



**GABRIEL PINTO RAMOS**

**EFEITO DE PRODUTOS SILICATADOS NA  
MORTALIDADE DE *Sitophilus zeamais* (COLEOPTERA:  
CURCULIONIDAE) EM GRÃOS DE CEVADA**

**LAVRAS – MG**

**2019**

**GABRIEL PINTO RAMOS**

**EFEITO DE PRODUTOS SILICATADOS NA MORTALIDADE DE *Sitophilus zeamais*  
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM GRÃOS DE CEVADA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza

Orientador

**LAVRAS – MG**

**2019**

**GABRIEL PINTO RAMOS**

**EFEITO DE PRODUTOS SILICATADOS NA MORTALIDADE DE *Sitophilus zeamais* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM GRÃOS DE CEVADA**

**EFFECT OF SILICATE-BASED PRODUCTS ON THE MORTALITY OF *Sitophilus zeamais* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) IN BARLEY GRAINS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 22 de novembro de 2019.

Prof. Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza

MSc. Camila da Silva Fernandes Souza

MSc. Daniel de Carvalho Melo Costa

Prof. Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza

Orientador

**LAVRAS – MG**

**2019**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais pela dedicação fiel em contribuírem com meus estudos, sem os quais eu não teria chegado aonde estou hoje.

Agradeço a minha esposa, por ter sido minha mais fiel companheira e amiga, ter estado ao meu lado em todos os momentos mais difíceis ao longo dos anos de graduação e também, ter sido o motivo daqueles mais felizes.

Agradeço ao meu orientador que sempre se mostrou aberto a auxiliar e ajudar no que fosse preciso, mesmo nos momentos de mudança em minha vida, acreditou no meu trabalho.

Agradeço a empresa Terra Júnior e sua equipe que contribuíram fortemente para meu desenvolvimento pessoal e profissional, tendo sido um divisor de águas na minha graduação.

Agradeço ao meu querido amigo Francisco Chaves, que se tornou um irmão para mim durante esse período e tornou todos os momentos pesados em leves e descontraídos.

Agradeço aos meus queridos Paul, Eevee, Mulan, Jane e Julho serem um amor incondicional que tenho comigo e fieis companheiros.

## RESUMO

O trabalho teve como foco avaliar os efeitos deletérios do silício aplicado em grãos de cevada (*Hordeum vulgare*) na pós colheita em uma população aleatória de gorgulho-do-milho [*Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Coleoptera: Curculionidae)]. Foram utilizadas seis doses de um produto comercial com base do elemento silício cuja literatura relata diversos casos de sucesso em sua utilização. Expôs-se os indivíduos de gorgulho-do-milho a cevada polvilhada com este produto cujo princípio ativo é o Ácido Silícico puro ( $\text{SiO}_2 \cdot \text{XH}_2\text{O}$ ) e avaliou-se a taxa de mortalidade ao longo de dez dias corridos com intuito de estimar curva de dose-resposta e doses mais adequadas para controle. As doses utilizadas foram: 0 (Testemunha – utilizada como controle para avaliação do efeito) ; 0,0625 ; 0,125, 0,25 ; 0,5 ; 1 ; 2  $\text{kg.t}^{-1}$  de grãos. Doses proporcionais de ácido silícico foram aplicadas a 10 g de grãos com 13% de umidade em recipientes plásticos homogeneizadas sendo que, 20 adultos de *S. zeamais* da colônia foram infestados. Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado com 5 repetições, sendo cada uma representada por 20 insetos e 10 g de grãos. Os recipientes foram mantidos em uma sala climatizada a 22° C, 60% de umidade relativa e fotoperíodo de 12h. As avaliações foram registradas a cada 2 dias após o início do experimento, tendo sido feitas portanto nos dias 2, 4, 6, 8 e 10 dias pós montagem. Os resultados indicaram que houve um aumento linear na porcentagem de controle corrigida do gorgulho (12, 19, 54, 91, 100 e 100%) com o aumento das doses de ácido silícico no final do período de avaliação. Como conclusão, o ácido silícico nas doses de 0,5, 1 e 2  $\text{kg.t}^{-1}$  de grãos é eficiente no controle do gorgulho do milho *S. zeamais* em cevada armazenada além de que, a dose mais rentável foi 0,5  $\text{kg.t}^{-1}$ . Portanto, essas doses proporcionaram alta mortalidade de gorgulhos em 7 dias, que geralmente é o período necessário para o tratamento com fosfina, o uso de fontes de silício como o ácido silícico poderia ser uma alternativa mais sustentável para o controle de *S. zeamais* em grãos de cevada e para o manejo de resistência do gorgulho aos inseticidas químicos convencionais.

**Palavras-chave:** Silício. Controle de pragas. Pós inértes.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ciclo do Silício. ....	5
Figura 2 - <i>Sitophilus zeamais</i> .....	6
Figura 3 – Danos do <i>S. zeamais</i> .....	6
Figura 4 – Ciclo de vida do <i>S. zeamais</i> .....	7
Figura 5 – Inflorescência e caule da cevada .....	8
Figura 6 – Distribuição mundial de produção de cevada.....	9
Figura 7 – Cadeia agroindustrial da cevada.....	10
Figura 8 – Pó de silício .....	11
Figura 9 – Terra diatomácea .....	12
Figura 10 – Pó de basalto.....	13
Figura 11 - Mortalidade acumulada (%) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> em grãos de cevada tratada com seis doses de silício e sem aplicação (testemunha) após 8 dias da aplicação .....	18
Figura 12 – Análise de regressão linear aplicada ao efeito dose-resposta de mortalidade de <i>Sitophilus zeamais</i> em grãos de cevada tratada com silício.....	19
Figura 13 – Gráfico de rentabilidade do controle de <i>Sitophilus zeamais</i> .....	19

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Mortalidade (%) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> em grãos de cevada em decorrência do tempo após 2 dias da aplicação de silício.....	15
Tabela 2 – Mortalidade (%) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> em grãos de cevada em decorrência do tempo após 4 dias da aplicação de silício.....	16
Tabela 3 – Mortalidade (%) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> em grãos de cevada em decorrência do tempo após 6 dias da aplicação de silício.....	16
Tabela 4 – Mortalidade (%) de adultos de <i>Sitophilus zeamais</i> em grãos de cevada em decorrência do tempo após 8 dias da aplicação de silício.....	17
Tabela 5 – Eficiência de controle da aplicação de silício.....	18

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	2
2.	REFERENCIAL TEÓRICO .....	3
2.1.	Silício.....	8
2.2.	<i>Sitophilus zeamais</i> .....	6
2.3.	Cevada .....	3
2.4.	Interação silício-inseto.....	10
3.	MATERIAL E MÉTODOS .....	13
3.1.	Condições experimentais.....	13
3.2.	Análise dos dados.....	14
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
5.	CONCLUSÃO .....	21
6.	REFERÊNCIAS.....	22



## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2018) a área plantada de cevada no Brasil tem se mantido constante, e há previsão de crescimento devido ao número crescente de cervejarias que são registradas anualmente. Em 2007, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) possuía registro de aproximadamente 90 cervejarias em todo o país, enquanto em 2017 esse número aumentou para 679; razão pela qual a cevada tem ganho cada vez mais espaço dos campos de cultivo. Distribuindo esses dados para unidades federativas, nota-se que aproximadamente 43% delas se concentram na região sul do país (PR, SC e RS).

A produção da cevada destina-se à obtenção do malte, produto este obtido através do processo de malteação que consiste na indução da germinação artificial da semente de cevada por um intervalo de tempo determinado sob condições controladas de temperatura e umidade (BOULTON, 2006). Este processo fisiológico demanda alta atividade enzimática para que a qualidade do malte não seja afetada. Por esta razão, qualquer dano ou interferência causada por pragas ou patógenos pode comprometer totalmente a qualidade do malte obtido no final do processo (BRIGGS, 1995).

Na armazenagem, os grãos de cevada se encontram em ótimas condições para a incidência de insetos-praga: umidade próxima de 20% e temperatura em torno de 30°C. Deve-se destacar que na pós-colheita, qualquer inseto presente em um lote de grãos pode acarretar em perdas significativas na quantidade e, no caso específico da cevada, principalmente na qualidade para o processo de malteação. Estima-se que as perdas médias anuais na fase de armazenamento cheguem a 10%, podendo chegar até 100% em alguns casos (BESKOW & DECKERS, 2002), o que justifica a utilização de produtos com alta eficiência nessa fase tão sensível e decisiva para a produtividade final, e que também apresentem menor toxicidade aos aplicadores, consumidores e meio ambiente.

O gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), foi alvo do presente estudo por ser considerado um dos principais insetos de importância econômica e agrícola, principalmente quando se diz respeito à pós-colheita e grãos armazenados. Por sua alta capacidade de reprodução, ser altamente políforo e de provocar danos em sementes e grãos durante o armazenamento, a praga ganha cada vez mais destaque devido às infestações em produtos agrícolas que têm apresentado importância econômica mais recente no Brasil, como a cevada, que foi utilizado no presente estudo. Quanto ao seu alto potencial de polifagia, há relatos de infestação em arroz (*Oryza sativa*), trigo (*Triticum aestivum*), triticale (*X Triticosecale*

Wittmack), cevada (*Hordeum vulgare*) além do milho (*Zea mays*), cultura em que *S. zeamais* é considerado praga-chave. Outros potenciais hospedeiros onde já foram registrados sua ocorrência estão a macieira (*Malus domestica*) e pessegueiro (*Prunus persica*), cujo ataque foi observado nos frutos (FERNANDES, 2012).

A utilização do silício como agente alternativo no manejo das culturas tem ganho expressividade por seus efeitos na indução de resistência em algumas espécies de plantas a diversas pragas agrícolas. O silício é um elemento que apresenta grandes reservas no planeta Terra. Aproximadamente 28% da composição da crosta terrestre se dá com este elemento em sua fase sólida, sendo portanto o segundo elemento mais abundante em volume, presente na forma de dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ) (GOMES et al., 2018), forma essa, indisponível para a planta (mineralizada como quartzos, feldspatos, dentre outras rochas) uma vez que vegetais só são capazes de absorver elementos em suas formas iônicas (salvo o boro que é absorvido na forma de ácido bórico –  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ). Apesar de haver um crescente número de trabalhos com aplicação de silício no aumento de resistência de espécies de plantas cultivadas ao ataque e desenvolvimento de insetos-praga, poucos trabalhos foram conduzidos com silício e fontes silicatadas e pragas de grãos em armazenamento.

O apelo atual da sociedade no que diz respeito às consequências da agricultura moderna estão embasados, principalmente, na utilização de agroquímicos com enfoque na proteção de plantas. Assim, busca-se constantemente diminuir as aplicações dos defensivos agrícolas em nível de campo para produção de alimentos, e também avaliar e validar estratégias alternativas de controle que sejam menos danosos ao meio-ambiente e proporcionem maior segurança ao consumo humano (PALMAH, 2019).

Dada a relevância da temática abordada, e a carência de estudos que avaliaram o efeito de silício no desenvolvimento e mortalidade de pragas de grãos armazenados, o presente estudo avaliou a eficiência de controle de *S. zeamais* por um produto silicatado com alto grau de pureza polvilhado sobre os grãos de cevada bem como trazer uma análise da viabilidade financeira dessa atividade, uma vez que tal parâmetro é preponderante para que haja adesão da prática a nível de campo.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Cevada**

A cevada (*Hordeum vulgare*) é uma espécie vegetal pertencente à família Poaceae com caule herbáceo de baixa estatura, atingindo até um metro, folhas longas, eretas e largas, sendo sua caracterização morfológica baseada principalmente nos caracteres do aparelho reprodutivo; inflorescência em espiga com uma espiguetta tripla (divididas em uma central e duas adjacentes

lateralmente) e individualizada composta por uma ou mais cariopses com ou sem casca aderida a porção do pericarpo (HOUSTON, 2013 ; FERREIRA, 2015), como demonstra a figura abaixo.



Figura 5: Inflorescência e caule da cevada.

Fonte: Autor, 2019.

Seu principal produto é o grão (semente) que pode ser utilizado tanto para alimentação animal (com enfoque na bovina), recentemente também para alimentação humana, porém o maior destino é para a produção de malte cervejeiro (KRUKLIS, 2019) pelo processo conhecido como malteação, que consiste na transformação química de carboidratos presentes no grão em álcool (BOULTON, 2006), sendo as variedades sem casca (nuas) é preferida pelas indústrias pois seu processamento é facilitado durante a fermentação (principalmente na filtragem) e normalmente resultam em uma bebida com sabor e aroma de maior qualidade (SAYD et al, 2017).

Segundo o Banco de dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura - FAOSTAT (2017), a cevada é o quarto cereal mais cultivado no mundo, tendo a produção mundial aproximado 144,5 milhões de toneladas em 49,4 milhões de hectares, sendo a Europa é o continente mais representativo nesse montante (aproximadamente 64,8% da produção mundial), dando destaque à Rússia e França. Já na América Latina, Argentina e Uruguai são os principais produtores, enquanto o Brasil ocupa a terceira posição, sendo considerado um importador para a cultura em questão, produzindo para si apenas 380 mil

tonaladas anualmente em uma área de 91 mil hectares concentrados na região sul do país devido ao clima temperado, considerado ideal para o estabelecimento e desenvolvimento da cultura, como se nota abaixo:

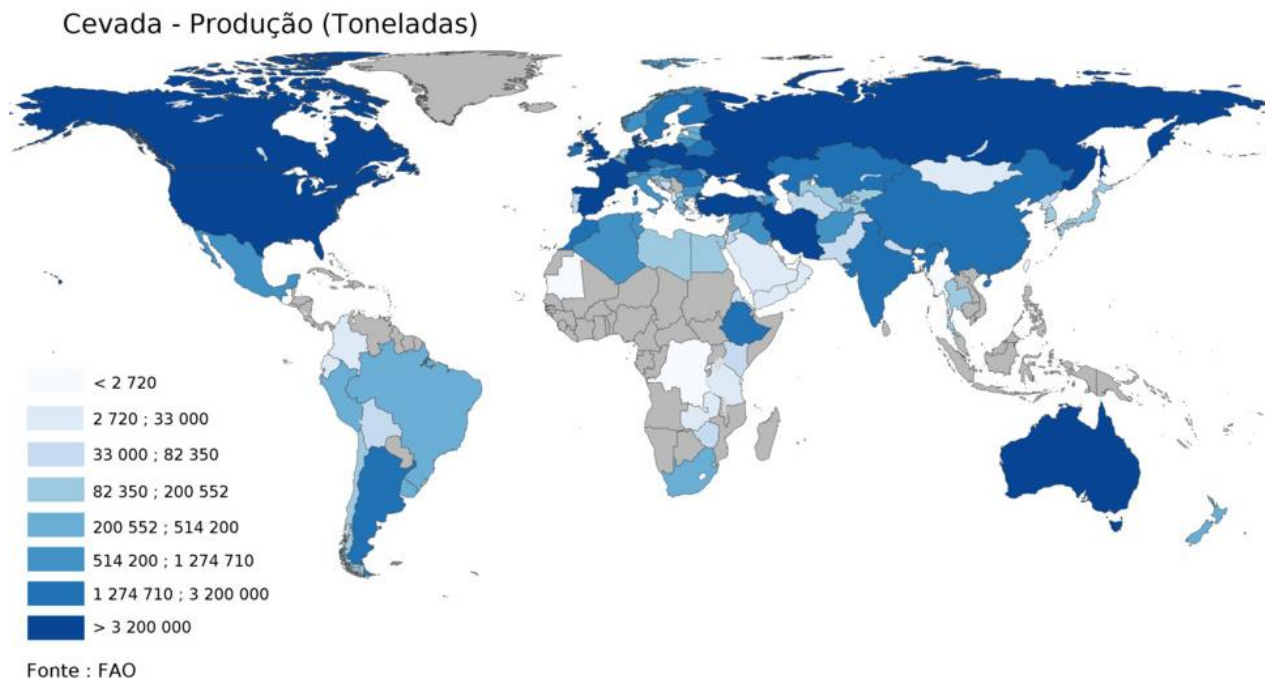


Figura 6: Distribuição mundial de produção de cevada.

Fonte: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO)

A cadeia agroindustrial da cevada é complexa pois leva em consideração todos os fatores de produção, desde os setores fornecedores das matérias-primas (como o mercado de sementes, fertilizantes, implementos, defensivos, entre outros) que, via de regra, são semelhantes para a maior parte das culturas agrícolas; até os setores de processamento, beneficiamento e comercialização dos produtos resultantes dos grãos. Como a cevada é uma cultura com aptidão tanto ao mercado cervejeiro, quanto ao mercado de alimentação animal, o que ditará o direcionamento do produto será qualidade (quanto maior a qualidade, maior a tendência de ser absorvido pelo mercado cervejeiro) e preço. Apesar de ambos serem os principais mercados consumidores dos grãos, há também uma pequena parcela que é direcionada para os mercados de panificação e fármacos, para que ao final da cadeia seja finalmente destinada ao consumidor por meio de atacado ou varejo, como demonstra a ilustração feita pela Embrapa:

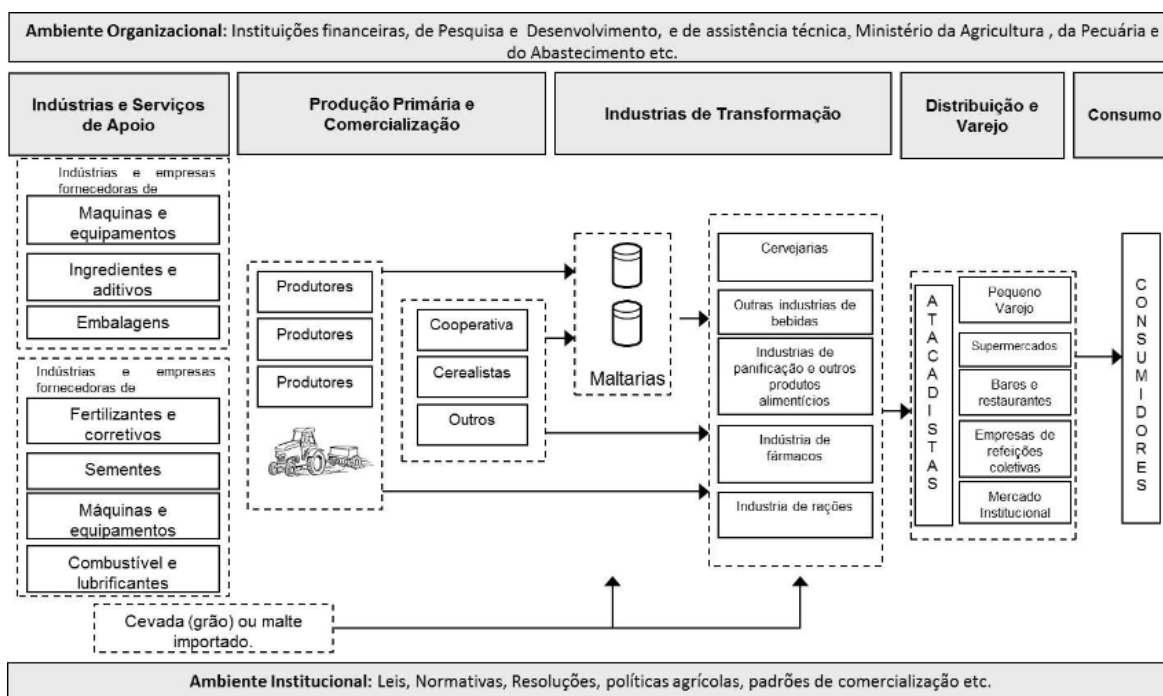


Figura 7: Cadeia agroindustrial da Cevada

Fonte: Embrapa, 2012

Dentre as pragas-chave da cultura, as de maior relevância no período de armazenamento dos grãos são: *Tribolium castaneum*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae* e *Sitophilus zeamais* (LORINI, 2012), sendo elas responsáveis por perdas em qualidade, seja massa de grãos, danos físicos (perfurações ou rachaduras) ou abertura para incidência de patógenos oportunistas, cujos principais para a cultura, segundo Lima (1999) são: mancha marrom (*Bipolaris sorokiniana*), mancha-em-rede (*Drechslera teres*) e giberela ou fusariose (*Fusarium graminearum*). A incidência de pragas ou patógenos está associada a condições irregulares de armazenamento, tanto no que diz respeito a alta temperatura (que não devem ultrapassar os 25°C em condições ótimas) bem como alta umidade relativa (que não deve ultrapassar os 50%), uma vez que tais ambientes são ideais para a alimentação e reprodução dos insetos, bem como ao estabelecimento da maioria dos fungos que infectam os grãos (AGRAWAL, 1957 ; PUZZI, 1986).

## 2.2. *Sitophilus zeamais*

O gorgulho-do-milho *S. zeamais* (Figura 2) é pertencente ao reino animal, filo Arthropoda, classe Insecta, ordem Coleoptera, família Curculionidae, gênero *Sitophilus*, e espécie *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). O adulto é um besouro de coloração castanho-escuro, com manchas claras nos élitros, medindo de 2,0 a 3,5 mm de

comprimento e até 0,5 mm de largura. As fêmeas normalmente apresentam rostros finos e longos, enquanto os machos, mais grossos e curtos (LORINI, 1994; LOECK, 2002).



Figura 2: *Sitophilus zeamais*.

Fonte: Agronegócios.eu

Essa espécie apresenta infestação cruzada, que se caracteriza pela capacidade de infestar os grãos em qualquer momento, seja em nível de armazenamento ou até mesmo no campo antes de ser colhido, fazendo com que desempenhe elevado potencial de multiplicação. Além disso, possui ampla gama de hospedeiros (LORINI, 2008). Seus danos no grão são em decorrência do seu hábito alimentar e aparelho bucal; seu rostró provoca perfurações nos grãos o que acarreta tanto em perda de peso (por conta da alimentação do conteúdo endoplasmático) quanto na qualidade nutricional; como demonstra a figura abaixo:



Figura 3: Danos do *S. zeamais*

Fonte: erdus.club

O comportamento da oviposição é fator determinante quanto à aptidão dos insetos na colonização de um ambiente. No caso do gorgulho-do-milho, seu ciclo de vida (Figura 4) está vinculado a grãos armazenados, onde nessas condições fatores como a pressão de seleção ambiental e inimigos naturais são praticamente desprezíveis, o que acarreta em incrementos significativos na densidade populacional desses indivíduos em curto período de tempo (DANHO, 2002). Estudos recentes demonstram que o período de desenvolvimento, longevidade, acasalamento e pré-acasalamento são bastante curtos em *S. zeamais*. O período de incubação dos ovos fora de 6,9 dias; desenvolvimento de larvas de primeiro ao quarto ínstar: 5,8; 7,0; 8,4, e 7,5 dias, respectivamente; 12,5 dias no período de pupa e longevidade na fase adulta de até 140 dias (LORINI, 2009 ; DEVI, 2017). Isso reforça a necessidade de avaliar o uso de táticas alternativas visando controle das pragas de grãos armazenados como *S. zeamais*, visto que seus danos ocasionam tanto a redução de peso quanto da qualidade dos grãos (LORINI, 2008).

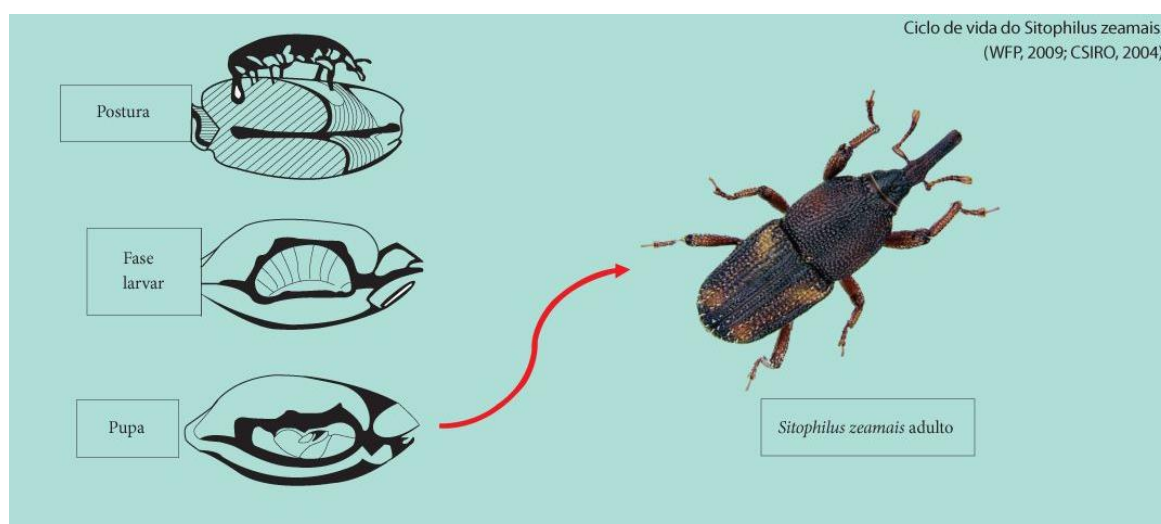


Figura 4: Ciclo de vida do *S. zeamais*.

Adaptado de WFP, 2009 e CSIRO, 2004.

### 2.3. Silício

O silício por muito tempo foi visto como um elemento afuncional no que diz respeito à nutrição de plantas e componentes de defesa. Recentemente, o “International Plant Nutrition Institute” o listou como substância benéfica aos vegetais, muito embora ainda não seja considerada um nutriente essencial (IPNI, 2015). Não só possui posicionamentos estratégicos no quesito nutricional, encadeando processos do metabolismo secundário, por exemplo a produção de compostos de defesa como os compostos fenólicos e taninos, mas também aplicados via externa ao proporcionar a formação de uma barreira mecânica, desfavorecendo o

estabelecimento de patógenos como fungos e bactérias, bem como na infestação de insetos (LAING, 2006).

Apesar de não ser considerado, portanto, um micronutriente vegetal, já foi constatado seu benefício na mitigação de diversos tipos de estresses na planta, tanto de ordem biótica quanto abiótica; sendo que, em espécies consideradas acumuladoras de silício – normalmente associadas a algumas gramíneas como arroz e trigo esses efeitos são intensificados por absorção do elemento via radicular (DE OLIVEIRA, 2009).

Dentre os fatores abióticos, destacam-se um incremento de tolerância gerado pelo elemento a condições desfavoráveis como excesso de salinidade e metais pesados no solo, temperaturas extremas (sejam elas mais altas ou mais baixas), seca, excesso de radiação luminosa (associação com a mitigação do estresse oxidativo) e desbalanço nutricional (MA, 2004). Estudos feitos na própria cevada demonstraram o efeito benéfico que o elemento possui na mitigação específica do estresse oxidativo, diminuindo os efeitos de escaldadura ocasionadas nos períodos com alto índice de saturação luminosa e baixa disponibilidade hídrica, auxiliando a peroxidase na remoção de radicais livres (superóxido) por meio da superóxido dismutase (LIANG, 2003). Já no que diz respeito aos estresses bióticos, a eficácia da utilização desse elemento já foi comprovada em diversas espécies agrícolas, para vários tipos de pestes, tanto em pragas – lepidópteros, coleópteros e hemipteros, principalmente; quanto patógenos (sejam fúngicas ou bacterioses) – principalmente os foliares, como manchas, oídios, míldios, bem como os de solo como fusarioses e podridões (DATNOFF, 2002 ; RODRIGUES, 2015).

Na crosta, o silício encontra-se predominante na forma mineral (rochas sílicas), seja um óxido ( $\text{SiO}_2$ ) - como quartzo, ametista, ágata, jaspe, sílex e opala, bem como um silicato ( $\text{SiO}_4$ )<sup>4-</sup> - como os granitos, feldspatos, micas e hornblendas (AUDLEY, 1921), porém na planta, sua absorção e transporte se dão pelo ácido ortossílico ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ) que se caracteriza pelo constituinte orgânico dos silicatos (YASSUDA, 1989). Para que haja essa transformação, diversos agentes biológicos modificam a forma em que o elemento silício se encontra disponível sendo que, suas principais transformações ocorrem em meios aquáticos como rios e oceanos, como demonstra o esquema abaixo:



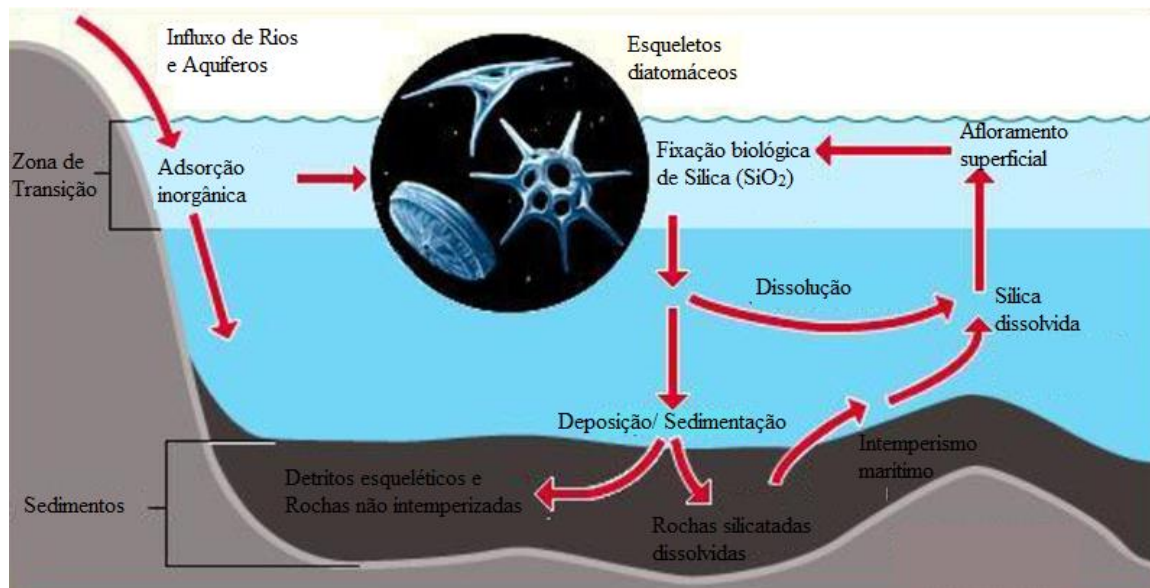


Figura 1: Ciclo do Silício.

Adaptado de Enciclopédia Britânica.

Portanto, a obtenção dos produtos a base de silício para utilização na agricultura se dá de diversas formas, a primeira é a sílica cristalina, que consiste no minério moído e processado para eliminação das impurezas; a sílica microcristalina que, assim como a cristalina sobre processo de moagem e pulverização, porém em malhas extremamente finas que variam de 1250mesh (10 micrometros) até 200mesh (75 micrometros), ambas com aptidão para o processo de granulação; a sílica diatomácea, moída, seca e aquecida com corrente de ar induzida, sendo também calcinada em fornos para garantir maior dureza; a sílica microcristalina tratada quimicamente com silanos para torná-la hidrofóbica e organofuncional e por fim a sílica fundida que é obtida através de quartzos de alta pureza ao serem colocadas nos fornos com eletrodos de grafita (Carbono) para gerar carbetos de silício (SiC) utilizados desde a indústria metalúrgica até a de informática (WIEBECK, 2005).

#### 2.4. Interação silício-inseto

Dentre os prováveis modos de ação do silício (Figura 8) no inseto, destacam-se três: o primeiro, diz respeito à aplicação foliar do silício, fazendo com que o elemento se acumule como cristais na cutícula da planta, formando uma barreira de abrasão contra a entrada de patógenos e fazendo com que os insetos desgastem seu aparelho bucal ao tentar ingerir o tecido foliar (DE CAMARGO, 2016). O segundo diz respeito à natureza química, uma vez que este elemento é responsável por desencadear a produção de fitoalexinas, compostos químicos do metabolismo secundário das plantas responsáveis pela defesa ao ataque de insetos (SCHURT, 2015). Por fim, a morte dos insetos expostos aos produtos silicatados se dá por dessecação, efeito este provocado por conta da abrasividade e adsorção do pó presente nos grãos

pelos insetos que degraam a camada de cera da epicutícula dos insetos fazendo com que eles percam água até ocasionar a morte (RASTOGI, 2019). Estes últimos efeitos foram visados na concepção do presente estudo com a avaliação de diferentes doses de silício.



Figura 8: Pó de Silício

Fonte: F.F Comércio

Por ser uma praga-chave do milho em armazenamento, já se tem conhecimento de diversas estratégias de controle eficazes para o gorgulho-do-milho, sendo que, atualmente recorre-se principalmente ao uso de inseticidas piretroides e organofosforados aplicados nos grãos de milho (PEREIRA et al., 2003), fosfina quando se pode controlar condições de ambiente e atmosfera (CASELLA et al., 1998), e por fim, o uso de terra de diatomácea - (Figura 9) composto rico em sílica; sendo essa portanto, a principal formas de fazê-lo de forma a evitar o uso de químicos exclusivamente (JUNIOR et al., 2007).



Figura 9: Terra diatomácea

Fonte: Sipan Z Comércio

Sabe-se, portanto, que mesmo a utilização de produtos silicatados, com menores concentrações do elemento silício, possuem efeito na mortalidade de insetos. Um desses produtos é a terra diatomácea que contém dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ), podendo compor até 86% de sua estrutura química. Este, é um pó inerte composto exsudado de espécies de algas bacilariófitas e microorganismos (diatomáceas) fossilizados cuja composição estrutural se dá pela sílica (DANIEL, 2018), comprovando que essa realmente está associado ao efeito deletério em várias espécies de insetos, incluindo os de grãos como o *S. zeamais* (RIBEIRO, 2019). Além disso, a utilização do pó de basalto que em sua constituição pode apresentar até 68% de silício na composição química demonstra possuir efeito residual e prolongado tanto quando lançado ao solo com finalidade de condicionamento de solo, quanto para pulverização com finalidade de controle de insetos (GROTH, 2018).



Figura 10: Pó de basalto

Fonte: Pedreira Uniporto

Dos estudos realizados com pragas em culturas agrícolas, os mais próximos à cevada são aqueles com trigo. Já foi relatado que houve não preferência dos insetos por plantas que haviam sido submetidas a doses de silício (DIAS, 2014) nos afídeos *Sitobion avenae*. Além disso, já foi verificado indução de compostos químicos do metabolismo secundário das plantas e maior atividade de enzimas oxidativas, como as peroxidases, fenilalanina amônia-liase e polifenoloxidasas, ao ataque dos pulgões *Schizaphis graminum* (GOMES, 2005). Para o *S. oryzae* já foi comprovado o efeito degenerativo que os produtos silicatados possuem mesmo quando comparados a formulações de produtos químicos fortes como deltrametrinas (QUINN, 2018). Recentemente, estudos feitos por Tadesse (2018, 2019) demonstraram a eficiência de controle de ambos os gorgulhos: *S. oryzae* e *S. zeamais* em uma condição de laboratório, preenchendo toda a área de placas de petri com produtos a base de silício, o resultado foi que houve resposta significativa no controle dos insetos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Condições experimentais

O experimento foi realizado no Laboratório de Resistência de Plantas e Manejo Integrado de Pragas do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras em uma sala climatizada com condições ambientais controladas na Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. O experimento foi conduzido sob temperatura de  $23 \pm 2$  °C, umidade relativa de  $60 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 12C:12E h.

Os grãos de cevada foram adquiridos de um produtor comercial localizado na região sul de Minas Gerais. Os grãos foram previamente avaliados quanto à umidade, sendo aferida em 13%, a qual é adequada ao ataque do gorgulho-do-milho (Rosseto, 1972). Em seguida, os grãos foram pesados em balança analítica de precisão de (0,1mg) para serem distribuídos entre os tratamentos. Assim, para cada tratamento foram separados 50 g de cevada, os quais foram transferidos para recipientes plásticos de 20 ml fechados com tampa.

O polvilhamento do silício (ácido silícico comercial) foi realizado sobre os grãos de cevada utilizando-se as devidas proporções referentes às doses de silício testadas, sendo elas: 0,0625 kg.t<sup>-1</sup>; 0,125 kg.t<sup>-1</sup>; 0,25 kg.t<sup>-1</sup>; 0,5 kg.t<sup>-1</sup>; 1 kg.t<sup>-1</sup>; 2 kg.t<sup>-1</sup>. Seguido pela homogeneização da distribuição do elemento entre os grãos por meio de agitação manualmente.. Cinco repetições foram utilizadas para cada tratamento, as quais consistiram de 10 g de grãos de cevada e 20 adultos de *S. zeamais*.

Os insetos utilizados no experimento foram coletados de uma colônia de criação mantida também, no Laboratório de Resistência de Plantas e Manejo Integrado de do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras. Após coleta dos insetos da colônia de criação, 20 adultos de *S. zeamais* não identificados quanto ao sexo foram transferidos com o auxílio de um pincel para os recipientes plásticos contendo os grãos de cevada tratados com silício. Foram utilizados vinte insetos por repetição, totalizando 700 insetos nos sete tratamentos e cinco repetições do experimento. A separação e pesagem dos grãos de cevada, aplicação de silício e transferência dos adultos nos recipientes ocorreram no mesmo dia.

Após a transferência dos insetos nos recipientes, realizou-se por 10 dias a avaliação do número dos insetos mortos a cada dois dias. A mortalidade dos insetos foi registrada aos 2, 4, 6, 8 e 10 dias após a aplicação de silício. Os insetos mortos eram removidos a partir da constatação durante a avaliação, feita a partir de diagnóstico visual e tátil por aproximadamente cinco minutos, uma vez que o inseto possui hábito de permanecer imóvel quando manuseado. Os insetos vivos eram retornados aos recipientes até o final da coleta de dados no décimo dia após a aplicação de silício.

### **3.2. Análise dos dados**

Para análises, foram registradas as porcentagens de mortalidade acumulada em função dos 10 dias após aplicação com o intuito de avaliar como ocorreu a reação dose-mortalidade em decorrência do tempo nos diferentes tratamentos avaliados. A eficiência de controle ao final do experimento foi realizadas pela fórmula de Abbott (1925), que é representada pelo número de insetos vivos na testemunha excluindo-se o número de insetos vivos em cada tratamento dividido pelo número de insetos vivos na testemunha, como demonstra abaixo:

$$\text{Eficiência de controle} = \frac{(\text{Insetos vivos na testemunha}) - (\text{Insetos vivos em tratamentos})}{\text{Insetos vivos na testemunha}}$$

Além disso, ainda se avaliou a rentabilidade de aplicação, uma vez que pode haver uma dose mais rentável mesmo que menos eficiente ao inseto, para tal, foi pesquisado o custo do produto e considerou-se uma média de R\$522,48.t<sup>-1</sup> de produto comercial (média de quatro cotações feitas); a rentabilidade, portanto, foi calculada pelo custo da porcentagem de controle, uma vez que essa variável é interpretada como o retorno do capital investido sobre a eficiência da atividade exercida (PADOVEZE; BENEDICTO, 2004), seguindo a equação:

$$\text{Rentabilidade} = \frac{(\text{Custo/t de produto} \times \text{dose aplicada})^*}{\text{Porcentagem de controle}}$$

\*Custo de aplicação

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro momento, avaliou-se a eficiência de controle nos tratamentos expostos ao silício para constatar o real benefício dos produtos em decorrência de suas doses, posteriormente, demonstra-se a rentabilidade da aplicação para averiguar qual das doses, na prática seriam implementadas. Feitas as avaliações, os dados foram obtidos e serão demonstrados a seguir seguindo a equação de Abbott (1925) para cada dia avaliado:

Tabela 1: Mortalidade (%) de adultos de *Sitophilus zeamais* em grãos de cevada em decorrência do tempo após 2 dias da aplicação de silício.

Tratamentos	Mortalidade acumulada (%)
T1 (testemunha)	0
T2 (0,0625kg.t <sup>-1</sup> )	4
T3 (0,125kg.t <sup>-1</sup> )	3
T4(0,25kg.t <sup>-1</sup> )	2
T5(0,5kg.t <sup>-1</sup> )	10
T6(1kg.t <sup>-1</sup> )	14
T7(2kg.t <sup>-1</sup> )	4

Fonte: Autor (2019).

Na primeira avaliação (dia 2), os tratamentos 1, 2, 3, 4 e 7 (Testemunha; 0,0625; 0,125; 0,25 e 2 kg.t<sup>-1</sup>, respectivamente) apresentaram menor porcentagem de mortalidade dos insetos, enquanto os tratamentos 5 e 6 (0,5 e 1 kg.t<sup>-1</sup>, respectivamente) apresentaram mortalidade mais alta que os demais tratamentos, demonstrando efeito de choque no primeiro momento.

Tabela 2: Mortalidade (%) de adultos de *Sitophilus zeamais* em grãos de cevada em decorrência do tempo após 4 dias da aplicação de silício.

Tratamentos	Mortalidade acumulada (%)
T1 (testemunha)	2
T2 (0,0625kg.t <sup>-1</sup> )	6
T3 (0,125kg.t <sup>-1</sup> )	5
T4(0,25kg.t <sup>-1</sup> )	15
T5(0,5kg.t <sup>-1</sup> )	42
T6(1kg.t <sup>-1</sup> )	80
T7(2kg.t <sup>-1</sup> )	71

Fonte: Autor (2019).

Na segunda avaliação (dia 4), houve alteração no padrão de controle de *S. zeamais*, sendo que os tratamentos 1, 2 e 3 (Testemunha; 0,0625 e 0,125 kg.t<sup>-1</sup>, respectivamente), mantiveram-se com as menores taxas de mortalidade. O tratamento 4 (0,25 kg.t<sup>-1</sup>) apresentou-se como intermediário na porcentagem de mortalidade, enquanto os tratamentos 5, 6 e 7 (0,5; 1 e 2 kg.t<sup>-1</sup>, respectivamente) proporcionaram a maior mortalidade dos insetos.

Tabela 3: Mortalidade (%) de adultos de *Sitophilus zeamais* em grãos de cevada em decorrência do tempo após 6 dias da aplicação de silício.

Tratamentos	Mortalidade acumulada (%)
T1 (testemunha)	3
T2 (0,0625kg.t <sup>-1</sup> )	11
T3 (0,125kg.t <sup>-1</sup> )	16
T4(0,25kg.t <sup>-1</sup> )	39
T5(0,5kg.t <sup>-1</sup> )	78
T6(1kg.t <sup>-1</sup> )	99
T7(2kg.t <sup>-1</sup> )	99

Fonte: Autor (2019).

Ne terceira avaliação (dia 6), os tratamentos 1 e 2 (Testemunha e 0,0625 kg.t<sup>-1</sup>, respectivamente) mantiveram-es com as menores taxas de mortalidade, e os tratamentos 3 e 6 (0,125 e 1 kg.t<sup>-1</sup>, respectivamente), nesse dia de avaliação demonstraram-se semelhantes, o que infere que a dose mais baixa aplicada no tratamento 3 apresentava mortalidade crescente, enquanto o tratamento 6 já apresentava decrescente mortalidade; isso se deve, provavelmente, ao fato de que nesse dia de avaliação haviam poucos indivíduos vivos no tratamento 5 que sobreviveram até o final do experimento. O tratamento 4 (0,25 kg.t<sup>-1</sup>) obteve nessa avaliação seu maior pico de mortalidade, mostrando que o efeito do silício estava agindo de forma

crescente nesse tratamento, assim como no tratamento 3. Os tratamentos 5 e 7 (0,5 e 2 kg.t<sup>-1</sup>, respectivamente) apresentaram as maiores mortalidades desta avaliação especificamente.

Tabela 4: Mortalidade (%) de adultos de *Sitophilus zeamais* em grãos de cevada em decorrência do tempo após 8 dias da aplicação de silício.

Tratamentos	Mortalidade acumulada (%)
T1 (testemunha)	7
T2 (0,0625kg.t <sup>-1</sup> )	18
T3 (0,125kg.t <sup>-1</sup> )	26
T4(0,25kg.t <sup>-1</sup> )	57
T5(0,5kg.t <sup>-1</sup> )	91
T6(1kg.t <sup>-1</sup> )	100
T7(2kg.t <sup>-1</sup> )	100

Fonte: Autor (2019).

Por fim, na quarta avaliação (dia 8), os tratamentos 1, 2 e 3 (Testemunha; 0,0625 e 0,125 kg.t<sup>-1</sup>, respectivamente) causaram taxas intermediárias de mortalidade, visto que ainda haviam muitos indivíduos vivos, o que demonstra ordem crescente no controle dos tratamentos 2 e 3, porém, sem diferença significativa. Os tratamentos 4 e 5 (0,25 e 0,5 kg.t<sup>-1</sup>) apresentaram as maiores mortalidades desta avaliação, o que se deve ao alto número de insetos ainda vivos e o produto passando a diminuir o efeito de controle sobre os remanescentes. Já os tratamentos 6 e 7 (1 e 2 kg.t<sup>-1</sup>, respectivamente), finalmente, tiveram o menor índice de mortalidade; mas isso se deve ao pequeno número de indivíduos remanescentes e terem atingido controle total em muitos casos nesta avaliação, o que determinou encerramento das avaliações para tais tratamentos.

Após as análises diárias de mortalidade dos insetos em comparação a testemunha, pôde-se portanto calcular a eficiência de controle seguindo o método de Abbott (1925), com os seguintes resultados:

Tabela 5: Eficiência de controle da aplicação de silício

Tratamentos	Eficiência de controle (Abbott, 1925)
T2 (0,0625kg.t <sup>-1</sup> )	14,58%
T3 (0,125kg.t <sup>-1</sup> )	22,92%
T4(0,25kg.t <sup>-1</sup> )	55,21%
T5(0,5kg.t <sup>-1</sup> )	90,63%
T6(1kg.t <sup>-1</sup> )	100,00%
T7(2kg.t <sup>-1</sup> )	100,00%

Fonte: Autor (2019)



A partir dos resultados obtidos, verifica-se que o tratamento testemunha (T1) apresentou baixíssima mortalidade, sendo considerada nula. Os tratamentos 2 e 3 (0,0625 e 0,125 kg.t<sup>-1</sup>, respectivamente) apresentaram as menores mortalidades, sendo suas eficiências, portanto, estatisticamente iguais à testemunha, ou seja, o efeito do silício é mínimo no controle do gorgulho em tais concentrações. Já o tratamento 4 (0,25 kg.t<sup>-1</sup>) apresentou-se intermediário quanto à mortalidade de *S. zeamais*, sendo mais eficiente que a testemunha e os tratamentos anteriores, entretanto menos eficientes que os tratamentos 5, 6 e 7 (0,5; 1 e 2 kg.t<sup>-1</sup>, respectivamente), que apresentaram maior eficiência de controle, sem diferença significativa entre si (Figura 11).

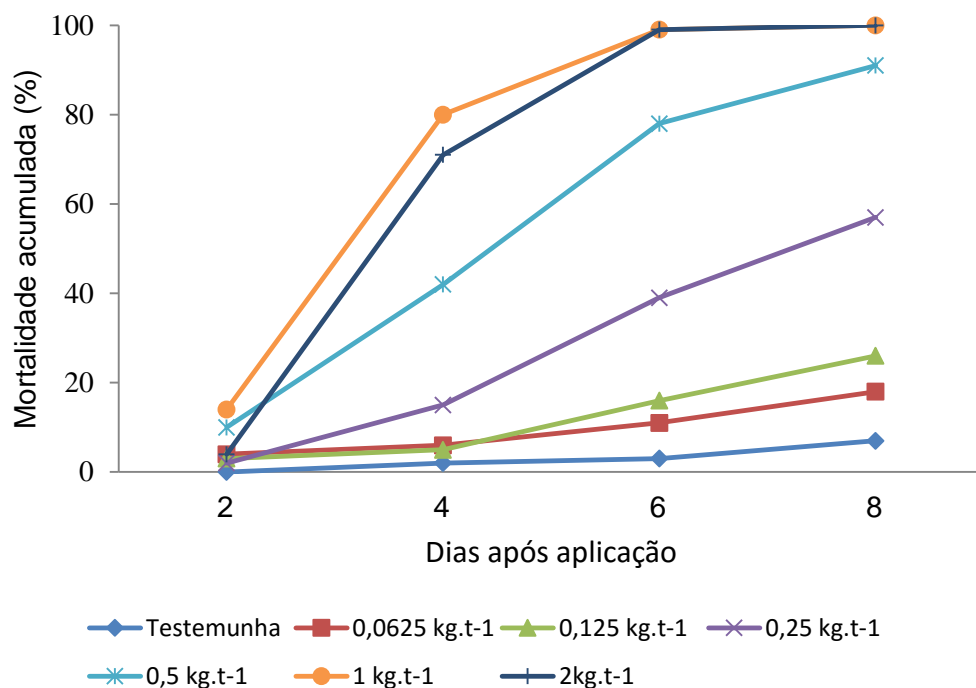


Figura 11. Mortalidade acumulada (%) de adultos de *Sitophilus zeamais* em grãos de cevada tratada com seis doses de silício e sem aplicação (testemunha) após 8 dias da aplicação.

Fonte: Autor (2019).

Os resultados também indicaram que houve um aumento linear na porcentagem de controle corrigida do gorgulho (12, 19, 54, 91, 100 e 100%, respectivamente) com o aumento das doses de silício no final do período de avaliação, de forma que o modelo explica 93,4% da variabilidade dos dados analisados ( $R^2=0,934$ ), demonstrando alta correlação dose-efeito do estudo realizado (Figura 12).

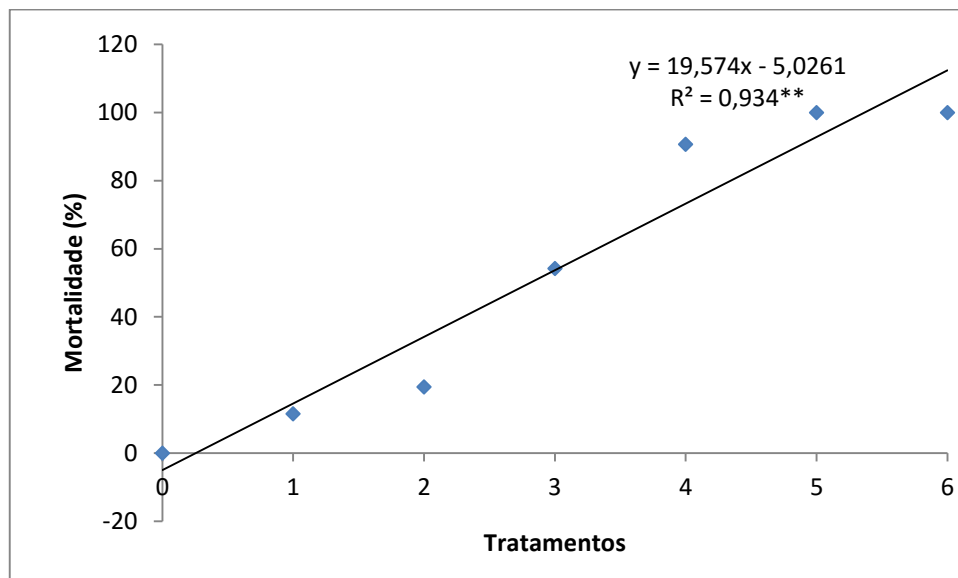


Figura 12. Análise de regressão linear aplicada ao efeito dose-resposta de mortalidade de *Sitophilus zeamais* em grãos de cevada tratada com silício.

Fonte: Autor (2019).

Por fim, baseando-se na eficiência de controle ao final do experimento, realizou-se a avaliação financeira da rentabilidade das doses de silício no que diz respeito ao melhor custo-benefício da utilização do produto de modo sustentável e sem que haja oneração financeira. Os resultados da rentabilidade da aplicação das doses de silício estão presentes no Gráfico (Figura 13) abaixo.

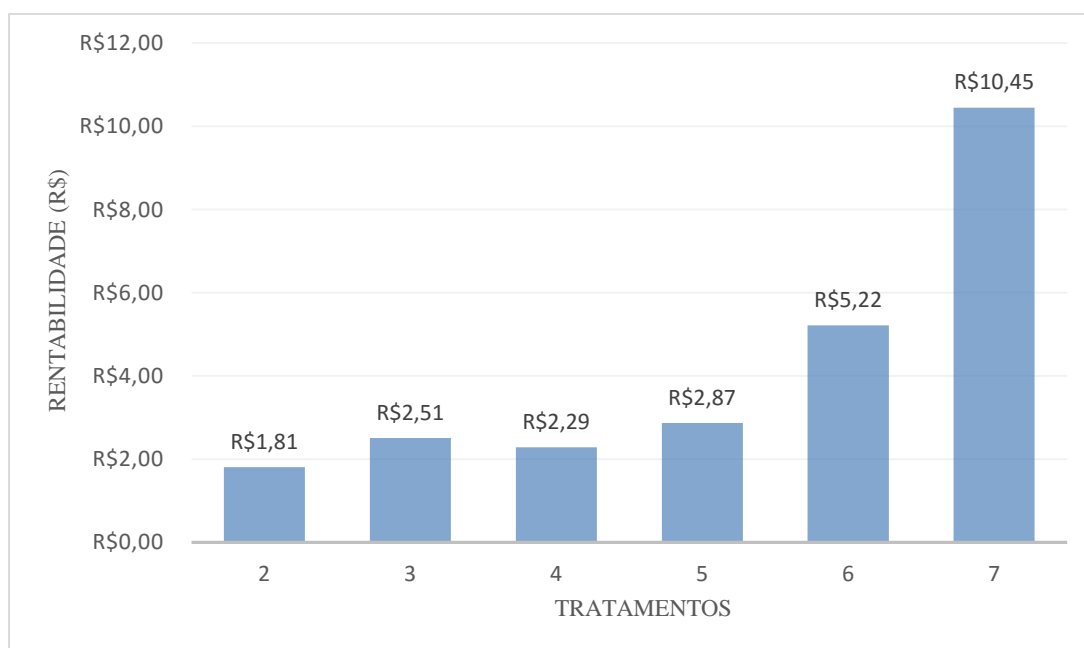


Figura 13: Gráfico de rentabilidade do controle de *Sitophilus zeamais*.

Fonte: Autor (2019)

Uma vez que na testemunha não foi aplicado o produto, não há avaliação de rentabilidade. Para os demais tratamentos, o custo-benefício da aplicação das doses de silício foi estimado a partir do custo da aplicação em função da porcentagem de controle acumulada ao final do oitavo dia de avaliação para cada tratamento. Nota-se que quanto menor a dose aplicada, maior é a rentabilidade de aplicação; entretanto, não se pode afirmar que os tratamentos 2 a 4 sejam de fato os mais rentáveis, uma vez que eles foram estatisticamente inferiores aos demais, e portanto, estes não serão considerados para a avaliação. Assim, os tratamentos 5, 6 e 7, por serem estatisticamente iguais, possuem o mesmo efeito no controle, sendo assim, o tratamento que apresentou melhor custo-benefício foi o tratamento 5 (0,5 kg.t<sup>-1</sup>), de modo que, para cada R\$2,87 investidos, houve 1% de controle do inseto. Caso seja necessário que em oito dias o controle da praga seja total, deve-se optar pelo tratamento 6 (1 kg.t<sup>-1</sup>), que será suficiente e mais rentável quando comparado ao T7 (2 kg.t<sup>-1</sup>), tendo apresentado o dobro do custo para a mesma eficiência de controle (R\$5,22 por porcentagem de controle do inseto no tratamento 6 contra R\$10,45 no tratamento 7). Para tornar mais visual a compreensão da rentabilidade, demonstra-se abaixo um gráfico de barras com os respectivos dados:

Com isso, pode-se confirmar a eficiência do silício no controle de *S. zeamais* na cultura da cevada, tendo apresentado alta correlação dose-efeito; quanto maior a concentração do silício presente no grão, maior o efeito de mortalidade nos indivíduos. O ácido silícico nas doses de 0,5, 1 e 2 kg.t<sup>-1</sup> de grãos é eficiente no controle do inseto na cevada armazenada, tendo sido iguais. Ainda, a melhor dose na questão comercial (custo-benefício) encontrada foi a de 0,5 kg.t<sup>-1</sup>, por apresentar relação R\$2,87/% no controle do gorgulho-do-milho, enquanto a dose mais alta apresentou R\$10,45/%, demonstrando-se 3,64 vezes mais onerosa para ocasionar o mesmo efeito de controle.

Essas doses proporcionaram alta mortalidade de *S. zeamais* em aproximadamente 8 dias, que constitui também, período necessário para que o tratamento com fosfina seja efetivo, logo o uso de fontes de silício como o ácido silícico demonstram ótimos resultados, confirmando portanto que este é uma alternativa mais sustentável para o controle dos insetos na cultura da cevada em condições de armazenamento e pode ser útil para incrementar o manejo de resistência do gorgulho-do-milho na diminuição do uso de inseticidas químicos convencionais; além de que, aliado a correta dose pode garantir maior rentabilidade uma vez que a aplicação não demanda grandes investimentos estruturais para o setor industrial, sendo também, as demandas operacionais mais simples do que nos sistemas convencionais que normalmente requerem infraestrutura diferenciada e equipamentos de fumigação.

## 5. CONCLUSÃO

A aplicação de silício nas doses de 0,5; 1 e 2 kg.t<sup>-1</sup> de grãos de cevada são eficientes no controle de *S. zeamais*, tendo sido a dose de 0,5 kg.t<sup>-1</sup> mais rentável.

## 6. REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W. S. et al. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **J. econ. Entomol**, v. 18, n. 2, p. 265-267, 1925.
- AGRAWAL, N. S. **Grain storage fungi associated with granary weevil**. Journal of Economic Entomology, Lanham, v. 50, p. 659-663, 1957.
- AUDLEY, J. A. **Sílica and the Silicates**. D. Van Nostrand Company, eight warren street, New York, 72, 1921.
- BANCO DE DADOS DA ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA - FAOSTAT. **Statistical databases**. 2017. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 08 nov. 2019.
- BESKOW, P.; DECKERS, D. **Armazenagem de grãos**. Campinas: Instituto Bio Geneziz, 2002. p. 97-115.
- BOULTON, C; QUAIN, D. **Brewing yeast & fermentation**. London: Blackwell Publishing, 2006. 644p.
- BRIGGS, D. E. et al. **Malting and brewing science**. 2. ed. London: Chapman & Hall, 1995. v. 2.
- CASELLA, T. L. C.; FARONI, L. R. D.; BERBERT, P. A.; CECON, P. R. **Dióxido de carbono associado à fosfina no controle do gorgulho do milho (Sitophilus zeamais)**. Campina Grande: Revista Brasileira de Engenharia Rural e Ambiental, v. 2, n. 2, p. 179-185, 1998.
- DANHO, M.; GASPAR, C.; HAUBRUGE, E. **The impact of grain quantity on the biology of Sitophilus zeamais Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae): oviposition, distribution of eggs, adult emergence, body weight and sex ratio**. Leicester: Journal of Stored Products Research, 2002. v. 38, n. 3, p. 259-26.
- DANIEL, C. et al. **Controle de Ryzopertha Dominica de Grãos Armazenados: com Terra de Diatomácea e Zeólita**. Londrina: Anais – VII Conferência brasileira de pós-colheita, 2018.
- DATNOFF, L. E. ; BRECHT M. O. ; KUCHAREK T. A. ; NAGATA R. T. **The role of silicon in turfgrass disease management**. Tsuruoka: Ab-stract of Second Silicon in Agriculture Conference, 2002. p. 105-110.

DE CAMARGO, M. S. **Efeito do silício na tolerância das plantas aos estresses bióticos e abióticos**. Piracicaba: 2016. Disponível em: <[http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/3186AB37339FFF8D83258042004C3774/\\$FILE/Page1-8-155.pdf](http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/3186AB37339FFF8D83258042004C3774/$FILE/Page1-8-155.pdf)>. Acesso em: 8 set. 2019.

DE OLIVEIRA, L. A. **Silício em plantas de feijão e arroz: absorção, transporte, redistribuição e tolerância ao cádmio**. Piracicaba: Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

DEVI, S. R. et al. **Biology, morphology and molecular characterization of Sitophilus oryzae and S. zeamais (Coleoptera: Curculionidae)**. Leicester: Journal of stored products research, 2017. v. 73, p. 135-141.

DIAS, P. A. S. et al. **Induction of resistance by silicon in wheat plants to alate and apterous morphs of Sitobion avenae (Hemiptera: Aphididae)**. Oxford: Environmental entomology, 2014. v. 43, n. 4, p. 949-956.

FERNANDES, J. R. C. **Sitophilus zeamais e Sitotroga cerealella: pragas do milho**. Porto: Revista Agrotec.Porto, 2012. n.2, p. 72-76.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cevada com boas perspectivas nesta safra**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/36224970/cevada-com-boas-perspectivas-nesta-safra>>. Acesso em: 01 set. 2019.

FERNANDES, Q. S. **Análise da capacidade estática de armazenagem de grãos no Brasil no período de 1980 a 2015**. Dissertação (Mestrado em Gestão Organizacional). Catalão: Universidade Federal de Goiás, 2016. 79p.

FERREIRA, C. **Cultivares de cevada semeadas em espaçamentos simples e pareado combinados com doses de adubo e densidade de semeadura**. Tese. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2015. p.73.

GOMES, F. B. et al. **Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids**. Piracicaba: Scientia Agricola, 2005. v. 62, n. 6, p. 547-551.

GOMES, L. da S; FURTADO, A. C. R; SOUZA. SOUZA. M. C. de. A. **Sílica e suas Particularidades**. Niterói: Revista virtual de química, 2018. v.10, n.4, p. 1018-1038.

GROTH, M. Z. et al. **Pó-de-basalto no desenvolvimento de plantas de alface e na dinâmica populacional de insetos**. Pelotas: Revista de Ciências Agroveterinárias, v. 16, n. 4, p. 433-440, 2018.

HOUSTON, K. et al. **Variation in the interaction between alleles of Hvapetala2 and micro RNA172 determines the density of grains on the barley inflorescence**. Urrbrae: Plant biology, 2013. v.110, n.41, p. 16675-16680.

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE. **Nutri-Facts. Silicon**. Peachtree Corners, Georgia, 2015. n.14. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/nutrifacts-na.nsf/0/A7B4AB4D35C153BF85257ECE006E0E34/\\$FILE/NutriFacts-NA-14.pdf](http://www.ipni.net/publication/nutrifacts-na.nsf/0/A7B4AB4D35C153BF85257ECE006E0E34/$FILE/NutriFacts-NA-14.pdf)>. Acesso em: 01 set. 2019.

JUNIOR, A. L. M.; JUNIOR, M. M.; PAIVA, W. R. S. C.; BARRETO, H. C. S. **Eficiência da terra de diatomácea no controle de Sitophilus zeamais em milho armazenado**. Curitiba: Revista acadêmica, 2007. v. 5, n. 1, p. 27 – 32.

KRUKLIS, K. L. **Cevada: importância da utilização na alimentação humana e a aplicabilidade na gastronomia**. Monografia de especialização. Ijuí, RS, 2019.

LAING, M. D.; GATARAYIHA, M. C.; ADANDONON, A. **Silicon use for pest control in agriculture: a review**. Pietermaritzburgo: Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association, 2006. p. 278-286.

LIANG, Y.; CHEN, Q.; LIU, Q.; ZHANG, W.; DING, R. **Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.)**. Nanjing: J. Plant Physiol, 2003. 160, p.1157–1164.

LIMA, M. I. P. M. et al. **Determinação de patógenos em sementes de cevada-ensaio final 1998**. In: Embrapa Trigo-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 19., 1999, Passo Fundo. Anais... Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999.

LOECK, A. E. **Praga de Produtos Armazenados**. Pelotas: EGUFPEL, 2002. 113p.

LORINI, I. **Insetos que atacam grãos de soja armazenados**. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B., CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Ed.). Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 421-444.

LORINI, I. **Manejo Integrado de Pragas de Grãos de Cereais Armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 72p.

LORINI, I.; SCHNEIDER, S. **Pragas de Grãos Armazenados: resultados de pesquisa**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. 47p.

LORINI, I., et al. **Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento**. Passo Fundo: Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2009.

MA, J. F. **Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses**. Kagawa: Soil science and plant nutrition, 2004. v. 50, n. 1, p. 11-18.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **A cerveja no Brasil**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/a-cerveja-no-brasil>>. Acesso em: 01 set. 2019.

PADOVEZE, C. L.; BENEDICTO, G. C. **Análise de Demonstrações Financeiras**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

PALMAH, M. N.; SHYATESA, R. **DNA insecticides as an emerging tool for plant protection and food security strategies**. Moscou: RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries, 2019. n.2. p. 105—113,

PEREIRA, P. R. V. S.; JUNIOR, A. R. P.; FURIATTI, A. R. **Eficiência de inseticidas no controle de *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) e *Rhyzopertha dominica* (fab.) (Coleoptera: Bostrichidae) em cevada armazenada**. Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais, Curitiba, 2003. v.1, n.3, p. 65-71.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. 602 p.

QUINN, E. et al. **Activity of two deltamethrin formulations on different surfaces against rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.)**. Rishon LeZion: Julius-Kühn-Archiv, n. 463, p. 802-807, 2018.

RASTOGI, A. et al. **Application of silicon nanoparticles in agriculture**. Poznan: 3 Biotech, 2019. v. 9, n. 3, p. 90.



RIBEIRO, L. P.; VENDRAMIM, J. D. **Associação de extratos vegetais e terra diatomácea no controle do gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* MOTS. (Coleoptera: Curculionidae)**. Viçosa, Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, 2019. v. 9, n. 1.

RODRIGUES, F. A.; DATNOFF, L.E. (Ed.). **Silicon and plant diseases**. Louisiana: Cham, Switz: Springer, 2015.

ROSSETO, C. J. **Resistência de milho as pragas da espiga, *Helicoverpa zea* (Boddie), *Sitophilus zeamais* Motschulsky e *Sitotroga cerealella* (Olivier)**. Tese Doutorado, Piracicaba: ESALQ, 1972. 144p.

SAYD, R. M. et al. **Agronomic characterization of high-yielding irrigated barley accessions in the Cerrado**. Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2017. v. 52, n. 2, p.84-94.

SCHURT, D. A. et al. **Análise microscópica da resistência do arroz à queima das bainhas mediada pelo silício**. Bragantia: Campinas, 2015. v. 74, n. 1, p. 93-101.

TADESSE, T. M. et al. **Contact toxicity of filter cake and Triplex powders from Ethiopia against *Sitophilus oryzae***. Manhattan: Journal of stored products research, v. 80, p. 34-40, 2019.

TADESSE, T. M.; SUBRAMANYAM, B. **Efficacy of filter cake and Triplex powders from Ethiopia applied to concrete arenas against *Sitophilus zeamais***. Manhattan: Journal of Stored Products Research, v. 76, p. 140-150, 2018

WIEBECK, H.; HARADA, J. **Plásticos de Engenharia**. São Paulo. Artliber, 349 p, 2005.

YASSUDA, M. **Comportamento de fosfatos em solos de cerrado**. Dissertação (mestrado em Ciência do Solo) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Piracicaba, 1989, 62p.