

Suscetibilidade de genótipos de sorgo granífero à infestação por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento⁽¹⁾

Maria Rita N. Cruz⁽²⁾, Marcus V. R. Matos⁽³⁾, Eduarda L. Maia⁽⁴⁾, Artur S. Mamedes⁽⁵⁾, Cícero Beserra de Menezes⁽⁶⁾ e Marco Aurélio Guerra Pimentel⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Trabalho financiado pelo CNPq/Embrapa. ⁽²⁾ Estudante de graduação, Universidade Federal de São João del-Rei, bolsista Pibic/CNPq na Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. ⁽³⁾ Estudante de graduação, Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas, MG. ⁽⁴⁾ Estudante de graduação, Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas, MG. ⁽⁵⁾ Estudante de mestrado, Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas, MG. ⁽⁶⁾ Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

Resumo – A identificação de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) resistentes à infestação por insetos é uma forma de manejo integrado de pragas (MIP), capaz de suprimir o desenvolvimento de pragas e preservar a qualidade dos grãos durante a armazenagem. O objetivo do trabalho foi avaliar diferentes genótipos de sorgo granífero à suscetibilidade de infestação por *Sitophilus zeamais* (caruncho) durante o armazenamento. O estudo avaliou o desenvolvimento populacional do caruncho-do-milho em 20 cultivares de sorgo. Os genótipos foram identificados, infestados em frascos de vidro com 50 insetos adultos, e mantidos armazenados por 70 dias em condição ambiente. Após o período de armazenamento, os grãos foram avaliados e foi contabilizada a progênie de insetos vivos, estimando o índice de suscetibilidade (IS) de cada genótipo; em seguida os dados foram submetidos a análises estatísticas. Os resultados demonstram uma grande variabilidade na infestação após o período de 70 dias de armazenamento, com alguns genótipos apresentando menor número de insetos vivos, como 50A40, CMSXS3011, MEN2305 e NUGRAIN430. Foram observadas também variedades que apresentaram alto potencial de infestação, dentre elas, G-505, ISV321 e SLP21K0007E. Os IS observados categorizam os materiais avaliados como resistentes e moderadamente resistentes. Essas informações são relevantes para orientar produtores e pesquisadores na escolha de genótipos mais resistentes a *S. zeamais*, contribuindo para estratégias de MIP mais eficazes e sustentáveis, garantindo a qualidade dos grãos armazenados e a rentabilidade agrícola.

Termos para indexação: *Sorghum bicolor*, armazenamento de grãos, caruncho-do-milho.

Susceptibility of grain sorghum genotypes to *Sitophilus zeamais* infestation during storage

Abstract – The identification of sorghum cultivars (*Sorghum bicolor* L. Moench) resistant to insect infestations is a key component of integrated pest management (IPM), helping to suppress pest development and preserve grain quality during storage. This study aimed to evaluate different grain sorghum genotypes for their susceptibility to infestation by *Sitophilus zeamais* during storage. The research assessed the population development of maize weevils in 20 distinct cultivars. The genotypes were identified, infested in glass jars with 50 adult insects, and stored for 70 days under ambient conditions. After the storage period, the jars were evaluated, and the progeny of live insects was counted to estimate the susceptibility index (SI) for each genotype. The data were then subjected to statistical analyses. The results revealed high variability in infestation levels after 70 days of storage, with some genotypes, such as 50A40, CMSXS3011, MEN2305, and NUGRAIN430, exhibiting a

lower number of live insects. Conversely, varieties with high infestation potential, including G-505, ISV321, and SLP21K0007E, were also identified. The observed SIs categorized the evaluated materials as resistant and moderately resistant. This information is valuable for guiding producers and researchers in selecting genotypes more resistant to *S. zeamais*, thereby contributing to more effective and sustainable IPM strategies, ensuring the quality of stored grains, and enhancing agricultural profitability.

Index terms: *Sorghum bicolor*, grain storage, maize weevil.

Introdução

O sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma cultura com crescente relevância na agricultura brasileira. Segundo os dados expressados pelo boletim de acompanhamento da safra brasileira de grãos da Companhia Nacional de Abastecimento, o cultivo desse cereal foi de 4.619,1 mil toneladas na safra 2023/2024, revelando demanda dele, que tem múltiplos usos, e a necessidade de maior desenvolvimento científico acerca dessa cultura (Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, 2024).

O sorgo é utilizado como insumo para a produção de ração destinada a suínos, aves e bovinos, tanto quanto para a alimentação humana, constituindo-se em uma importante fonte energética nas dietas (Menezes et al., 2018). A criação de novas receitas para alimentação humana, que disponham de farinha de sorgo em sua composição, está adquirindo grande visibilidade, por causa da ausência de glúten na composição do cereal, permitindo que pessoas celíacas (com intolerância ao glúten) possam explorar uma alimentação mais inclusiva. O glúten é uma proteína com potencial inflamatório para o sistema digestivo humano, apresentando dificuldade na sua digestão e absorção de nutrientes, resultando em gases, constipação e outros incômodos (Queiroz et al., 2020).

Apesar da sua importância econômica, o sorgo enfrenta desafios significativos durante a pós-colheita, especialmente em relação às perdas causadas por insetos-praga, sendo o caruncho-do-milho, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae), a principal espécie responsável por tais prejuízos. Esses insetos se alimentam e se desenvolvem no interior dos grãos, acarretando perdas quantitativas e qualitativas ao produto, o que prejudica sua comercialização (Chuck-Hernández et al., 2013; Mendes et al., 2014; Lorini, 2018; Pimentel et al., 2019).

Diante do número reduzido de inseticidas registrados para o manejo dessas pragas (Pimentel et al., 2019; Brasil, 2024) e visando uma abordagem mais sustentável, a identificação de cultivares resistentes à infestação se apresenta como uma estratégia importante no Manejo Integrado de Pragas de Grãos Armazenados (MIP-Grãos). A resistência de cultivares de sorgo a insetos-praga é uma forma alternativa de controle passivo, capaz de suprimir o desenvolvimento desses insetos e preservar a qualidade dos grãos durante o armazenamento. No entanto, ainda existem lacunas de conhecimento quanto à resistência e/ou tolerância das cultivares comerciais de sorgo à infestação por *S. zeamais*. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a suscetibilidade de genótipos de sorgo granífero ao desenvolvimento de *S. zeamais* durante o armazenamento dos grãos, como tentativa de identificar possíveis genótipos fonte de resistência à infestação pelo caruncho-do-milho.

O trabalho está alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU, especialmente ao ODS 2 – “Fome Zero e Agricultura Sustentável”, que prevê o

fortalecimento de sistemas produtivos resilientes e sustentáveis, e ao ODS 12 – “Consumo e Produção Responsáveis”, que estabelece como meta a redução das perdas pós-colheita e do desperdício de alimentos ao longo das cadeias produtivas (Nações Unidas, 2024a, 2024b). Dessa forma, os resultados do trabalho contribuem para a segurança alimentar, a sustentabilidade ambiental e o uso mais racional dos recursos na cadeia de produção e armazenagem de grãos.

Material e métodos

O estudo foi conduzido no laboratório de Grãos Armazenados da Embrapa Milho e Sorgo, localizado em Sete Lagoas, MG. As amostras de grãos de sorgo foram obtidas da equipe de melhoramento genético de sorgo, com plantio em 16/02/2023, na safra 2023.

O ensaio continha 20 genótipos de sorgo provenientes de materiais comerciais e experimentais, contendo as seguintes cultivares: MEN2301, MEN2304, MEN2305, CMSXS3011, HLS2202, MSO221, ISR327, K200, NTXS202, NTXS300, G-505, NUGRAIN430, 50A40, KSH2215, ISV326, G-234, SLP21K0007E, XBX20157, ISV321 e CMSXS3017.

Após a colheita, os grãos foram trilhados, limpos e acondicionados em sacos de papel. Posteriormente, no laboratório, as amostras de cada genótipo foram homogeneizadas e selecionadas para obtenção de amostras com aproximadamente 0,5 kg, que passaram pelo processo de expurgo com o uso de um produto comercial à base de fosfeto de alumínio, com o objetivo de eliminar possíveis infestações cruzadas por insetos provenientes do campo, para depois serem utilizadas para os experimentos.

Em seguida, as amostras, com aproximadamente 0,5 kg de grãos de cada genótipo, foram distribuídas em frascos de vidro de 1,7 litro de capacidade, totalizando três repetições para cada cultivar. Após a separação das repetições, cada amostra foi submetida à caracterização qualitativa inicial, em que foram determinados o conteúdo de água e a massa específica aparente dos grãos. Nesse processo, foi utilizada uma estufa para secagem dos grãos, que foram sujeitos a 24 horas na condição de 105 °C. Posteriormente, foram coletados os dados de diferenciação de peso inicial e final dos grãos, para possibilitar cálculo de umidade relativa. Em seguida, após coletados os dados de umidade inicial, cada frasco foi infestado com 50 insetos adultos não sexados de *S. zeamais*, com até 10 dias de emergidos. Os frascos foram então armazenados em condições ambiente, com temperatura média de 26,4 °C e umidade relativa média de 71,1% durante o período de condução do bioensaio, que totalizou 70 dias de armazenagem para cada frasco. Após o período de armazenamento, os frascos foram submetidos à avaliação, realizando-se a contagem do número total de insetos vivos. Além disso, foram avaliados, pelos mesmos métodos iniciais, o conteúdo de água final e a massa específica aparente final dos grãos, após a infestação.

A partir do número total de insetos obtido, calculou-se o índice de suscetibilidade (IS) dos genótipos, utilizando a seguinte fórmula: $IS = \left(\frac{\log F1}{D} \right) \times 100$, em que F1 é o número final de insetos vivos (progênie) e D é o período de desenvolvimento ou período de armazenagem dos ensaios (dias) (Dobie; Kilminster, 1978). A partir da estimativa do IS pela fórmula, o nível de suscetibilidade dos genótipos de sorgo pode ser categorizado como resistente (intervalo de IS entre 0 e 3), moderado (intervalo de IS entre 4 e 7), suscetível (intervalo de IS entre 8 e 10) e muito suscetível (IS > 11) (Dobie; Kilminster, 1978; Hendrival et al., 2019).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com três repetições (frascos de vidro) para cada um dos 20 tratamentos (genótipos de sorgo) (três repetições x 20 tratamentos = 60 parcelas), totalizando 60 frascos de vidro utilizados no ensaio.

Os dados obtidos de número total de insetos vivos e índice de suscetibilidade foram submetidos à análise de variância Anova, seguida da comparação das médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Resultados e discussão

Os resultados observados expressam diferença significativa no número final de insetos vivos de *S. zeamais* entre os genótipos de sorgo granífero avaliados, demonstrando diferenças significativas de suscetibilidade de infestação entre as cultivares utilizadas no trabalho. (Figuras 1 e 2).

A contagem final dos insetos variou de forma expressiva, com uma diferença média de até 766 insetos entre os genótipos mais infestados e os menos infestados. Os três genótipos que apresentaram menor infestação por insetos, ao final do período de armazenamento de 70 dias, foram 50A40, CMSXS3011 e MEN2305. Em contrapartida, os genótipos que sofreram maior ataque de *S. zeamais* foram G-505, ISV321 e SLP21K0007E (Figuras 1 e 2).

A partir dos dados de infestação, foi calculado o índice de suscetibilidade (IS) para cada variedade utilizada no ensaio. O IS e o número final de insetos apresentaram diferenças significativas dentre os genótipos estudados ($F_{19,51} = 5,16$; $P < 0,0001$) (Figuras 1 e 2).

A variação do IS teve seus índices variando entre 2,8 a 4,5 dentre os genótipos analisados (Figura 2). Neste ensaio (2302G), os genótipos que demonstraram menor IS ou que foram menos suscetíveis ao desenvolvimento de *S. zeamais* foram 50A40, CMSXS3011 e MEN2305; em compensação, houve também materiais mais suscetíveis, ou com maior IS, como G-505, ISV321 e SLP21K0007E (Figura 2).

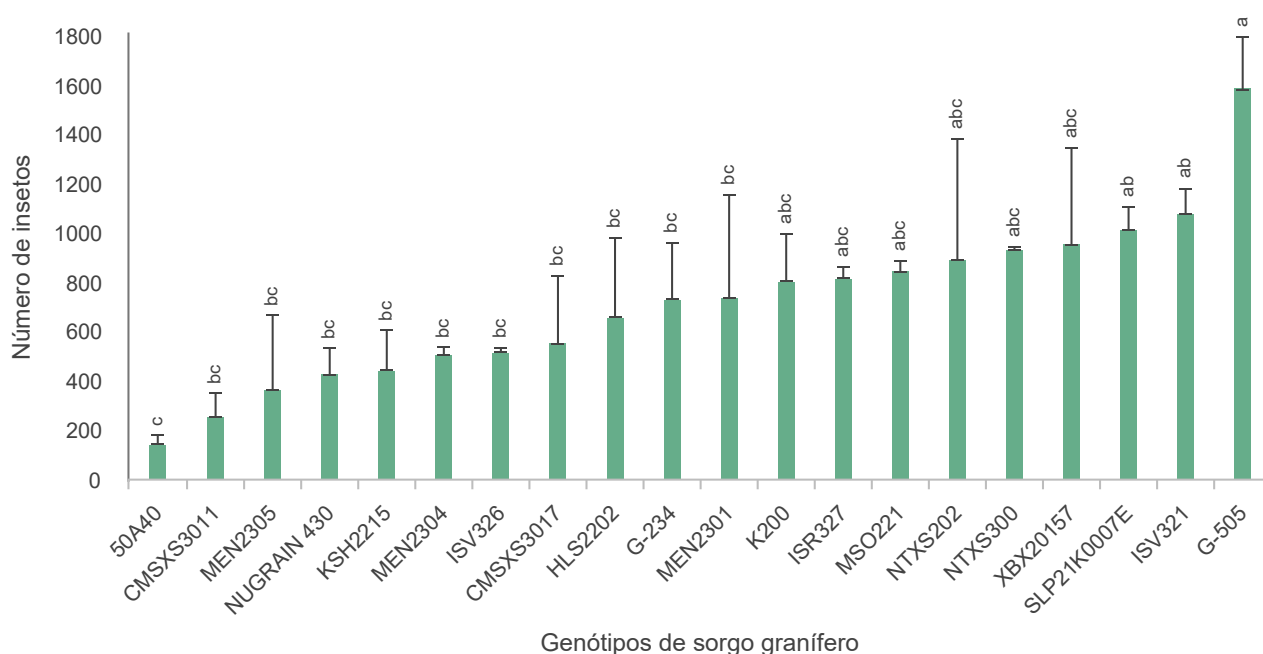


Figura 1. Número de insetos de *Sitophilus zeamais* desenvolvidos em diferentes genótipos de sorgo granífero, no ensaio 2302G.

Apesar da variabilidade significativa no IS dentre os genótipos avaliados, os valores do índice estimados caracterizam os genótipos avaliados na sua maioria como resistentes e moderadamente resistentes a *S. zeamais*, de acordo com a categorização estabelecida na literatura (Dobie; Kilminster, 1978; Hendrival et al., 2019).

Em decorrência da alimentação dos insetos com os grãos afetados, o genótipo que apresentou maior IS também foi o que sofreu maior percentual de perda de matéria seca (Figuras 2 e 3), o que expressa uma queda significativa na qualidade e no valor nutritivo do grão, influenciando negativamente em seu valor agregado.

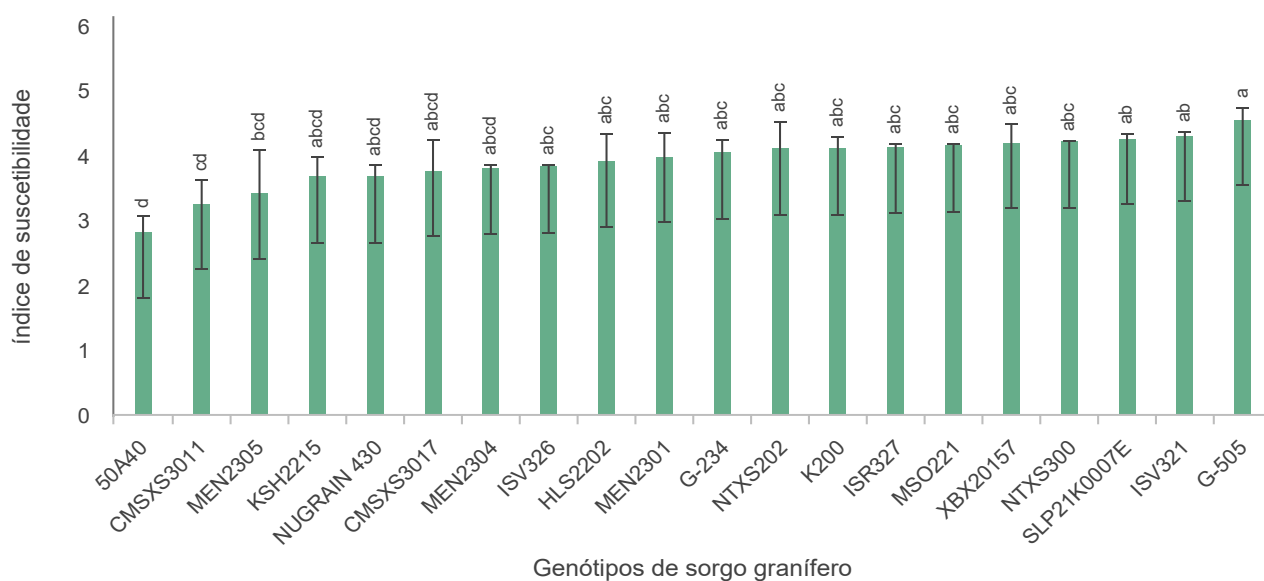


Figura 2. Índice de suscetibilidade (IS) à infestação por *Sitophilus zeamais* em diferentes genótipos de sorgo granífero, do ensaio 2302G.

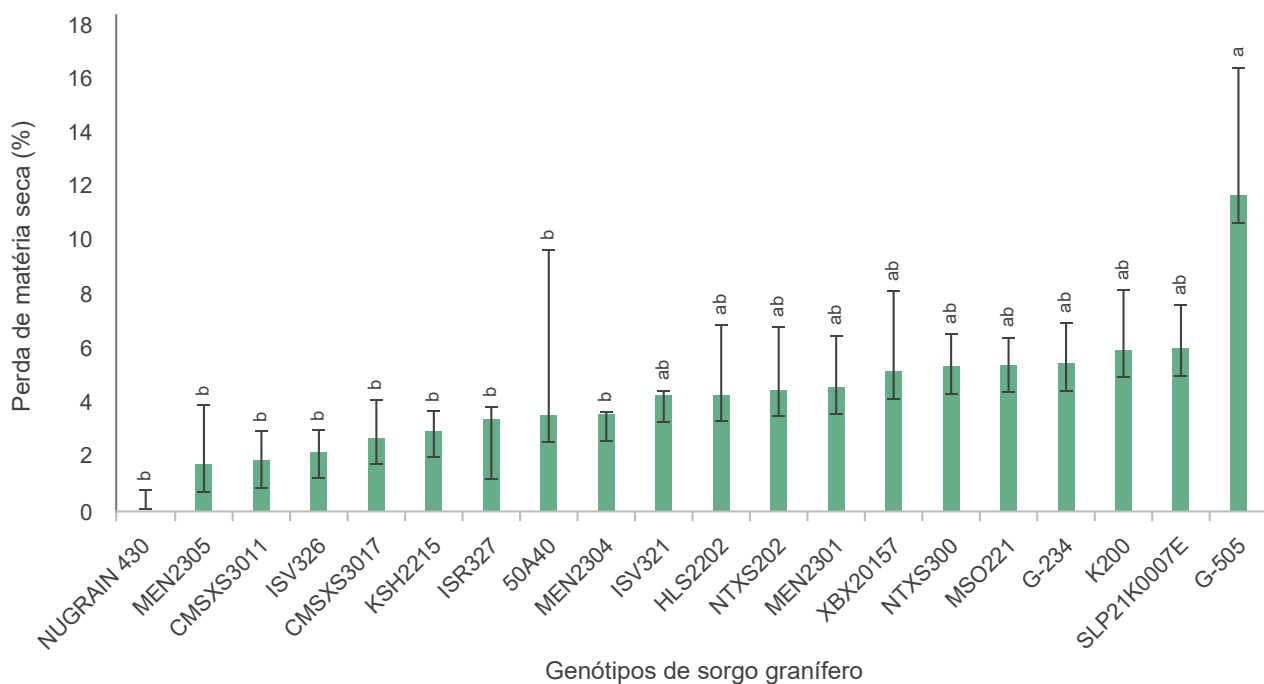


Figura 3. Percentual de perda de massa de matéria seca em médias, nos diferentes genótipos de sorgo granífero, do ensaio 2302G.

Como já pressuposto, o peso volumétrico dos genótipos expressou uma queda após o período de armazenamento pós-infestação (Figura 4). Resultante da perda de massa, essa alteração de peso interfere de forma negativa no valor agregado ao produto. Houve um aumento do percentual de umidade do grão na análise final, em relação à análise inicial (Figura 5), isso ocorre em razão da atividade biológica dos insetos, expondo o grão a uma maior suscetibilidade de infestação por fungos e/ou bactérias.

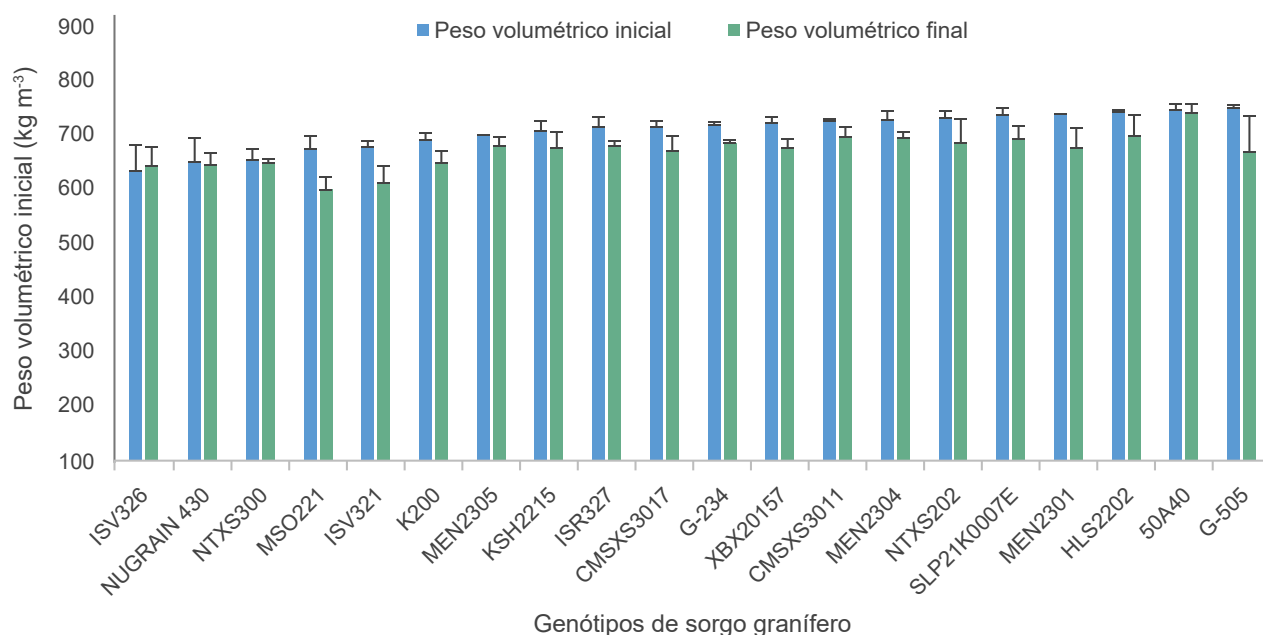


Figura 4. Peso volumétrico inicial e final (Kg m⁻³) nos diferentes genótipos de sorgo granífero, do ensaio 2302G.

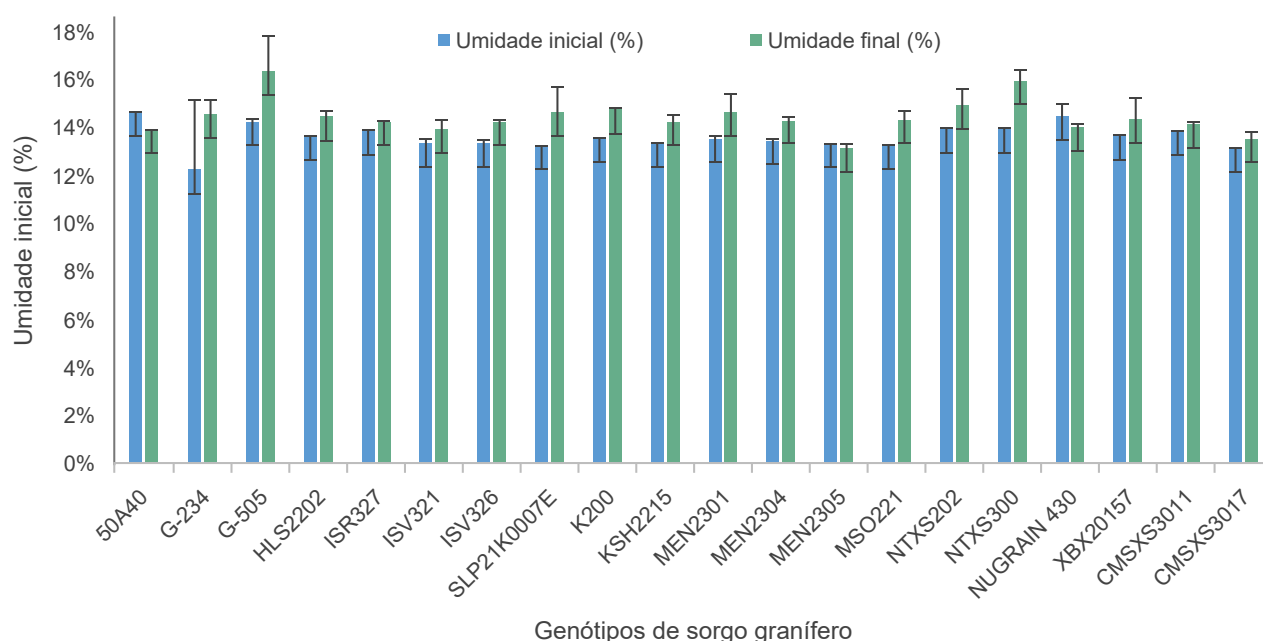


Figura 5. Percentual de umidade inicial do grão, nos diferentes genótipos de sorgo granífero, do ensaio 2302G.

Analisando a matriz de correlação dos dados, gerada com base na análise de correlação (Tabela 1), é possível afirmar que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os resultados do período pré e pós-infestação. A expressão desses resultados é fundamental para entender como um fator atua sobre o outro dentro do ensaio.

Tabela 1. Coeficientes de correlação (r) entre as variáveis percentual de umidade inicial e final, peso volumétrico inicial e final, insetos, perda de massa de matéria seca e índice de suscetibilidade.

	rep	Umi.I.%	P.Vol.I	P.Vol.F	Umi.F.%	Inseto	Per-daMMS	IS
rep	1							
Umi.I.%	-0,10292	1						
	0,442							
P.Vol.I	0,00328	0,02668	1					
	0,9805	0,8424						
P.Vol.F	-0,06418	0,0762	0,56784	1				
	0,6322	0,5697	<0.0001					
Umi.F.%	-0,19256	0,18471	0,14269	-0,05361	1			
	0,1476	0,1651	0,2853	0,6894				
Inseto	-0,19491	-0,04863	-0,07089	-0,35088	0,77999	1		
	0,161	0,7321	0,6175	0,0108	<0.0001			
PerdaMMS	-0,03088	-0,12435	0,28007	-0,11755	0,73192	0,73444	1	
	0,828	0,3798	0,0443	0,4066	<0.0001	<0.0001		
IS	-0,08718	-0,18198	-0,07662	-0,49505	0,61513	0,9101	0,59396	1
	0,5388	0,1966	0,5893	0,0002	<0.0001	<0.0001	<0.0001	

A suscetibilidade de genótipos de sorgo tem forte influência das características fenotípicas do grão, como espessura do pericarpo, testa, dureza e o tamanho do grão, que contribuem para a resistência da planta hospedeira, por meio do fornecimento de barreira física para penetração de insetos e oviposição (Mwenda et al., 2019).

Os resultados obtidos neste estudo possuem significativa relevância para a cultura do sorgo, especialmente no que tange à caracterização dos materiais oriundos do programa de melhoramento genético, os quais podem apresentar fontes valiosas de resistência para aplicação em futuros materiais comerciais. As informações referentes à suscetibilidade de genótipos ao ataque de *S. zeamais* podem auxiliar na formulação de estratégias de manejo pós-colheita, fornecendo um recurso adicional ao Manejo Integrado de Pragas na armazenagem e contribuindo para a redução das perdas causadas por insetos-praga. No entanto, é importante ressaltar a necessidade de ampliar os estudos com os materiais mais promissores, especialmente no que se refere à caracterização química, para um melhor entendimento dos possíveis mecanismos de resistência, e além disso, identificar materiais resistentes a outras espécies de pragas de grãos armazenados.

Conclusões

A resposta dos genótipos de sorgo analisados neste estudo sugere que eles diferem entre si quanto à suscetibilidade ao caruncho-do-milho, alguns com potencial para ser boas fontes de resistência ao inseto e serem introduzidas em técnicas de melhoramento genético de sorgo. Contudo, são necessários mais estudos para caracterizar a composição química e a ação dos compostos fenólicos presentes nos grãos de cada cultivar.

Agradecimentos

Ao CNPq pela concessão da bolsa Pibic.

Referências

- ACOMPANHAMENTO da Safra Brasileira [de] Grãos: safra 2023/24: 11º levantamento, v. 11, n. 11, ago. 2024. Brasília, DF: Conab, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 16 ago. 2024.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**: sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 7 jun. 2024.
- CHUCK-HERNÁNDEZ, C.; SERNA-SALDÍVAR, S. O.; GARCÍA-LARA, S. Susceptibility of different types of sorghums during storage to *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Journal of Stored Products Research**, v. 54, p. 34-40, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2013.04.003>.
- DOBIE, P.; KILMINSTER, A. M. The susceptibility of triticale to post-harvest infestation by *Sitophilus zeamais* Motschulsky, *Sitophilus oryzae* (L.) and *Sitophilus granarius* (L.). **Journal of Stored Products Research**, v. 14, n. 2/3, p. 87-93, 1978. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-474X\(78\)90003-6](https://doi.org/10.1016/0022-474X(78)90003-6).
- HENDRIVAL, H.; PUTRA, R.; ARYANI, D. S. Susceptibility of sorghum cultivars to *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) during storage. **Planta Tropika**, v. 7, n. 2, p. 110-116, 2019.
- MENEZES, C. B. de; COELHO, A. M.; SILVA, A. F. da; SILVA, D. D. da; MENDES, S. M.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; RODRIGUES, J. A. S. É possível aumentar a produtividade de sorgo granífero no Brasil? In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 32., 2018, Lavras. **Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil**: livro de palestras. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2018. cap. 4, p. 106-139. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1095397/1/Cap4epossivel.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.
- LORINI, I. Descrição, biologia e danos das principais pragas de grãos e sementes armazenadas. In: LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M.; FARONI, L. R. D. (ed.). **Armazenagem de grãos**. Jundiaí: Instituto Biogeneziz, 2018. p. 363-381.
- MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M.; VIANA, P. A.; PIMENTEL, M. A. G. Manejo de pragas. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L. D.; PARRELLA, R. A. da C. (ed.). **Sorgo**: do plantio à colheita. Viçosa, MG: UFV, 2014. cap. 9, p. 207-241.
- MWENDA, E. T.; RINGO, J. H.; MBEGA, E. R. The implication of kernel phenology in conveying resistance to storage weevil and varietal development in sorghum. **Journal of Stored Products Research**, v. 83, p. 176-184, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.06.010>.
- NAÇÕES UNIDAS. **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 2**: fome zero e agricultura sustentável: erradicar a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/2>. Acesso em: 13 maio 2024a.

NAÇÕES UNIDAS. **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12:** consumo e produção responsáveis: garantir padrões de consumo e de produção sustentáveis. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/12>. Acesso em: 13 maio 2024b.

PIMENTEL, M. A. G.; MENDES, S. M.; OLIVEIRA, I. R. de. **Indicações técnicas para controle de pragas e armazenamento de grãos de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. 38 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 251). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1109546/1/circ251.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.

QUEIROZ, V. A. V.; OLIVEIRA, F. C. E. de; MENEZES, C. B. de; RODRIGUES, J. A. dos S. **Sorgo:** cereal ancestral bem atual: coletânea de receitas sem glúten com sorgo integral. Brasília, DF, 2020. 61 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1126619/1/Sorgo-cereal-ancestral-coletanea-de-receitas.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.