

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

Leopoldo Steininger Alves

Resistência de três genótipos de milho ao ataque de *Sitophilus zeamais*

Motschulsky, 1885 (Coleoptera: Curculionidae) em laboratório

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Alex Sandro Poltronieri

Florianópolis, 2024

Resumo

O emprego de variedades de milho resistentes pode reduzir os danos causados por *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência de três genótipos de milho ao ataque de *S. zeamais*. Para isso foram realizados testes de atratividade, preferência de oviposição e desenvolvimento de *S. zeamais* sobre uma variedade de milho crioula, uma variedade de milho pipoca e uma cultivar de milho transgênico (*Bt*). No teste de atratividade os genótipos foram disponibilizados para *S. zeamais*, e após 24h foram contabilizados os insetos em cada tratamento. A oviposição foi avaliada pela liberação de 30 adultos em 10 grãos de cada genótipo, com as posturas sendo registradas após 72h. No teste de desenvolvimento, 20 adultos foram confinados em gaiolas com 40 g de cada genótipo. Após 30 dias os insetos foram retirados, e as gaiolas foram diariamente vistoriadas durante 60 dias para registro e retirada de adultos emergidos, sendo avaliado a duração da fase imatura, perda de massa, índice de suscetibilidade (IS) e taxa instantânea de crescimento (r_i). Os genótipos não influenciaram a atratividade de *S. zeamais* nem na oviposição, com os milhos pipoca e *Bt* tendo uma média de seis posturas enquanto o milho crioulo teve uma média de cinco posturas. A duração da fase larval foi 10% mais longa no milho pipoca, além da menor r_i (3,43), seguido do milho crioulo (4,09) e *Bt* (5,09). O milho pipoca teve a menor perda de peso (2,96%), com uma diferença superior a 20%, quando comparado ao milho crioulo (4,18%) e *Bt* (3,82%). O milho pipoca foi o mais resistente a *S. zeamais*, apresentando uma possível antibiose.

Palavras-chave: Gorgulho do milho; Grãos armazenados; Suscetibilidade; Atratividade; Preferência de oviposição; Antibiose; Antixenose.

Abstract

The use of resistant maize genotypes may reduce the damage caused by *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). In this context, the objective of this work was to evaluate the resistance of three maize genotypes to attack by *S. zeamais*. On the attractiveness test the genotypes were made available to *S. zeamais*, and after 24h the insects in each genotype were counted. Oviposition was evaluated by releasing 30 adults on 10 grains of each genotype, the postures being registered after 72h. On the development test, 20 adults were confined in cages with 40g of each genotype. After 30 days the insects were removed, and the cages were surveyed daily during 60 days for registering and removal of emerged adults, evaluating the duration of the immature phase, loss of mass, susceptibility index (*SI*) and instant growth rate (r_i). The genotypes did not influence attractiveness for *S. zeamais* nor oviposition, with popcorn and *Bt* maize having an average of six postures, while the landrace maize had an average of five postures. The duration of larval phase was 10% longer on popcorn maize, besides the smallest r_i (3,43), followed by the landrace maize (4,09) and *Bt* (5,09). The popcorn maize had the smallest loss of weight (2,96%), with a difference greater than 20% when compared to the landrace maize (4,18%) and *Bt* (3,82%). The popcorn maize was the most resistant to *S. zeamais*, presenting possible antibiosis.

Key words: Maize weevil; Stored grain; Susceptibility; Attractiveness; Preference of oviposition; Antibiosis, Antixenosis.

1. INTRODUÇÃO

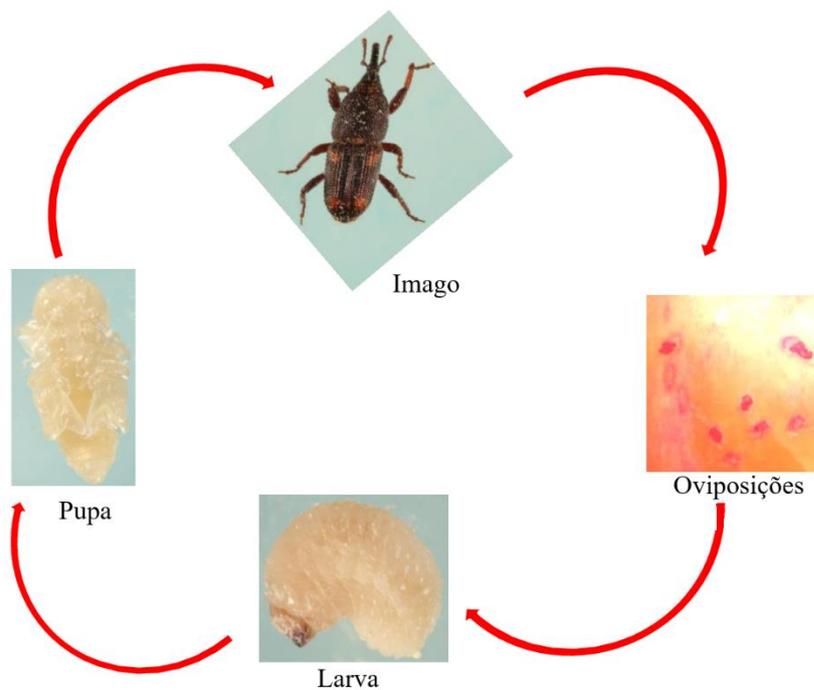
O caruncho-do-milho *Sitophilus zeamais* Motschusky (Coleoptera: Curculionidae) é a principal praga do milho armazenado no Brasil (Silva et al., 2013). As infestações podem ocorrer no campo, durante o transporte ou armazenamento (Braga et al., 2010). O inseto possui elevada capacidade de penetração nos grãos e potencial biótico (Nunes e Rizental, 2015). Os danos ocorrem devido a alimentação de larvas e adultos (Toscano et al., 1999) (Figura 1), reduzindo a germinação de sementes e favorecendo a ocorrência de pragas secundárias e fungos de armazenamento (Nunes e Rizental, 2015).

O emprego de inseticidas é a principal estratégia de manejo de *S. zeamais*. Entretanto, o uso abusivo pode causar efeitos indesejados, como a seleção de populações resistentes (Filho et al., 2011; Silva et al., 2013). Nesse contexto, métodos alternativos para o manejo do inseto devem ser empregados. Dessa forma, o controle biológico, rotação de culturas, uso de inseticidas vegetais e genótipos resistentes (Nunes e Rizental, 2015) se tornam objetos importantes para a pesquisa sobre o manejo de *S. zeamais* para emprego desde o campo até as unidades armazenadoras.

O uso de variedades resistentes pode minimizar os danos causados por *S. zeamais*. A resistência de uma planta ao ataque de insetos pode ser atribuída a características físicas e químicas, fazendo com que seja menos atacada que plantas não resistentes (Toscano et al., 1999; Nunes e Rizental, 2015). O emprego de variedades resistentes como uma estratégia para o manejo de *S. zeamais* pode ser menos oneroso (Nunes e Rizental, 2015), favorecer o equilíbrio ambiental, evitar contaminação por resíduos (Filho et al., 2011) e ser compatível com outros métodos de controle (Lima et al., 2001; Nunes e Rizental, 2015). Nesse contexto, variedades de milho crioulas têm sido objeto de estudos para identificação de materiais resistentes ao ataque de *S. zeamais* (Albanese, 2010; Carneiro et al., 2019).

A resistência do milho crioulo ao ataque de pragas é uma característica observada por pequenos agricultores. Variedades de milho crioulas podem ser menos atacadas por *S. zeamais*, quando comparadas com cultivares comerciais (Fernandes, 2022), com genótipos de milho crioulo sendo menos atacados por pragas em condições de campo (Goedel et al., 2021) e armazenamento (Carneiro, 2019). Nesse contexto, pesquisas que avaliem a resistência de variedades de milho crioulas ao ataque de *S. zeamais* ainda são escassas, fazendo com que sejam necessários mais estudos. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência de três genótipos de milho ao ataque de *S. zeamais*.

Figura 1. Ciclo de vida completo de *Sitophilus zeamais*.



Fonte: Adaptada de Katamssadan, 2016.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Material vegetal

Os materiais vegetais utilizados nos testes foram uma variedade de milho crioula, uma variedade de milho pipoca e uma cultivar de milho transgênico que expressa proteínas de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*). As variedades de milho crioula e pipoca são provenientes de propriedades de agricultura familiar localizada no município de Anchieta, Santa Catarina (26°32'19,58" S; 53°19'56,52" O). A cultivar transgênica expressa proteína Cry produzida por *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), sendo empregada como ração para animais. Os diferentes materiais vegetais foram mantidos por 96h a -20 °C e após este período, foram mantidos por 24h em temperatura ambiente para emprego nos bioensaios com *S. zeamais*.

2.2. Criação de *Sitophilus zeamais*.

Os insetos utilizados neste trabalho foram obtidos a partir de uma criação artificial. Adultos de *S. zeamais* foram mantidos em gaiolas plásticas de 5000 mL, com 1000 g de milho para alimentação, refúgio e reprodução (Figura 2). As gaiolas foram mantidas a $26 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa (UR) de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas.

Figura 2. Gaiola plástica de 2000 mL com 500 g de milho para criação dos insetos.



Fonte: o autor.

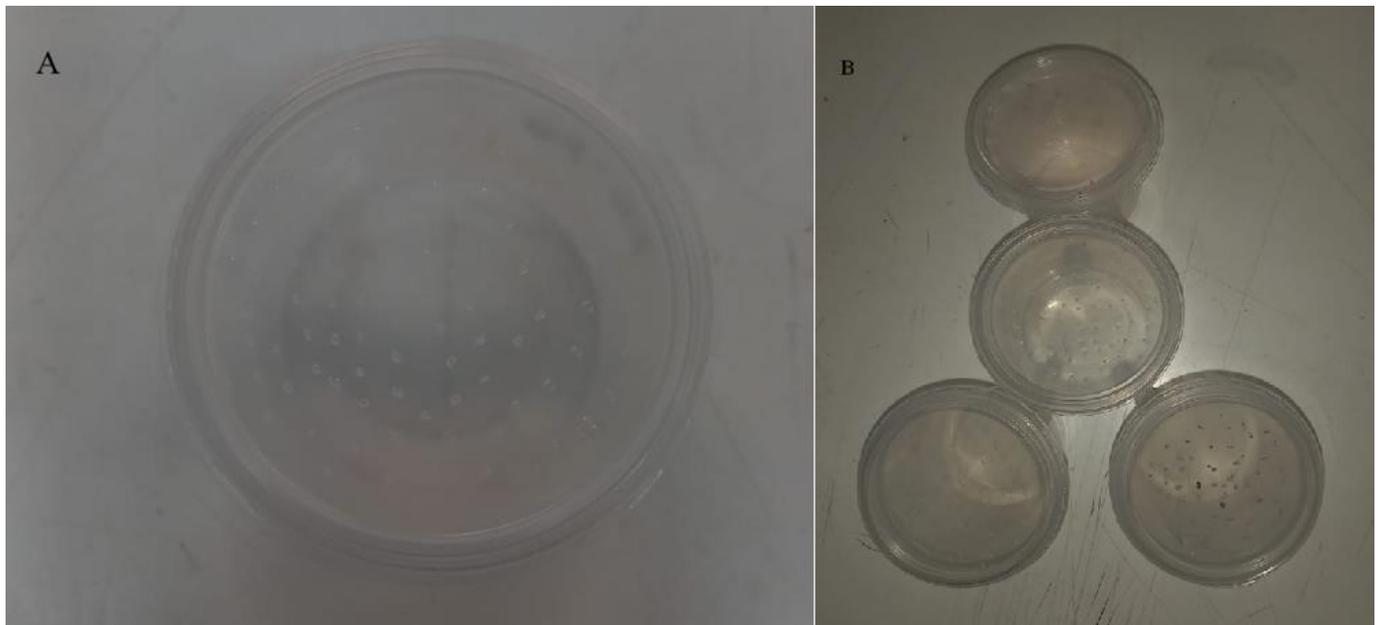
2.3. Bioensaios

2.3.1. Teste com chance de escolha

A metodologia utilizada foi adaptada de Guzzo et al. (2002) e Nunes e Rizental (2015). Uma gaiola plástica (50 mL) teve fixada ao seu redor, de modo equidistante, três gaiolas (50 mL) (Figura 3). Cada uma das gaiolas se ligava a gaiola central por meio de um tubo transparente com 4cm de comprimento e 0,5cm de Ø. Em cada uma das gaiolas laterais foram inseridos 20 g de milho das variedades de milho crioula e pipoca e da cultivar de milho *Bt*. Posteriormente, 20 adultos de *S. zeamais*, não sexados e mantidos sem alimentação por 24h, foram liberados na gaiola central. As gaiolas foram mantidas a $26 \pm 1^\circ\text{C}$, UR: $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas.

Após 24h da introdução dos insetos na gaiola central, todas as gaiolas foram vistoriadas e os insetos contados. O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e cinco repetições. Cada repetição foi formada por uma gaiola central conectada a três gaiolas laterais.

Figura 3. A - Gaiola com tampa vazada para aeração no interior da gaiola; B – gaiolas interligadas por tubos transparentes com 2 cm de comprimento.

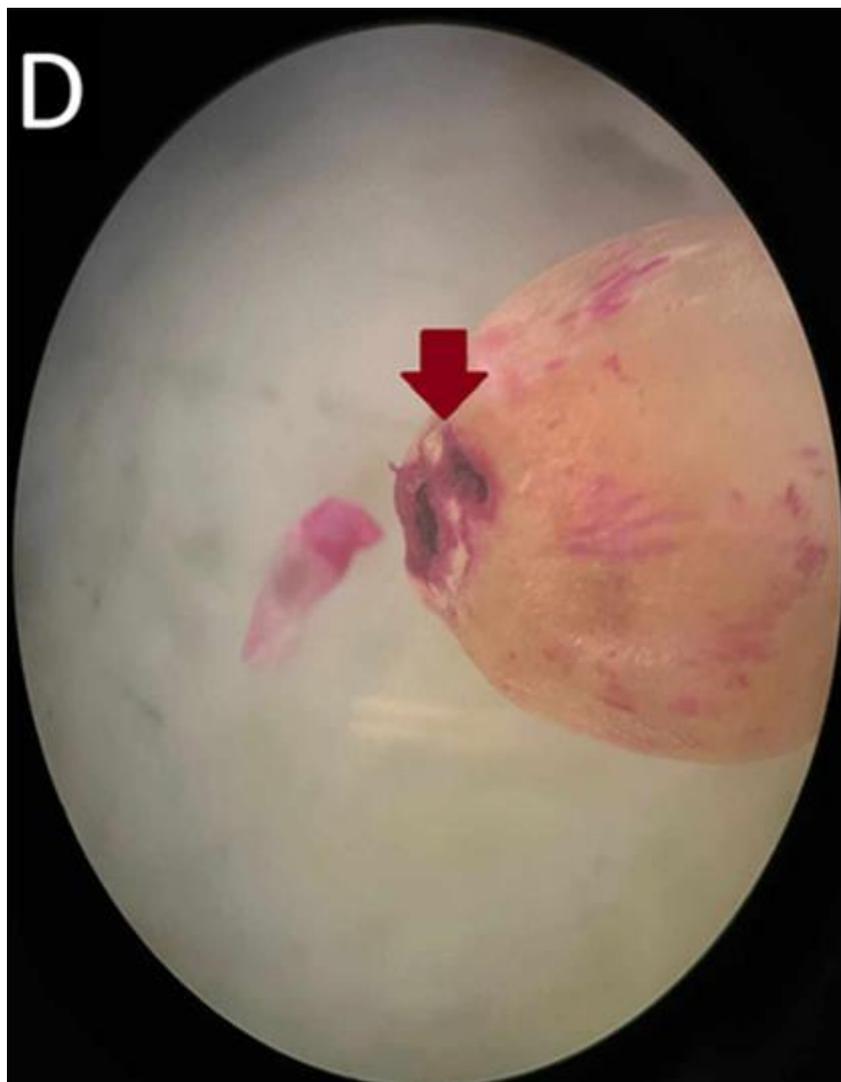


Fonte: o autor

2.3.2. Preferência de oviposição

A metodologia utilizada foi adaptada de Caselha et. al (1998). Para isso, 30 adultos não sexados de *S. zeamais* foram inoculados em gaiolas plásticas de 50 mL contendo dez grãos de milho das variedades crioula, ou pipoca ou da cultivar *Bt*. Após a inoculação dos insetos, as gaiolas foram mantidas por 72h em condições controladas ($26 \pm 1^\circ\text{C}$, UR de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12h). Após esse período, os insetos foram retirados das gaiolas para a contagem de grãos de milho com posturas realizadas por *S. zeamais*. Para visualização das posturas, os grãos foram imersos em água a temperatura ambiente por dois minutos, em seguida em uma solução de 1% de fucsina ácida por dois minutos (Mathias et al., 2015). As fêmeas produzem uma secreção que envolve os ovos no momento da oviposição, e a fucsina ácida cora de vermelho essa secreção, possibilitando a sua contagem (Figura 4). Após a imersão na fucsina ácida, os grãos foram lavados em água corrente e mantidos em papel-filtro para secagem. Após a secagem, os grãos foram vistoriados por meio de um microscópio estereoscópio e as posturas realizadas por *S. zeamais* foram contabilizadas. Para cada tratamento foram realizadas cinco repetições, sendo cada repetição formada por uma gaiola com 10 grãos das variedades de milho crioula, pipoca e cultivar *Bt*.

Figura 4. Secreção que cobre o orifício de oviposição colorida por fucsina ácida.



Fonte: o autor.

2.3.3. Teste sem chance de escolha

A metodologia utilizada no bioensaio foi adaptada de Carneiro et al (2019). Em gaiolas plásticas (50 mL) foram adicionados 40 g de milho crioulo, ou pipoca ou milho *Bt*. Posteriormente foram inoculados 20 adultos não sexados de *S. zeamais*. As gaiolas foram mantidas por 30 dias em condições controladas ($26 \pm 1^\circ\text{C}$, UR de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12h). Após esse período, os adultos foram contados e retirados da massa de grãos. Durante 60 dias, após a retirada dos adultos das gaiolas, foram realizadas vistorias diárias para verificar a emergência de adultos, que após contabilizados eram retirados das gaiolas. Após esse período foi avaliada a perda de massa seca dos grãos de milho, duração média da fase imatura de *S. zeamais*, índice de suscetibilidade (IS) e taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *S. zeamais* sobre as cultivares de milho crioula e pipoca e cultivar *Bt*.

A perda de massa seca dos grãos de milho foi determinada por meio da diferença entre a massa seca inicial e a massa seca final (Júnior. et al., 2005). Para isso, após a retirada dos adultos, os grãos foram peneirados, empregando-se uma peneira com malha 3mm para a separação dos grãos e resíduos. O material retido pela peneira (massa seca final) foi pesado empregando-se uma balança de precisão (Metra 60001NF). A duração da fase imatura de *S. zeamais* foi estimada através da equação descrita por Lima et al (2001):

$$\frac{\Sigma (\text{Número diário de Insetos emergidos} \times \text{Número de dias após a infestação})}{\text{Total de insetos emergidos}}$$

A suscetibilidade das variedades de milho crioula, pipoca e da cultivar *Bt* ao ataque de *S. zeamais* foi avaliada pelo Índice de Suscetibilidade (*IS*) (Dobie, 1973; Júnior. et al., 2008). Para isso, foi relacionado o número de adultos de *S. zeamais* emergidos e o tempo médio de desenvolvimento, após a infestação artificial das massas de grãos de cada uma das gaiolas pelo gorgulho. O *IS* foi determinado pela equação:

$$IS = \left(\frac{\ln(\sum x)}{T} \right) \cdot 100$$

Onde: *IS* = Índice de Suscetibilidade, **ln** = logaritmo neperiano, Σx = somatório do número de adultos emergidos em cada variedade, e *T* = Tempo gasto para os insetos completarem o ciclo biológico. A variável *T* foi determinada pela fórmula:

$$T = \frac{\sum xy}{\sum x}$$

Onde: *x* = número de insetos emergidos diariamente, e *y* = número de dias da infestação a emergência. A taxa instantânea de crescimento populacional (*r_i*) de *S. zeamais* sobre as variedades de milho crioula e pipoca e cultivar *Bt* foi avaliada pela equação descrita por Stark et al. (1997) e Walthall & Stark (1997):

$$r_i = \frac{[l(N_f - N_0)]}{\Delta t}$$

Onde: *r_i* = Taxa instantânea de crescimento, *N_f* = número final de indivíduos, *N₀* = número inicial de indivíduos, e Δt = duração do experimento (90 dias).

Os valores de *N_f* de cada gaiola foram transformados pela somatória de 0,1 na presença de *N_f* igual a zero e *N_f* maior que zero num mesmo tratamento, pois quando *N_f* é igual a zero não é possível estimar a taxa instantânea de crescimento (*r_i*) (Stark & Banken, 1999). Os valores de *r_i* foram comparados entre as variedades, sendo um *r_i* positivo = Crescimento populacional; *r_i* zero = Estabilidade populacional e *r_i* negativo = população em declínio com provável extinção (Walthall & Stark, 1997). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, sendo realizadas sete repetições para cada tratamento (variedades de milho crioula, pipoca e cultivar *Bt*). Cada repetição foi formada por uma gaiola (50 mL) com 40 g de milho de cada tratamento.

2.4. Análises

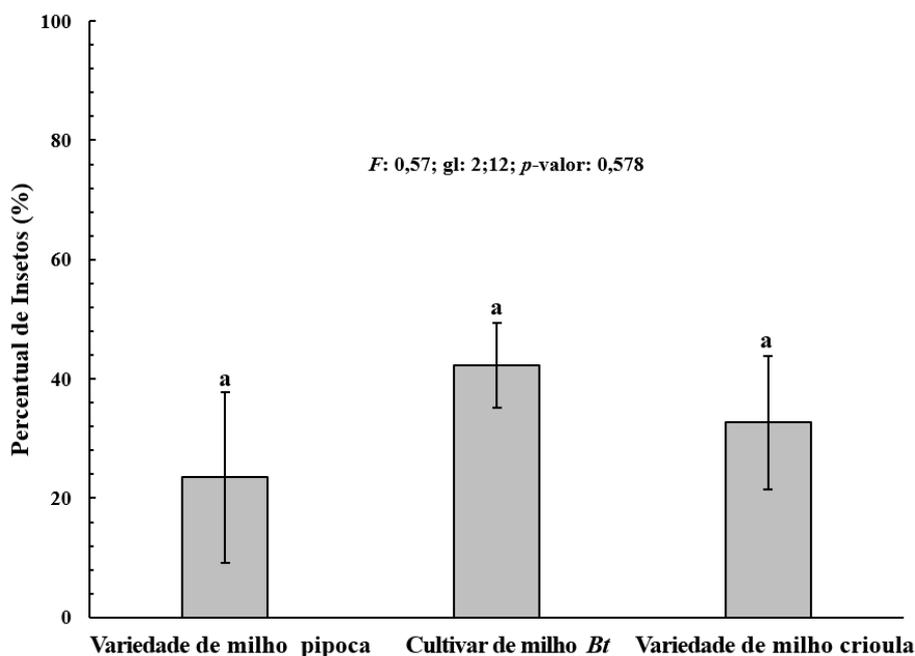
Os dados coletados nos testes de atratividade (com chance de escolha), oviposição, perda de massa seca, duração da fase imatura, índice de suscetibilidade e taxa instantânea de crescimento foram submetidos a testes de normalidade de Anderson-Darling (Zar 1999). Posteriormente os dados foram submetidos a

transformação box-cox e análise de variância (ANOVA) por meio de modelos lineares generalizados, com as médias sendo ranqueadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) por meio do software MINITAB (Versão 18.0).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após 24h da liberação de *S. zeamais* para acesso as diferentes massas de grãos, 98% dos insetos foram coletados nas variedades de milho crioula e pipoca e na cultivar de milho *Bt*, indicando o deslocamento destes indivíduos. Apesar da cultivar de milho *Bt* ter atraído 22,7% mais insetos que a variedade de milho crioula e 44,4% mais insetos que a variedade de milho pipoca, o percentual de insetos em cada uma das massas de grãos não apresentou diferenças significativas ($F = 0,57$; $gl = 2,12$; $p\text{-valor} = 0,578$) (Figura 5).

Figura 5. Percentual de adultos de *S. zeamais* atraídos pelas variedades de milho pipoca e crioula e a cultivar *Bt* em teste de atratividade com chance de escolha. Letras minúsculas iguais nas colunas não apresentam diferença significativa entre si. Tukey ($p\text{-valor} < 0,05$).



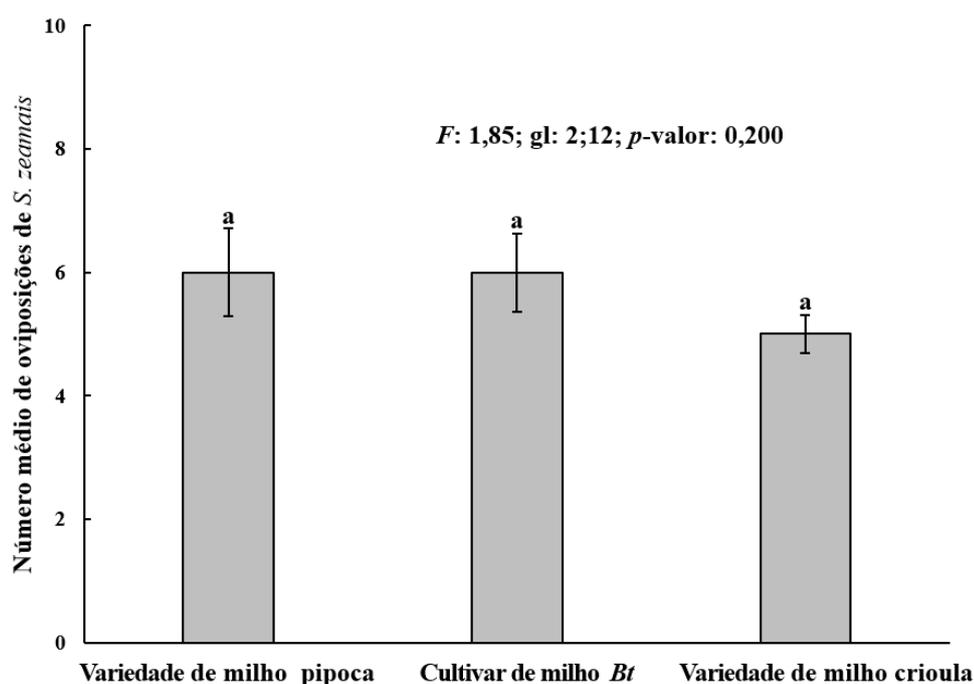
Fonte: o autor.

As variedades de milho crioula e pipoca e a cultivar *Bt* não apresentaram diferenças significativas na atração de *S. zeamais*. Vários fatores podem influenciar na atratividade de *S. zeamais* por um hospedeiro, com as características físicas do grão, como dureza e tamanho (Dobie, 1973). Esperava-se que a variedade de milho pipoca fosse menos atacada por ter um pericarpo (casca) mais rígido e espesso, com o endosperma predominantemente vítreo (Paes, 2008), entretanto, apesar destas características, o milho pipoca é suscetível ao ataque de pragas (Gama et al., 1990). Fatores químicos, com possível toxicidade para insetos, assim como propriedades nutricionais inadequadas podem interferir na atratividade (Rahardjo et al., 2017; Nunes e Rizental, 2015), fazendo com que os insetos transitem entre as massas de grãos. Compostos

químicos voláteis também influenciam insetos, como *S. zeamais*, na localização de hospedeiros adequados a alimentação (Visser, 1986; Pickett et al., 1998). Nesse contexto, a identificação destes compostos vem sendo realizadas (Ukeh et al., 2012), entretanto, ainda há uma grande carência sobre estas informações (Stuhl e Romero, 2024) que devem ser preenchidas para viabilizar a implementação de uma estratégia de manejo de *S. zeamais* em grãos armazenados.

O número de posturas realizadas por *S. zeamais* foi similar entre os tratamentos. A variedade de milho pipoca e a cultivar *Bt* tiveram uma média de seis posturas após 72h da exposição, enquanto a variedade de milho crioula teve uma média de cinco posturas, não ocorrendo diferenças significativas entre os tratamentos ($F = 1,85$; $gl = 2,12$, $p\text{-valor} = 0,200$) (Figura 6).

Figura 6. Número médio de posturas de *S. zeamais* nas variedades de milho pipoca e crioula e a cultivar *Bt* após 72h de exposição. Letras minúsculas iguais nas colunas não apresentam diferença significativa entre si segundo o teste de Tukey ($p\text{-valor} < 0,05$).



Fonte: o autor.

A oviposição de *S. zeamais* foi similar entre as variedades de milho pipoca e crioula e cultivar *Bt*. A avaliação da oviposição de *S. zeamais* é empregada para identificação de materiais resistentes (Júnior et al., 1997; Guzzo et al., 2002). Uma menor preferência de oviposição pode indicar que um dos tratamentos é mais resistente que os demais (Urrelo e Wright, 1989), devido a ocorrência de antixenose, ou não-preferência (Gallo et al., 2002). A antixenose é caracterizada quando uma planta é menos utilizada pelo inseto para a alimentação, abrigo ou oviposição em igualdade de condições com outras plantas (Ribeiro et al., 2023). Nesse contexto, o uso de variedades resistentes pode afetar o desenvolvimento de *S. zeamais*, comprometendo parâmetros biológicos do inseto, como perda de peso, menor longevidade e ciclo de vida, além da não preferência para oviposição (Frazão et al., 2018; Ngom et al., 2021).

A duração da fase imatura de *S. zeamais* apresentou diferenças significativa entre os tratamentos. As larvas que se desenvolveram sobre a variedade de milho pipoca apresentaram uma duração da fase imatura 10% maior que as larvas que se desenvolveram sobre a variedade de milho crioula e cultivar de milho *Bt* (Tabela 1).

Tabela 1. Duração da fase imatura em dias e taxa instantânea de crescimento (r_i) de *Sitophilus zeamais* em diferentes tipos de milho

Tratamento	Duração da fase imatura (\pm EPM*)	r_i (\pm EPM)
Variedade milho pipoca	69,33 (\pm 2,57) b	3,43 (\pm 0,52) b
Variedade milho crioula	61,90 (\pm 1,24) a	4,06 (\pm 0,16) a
Cultivar milho <i>Bt</i>	62,81 (\pm 2,47) a	5,09 (\pm 0,13) a
	$F_{2,18}$: 3,85	$F_{2,18}$: 12,27
	$p = 0,041$	$p < 0,001$

*EPM = Erro Padrão da Média

Obs: Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p -valor < 0,05).

Fonte: o autor.

A taxa instantânea de crescimento (r_i) revelou o crescimento das populações de *S. zeamais* mantidas sobre os diferentes tratamentos. A população de *S. zeamais* mantida sobre a cultivar *Bt* teve um r_i 32,5% superior a população de insetos que se desenvolveu sobre a variedade de milho pipoca (Tabela 1), enquanto a população mantida sobre a variedade de milho crioula teve um r_i 15,5% superior ao verificado para a população mantida sobre a variedade de milho pipoca (Tabela 1).

A r_i mede a capacidade de uma população de crescer exponencialmente no tempo (Hall, 1964), sem a necessidade de confecção de uma tabela de vida de fertilidade (Walthall e Stark, 1997). A ocorrência de r_i positiva (> 0) indica o crescimento populacional de *S. zeamais*. Entretanto, a menor r_i ocorreu em populações de *S. zeamais* que se desenvolveram na variedade de milho pipoca, o que pode ser atribuído a antibiose. A antibiose é o efeito prejudicial que uma planta causa sobre a biologia de um inseto, prejudicando o vigor de larvas e adultos, afetando o crescimento, reprodução, e causando um maior tempo de desenvolvimento larval (Stein e Vendramim, 2000). Nesse contexto, essa menor r_i pode ser atribuída a características do milho pipoca (Paes 2008) que pode ser menos apropriada para o desenvolvimento de *S. zeamais*. O fato do milho *Bt* ter apresentado a maior r_i pode ser atribuído as proteínas inseticidas sintetizadas não serem efetivas contra organismos não alvo (Ferreira et al., 2017), como *S. zeamais*.

As variedades de milho pipoca e crioula e a cultivar *Bt* apresentaram diferença significativas na perda de peso causada por *S. zeamais*. A massa de grãos da variedade pipoca teve a menor perda de peso, ocorrendo uma diferença de 27,3%, quando comparado a variedade crioula, que apresentou a maior perda de peso, seguido da cultivar *Bt* (Tabela 2). Os tratamentos apresentaram diferenças significativas quanto ao

índice de suscetibilidade (*IS*). A variedade pipoca teve um índice 36,8% menor que a cultivar *Bt*, indicando uma maior resistência deste material a *S. zeamais* (Tabela 2). A variedade crioula apresentou um índice de suscetibilidade intermediário, enquanto a cultivar *Bt* foi a mais suscetível a *S. zeamais* (Tabela 2).

Tabela 2. Perda de peso de grão (em porcentagem) e índice de suscetibilidade (*IS*) de três tipos de milho atacados por *Sitophilus zeamais*

Tratamentos	Perda de peso de grão (%) (\pm EPM*)	<i>IS</i> (\pm EPM)
Variedade de milho pipoca	2,96 (\pm 0,16) b	4,63 (\pm 0,80) b
Variedade de milho crioula	4,18 (\pm 0,11) a	5,90 (\pm 0,19) b
Cultivar de milho <i>Bt</i>	3,82 (\pm 0,11) a	7,33 (\pm 0,16) a
	$F_{2,27}$: 19,18	$F_{2,18}$: 7,8
	$p > 0,0001$	$p = 0,004$

*EPM = Erro Padrão da Média

Obs: Letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p-valor <0,05).

Fonte: o autor.

A perda de peso e o índice de suscetibilidade (*IS*) apresentaram diferenças significativas entre as variedades de milho pipoca e crioula e a cultivar *Bt*. A perda de peso foi menos acentuada na variedade pipoca, o que pode indicar uma fonte alimentar inadequada para *S. zeamais*, quando comparada com os demais tratamentos que tiveram uma maior perda de peso. A menor perda de peso da variedade pipoca, pode estar associada ao seu *IS* (4,63), indicando que sua inadequação como fonte alimentar pode se dar devido a características do grão (Paes, 2008). Apesar da variedade crioula ter se diferenciado da cultivar *Bt* quanto a perda de peso, teve um *IS* significativamente diferentes, mostrando ser menos suscetível a *S. zeamais*. O *IS* é baseado no número de insetos emergidos e no tempo médio de desenvolvimento após a infestação artificial da massa de grãos (Júnior et al., 2005). Nesse contexto, a variedade crioula pode ser menos adequada nutricionalmente ao inseto que a cultivar *Bt*. Isso pode ser atribuído a uma conversão alimentar menos eficiente, o que pode ser corroborado pela avaliação do r_i , indicando que houve um maior número de adultos emergidos da cultivar *Bt* no mesmo período de avaliação.

O uso de plantas resistentes ao ataque de pragas é uma estratégia desejável no manejo de *S. zeamais*. A resistência de plantas, como estratégia de manejo, reduz a dependência de produtos químicos, não prejudica insetos não alvo, não causa danos ao ambiente e não onera os custos do agricultor, além de ser compatível com outras estratégias de manejo (Gallo et al., 2002). Nesse contexto, o milho crioulo é relevante para pequenos agricultores, pois permite a obtenção da semente (Meneguetti et al., 2002) e por ser mais rústico há um menor custo de produção (Coser, 2010). A grande variabilidade genética de materiais crioulos tem estimulado pesquisas que avaliam sua resistência ao ataque de pragas como *S. zeamais* (Carneiro, 2019; Cortese e Andrade, 2022). Em nosso trabalho, verificamos que a variedade crioula obteve

um IS e r_i inferior ao observado para cultivar *Bt*, sendo estes valores menores que o de cultivares comerciais (Júnior et al., 2005) e outras variedades crioulas (Carneiro, 2019), o que indica a relevância de pesquisas para seleção de materiais crioulos que exerçam antixenose e antibiose sobre *S. zeamais*.

4. Conclusão

Os insetos tiveram diferentes taxas de crescimento, com os milhos *Bt* e crioulo proporcionando melhores condições para o desenvolvimento de *S. zeamais*. Não houve diferenças entre os genótipos na preferência de oviposição, duração de fase imatura e número de oviposições. Entretanto, os genótipos exibiram diferenças em sua suscetibilidade e perda de peso, com os milhos *Bt* e crioulo apresentando a maior suscetibilidade e perda de peso. O emprego de cultivares resistentes ao ataque de *S. zeamais* é uma estratégia desejável no manejo de pragas em grãos armazenados. Neste contexto, pesquisas sobre resistência de genótipos de milho ao ataque de *S. zeamais* ainda são escassas, com destaque para variedades crioulas. Deste modo, é importante a realização de novos estudos sobre o efeito de genótipos de milho sobre *S. zeamais*, buscando a redução da dependência de inseticidas sintéticos devido a melhor compreensão dos efeitos antagônicos de genótipos de milho sobre pragas de grãos armazenados.

Referências

- Albanese, A. (2010). Controle de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em variedades de milho crioulo com o uso de plantas inseticidas. (Master's thesis, Universidade Estadual de Londrina).
- Braga, B. M., Rossi, M. M., & PINTO, A. (2010). Perdas ocasionadas por *Sitophilus* spp., em genótipos comerciais de milho, em condições de laboratório. *Nucleus*, 7(1), 233-242.
- Carneiro, Z. D. F. (2019). Resistência de variedades de milho crioulo ao gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) (Master's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná).
- Casella, T. L. D. C., Faroni, L. R. D. A., Berbert, P. A., & Cecon, P. R. (1998). Dióxido de carbono associado à fosfina no controle do gorgulho-do-milho (*Sitophilus zeamais*). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2, 179-185.
- Cortese, D., & Andrade, G. S. (2022). Resistência de genótipos de milho a densidades de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Agrária Acadêmica*, 5(4), 41-55.
- Coser, E. (2010). Avaliação da incidência de pragas e moléstias na cultura do milho (*Zea mays* L.) crioulo e convencional no município de Xaxim-SC. 2010. *Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó*.
- Dobie, P. (1973). An investigation into the use of an x-ray technique in the study of pre-emergent stages of *Sitophilus oryzae* (L.) developing in Manitoba wheat. *Journal of Stored Products Research*, 9 (1), 7-12.
- Fernandes, G. B. (2022). Conservação dinâmica do milho crioulo por famílias agricultoras de Minas Gerais, Brasil. *Agrociencia Uruguay*, 26(NSPE3).

- Filho, E. F., Antunes, L. E. G., Tiecker, A., Dionello R. G., & Spolti, P. (2011). *Controle de gorgulho-do-milho submetido ao tratamento térmico*.
- Ferreira, T. E., Fadini, M. A. M., Mendes, S. M., Marinho, C. G. S., & Cruz, I. (2017). Phytophagous mites on genetically modified maize with *Bacillus thuringiensis* genes. *Ciência Rural*, 47, e20160770.
- 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.
- Gama, E. E. G.; Magnavaca, R.; Silva, J. B. da; Sans, L. M. A.; Viana, P. A.; Parentoni, S. N.; Pacheco, C. A. P.; Correa, L. A.; & Fernandes, F. T. (1990). Milho pipoca. *Informe Agropecuário*, 14 (165), 8-12.
- Goedel, A. D., Faita, M. R., & Poltronieri, A. S. (2021). Resistência varietal de milho doce crioulo a *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Research, Society and Development*, 10(13), e411101321309-e411101321309.
- Guzzo, E. C., Alves, L. F. A., Zanin, A., & Vendramin, J. D. (2002). Identificação de materiais de milho resistentes ao ataque de gorgulho *Sitophilus zeamais* (Mots., 1855)(Coleoptera: Curculionidae). *Arquivos do Instituto Biológico*, 69(2), 69-73.
- Hall, D. J. (1962). An experimental approach to the dynamics of a natural population of *Daphnia galeata mendotae*. *Ecology*, 45, 94-112.
- Katamssadan, T.H. (2016). Insecticidal products from local *Azadirachta indica* A. Juss and *Plectranthus glandulosus* Hook for the protection of stored grains against the infestation of *Callosobruchus maculatus* F. and *Sitophilus zeamais* Motschulsky.
- Júnior, A. L. B., Lara, F. M., & Guidi, F. V. (1997). Resistência de genótipos de milho ao ataque de *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 26, 481-485.
- Júnior, A. L. M., Lazzari, S., Figueira, E. L., & Hirooka, E. Y. (2005). Inibidores de amilase em híbridos de milho como fator de resistência a *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Neotropical Entomology*, 34, 433-450.
- Júnior, A. L. M., Vilarinho, A. A., de Paiva, W. R. S. C., & dos Santos Barreto, H. C. (2008). Resistência de híbridos de milho ao ataque de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) em condições de armazenamento. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 6(1), 45-50.
- Kasoli, L. C.; Derera, J., Tongoona, P., & Gasura, E. Seed generation effect on quality of genetic information from maize (*Zea mays* L.) diallel cross for maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) resistance. *Euphytica*, 217 (6), 1-17.
- Lima, M. P. D., Oliveira, J. V., Barros, R., & Torres, J. B. (2001). Identificação de genótipos de caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp. resistentes a *Callosobruchus maculatus* (Fabr.) (Coleoptera: Bruchidae). *Neotropical Entomology*, 30, 289-295.

- Mathias, D.; Taofic, A.; Eric, H.; & Frédéric, F. (2015). Oviposition strategy of *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) in relation to conspecific infestation. *African Journal of Agricultural Research*, 10 (4), 301-307.
- Meneguetti, G. A., Girardi, J. L., & Reginatto, J. C. (2002). Milho crioulo: tecnologia viável e sustentável. *Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 3(1), 12-17.
- Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R. P., Baptista, G. D., Berti Filho, E., Parra, J. R., ... & Gallo, D. (2002). *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ, 10, 920.
- Ngom, D., Fauconnier, M. L., Malumba, P., Thiaw, C., Brévault, T., & Sembène, M. (2021). Morphophysical and biochemical traits involved in maize grain varietal susceptibility to the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 25 (1), 45-56.
- Nunes, M. P., & Rizental, M. (2015). Preferência alimentar de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em variedades de milho transgênico. *CONNECTION LINE-REVISTA ELETRÔNICA DO UNIVAG*, (12).
- Paes, M. C. D. (2008). Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. *A Cultura do Milho*, 47-61.
- Pickett, J. A.; Wadhams, L. J.; & Woodcock, C. M. (1998). Insect supersense: mate and host location by insect model systems for exploiting olfactory interactions. *Biochemist*, 20, 8-13.
- Rahardjo, B. T., Astuti, L. P., Noor A., & Rizali, A. (2017). Susceptibility of maize genotypes to maize weevil *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). *Agrivita Journal of Agricultural Science*, 39, 329-334.
- Ribeiro, L. D. P., Vendramim, J. D., & Baldin, E. L. L. (2023). Inseticidas botânicos no Brasil: aplicações, potencialidades e perspectivas. *FEALQ*, 1 (1), 652.
- 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.
- Stark, J. D., & Banken, J. A. (1999). Importance of population structure at the time and toxicant exposure. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 42, 282-287.
- Stark, J. D., Tanigoshi, L., Bounfour, M., & Antonelli, A. (1997). Reproductive potential: its influence on the susceptibility of a species to pesticides. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 37 (3), 273-279.
- Stein, C. P.; & Vendramim, J. D. (2000). Antibiose de clones de batata a *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelichiidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 29, 783-788.
- Stuhl, C. J., & Romero, M. (2024). Attraction of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) to four host plants. *Florida Entomologist*, 104 (3), 158-161.
- Toscano, L. C., Boiça Jr, A. L., Lara, F. M., & Waquil, J. M. (1999). Resistência e mecanismos envolvidos em genótipos de milho em relação ao ataque do gorgulho, *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 28, 141-146.

- Ukeh, D. A., Woodcock, C. M., Pickett, J. A., & Birkett M. A. (2012). Identification of host kairomones from maize, *Zea mays*, for the Maize Weevil, *Sitophilus zeamais*. *Journal of Chemical Ecology*, 38, 1402-1409.
- Urrelo, R., & Wright, V. F. (1989). Oviposition performance of *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera: Curculionidae) on resistant and susceptible maize accessions. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 62, 23-31.
- Visser, J. H. (1986). Host odour reception in phytophagous insects. *Annal Review Entomology*, 31, 121-144.
- Walthall, W. K., & Stark J. D. (1997). A comparison of acute mortality and population growth rate as endpoints of toxicological effect. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 37 (1), 45-52.
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical analysis*. Pearson Education India.