

Eficácia de inseticidas alternativos e biológicos sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em grãos de milho

Efficacy of alternative and biological insecticides on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in corn kernels

Eficacia de inseticidas alternativos y biológicos sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) en granos de maíz

Recebido: 23/03/2023 | Revisado: 04/04/2023 | Aceitado: 05/04/2023 | Publicado: 11/04/2023

Marina Ferreira Rosa Cemin

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4220-8969>
Faculdade Educacional de Medianeira, Brasil
E-mail: marinajbsmi@hotmail.com

Magdalena Pomina Spazzin

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4686-2189>
Faculdade Educacional de Medianeira, Brasil
E-mail: magdalenaspazzin@hotmail.com

Patrícia Paula Bellon

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8982-9581>
Faculdade Educacional de Medianeira, Brasil
E-mail: phatriciabellon@yahoo.com.br

Resumo

O estudo objetivou avaliar a eficiência de inseticidas alternativos e biológicos sobre a população de *Sitophilus zeamais* em grãos de milho. A pesquisa foi conduzida em delineamento inteiramente casualizado, contendo cinco tratamentos, terra de diatomácea (750 g/t), óleo de nim (10 ml/L), *Beauveria bassiana* (20 g/L) e fumo (10 ml/L), e nove repetições, sendo cada ensaio composto por 20 adultos. Para avaliação da atividade inseticida, amostras de grãos de milho, foram dispostas em potes plásticos submetidas aos tratamentos. Os inseticidas foram polvilhados e pulverizados sobre os grãos de milho e posteriormente, cada amostra foi infestada com 20 adultos de *Sitophilus zeamais*, não sexados, com idade entre 10 e 15 dias. A mortalidade dos insetos foi avaliada em 48, 96, 144 e 240 h após a aplicação. A mortalidade total dos insetos foi corrigida pela fórmula de Schneider Orelli. Após, os dados foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ao nível de significância de 5%. Havendo diferenças significativas entre os tratamentos, as medianas foram comparadas pelo teste de Dunn a 5% de probabilidade de erro. Somente o inseticida terra de diatomácea apresentou efeito significativo na mortalidade de *Sitophilus zeamais* para o terceiro dia (5,56%) e o sexto dia (84,21%) de exposição do produto. Os tratamentos nim, fumo e *Beauveria bassiana*, não interferiram na mortalidade do inseto, não diferindo estatisticamente da testemunha em nenhuma das datas de avaliação. O produto terra de diatomácea apresentou maior eficiência sobre *Sitophilus zeamais*, atingindo um percentual de 89,77% de mortalidade sobre os insetos.

Palavras-chave: Gorgulho do milho; Manejo integrado de pragas; Grãos armazenados.

Abstract

The study aimed to evaluate the efficiency of alternative and biological insecticides on the population of *Sitophilus zeamais* in maize grains. The research was conducted in a completely randomized design, containing five treatments, diatomaceous earth (750 g/t), neem oil (10 ml/L), *Beauveria bassiana* (20 g/L) and tobacco (10 ml/L), and nine repetitions, with each trial comprising 20 adults. For the evaluation of the insecticide activity, samples of corn grains were placed in plastic pots submitted to the treatments. The insecticides were sprinkled and sprayed on the corn grains and later, each sample was infested with 20 unsexed adults of *Sitophilus zeamais*, aged between 10 and 15 days. Insect mortality was evaluated at 48, 96, 144 and 240 h after application. Total insect mortality was corrected by the Schneider Orelli formula. Afterwards, the data were submitted to the non-parametric Kruskal-Wallis test at a significance level of 5%. If there were significant differences between treatments, the medians were compared by Dunn's test at 5% probability of error. Only the diatomaceous earth insecticide had a significant effect on the mortality of *Sitophilus zeamais* for the third day (5.56%) and sixth day (84.21%) of product exposure. Neem, tobacco and *Beauveria bassiana* treatments did not interfere with insect mortality, not statistically different from the control in any of the evaluation dates. The diatomaceous earth product showed greater efficiency on *Sitophilus zeamais*, reaching a percentage of 89.77% of mortality on the insects.

Keywords: Corn weevil; Integrated pest management; Stored grains.

Resumen

El estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia de insecticidas alternativos y biológicos sobre la población de *Sitophilus zeamais* en granos de maíz. La investigación se realizó en un diseño completamente al azar, conteniendo cinco tratamientos, tierra de diatomeas (750 g/t), aceite de neem (10 ml/L), *Beauveria bassiana* (20 g/L) y tabaco (10 ml/L), y nueve repeticiones, con cada ensayo compuesto por 20 adultos. Para la evaluación de la actividad insecticida se colocaron muestras de granos de maíz en macetas plásticas sometidas a los tratamientos. Los insecticidas se asperjaron y asperjaron sobre los granos de maíz y posteriormente, cada muestra se infestó con 20 adultos no sexados de *Sitophilus zeamais*, con edades entre 10 y 15 días. La mortalidad de insectos se evaluó a las 48, 96, 144 y 240 h después de la aplicación. La mortalidad total de insectos se corrigió mediante la fórmula de Schneider Orelli. Posteriormente, los datos fueron sometidos a la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis a un nivel de significación del 5%. Si hubo diferencias significativas entre tratamientos, las medianas se compararon mediante la prueba de Dunn al 5% de probabilidad de error. Solo el insecticida tierra de diatomeas tuvo un efecto significativo en la mortalidad de *Sitophilus zeamais* para el tercer día (5,56%) y sexto día (84,21%) de exposición al producto. Los tratamientos de nim, tabaco y *Beauveria bassiana* no interfirieron en la mortalidad de los insectos, no diferenciándose estadísticamente del testigo en ninguna de las fechas de evaluación. El producto tierra de diatomeas mostró mayor eficacia sobre *Sitophilus zeamais*, alcanzando un porcentaje de 89,77% de mortalidad sobre los insectos.

Palabras clave: Gorgojo del maíz; Manejo integrado de plagas; Grano almacenado.

1. Introdução

O Brasil é considerado atualmente um dos maiores produtores de grãos, com destaque para a cultura do milho (Embrapa, 2022). A estimativa da safra 2022/2023 indicou que a produção brasileira é de 125,8 milhões de toneladas. A alta produção e produtividade da cultura estão aliadas a tecnologia, melhoramento das sementes, uso de agrotóxicos e adubação equilibrada (Conab, 2022).

Após a colheita, os grãos são destinados às unidades armazenadoras de grãos, onde serão depositados em silos. Durante a armazenagem é realizada a manutenção desse produto para melhor conservação, uma vez que os insetos pragas se utilizam do grão como fonte de alimento para manter seu ciclo de vida (Alves et al., 2008; García-Lara & Bergvinson, 2007; Lorini et al., 2015).

Dentre os principais insetos pragas existentes em silos, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) conhecido popularmente como gorgulho ou caruncho do milho, apresenta entraves significativos para grãos armazenados, principalmente para milho (Caneppele et al., 2010; Elias & Oliveira, 2009; Frazão et al., 2018).

Este inseto é considerado uma praga primária por acometer grãos inteiros interna ou externamente, de acordo com a fase em que o inseto se apresenta. Como consequência disso, as pragas internas perfuram o grão, se alimentam do seu interior, ovipositam e após a eclosão sobrevivem dentro do grão. Além disso, possuem infestação cruzada e capacidade de sobreviver em grandes profundidades na massa de grão (Copatti et al., 2013; Ferrari Filho et al., 2011; Gallo et al., 2002; Pimentel et al., 2011; Norambuena et al., 2016; Procópio et al., 2015).

Esses insetos, em populações elevadas, ocasionam perdas qualitativas e quantitativas na massa de grãos armazenada, desvalorizando o produto final, acarretando perda parcial ou total da produção (Lorini et al., 2015). As perdas ocasionadas pelos danos do *Sitophilus zeamais* chegam a 10% da produção já armazenada. No entanto, dados indicam que 10% dos grãos de milho já vem infestados da lavoura, intensificando a infestação durante a armazenagem, aumentando as perdas em até 50% do produto pelo inseto (Antunes et al., 2011; Norambuena et al., 2016; Silva et al., 2013; Suleiman et al., 2015).

Para seu controle, o método mais viável e utilizado em silos, para manejo preventivo e curativo, tem sido uso de defensivos químicos, com inseticidas fumegantes e manejo com expurgos, pois possuem fácil aplicação e apresentam efetividade, porém, apresentam elevada toxicidade a quem aplica, além de contaminar o meio ambiente, eliminando inimigos naturais e selecionando insetos resistentes (Lorini et al., 2015; Magalhães et al., 2015).

Em virtude desses problemas, sucederam-se estudos a respeito de inseticidas naturais na solução de pós-inertes, e dentre os produtos testados, se destacou a terra de diatomácea com eficiência sobre o inseto, principalmente por deteriorar a camada de cera na asa do *Sitophilus zeamais* provocando morte por dessecação (Jairoce et al., 2016; Korunic, 2013; Marsaro

Júnior et al., 2013). Além desse inseticida, apresentaram eficácia expressiva extratos e óleos vegetais como de nicotina (*Nicotiana tabacum*), nim (*Azadirachta indica*), eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) uma vez que causam diminuição na população dos insetos sem acarretar intoxicação humana e deixar resíduos na massa de grãos (Gomes & Favero, 2011; Ootani et al., 2011; Vedovatto et al., 2015).

Esses produtos de origem vegetal apresentam bioatividade contra insetos, caracterizada como comportamental ou fisiológica. Além disso, os produtos vegetais possuem variados compostos ativos, comprovados cientificamente como inseticidas, possuindo ação atrativa ou como repelente, agindo sobre o sistema nervoso, alterando seu desenvolvimento e atuando na redução da alimentação dos insetos (Albuquerque et al., 2013; Bacci et al., 2015; Campos et al., 2015; Ferreira, 2017; Isman, 2017; Jesus et al., 2013; Lima-Mendonça et al., 2013). Baseado nesse contexto, o presente trabalho objetivou avaliar a eficiência de inseticidas alternativos e biológicos sobre a mortalidade de *Sitophilus zeamais* em grãos de milho.

2. Metodologia

O experimento foi realizado no laboratório de Entomologia da Faculdade Educacional de Medianeira – UDC Medianeira. Para criação de *Sitophilus zeamais*, insetos adultos foram coletados em grãos de milho armazenados provenientes da safra de 2020/21 em silos armazenadores localizados em uma Cooperativa do município de São Miguel do Iguazu - Paraná.

Como substrato para alimentação e manutenção dos insetos, grãos de milho retirados da massa de grão, foram alocados em sacos plásticos e expostos por 48 h em freezer na temperatura de -10 °C, com o propósito de eliminar qualquer infestação de inseto. Posteriormente, foram mantidos em temperatura ambiente até que retornassem a temperatura precedente ao congelamento (Silva-Aquayo et al., 2006).

Após os grãos de milho retornarem à umidade relativa de 13% e a temperatura estável (25 °C), os mesmos passaram por uma seleção, a fim de remover grãos com perfurações, chochos, gessados ou mofados deixando somente grãos com qualidade de classificação tipo 1 conforme a Instrução Normativa Nº 60 do Ministério da Agricultura (Mapa, 2016).

Finalizada a etapa de seleção do alimento, 250 g de grãos de milho foram dispostos em 20 recipientes de plástico com capacidade de 500 mL. Posteriormente, 20 insetos adultos de *Sitophilus zeamais*, não sexados, foram infestados em cada recipiente, vedados com tecido fino (organza), facilitando a aeração e lacrados com elástico. Os insetos ficaram confinados na BOD a temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de 60 ± 5 % e fotofase de 12 h por um período de 15 dias para reprodução, formando a geração F1.

Finalizado o período de confinamento, os insetos adultos foram retirados dos recipientes e os grãos foram mantidos em BOD por 34 dias, até a emergência dos insetos para condução dos ensaios experimentais (Almeida et al., 2013; Carneiro, 2019; Carvalho, 2019; Vilarinho, 2012; Wenneck et al., 2020).

O experimento foi conduzido em câmara climatizada do tipo BOD em temperatura de $25^\circ \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de 60 ± 5 % e fotofase de 12 horas, seguindo o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com seis tratamentos (inseticidas + testemunha) (Tabela 1) e nove repetições, totalizando 54 parcelas experimentais.

Tabela 1 - Tratamento, nome comum, concentração e dosagem utilizada nos ensaios experimentais.

Tratamento	Nome comum	Nome comercial	Concentração	Dosagem
Testemunha	-	-	-	-
<i>Bacillariophyta</i>	Terra de diatomácea	Keepdry®	86% m/m	750 g/t
<i>Azadirachta indica</i>	Nim	Original Nim Base Fertil	1%	10 mL/L ⁻¹
<i>Beauveria bassiana</i>	Fungo	Boveril®	50g/kg	20 g/L ⁻¹
<i>Nicotiana tabacum</i>	Fumo	Fumo líquido Vitaplan	-	10 mL/L ⁻¹

Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Os inseticidas biológicos e alternativos foram adquiridos em lojas agropecuárias e cooperativas. Todos os inseticidas foram aplicados nas parcelas experimentais conforme dosagens recomendadas na bula do produto (Tabela 1). Para avaliação da atividade inseticida, amostras de grãos de milho esterilizados e sadios, em quantidade de 50 gramas, foram dispostas em potes plásticos de 250 ml (unidades amostrais) submetidas aos tratamentos, nas suas respectivas dosagens (Tabela 1).

Os inseticidas líquidos foram pulverizados sobre os grãos de milho com o auxílio de um borrifador pressurizado e o pó inerte terra de diatomácea foi polvilhado manualmente. A mistura dos grãos com os produtos foi realizada manualmente, em sacos plásticos com capacidade para dois litros, os quais foram agitados por dois minutos. Posteriormente, cada amostra foi infestada com 20 adultos de *Sitophilus zeamais*, não sexados, com idade entre 10 e 15 dias proveniente da criação. Finalizando os ensaios experimentais, todos os recipientes foram vedados com tecido organza e mantidos na BOD (Ribeiro & Vendramim, 2019, adaptado).

A mortalidade dos insetos foi avaliada 48, 96, 144 e 240 h após a aplicação dos produtos. Em cada avaliação, os insetos vivos foram devolvidos para as respectivas repetições. O experimento foi mantido sem reinfestação de insetos. Foi considerado como morto, o inseto que não realizou nenhum movimento durante cinco minutos (Ribeiro & Vendramim, 2019).

A mortalidade total dos insetos foi corrigida em relação à mortalidade observada no controle, conforme a fórmula de Schneider Orelli (Püntener, 1981). Após, os dados foram averiguados quanto à normalidade da distribuição dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk, e quanto à homogeneidade da variância dos erros pelo teste de Cochran, ambos a 5% de probabilidade de erro.

Em virtude da ausência de normalidade de distribuição do erro experimental e da homogeneidade das variâncias dos erros, os dados foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ao nível de significância de 5%. Havendo diferenças significativas entre os tratamentos, as medianas foram comparadas pelo teste de Dunn a 5% de probabilidade de erro, utilizando o software estatístico Past (Hammer et al., 2001).

3. Resultados e Discussão

Na avaliação da atividade inseticida sobre os grãos de milho, verificou-se que ao terceiro e sexto dia após a aplicação dos produtos, somente o inseticida terra de diatomácea apresentou efeito significativo na mortalidade de *Sitophilus zeamais* (Tabela 2). Para as mesmas datas, os demais tratamentos testados não interferiam na mortalidade do inseto, uma vez que não difeririam estatisticamente da testemunha (Tabela 2).

Tabela 1 - Percentuais de mortalidade dos insetos de *Sitophilus zeamais* submetidos a análise não paramétrica, pelo teste de Kruskal-Wallis, com base nas medianas, e comparações múltiplas de Dunn.

Tratamento	3º Dia Mortalidade	6º Dia Mortalidade	8º Dia Mortalidade	10º Dia Mortalidade
Testemunha	0 b ¹	0 b	0 a	0 a
Terra de Diatomácea	5,56 a	84,21a	0 a	0 a
Nim	0 b	0 b	0 a	0 a
Fumo	0 b	0 b	0 a	0 a
<i>Beauveria bassiana</i>	0 b	0 b	0 a	0 a
H	6,522	23,63	0,3916	0,8863
P	0,00020	0,0000001865	0,5461	0,4569

¹Medianas seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Dunn a 5% de probabilidade. Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

O tratamento químico contendo *Bacillariophyta* (terra da diatomácea) apresentou elevada mortalidade (84,21%) para o gorgulho do milho no sexto dia de avaliação, diferindo-se estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 2). Essa expressiva mortalidade dos insetos está atrelada a eficiência da terra de diatomácea, uma vez que esse produto possui sílica em sua composição (Lorini & Galley, 2001).

O pó inerte de terra de diatomácea provém de fósseis de algas de diatomáceas que contém naturalmente sílica em sua composição, e seu modo de ação é por contato (Lorini & Galley, 2001). Partículas do pó são absorvidas pelo tegumento do inseto levando a remoção da camada de cera da cutícula que é adsorvida pela sílica gerando redução de água, e consequentemente desidratando até a morte. Além disso, a terra de diatomácea ainda pode apresentar efeito repelente e influência na mobilidade e locomoção dos insetos (Lorini et al., 2015; Santos, 2016).

O uso de terra de diatomáceas tem sido relatado em trabalhos para controle de *Sitophilus zeamais*, principalmente em virtude da sua não toxicidade, o que o torna um produto sustentável (Korunić, 2013; Lorini & Galley, 2001). Analisando quatro dosagens de terra de diatomácea, 250, 500, 750 e 1000 g/t, para controle de *Sitophilus zeamais*, foi verificada taxa de mortalidade de 95% em 750 e 1000 g/t para o sexto e nono dia de tratamento (Marsaro Junior, 2007), mortalidade superior ao encontrado na presente pesquisa (Tabela 2). Já as dosagens de 250 e 500 g/t obteve-se a mesma porcentagem de mortalidade de 95%, porém no 13º e 27º dias de tratamento, afirmando-se que a mortalidade foi diretamente influenciada pelas dosagens e tempo de exposição do inseticida aos insetos (Marsaro Junior, 2007), dados divergentes observado nesse estudo (Tabela 2).

Visando avaliar a terra de diatomáceas no controle de *Sitophilus zeamais* como método alternativo, na dosagem de 5 g/kg, verificou-se eficiência de 100% do produto após 144 horas de exposição ao inseto (Carvalho, 2019), corroborando com os resultados dessa pesquisa (Tabela 2).

Em estudo realizado pela Embrapa milho e sorgo, com dosagem de 1,0 kg/t, a terra de diatomácea acarretou 87% de mortalidade *Sitophilus zeamais* após 30 dias de aplicação, ocasionando 91,1% após 100 dias de exposição do produto ao inseto (Pimentel et al., 2019). Apresentando mortalidade de 99%, a aplicação de terra de diatomácea também se mostrou eficiente sobre adultos de *Sitophilus zeamais* em grãos de trigo, cevada e arroz com casca (Wille et al., 2013). Entretanto, para esse mesmo estudo, em grãos de milho, a mortalidade registrada para o inseto foi de 88,2% após 10 dias.

Após 14 dias da aplicação de 1 e 3 g de terra de diatomácea em grãos de milho, para controle de *Sitophilus zeamais*, foi registrada mortalidade de 40% e 90%, respectivamente (Toledo, 2016). Já, na dosagem de 250 g/t terra de diatomácea registrou apenas 13% de mortalidade sobre *Sitophilus zeamais* (Riedo et al., 2010).

Quando avaliado a mortalidade dos insetos para os tratamentos a base de nim, fumo e o fungo biológico *Beauveria bassiana* não se observou diferença entre todos os tratamentos testados para com a testemunha em todas as datas de avaliação (Tabela 2). Trabalhos científicos têm relatado o uso do nim atuando no controle do inseto para diferentes formas, como ecdise, controle de metamorfose, deterrência alimentar, biologia e oviposição (Silva, 2009). O princípio ativo do nim, azadiractina,

ainda possui efeito repelente, age no sistema nervoso central do inseto, por sua ação neurotóxica, afetando os insetos por ingestão ou contato (Menezes, 2005).

Uma das hipóteses do nim não ter apresentado efeito significativo sobre a mortalidade de *Sitophilus zeamais* para esse estudo (Tabela 2) possivelmente esteja relacionada a concentração de produto utilizada e ao tempo decorrido de tratamento. Nesse contexto, foi observado que o óleo de nim, na concentração 2 L/t, apresentou 100% de mortalidade de *Sitophilus zeamais* até 60 dias de após a aplicação do produto (Gottardi, 2014), dados divergentes encontrados nessa pesquisa (Tabela 2). A eficiência do nim para o estudo foi atribuída a sensibilidade do produto a fotodegradação, visto que as moléculas do nim se degradaram lentamente, uma vez que o produto apresenta formulação de 99% de veículo e 1% de princípio ativo, então a volatilização que aconteceria em óleo puro não ocorreu, deixando o produto mais conservado e atuando por mais tempo (Gottardi, 2014).

Ainda, divergindo dos resultados desse trabalho (Tabela 2), estudo verificou mortalidade de 60% para *Sitophilus zeamais*, com dosagem de 5% de nim com cinzas, durante o período de dez dias (Barilli et al., 2014). Segundo os autores do trabalho, a eficácia do tratamento se deu devido a interferência do produto na alimentação do inseto fazendo com que houvesse mortalidade dos insetos por inanição, característica que não foi observada para a presente pesquisa.

Com o objetivo de testar a eficácia do extrato de nim sobre *Sitophilus zeamais*, um estudo analisou diferentes dosagens de extrato aquoso da planta nas concentrações de 10, 20 e 30,3%, resultando em mortalidade de 44% na concentração de 30,3% (Borsonaro et al., 2013). Atingindo um nível baixo de eficiência, o tratamento óleo de nim utilizado para controle de *Sitophilus zeamais* em grãos de milho, contabilizou 26,4% de mortalidade em 100 dias de condução de experimento (Pimentel et al., 2019). Embora baixa, a mortalidade relatada no estudo ainda foi superior ao dessa pesquisa (Tabela 2).

O produto a base de fumo também não apresentou eficiência na mortalidade de *Sitophilus zeamais* (Tabela 2). O princípio ativo nicotina presente no fumo possui modo de ação sobre insetos sobre contato ou ingestão, apresentando ações tóxicas em variadas concentrações (Santos et al., 2019). Denominada como alcaloide, a nicotina pode provocar paralisia por afetar o sistema nervoso, além de agir como antagonista da acetilcolina, ligando seus receptores a células do inseto (Santos et al., 2019). Possivelmente a não eficiência do fumo na mortalidade do gorgulho do milho, para esse estudo (Tabela 2) pode estar relacionada a capacidade da nicotina volatilizar com facilidade, não perdurando com maior intensidade, e além disso, devido a dosagem do produto utilizado (Menezes, 2005).

Objetivando avaliar a taxa de controle de *Sitophilus zeamais* através do extrato aquoso e hidroalcolico de fumo, na dosagem de 1 ml para ambos extratos, foi verificada mortalidade de 24,17% para o extrato aquoso e 66% para o extrato hidroalcolico após 72 horas de exposição ao inseto (Madaloss, 2015).

Em pesquisa utilizando o extrato de fumo, na concentração de 25%, para controle de *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) foi relatada mortalidade de 4,31% (Jacomini et al., 2016). Utilizando o extrato de fumo, em grãos de arroz o mesmo não apresentou mortalidade significativa para *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) (Silva et al., 2015), resultados semelhantes encontrados para esse estudo (Tabela 2).

O tratamento utilizando o fungo *Beauveria bassiana* não apresentou efeito inseticida sobre *Sitophilus zeamais* (Tabela 2). O produto a base de fungo (Boveril®) também apresentou baixa eficácia sobre *Sitophilus zeamais* (13,8%) nas dosagens de 10 e 20 g/L (Pimentel et al., 2019).

Aplicando o produto Boveril® na dosagem de 10 e 20 g/l, a fim de se avaliar a eficiência sobre adultos de *Sitophilus zeamais* em grãos de milho, verificou-se que o produto expressou baixa mortalidade (20%) nos insetos (Pimentel et al., 2019). Nesse mesmo estudo ainda foi comprovado que o tratamento à base de *Beauveria bassiana* acarretou maior percentual de perda de massa de grãos em 4,5% após 100 dias de confinamento. Ainda, para *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae),

Boveril® sob a dosagem de 10 g ocasionou mortalidade de 3,33% nos seis primeiros dias e 6,67% no nono dia de tratamento, totalizando 10% de mortalidade em doze dias de pesquisa (Agostini et al., 2015).

O fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* tem sido utilizado em pesquisas para controle biológico de insetos pragas devido a seu modo de ação por contato sem necessidade de ingestão, pois penetra diretamente na cutícula do hospedeiro aderindo seus esporos onde esses irão germinar formando enzimas de degradação causando o rompimento da camada e consequentemente colonizando o fungo sobre o hospedeiro, porém, a dificuldade de manter a eficiência dos conídios por um período maior tem dificultado sua função, além disso, fatores como umidade, temperatura e luminosidade também podem influenciar na viabilidade desde (Oliveira, 2017), fatores que podem estar atrelados aos resultados dessa pesquisa (Tabela 2).

Considerando os resultados obtidos nessa pesquisa, com exceção do produto a base de terra de diatomácea, os demais tratamentos alternativos e biológico testados não apresentaram eficácia quanto a mortalidade do inseto *Sitophilus zeamais*.

4. Conclusão

O produto terra de diatomácea apresentou maior eficiência sobre *Sitophilus zeamais* atingindo 84,21% de mortalidade no sexto dia de confinamento dos insetos. Os tratamentos alternativos *Azadirachta indica*, *Nicotiana tabacum* e o biológico *Beauveria bassiana* não expressaram resultados significativos aos níveis de mortalidade do *Sitophilus zeamais* para os 10 dias de exposição do inseto aos produtos.

Devido a importância de *Sitophilus zeamais* em grãos armazenados, é necessário que novas pesquisas sejam realizadas, buscando trabalhar com diferentes produtos alternativos, concentrações e tempo de exposição ao inseto, a fim de encontrar resultados promissores para controle desse inseto praga.

Referências

- Agostini, T. T., Agostini, L. T., Duarte, R. T.; Volpe, H. X. L., Salar, C., & Polanczyk, R. A. (2015). Eficiência de fungos entomopatogênicos para o controle de *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) em condições de laboratório. *Comunicata Scientiae*, 6(1), 90-96. <http://hdl.handle.net/11449/177337>
- Albuquerque, E. L. D., Lima, J. K. A., Souza, F. H. O., Silva, I. M. A., Santos, A. A., Araújo, A. P. A., Blank, A. F., Lima, R. N., Alvez, P. B., & Bacci, L. (2013). Insecticidal and repellence activity of the essential oil of *Pogostemon cablin* against urban ants species. *Acta Tropica*, 127(3), 181-186. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2013.04.011>
- Almeida, F. A. C., Silva, J. F. da., Melo, B. A. de, Gomes, J. P., & Silva, R. G. da (2013). Extratos botânicos no controle de *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885, Coleoptera, Curculionidae. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 8(3), 27. <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2317/1790>
- Alves, S. B., Vieira, S. A., Lopes, R. B., & Tamai, M. A. (2008). *Fungos entomopatogênicos usados no controle de pragas na América Latina*. Piracicaba: FEALQ.
- Antunes, L. E. G., Viebrantz, P. C., Gottardi, R., & Dionello, R. G. (2011). Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, 15(6), 615-620. <https://doi.org/10.1590/s1415-43662011000600012>
- Bacci, L., Lima, J. K. A., Silva, I. M. A., Santos, A. A., Araújo, A. P. A., Blank, A. F., Alvez, P. B., Santos, A. C. C., & Picanço, M. C. (2015). Toxicity, behavior impairment, and repellence of essential oils from pepperrosmarin and patchouli to termites. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 156(1), 66-76. <https://doi.org/10.1111/eea.12317>
- Barilli, D. R., Wengrat, A. P. G. S., Uemura-Lima, D. H., Gazola, D., Weber, P., Pietrowski, V., Ringenberg, R., & Garcia, M. da S. (2014). Efeito de produto a base de azadiractina no controle de *Sitophilus zeamais* mots. (Coleoptera: Curculionidae). *Cadernos de Agroecologia*, 9(1). <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/15710/10124>
- Borsonaro, M. T., Senô, K. C. A., Iamaguti, P. S., Neves, M. C. T., & Silva, P. T. da (2013). Extrato aquoso de folhas de *Azadirachta indica* A. Juss no controle de *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae) em milho armazenado. *Revista Nucleus*, 10(1), 155-161. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.858>
- Campos, A. C. T. (2018). Danos em trigo, causados por *Sitophilus oryzae* e *Rhyzopertha dominica*, quando armazenado em diferentes temperaturas e exposto a níveis de infestação. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental). Universidade Federal da Fronteira Sul – Câmpus Erechim/RS, 2018. <https://rd.ufes.edu.br/bitstream/prefix/2057/1/CAMPOS.pdf>
- Caneppele, M. A. B., Andrade, P. J. & Santaella, A. G. (2010). Diferentes dosagens de pó inerte e temperaturas em milho armazenado para controle de gorgulho-domilho. *Scientia Agraria*, 11(4), 343-347. <https://doi.org/10.5380/rsa.v11i4.18270>

- Carneiro, Z. F. (2019). Resistência de variedades de milho crioulo ao gorgulho-domilho *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, 2019. https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4103/1/PB_PPGAG_M_Carneiro%2c%20Zenilda%20de%20Fatima_2019.pdf
- Carvalho, J. H. (2019). Tratamentos alternativos de sementes de milho para controle e repelência de *Sitophilus zeamais*. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Agronomia) Universidade Federal da Fronteira Sul, 2019. <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/3764/1/CARVALHO.pdf>
- Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) (2022). *Produção nacional de grãos é estimada em 312,2 milhões de toneladas na safra 2022/23*. Retirado em 15 de fevereiro de 2022, <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4847-producao-nacional-de-graos-e-estimada-em-312-2-milhoes-de-toneladas-na-safra-2022-23>
- Copatti, C. E., Marcon, R. K., & Machado, M. B. (2013). Avaliação de dano de *Sitophilus zeamais*, *Oryzae philus surinamensis* e *Laemophloeus minutus* em grãos de arroz armazenados. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Agriambi*, 17(8), 855–860. <https://doi.org/10.1590/s1415-43662013000800009>
- Elias, M. C., & Oliveira, M. (2009) *Aspectos tecnológicos e legais na formação de auditores técnicos do sistema nacional de certificação de unidades armazenadoras*. Pelotas: Editora Santa Cruz.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). (2022). *Ciência e tecnologia tornaram o Brasil um dos maiores produtores mundiais de alimento*. Retirado em 15 de fevereiro de 2022, <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/75085849/ciencia-e-tecnologia-tornaram-o-brasil-um-dos-maiores-produtores-mundiais-de-alimentos>
- Ferrari Filho, E., Antunes, L. E. G., Dionello, R. G., & Tiecker, A. (2011). Controle de gorgulho-do-milho submetido ao tratamento térmico. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 10(3), 196-204. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v10n3p196-204>
- Ferreira, L. O. G. (2017). Óleo essencial de *Pluchea sagittalis*: Influência comportamental e ação inseticida sobre *Sitophilus zeamais*. Dissertação (Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional). Universidade Anhanguera-Uniderp, 2017. <https://repositorio.pgsskroton.com/bitstream/123456789/12212/1/Luiz%20Oct%20C3%A1vio%20Gonzales%20Ferreira.pdf>
- Frazão, C. A. V., Silva, P. R. R., Almeida, W. A. de, Pontual, E. V., Cruz, G. dos S., Napoleão, T. H., & França, S. M. de (2018). Resistance of maize cultivars to *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Arquivos do Instituto Biológico*, 85, 1-8. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000552017>
- Gallo, D., Nakano, O., Neto, S. S. Carvalho, R. P. L., Baptista, G. C. de, Berti Filho, E., Parra, J. R. P., Zucci, R. A., Alves, S. B., Vendramin, J. D., Marchini, L. C., Lopes, J. R. S. & Omotto, C. (2002). *Entomologia Agrícola*. Piracicaba: FEALQ.
- García-Lara, S., Arnason, J. T., Díaz-Pontones, D., Gonzalez, E., & Bergvinson, D. J. (2007). Peroxidase activity in maize endosperm associated with maize weevil resistance. *Crop Science*, 47, 1125–1130. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.10.0687>
- Gomes, S.P., & Favero, S. (2011). Avaliação de óleos essenciais de plantas aromáticas com atividade inseticida em *Triatoma infestans* (Klug, 1834) (Hemiptera: Reduviidae). *Acta Scientiarum. Health Sciences*, 33(2), 147-1. <https://doi.org/10.4025/actascihealthsci.v33i2.9531>
- Gottardi, R. (2014). Avaliação de compostos bioativos no controle de *Sitophilus zeamais* (Col.; Curculionidae) e fungos em grãos de milho armazenados. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia com ênfase em Entomologia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014. <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/153096/000975890.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guaraldo, M. C. (2022). *Brasil pode superar a Índia em 2023 na produção de grãos*. Retirado em 15 de fevereiro de 2022, <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/73611968/brasil-pode-superar-a-india-em-2023-na-producao-de-graos>
- Hammer, O., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica, College Station*, 4 (1), 1-9. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Isman, M. B. (2017). Bridging the gap: moving botanical insecticides from the laboratory to the farm. *Industrial crops and products*, 110(30), 10-14. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.07.012>
- Jacomini, D., Temponi, L. G., Alves, L. F. A., Silva, E. A. A. da, & Jorge, T. C. M. (2016). Extrato de tabaco no controle do besouro cascudinho de aviário. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(5), 680-683. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000500032>
- Jairoce, C. F., Teixeira, C. M., Nunes, A. M., Holdefer, D. R., Krüger, A. P. & Garcia, F. R. M. (2016). Efficiency of inert mineral dusts in the control of corn weevil. *Revista brasileira engenharia agrícola e ambiental*, 20(2), 158–162. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n2p158-162>
- Jesus, S. C. P. de, Mendonça, F. A. C. de, & Moreira, J. O. T. (2013). Atividade Inseticida e modos de ação de extratos vegetais sobre mosca branca (*Bemisia tabaci*). *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 6(1). 117-134. <file:///C:/Users/SONY/Downloads/2308-Texto%20do%20artigo%20-%20Arquivo%20Original-10091-1-10-20130328.pdf>
- Korunić, Z., Rozman, V., Liška, A., & Lucić, P. (2013). Diatomaceous earth-natural insecticides. *Institute of Pesticides and Environmental Protection*, 28 (2), 77-95. <https://doi.org/10.18047/poljo.22.1.2>
- Lima-Mendonça, A., Broglio, S. M. F., Araújo, A. M. N. de, Lopes, D. O. P., & Dias-Pini, N. S. (2013). Efeito de pós vegetais sobre *Sitophilus zeamais* (Mots., 1855) (Coleoptera: Curculionidae). *Arquivos do Instituto Biológico*, 80(1), 91-97. <https://doi.org/10.1590/s1808-16572013000100013>
- Lorini, I., França-Neto, J. de B., Krzyzanowski, F. C., Henning, A. A., & Henning, F. A. (2015). *Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas*. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129311/1/Livro-pragas.pdf>
- Lorini, I., & Galley, D. J. (2001). The cross-resistance spectrum in deltamethrin resistance strains of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). *Neotropical Entomology*, 30(2), 321-325. <https://doi.org/10.1590/s1519-566x2001000200018>

- Madaloss, S. M. (2015). Morfologia e efeito inseticida de extrato de fumo, cultivado em diferentes condições hídricas de substrato. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Agronomia). Universidade Federal da Fronteira Sul, 2015. <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/273/1/MADALOSS.pdf>
- Magalhães, C. R. I., Oliveira, C. R. F., Matos, C. H. C., Brito, S. S. S., Magalhães, T. A., & Ferraz, M. S. S. (2015). Potencial inseticida de óleos essenciais sobre *Tribolium castaneum* em milho armazenado. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 17(4), 1150-1158. https://doi.org/10.1590/1983-084x/15_003
- Marsaro Junior, A. L., Adaime, R., Souza-Filho, M. F. de, Lima, C. R., & Trassato, L. C. (2013). *Anastrepha fruit lies* (Diptera: Tephritidae) from two municipalities of the state of Roraima, Brazil, with three new records. *Revista de Agricultura*, 88 (1), 41-43. <https://doi.org/10.37856/bja.v88i1.38>
- Marsaro Junior, A. L., Mourão Junior, M., Paiva, W. R. S. C. de, & Barreto, H. C. dos S. (2007). Eficiência da terra de diatomácea no controle de *Sitophilus zeamais* em milho armazenado. *Revista Acadêmica: Ciência Animal*, 5(1), 27-32. <https://doi.org/10.7213/cienciaanimal.v5i1.9570>
- Menezes, E. L. A. (2005). *Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola*. Embrapa Agrobiologia.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2016). Instrução Normativa 60/2011. <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1739574738>
- Norambuena, C., Silva, G., Urbina, A., Figueroa, I. & Rodríguez-Maciel, J. C. (2016). Insecticidal activity of *Laureliopsis philippiana* (Looser) schodde (atherospermataceae) essential oil against *Sitophilus* spp. (coleopteran curculionidae). *Chilean journal of agricultural research*, 76(3), 330-336. <https://doi.org/10.4067/s0718-58392016000300010>
- Oliveira, D. H. R. de (2017). Patogenicidade e virulência de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* a *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Agronomia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015. https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10678/1/DV_COAGR_2017_1_02.pdf
- Ootani, M. A., Aguiar, R. W. de S., Mello, A. V. de, Didonet, J., Portella, A. C. F., & Nascimento, I. R. do. (2011). Toxicidade de óleos essenciais de eucalipto e citronela sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Bioscience Journal*, 27(4), 609-618. <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/11264/7752>
- Pimentel, C. S., Albuquerque, B. N., & Navarro, D. M. A. F. (2019). Compostos voláteis derivados de plantas com efeito fumigante em *Sitophilus zeamais*. *Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 9 (5). <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/CVADS/article/view/7147>
- Pimentel, M. A. G., Oliveira, I. R. de, Matrangolo, W. J. R., Fernandes, D. K., & Ramos, G. C. P. (2019). Eficiência de inseticidas alternativos no controle do caruncho do milho *Sitophilus zeamais*. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Milho e Sorgo*. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/198694/1/bol-186.pdf>
- Pimentel, M. A. G., Santos, J. P., & Lorini, I. (2011). Colheita e pós-colheita. In: Cruz, J. C. (Ed.). *Cultivo do milho*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_7_ed/colpragas.htm
- Procópio, T. F., Belmonte, B. do R., Paiva, P. M. G., Agra-Neto, A. C., Pontual, E. V., & Napoleão, T. H. (2015). Interferência do extrato aquoso de folhas de *Tradescantia spathacea* na fisiologia nutricional do gorgulho-do-milho, *Sitophilus zeamais*. *Revista Arrudea*, 1(1), 23-27. <https://doi.org/10.55513/arrudea005>
- Püntener, W., & Zahner, O. (1981). *Manual for field trials in plant protection*. Balse: Ciba-Geig.
- Ribeiro, L. P., & Vendramin, P. D. (2019). Associação de extratos vegetais e terra de diatomácea no controle do gorgulho do milho *Sitophilus zeamais*. Coleoptera: Curculionidae. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 9 (1), 9-16. <https://doi.org/10.21206/rbas.v9i1.7966>
- Riedo, I. C., Neitzke, J., & Oliveira, N. C. de. (2010). Controle de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em milho (*Zea mays* L.) tratado com terra de diatomácea. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, 3(1), 185-188. <https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/viewFile/626/1048>
- Santos, P. E. M. dos, Silva, A. B. da, Lira, C. R. I. de M., Matos, C. H. C., & Oliveira, C. R. F. de. (2019). Toxicidade por contato do óleo essencial de croton *pulegioidorus* baill sobre *sitophilus zeamais* motschulsky. *Revista Caatinga*, 32(2), 329-335. <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/8090/9948>
- Silva-Aquayo, G., Gallo, R. H., Vargas, M. T., Bustos, C. P., Figueroa, B. G., & Ruiz, O. F. (2006). Evaluación de boldo y cal para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Agrociencia*, 40(2), 219-228. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30240207.pdf>
- Silva, A. B., Batista, J. L., & Brito, C. H. (2009). Atividade inseticida do nim, *Azadirachta indica* A. Juss. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 4 (4), 7-15. <file:///C:/Users/SONY/Downloads/Dialnet-AtividadeInseticidaDoNimAzadirachtaIndicaAJuss-7476457.pdf>
- Silva, E. N., Lima Junior, A. F. de, Brito, G. de S., Silva, M. C. de, Costa, F. R. da, & Oliveira, I. P. de. (2015). Controle do *Tribolium Castaneum* em arroz armazenado com diferentes extratos vegetais. *Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos*, 8(5), 34-139. <file:///C:/Users/SONY/Downloads/164-632-1-PB.pdf>
- Silva, L. B., Silva, L. S., Mancin, A. C., Carvalho, G. S., Silva, J. C., & Andrade, L. H. (2013). Comportamento do gorgulho-do-milho frente às doses de permetrina. *Comunicata Scientiae*, 4(1), 26-34. <file:///C:/Users/SONY/Downloads/202-Article%20Text-2014-1854-10-20130329.pdf>
- Suleiman, R., Rosentrater, K. A., & Bern, C. J. (2015). Evaluation of maize weevils *Sitophilus zeamais* Motschulsky infestation on seven varieties of maize. *Journal of Stored Products*, 64, 97-102. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2015.09.005>
- Toledo, P. F. S. (2016). Eficácia de terra de diatomáceas como alternativa de controle para duas importantes pragas de grãos armazenados *Sitophilus oryzae* (L.) e *Sitophilus zeamais* (Motsch.). Trabalho de conclusão de curso (Engenheiro agrônomo). Universidade Federal de Viçosa, 2016. https://www.agn.ufv.br/wp-content/uploads/2017/08/TCC_Pedro_final.pdf
- Vedovatto, F., Valério Junior, C., Astolfi, V., Mielniczki, P. A. A., Roman, S. S., Paroul, N., & Cansian, R. L. (2015). Essential oil of *Cinnamodendron dinisii* Schwanke for the control of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 17(4), 1055-1060. https://doi.org/10.1590/1983-084x/14_143

Vilarinho, M. C. (2012). Inseticidas químicos e extratos vegetais aquosos no controle de *Sitophilus zeamais* em grãos de milho sob condições de armazenamento. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, 2012. https://ri.ufmt.br/bitstream/1/1117/1/DISS_2012_Marcella%20Karoline%20Cardoso%20Vilarinho.pdf

Wenneck, G. S., Saath, R., Araújo, L. L de, Sá, N. de O., & Ramos, P. P. (2020). Deterrência à alimentação e à oviposição de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) pelo uso pós vegetais em milho armazenado. *Colloquium Agrariae*, 16(2), 50-59. <https://doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n2.a358>

Wille, P. E., Pereira, B. A., Franco, C. R., Boff, M. I. C., & Hoffer, H. (2013). Eficiência da Terra de Diatomácea proveniente do resíduo da indústria cervejeira como método alternativo para o controle de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em diferentes grãos. *Cadernos de Agroecologia*, 8(2), 1-5. <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/cad/article/download/14532/9937/62948>