latente da fumigação com ozônio na qualidade dos grãos de milho. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 32, n. 2, p. 100-110, 2007.

PESSOA, E. B.; ALMEIDA, F. A. C.; NETO, A. F.; VIEIRA, J. F. Treatment of bean seeds with plant extracts for controlling *Zabrotes subfasciatus* and its effects on physical and physiological quality during storage. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 42, p. 4233-4241, 2016.

PIMENTEL, M. A. G.; FARONI, L. R. da; GUEDES, R. N. C.; SOUSA, A. H.; TÓTOLA, M. R. Phosphine resistance in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* Motschusky (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v.45, n.1, p.71-74, 2009.

POHLIT, A. M.; PINTO, A. C. S.; MAUSE, R. *Piper aduncum* L.: Planta Pluripotente e Fonte de Substâncias Fitoquímicas Importantes. **Revista Fitos**, v.2, n.1, p. 7-18, 2006.

POTZERNHEIM, M. C. L.; BIZZO, H. R.; SILVA, J. P.; VIEIRA, R. F. Caracterização química do óleo essencial de constituents quatro populações de *Piper aduncum* L. do Distrito Federal, Brasil. **Biochemical Systematics and Ecology**, v.42, p.25- 31, 2012.

PROCÓPIO, T. F.; BELMONTE, B. R.; PAIVA, P. M. G.; AGRA-NETO, A. C.; PONTUAL, E. V.; NAPOLEÃO, T. H. Interferência do extrato aquoso de folhas de *Tradescantia spathacea* na fisiologia nutricional do gorgulho do milho, *Sitophilus zeamais*. **Arrudea**, v.1, n. 1, p. 24 – 27, 2015.

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.

RAPADO, L. N.; NAKANO, E.; OHLWEILER, F. P.; KATO, M. J.; YAMAGUCHI, L. F.; PEREIRA, C. A. D. B.; KAWANO, T. Molluscicidal and ovicidal activities of plant extracts of the Piperaceae on *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818). **Journal of helminthology**, v. 85, n. 1, p. 66-72, 2011.

RIGUEIRA, R. J. A.; LACERDA FILHO, A. F.; VOLK, M. B. S. Avaliação da qualidade do feijão armazenado em ambiente refrigerado. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 4, p. 649-655, out./dez. 2009.

RIOS, A. O.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 39-45, 2003.

SANTOS, A. C. V.; FERNANDES, C. C.; LOPES, L. M.; SOUSA, A. H. Use of plant oils from the southwestern Amazon for the control of maize weevil. **Journal of Stored Products Research**, v. 63, p. 67-70, 2015.

SANTOS, J. C.; FARONI, L. R. D. A.; OLIVEIRA SIMÕES, R. de; PIMENTEL, M. A. G.; SOUSA, A. H. Toxicidade de inseticidas piretróides e organofosforados para

populações brasileiras de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Bioscience Journal**, v. 25, n. 6, 2009.

SANTOS, J. P. Controle de pragas durante o armazenamento de milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2006, 20 p.

SANTOS, J. P.; FONTES, R. A.; MANTOVANI, B. H. M.; MANTOVANI, E. C.; PEREIRA FILHO I. A.; BORBA, C. S.; ANDRADE, R. V.; AZEVEDO, J. T.; ANDREOLI, C. Perdas de Grãos na Cultura do Milho. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. 1992-1993**, Sete Lagoas, MG. v.6, p.122-124, 1994.

SANTOS, J. P.; OLIVEIRA, A. C. **Perdas de peso em grãos armazenados devido ao ataque de insetos**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1991, 6 p.

SANTOS, S. B. D.; MARTINS, M. A.; FARONI, L. R. D. A.; BRITO JUNIOR, V. R. D. Perda de matéria seca em grãos de milho armazenados em bolsas herméticas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 674-682, 2012.

SANTOS, T. L. B. do; TURCHEN, L. M.; DALL'OGGIO, E. L.; BUTNARIU, A. R.; PEREIRA, M. J. B. Fitoquímica do óleo essencial de Piper e toxicidade aguda sobre *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 12, n. 4, p. 484-489, 2017.

SAS, 2011. **SAS/STAT(R) 9.3 User's Guide**. SAS Institute, Cary, NC, USA. Disponível em: <<http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/>>. Acesso em: 28 abr. 2021.

SHAAYA, E.; KOSTYUKOVYISKY, Moshe. Essential oils: potency against stored product insects and mode of action. **Stewart Postharvest Review**, v. 4, n. 5, p. 1-6, 2006.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, Oxford, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, 1965.

SILVA, A. L.; CHAVES, F. C. M.; LAMEIRA, R. C.; BIZZO, H. R. Rendimento e composição do óleo essencial de *Piper aduncum* L. cultivado em Manaus, AM, em função da densidade de plantas e épocas de corte. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 4, p. 670-674, 2013.

SILVA, D. M. H.; BASTOS, C. N. Atividade antifúngica de óleos essenciais de espécies de Piper sobre *Crinipellis pernicioso*, *Phytophthora palmivora* e *Phytophthora capsici*. **Fitopatologia Brasileira**, v.32, p.143-145, 2007.

SILVA, M. G.; SILVA, G. N.; SOUSA, A. H.; FREITAS, R. S.; SILVA, M. S.; ABREU, A. O. Hermetic storage as an alternative for controlling *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) and preserving the quality of cowpeas. **Journal of stored products research**, v. 78, p. 27-31, 2018.

SMITH, R.M.; KASSIM, H. The essential oil of *Piper aduncum* from Fuji. **New Zealand Journal of Science**, Wellington, v.22, p.127-128, 1979.

SOUZA, A. E.; REIS, J. G. M.; RAYMUNDO, J. C.; PINTO, R. S. Estudo da produção do milho no Brasil. **South American Development Society Journal**, v. 4, n. 11, p. 182-194, 2018a.

SOUZA, G. V. A. DE.; PEREIRA, M. F. V. MATOPIBA: A Inteligência Territorial Estratégica (Ite) E A Regionalização Como Ferramenta/Matopiba. **Revista Nera**, n. 47, p. 22-45, 2019.

SOUZA, L. P. de; FARONI, L. R. D. A.; LOPES, L. M.; SOUSA, A. H. DE; PRATES, L. H. F. Toxicity and sublethal effects of allyl isothiocyanate to *Sitophilus zeamais* on population development and walking behavior. **Journal of Pest Science**, v. 91, n. 2, p. 761-770, 2018b.

TIECKER JUNIOR, A. **Avaliação da qualidade de grãos de milho e soja em armazenamento hermético e não hermético sob diferentes umidades de colheita**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre (RS), 2013.

TUKEY, J. W. Comparing individual means in the analysis of variance. **International Biometric Society**, Washington, v. 5, n. 2, p. 99-114, 1949.

USDA - United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production**. Circular Series. July 2021. 45 p. Disponível em: <<https://www.fas.usda.gov/data/world-agricultural-production>>. Acesso em: 01 Aug. 2021.

USDA. United States Department of Agriculture. **USDA Agricultural projections to 2027**. 2018. Disponível em: <<https://www.usda.gov/oce/commodity/>>. Acesso em: 01 Aug. 2021.

VALADARES, A. C. F.; ALVES, C. C. F.; ALVES, J. M.; DEUS, I. P. de; OLIVEIRA FILHO, J. G. de; SANTOS, T. C. L.; MIRANDA, M. Essential oils from *Piper aduncum* inflorescences and leaves: chemical composition and antifungal activity against *Sclerotinia sclerotiorum*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 3, p. 2691-2699, 2018.

VAN DEN BERG, M.E. **Plantas medicinais na Amazônia: Contribuição ao seu conhecimento sistemático**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. 2 ed., 1993.

VIEIRA, R. D.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B.; RUCKER, M. Electrical conductivity of soybean seeds after storage in several environments. **Seed Science and Technology**, v. 29, n. 3, p. 599-608, 2001.

VILARINHO, K. M. C. **Inseticidas químicos e extratos vegetais aquosos no controle de *Sitophilus zeamais* em grãos de milho sob condições de armazenamento**. 84 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Mato Grosso. 2012.

VILLAMIZAR, L. H.; CARDOSO, M. D. G.; ANDRADE, J. D.; TEIXEIRA, M. L.; SOARES, M. J. Linalool, a *Piper aduncum* essential oil component, has selective activity against *Trypanosoma cruzi* trypomastigote forms at 4 C. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 112, n. 2, p. 131-139, 2017.

VOLPE, H. X.; FAZOLIN, M.; GARCIA, R. B.; MAGNANI, R. F.; BARBOSA, J. C.; MIRANDA, M. P. Efficacy of essential oil of *Piper aduncum* against nymphs and adults of *Diaphorina citri*. **Pest management science**, v. 72, n. 6, p. 1242-1249, 2016.

APÊNDICE A - Resumo da análise de variância para grau de infestação (GI), massa específica (ME), condutividade elétrica (CE), germinação (GE), teor de água nos grãos (TA) e perda de massa (PM) sob aplicação dos produtos e períodos de armazenamento. Rio Branco, AC, 2021.

FV	GL	Quadrados Médios					
		GI	ME	CE	GE	TA	PM
Produto (A)	2	2003,5*	171200,3*	66439,7*	1985,5*	10,7*	3498,9*
Tempo (B)	4	3692,7*	163657,2*	59980,5*	3716,9*	4,4*	4165,2*
AxB	8	258,9*	38501,2*	26073,3*	257,2*	1,8*	592,8*
Resíduo	30	0,44533	28,1	13,7	0,12733	0,07066	1,9
CV %		0,93	1	3,74	1,27	1,86	6,53
MG		71,7	532,36	99,01	28,19	14,28	21,28

*significativo a 5% pelo Teste F