



ISADORA GUEDES

**RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE ARROZ ÀS PRAGAS DE
ARMAZENAMENTO DO GÊNERO *Sitophilus***

LAVRAS – MG

2023

ISADORA GUEDES

**RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE ARROZ ÀS PRAGAS DE ARMAZENAMENTO
DO GÊNERO *Sitophilus***

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

Prof. Dr. Flávia Barbosa Silva Botelho

Orientadora

Me. Jocilene dos Santos Pereira

Coorientadora

Lavras – MG

2023

ISADORA GUEDES

**RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE ARROZ ÀS PRAGAS DE ARMAZENAMENTO
DO GÊNERO *Sitophilus***

**RESISTANCE OF RICE GENOTYPES TO STORAGE PESTS OF THE GENUS
*Sitophilus***

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

APROVADA em 26 de junho de 2023.

Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza UFLA

Dr. Flávia Barbosa Silva Botelho UFLA

Me. Jocilene dos Santos Pereira UFLA

Prof (a). Dr. Flávia Barbosa Silva Botelho

Orientadora

Me. Jocilene dos Santos Pereira

Coorientadora

Lavras – MG

2023

*Aos meus pais, Luciano e Fabiana, pelo amor incondicional e apoio constante em todos os
momentos da vida*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por sua constante orientação e iluminação ao longo de toda a minha jornada.

Aos meus amados pais, Luciano e Fabiana, meu profundo agradecimento por todo o apoio ao longo da minha vida. Sem vocês, jamais teria alcançado tantos sonhos. Sou eternamente grata por toda a educação, suporte e confiança que depositaram em mim.

À minha família, por todo apoio e força. Em especial, à minha avó Dirce, por ser o meu maior alicerce.

Ao meu namorado, Gabriel, que sempre esteve ao meu lado ao longo da jornada acadêmica. Obrigada por ser fonte constante de apoio, incentivo, paciência, compreensão e amor. Sou grata por cada momento que compartilhamos juntos.

À Universidade Federal de Lavras e ao seu corpo docente, por me proporcionarem uma formação de excelência.

À minha orientadora, Prof. Dr. Flávia Barbosa Silva Botelho, por toda dedicação, conselhos compartilhados e orientação. Seu apoio e incentivo foram fundamentais para o meu crescimento profissional e pessoal. Obrigada por ser fonte constante de inspiração, motivação e amor pela profissão.

À minha coorientadora, Jocilene, gostaria de expressar minha profunda gratidão por todos os esforços empregados ao me auxiliar no desenvolvimento deste trabalho. Obrigada por todo direcionamento, comprometimento e conhecimento compartilhado. Agradeço também pelo carinho e amizade que cultivamos durante esse período.

Ao Prof. Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza e ao LARP-MIP, por todo auxílio, disponibilidade e contribuição durante o projeto de pesquisa.

Aos amigos que a universidade me proporcionou, em especial Kevin e Maria Elisa. Obrigada por todo apoio e por caminharem comigo na jornada acadêmica.

Agradeço aos grupos MelhorArroz, PET Agronomia e NESem, por toda amizade cultivada e por me proporcionarem uma formação profissional e pessoal de alta qualidade.

OBRIGADA!

RESUMO

A cultura do arroz é uma das mais produzidas e consumidas em aspecto global, caracterizando-se como fonte de alimentação básica para grande parte da população. Os insetos do gênero *Sitophilus*, popularmente conhecidos como gorgulhos, são as pragas mais destrutivas no armazenamento dos grãos de arroz, ocasionando perdas significativas para a produção mundial de alimentos. A utilização de genótipos resistentes consiste em uma alternativa promissora para minimizar os danos ocasionados pelo gorgulho. Nesse contexto, o objetivo do trabalho consiste em avaliar a resistência de genótipos de arroz à infestação por insetos do gênero *Sitophilus*, na fase de armazenamento dos grãos. O experimento foi conduzido no Laboratório de Resistência de Plantas e Manejo Integrado de Pragas (LARP-MIP) do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), com genótipos de arroz pertencentes ao Ensaio Preliminar do Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da UFLA. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC), e tratamentos compostos por 9 genótipos, com cinco repetições. As parcelas foram constituídas por recipientes plásticos, contendo 20 gramas de cada genótipo e 10 insetos do gênero *Sitophilus*, provenientes da criação realizada no LARP-MIP da UFLA. Os recipientes foram armazenados em sala sob condições ambientais controladas e os gorgulhos oriundos da criação retirados aos 30 dias. Após 53 dias desde a eliminação dos gorgulhos, a avaliação do peso e o número de insetos emergidos foi realizada em todos os tratamentos. Os dados foram submetidos às análises de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade. Realizou-se o cálculo do coeficiente de correlação linear de Pearson. Para visualização da relação entre as características número de gorgulhos e peso dos grãos, os dados foram plotados em um diagrama de dispersão. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R. O cálculo do coeficiente de correlação linear de Pearson evidenciou que existe uma correlação negativa entre o número de insetos emergidos e peso final dos grãos. As linhagens BRSMG Caçula e CMG 1590 apresentaram o menor número de insetos emergidos e maior peso final dos grãos, o que sugere a presença de níveis superiores de resistência às pragas do gênero *Sitophilus* em comparação aos demais tratamentos testados. Desse modo, a utilização dessas linhagens pode contribuir com a redução da infestação e multiplicação dos gorgulhos em grãos de arroz armazenados.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. Grãos armazenados. Melhoramento genético.

ABSTRACT

The rice crop is one of the most produced and consumed in a global aspect, being characterized as a basic food source for a large part of the population. Insects of the genus *Sitophilus*, popularly known as weevils, are the most destructive pests in the storage of rice grains, causing significant losses to world food production. The use of resistant genotypes is a promising alternative to minimize the damage caused by the weevil. In this context, the objective of this work is to evaluate the resistance of rice genotypes to infestation by insects of the genus *Sitophilus*, during the grain storage phase. The experiment was carried out at the Laboratory of Plant Resistance and Integrated Pest Management (LARP-MIP) of the Department of Entomology at the Federal University of Lavras (UFLA), with rice genotypes belonging to the Preliminary Test of the UFLA's Upland Rice Genetic Improvement Program. The experimental design was completely randomized (DIC), and treatments consisted of 9 genotypes, with five repetitions. The plots were made up of plastic containers, containing 20 grams of each genotype and 10 insects of the genus *Sitophilus*, from rearing carried out at LARP-MIP at UFLA. The containers were stored in a room under controlled environmental conditions and the weevils originating from the rearing were removed after 30 days. After 53 days since weevil elimination, weight and number of emerged insects were evaluated in all treatments. Data were left to analysis of variance (ANOVA) and means detected by the Scott-knott test at 5% probability. Pearson's linear correlation coefficient was calculated. To visualize the relationship between weevil number and grain weight, the data were plotted in a scatterplot. All statistical analyzes were carried out in the R software. The result obtained from the calculation of Pearson's linear correlation showed that there is a negative correlation between the number of emerged insects and the final weight of the grains. The BRSMG Caçula and CMG 1590 lines exhibited the lowest number of emerged insects and higher final grain weight, indicating the presence of superior levels of resistance to *Sitophilus* pests compared to the other tested treatments. Thus, the utilization of these lineages can contribute to the reduction of weevil infestation and multiplication in stored rice grains.

Keywords: *Oryza sativa*. Stored grains. Genetic improvement.

SUMÁRIO

| | | |
|-----|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 9 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO..... | 11 |
| 2.1 | A cultura do arroz no Brasil e no mundo..... | 11 |
| 2.2 | Pragas de grãos armazenados na cultura do arroz..... | 12 |
| 2.3 | Melhoramento genético para a resistência ao gorgulho do gênero <i>Sitophilus sp.</i> | 15 |
| 3 | MATERIAIS E MÉTODOS..... | 17 |
| 3.1 | Genótipos..... | 17 |
| 3.2 | Criação de <i>Sitophilus sp.</i> | 17 |
| 3.3 | Condições experimentais..... | 18 |
| 3.4 | Peso dos grãos e número de gorgulhos emergidos..... | 18 |
| 3.5 | Análise de dados..... | 19 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 20 |
| 5 | CONCLUSÃO..... | 26 |
| | REFERÊNCIAS..... | 27 |

1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais produzidos e consumidos em todo o mundo, caracterizando-se como o principal alimento para mais da metade da população mundial. No Brasil e em outros países em desenvolvimento, sua atuação desempenha um papel estratégico de destaque em aspectos econômicos e sociais (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008; COÊLHO, 2021). Além de sua importância como alimento básico, o arroz é reconhecido por seu excelente balanço nutricional, sendo uma fonte de energia, vitaminas e proteínas essenciais para o ser humano. Devido à essas características, é considerado a espécie com maior potencial de aumento da produção no combate à fome mundial (BORÉM; RANGEL, 2015).

O Brasil ocupa, atualmente, a 8ª posição no ranking mundial de produção de arroz, com uma produção de 7,24 milhões de toneladas, estabelecendo-se como o maior produtor fora do continente asiático (USDA, 2023). No entanto, anualmente, cerca de 20% da produção brasileira de grãos é perdida entre a colheita e o armazenamento, sendo metade dessas perdas atribuída ao ataque de pragas (CAMPOS, 2005; VASCONCELLOS et al., 2013).

O arroz é um dos alimentos que demanda de maiores cuidados nos processos de secagem e armazenamento, uma vez que é altamente suscetível a danos e possui comercialização baseada em propriedades qualitativas (DE SOUZA et al., 2022). Enquanto os danos causados às plantas no campo podem ser amenizados pela recuperação das plantas danificadas ou pelo aumento da produtividade das plantas não afetadas, os prejuízos causados aos grãos armazenados são irreversíveis (FONTES; ALMEIDA FILHO; ARTHUR, 2003). Nesse sentido, as pragas causam prejuízos significativos no armazenamento, resultando em perda de massa, aumento da atividade respiratória dos grãos e elevação da temperatura na área infestada. Essas condições propiciam o surgimento de fungos, levando a uma maior perda de matéria seca e consequente depreciação da qualidade dos grãos (VILARINHO, 2012).

Os insetos do gênero *Sitophilus*, pragas primárias do arroz armazenado, estão presentes em todas as regiões quentes e tropicais do mundo, sendo capazes de infestar os grãos ainda no campo (FONTES; ALMEIDA FILHO; ARTHUR, 2003). As espécies de *Sitophilus oryzae* e *S. zeamays* são morfológicamente semelhantes e podem ser diferenciadas apenas pela genitália em adultos, sendo capazes de ocorrer em conjunto na mesma massa de grãos (LORINI et al., 2015). Os insetos adultos se destacam por possuir um alto potencial biótico, pela possibilidade de ocorrência da infestação cruzada e pela capacidade de atacar e causar prejuízos a um grande número de hospedeiros (GALLO et al., 2002).

A postura de *Sitophilus* sp. ocorre nos grãos, onde as larvas se desenvolvem e se transformam em adultos dentro do próprio grão (LORINI, 2008). Na fase inicial, os insetos se alimentam principalmente do endosperma e, em seguida, do embrião do arroz, resultando na perda de peso e nutrientes, além de prejudicar a capacidade de germinação das sementes (PUZZI, 1986; VASCONCELLOS et al., 2013). Desse modo, os danos ocasionados pelo *Sitophilus* sp. representam um desafio significativo para a produção e armazenamento de grãos.

Assim, torna-se fundamental adotar estratégias eficazes para o manejo das pragas de armazenamento, a fim de minimizar as perdas e preservar a qualidade do arroz. O uso de genótipos resistentes representa uma alternativa promissora para o controle de pragas do gênero *Sitophilus*, pois não adiciona custos ao produto, é compatível com outros métodos, não contamina outros grãos e é de fácil utilização (LARA, 1991; SOUSA et al., 2010)

Diante deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a resistência de genótipos de arroz à infestação por insetos do gênero *Sitophilus*, a fim de selecionar linhagens resistentes a serem incorporadas em programas de melhoramento de arroz de terras altas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do arroz no Brasil e no mundo

O cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) é amplamente realizado no mundo e está entre os três cereais mais importantes para a alimentação humana, junto com o milho e o trigo (WANDER; SILVA; FERREIRA, 2021). Nesse sentido, o arroz desempenha função importante como componente da dieta básica das populações que o consomem, uma vez que fornece aminoácidos essenciais, vitaminas e minerais; possui baixo teor de lipídeos e, devido à alta concentração de amido é fonte de energia (CASTRO et al., 2021).

A produção mundial de arroz beneficiado para a safra de 2022/2023 foi estimada em 502,97 milhões de toneladas, com uma exportação de 54,34 milhões (USDA, 2023). Os maiores produtores mundiais são China, Índia, Indonésia e Vietnã, com uma produção de 145,95 milhões, 125 milhões, 34,6 milhões e 27,23 milhões de toneladas, respectivamente. O Brasil se encontra como o 8º país no ranking mundial de produção, com uma produção de 7,24 milhões de toneladas, sendo o maior produtor fora do continente asiático (USDA, 2023).

O arroz apresenta notória importância em países em desenvolvimento, como por exemplo, o Brasil, onde possui um papel estratégico em níveis econômicos e sociais (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008; COÊLHO, 2021). Atualmente, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (2023), há uma demanda de 10,25 mil toneladas direcionadas ao consumo interno. Assim, observa-se que o arroz se consolidou na alimentação diária dos brasileiros. No entanto, a produção da safra dos anos 2022/2023 foi de 9,94 mil toneladas (CONAB, 2023). Desse modo, apesar de haver um aumento de 1,6% na produtividade em relação à safra de 2021/2022, a área de produção passou por uma redução de 9,3%, circunstância que afetou diretamente na produção da cultura (CONAB, 2023).

No Brasil, o principal estado produtor de arroz consiste no Rio Grande do Sul, com uma produção de 6,93 mil toneladas na safra 2022/2023. Em seguida, os estados com maior produção são Santa Catarina, Tocantins e Mato Grosso, com valores de 1,18 mil, 532 e 268 toneladas, respectivamente (CONAB, 2023).

Em aspecto mundial, o arroz pode ser cultivado em diferentes sistemas. O mais comum consiste no sistema irrigado por inundação, porém também pode ser cultivado em condições de várzea, como nos países asiáticos, ou em sistemas sem inundação, conhecido como sequeiro ou terras altas, em que toda água utilizada pelas plantas é proveniente das precipitações ou

irrigação suplementar (WANDER, 2010). No Brasil, atualmente 92,5% da produção é proveniente do cultivo em terras baixas, com cerca de 90% presente na região Sul (CONAB, 2023). É evidente que a região Sul tem uma importante participação na produção nacional de arroz, devido a seu histórico de desenvolvimento em termos de área e produtividade nos últimos 100 anos, o que a torna uma referência no sucesso da cultura no país. (TERRES; NUNES, 2002).

Segundo a CONAB (2023), apenas 7,5% da produção total de arroz do Brasil é oriunda do cultivo sem inundação (sequeiro). Contudo, o arroz de terras altas vem sendo utilizado como uma promissora alternativa no sistema de produção, a partir de uma nova forma de rotação de culturas como a soja e o milho, inclusive com irrigação sob pivô central (ANUÁRIO BRASILEIRO DO ARROZ, 2022). De acordo com Castro, Ferreira e Silva (2022), a inserção do arroz em áreas de pivô proporciona inúmeros benefícios, como a quebra do ciclo de doenças, insetos e plantas daninhas. Além disso, segundo Carvalho et al. (2020), a rotação soja-arroz proporciona a ciclagem de nutrientes e o equilíbrio da relação carbono/nitrogênio. Assim, a inclusão desse cereal no sistema de produção é rentável, permite obtenção de grãos de excelente qualidade e propicia melhorias nas condições de produção. Portanto, há perspectivas positivas para o aumento da produção do arroz de terras altas no país (CASTRO; FERREIRA; SILVA, 2022).

O arroz armazenado, como grão ou semente, é um produto de grande valor agregado que deve ser levado em consideração (SANTOS et al., 2006). Devido à sua comercialização baseada em propriedades qualitativas e à sua alta suscetibilidade a danos, o arroz é um dos alimentos que demanda maiores cuidados nos processos de secagem e armazenamento (SOUZA et al., 2022). Nesse sentido, cabe ressaltar que a deterioração e a depreciação da qualidade de grãos e sementes armazenados são influenciadas por características intrínsecas do produto e fatores biológicos, como fungos, actinomicetos, fermentos, insetos, ácaros, pássaros e roedores (SANTOS et al., 2006). Logo, o controle das pragas que atacam os grãos armazenados consiste em um aspecto importante para a boa conservação do produto, visto que o teor de umidade é aumentado em decorrência da decomposição realizada pelos insetos, fator que contribui para o desenvolvimento de fungos (CASTRO et al., 1999).

2.2 Pragas de grãos armazenados na cultura do arroz

O crescimento populacional e o conseqüente aumento da demanda por alimentos exigem o desenvolvimento e aprimoramento de novas técnicas de manejo de grãos durante o

armazenamento (PEREIRA, 2006). O Brasil foi o quarto maior produtor mundial de grãos em 2021, com uma produção de 250 milhões de toneladas (8,2%) e o segundo maior exportador (19,3%), com 130 milhões de toneladas exportadas (ARAGÃO; CONTINI, 2022). No entanto, estima-se que, anualmente, 20% da produção brasileira de grãos se perde entre colheita e armazenamento, sendo 10% dessas perdas atribuída ao ataque de pragas (CAMPOS, 2005; VASCONCELLOS et al., 2013). Assim, torna-se evidente a importância de estudar novas técnicas que possam reduzir as perdas durante o armazenamento (PEREIRA, 2006).

Segundo Neethirajan et al. (2007), a infestação de insetos-praga em grãos pode resultar em perdas quantitativas e qualitativas durante o período de armazenamento. As perdas quantitativas referem-se à redução de peso e volume dos grãos (SILVA et al., 1995). Em contrapartida, as perdas qualitativas ocasionam redução do valor nutricional dos grãos e da qualidade fisiológica das sementes, fator que também têm um impacto significativo, visto que resulta na diminuição do valor de mercado e condenação de lotes de sementes (ANDERSON et al., 1990; FARONI, 1992; CANEPPELE et al., 2003).

De acordo com Link et al. (1971) e Ribeiro et al. (2012), o arroz é suscetível ao ataque de diversas pragas, incluindo as que causam danos apenas no campo, as que deterioram os grãos armazenados e outras que danificam os grãos tanto no campo quanto nos armazéns. Nesse âmbito, os insetos pertencentes ao gênero *Sitophilus*, conhecidos popularmente como gorgulhos do arroz, são considerados uma das pragas mais destrutivas no armazenamento (SOUSA, 2010). Esses insetos são considerados pragas primárias do arroz armazenado e podem infestar os grãos ainda no campo, sendo encontrados em todas as regiões quentes e tropicais do mundo (FONTES; ALMEIDA FILHO; ARTHUR, 2003).

As espécies de *Sitophilus oryzae* e *S. zeamays* são morfologicamente semelhantes e podem ser diferenciadas apenas pela genitália nos adultos, sendo capazes de ocorrer em conjunto na mesma massa de grãos (LORINI et al., 2015). Segundo Botton et al. (2015), os adultos possuem de 2,0mm a 3,5mm de comprimento, coloração castanho-escuro e, logo após a emergência, é possível visualizar manchas claras em suas asas anteriores (élitros). Conforme na Figura 1, a cabeça se encontra projetada à frente, com o rostro curvado.

Figura 1 – *S. zeamais*. Larva (a), adulto dorsal (b) adulto lateral (c), adulto ventral (d).



Fonte: Lorini (2015).

A postura de *Sitophilus* sp. é realizada no interior dos grãos, onde as larvas se desenvolvem e se tornam adultos dentro do próprio grão (LORINI, 2008). Na fase inicial, os insetos se alimentam predominantemente do endosperma e, posteriormente, do embrião do arroz, resultando na perda de peso e nutrientes, além de prejudicar a capacidade de germinação das sementes (PUZZI, 1986; VASCONCELLOS et al., 2013). Os insetos adultos possuem alto potencial biótico, fator que possibilita a ocorrência de infestações cruzadas, além de terem a capacidade de atacar e causar danos em uma ampla variedade de hospedeiros (GALLO et al., 2002).

O período de oviposição de *Sitophilus* sp. é de 104 dias, com uma média de 282 ovos por fêmea. As fêmeas vivem em média 140 dias e o período de incubação varia de 3 a 6 dias, enquanto o ciclo completo do ovo até a emergência dos adultos é de 34 dias (LORINI, 2008). Desse modo, a notável capacidade de reprodução rápida torna *Sitophilus* sp. pragas altamente prejudiciais em armazéns.

Lorini (2008) destaca que os principais fatores que ocasionam perdas quantitativas e qualitativas na produção são a conservação inadequada dos grãos em estruturas de armazenamento deficitárias, com ausência de efetivo monitoramento da massa de grãos para verificar a temperatura, umidade e presença de insetos. Desse modo, o controle de pragas na indústria de arroz requer manejo integrado e seguro, incluindo conhecimento da estrutura da unidade produtiva, identificação das espécies de insetos, uso adequado de equipamentos e produtos específicos, além de ação coletiva e trabalho em equipe (GUSMÃO, 2017).

Com o intuito de reduzir as perdas de grãos armazenados, é fundamental realizar a avaliação da resistência de pragas, aprimorar as práticas tradicionais de conservação,

compartilhar conhecimentos sobre melhorias nas práticas de armazenamento e conservação com os produtores e promover o desenvolvimento de variedades resistentes (GARCÍA-LARA; BERGVINSON, 2007). Nesse sentido, a utilização de variedades resistentes, em conjunto com outras táticas de controle, é um método que pode contribuir para a manutenção das populações de insetos em níveis consideravelmente baixos (GUDRUPS et al., 2000).

2.3 Melhoramento genético para a resistência ao gorgulho *Sitophilus* sp.

O manejo de pragas de grãos de arroz armazenados tem sido predominantemente realizado através do emprego de químicos, a partir do uso da fosfina (RIBEIRO et al., 2003; HOSSAIN et al., 2014). No entanto, para obter um controle efetivo, é crucial optar por boas práticas agrícolas. Conforme mencionado por Ribeiro et al. (2003), o Manejo Integrado de Pragas (MIP) consiste na forma mais sustentável para reduzir as pragas de produtos armazenados. Assim, é fundamental a associação dos métodos de controle disponíveis, sendo um desses a resistência genética da planta.

De acordo com Lara (1991) e Sousa et al. (2010), a utilização de variedades resistentes consiste em uma alternativa promissora para o controle de pragas do gênero *Sitophilus*, uma vez que não onera o produto, possui compatibilidade com outros métodos, não contamina outros grãos e é de fácil utilização. Assim, o uso de genótipos resistentes é uma abordagem eficaz no manejo integrado de pragas, considerando que pode ser combinada com outras formas de controle. Dessa maneira, a resistência a pragas e doenças, juntamente com qualidade dos grãos e produtividade, são critérios de extrema relevância no melhoramento genético de arroz e são constantemente levados em consideração na seleção e desenvolvimento de cultivares (SINGH et al., 2000).

Em regiões com alta incidência de insetos de grãos armazenados, a utilização de variedades de arroz resistentes é considerada uma das medidas mais importantes para evitar perdas nos armazéns (RIBEIRO et al., 2012). Nesse sentido, os programas de melhoramento genético de plantas têm sido responsáveis pelo desenvolvimento de uma ampla variedade de cultivares, com o objetivo de atender às demandas de diferentes setores das cadeias produtivas de cereais (STRECK et al., 2018).

A resistência de grãos a pragas de armazenamento pode ser expressa através de dois mecanismos: a antibiose e a antixenose. A antibiose ocorre quando características como sobrevivência, desenvolvimento e fecundidade do inseto são afetadas de forma negativa pela planta, grãos ou sementes. Em contrapartida, a antixenose faz com que o comportamento dos

insetos seja modificado por fatores morfológicos ou químicos da planta (SMITH; CLEMENT, 2012). Nesse sentido, a compreensão dos mecanismos de resistência das plantas contra o inseto-praga é fundamental para selecionar genótipos resistentes e garantir a qualidade final do grão.

O grão do arroz é envolvido pelas brácteas, compostas por pálea e lema. A presença de aberturas nessas estruturas impacta de forma significativa a resistência ou suscetibilidade do grão aos insetos do gênero *Sitophilus* (COSTA et al., 2016; RIBEIRO et al., 2012). Logo, quanto maior for a fissura no grão, mais suscetível será o genótipo a infestações. Assim, cabe ressaltar a importância dos programas de melhoramento na seleção de grãos de arroz com estrutura favorável à resistência, ou seja, genótipos com brácteas que possuem menor abertura, bem como outras características que afetam negativamente a infestação de insetos.

Segundo Ribeiro et al. (2012), a resistência do arroz a pragas de grãos armazenados apresenta uma resposta positiva à seleção em programas de melhoramento, mesmo sendo um caráter fortemente influenciado pelo ambiente. Dessa maneira, cabe salientar que as pesquisas no desenvolvimento de plantas resistentes a insetos têm se intensificado, visto que é uma alternativa que ocasiona menor impacto ambiental e que oferece menores riscos à saúde humana e animal (MARSARO JÚNIOR, 2005).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Genótipos

As sementes de arroz utilizadas no experimento foram provenientes de nove linhagens pertencentes ao Ensaio Preliminar (geração F_{4:7}) do Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da Universidade Federal de Lavras (UFLA), cultivadas na fazenda experimental da UFLA (Fazenda Muquém) localizada em Lavras-MG, na safra de 2021/22 (TABELA 1).

Tabela 1 – Linhagens do programa de melhoramento genético de arroz de terras da Universidade Federal de Lavras, em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão e Epamig, avaliadas no experimento de resistência a *Sitophilus* sp.

| Identificação | Genótipo |
|---------------|------------------------------------|
| 1 | CMG 1590 |
| 2 | MP1920-43-3 |
| 3 | MP1920-86-5 |
| 4 | OBS1819-33-6 |
| 5 | BRSMG Caçula |
| 6 | MP1819-71-2 |
| 7 | OBS1819-21-8 |
| 8 | CNAx20666-B-10 (Trat. 86 EO 19/20) |
| 9 | OBS1819-21-6 |

Fonte: Do autor (2023).

3.2 Criação de *Sitophilus* sp.

A criação dos insetos foi realizada no Laboratório de Resistência de Plantas e Manejo Integrado de Pragas (LARP-MIP) do Departamento de Entomologia da UFLA, em recipiente de vidro com formato cilíndrico, equipado com uma tampa de rosca e, para permitir a aeração, uma tela em material de poliamida foi adaptada em seu centro. Além disso, o recipiente utilizado foi transparente, possibilitando a visualização do conteúdo em seu interior e acompanhamento do desenvolvimento dos gorgulhos.

Os insetos iniciais utilizados na criação foram obtidos a partir de linhagens de arroz do Programa de Melhoramento de Arroz de Terras Altas da UFLA, uma vez que os grãos já se apresentavam infestados quando coletados em campo. Estes insetos foram depositados em substrato de arroz para reprodução e desenvolvimento.

De acordo com Bruce-White e Shardlow (2011), os insetos são influenciados por fatores ecológicos como radiação, temperatura e umidade. Dessa maneira, os recipientes foram mantidos em Incubadora do tipo BOD por 90 dias, sob condições ambientais controladas (25 ± 2 °C; UR $60 \pm 10\%$; 12C:12E h). Esses parâmetros contribuíram para otimizar a reprodução de *Sitophilus* sp. e assegurar a obtenção do número necessário de insetos para a instalação do experimento.

3.3 Condições experimentais

O experimento foi conduzido no Laboratório de Resistência de Plantas e Manejo Integrado de Pragas (LARP-MIP) do Departamento de Entomologia da UFLA, entre os meses de novembro de 2022 a abril de 2023.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com nove linhagens e cinco repetições. O experimento foi implantado em recipientes plásticos com abertura de 5,5 cm de diâmetro e capacidade de 100 ml. Dentro de cada recipiente, foram depositados 20 gramas de grãos de arroz, previamente pesados em balança de precisão, correspondentes aos nove genótipos selecionados para a avaliação. Em seguida, cada parcela foi infestada com 10 insetos, provenientes da criação de *Sitophilus* sp. realizada no LARP-MIP da UFLA. Posteriormente, os recipientes foram devidamente identificados e depositados em sala sob condições ambientais controladas (25 ± 2 °C; UR $60 \pm 10\%$; 12C:12E h).

Após 30 dias da instalação do experimento, os 10 gorgulhos adultos adicionados aos grãos foram retirados. Em seguida, os recipientes foram novamente armazenados em sala sob condições ambientais controladas, com o intuito de avaliar o desenvolvimento dos possíveis insetos oriundos da oviposição dos adultos iniciais.

3.4 Peso dos grãos e número de gorgulhos emergidos

Decorridos 53 dias da retirada dos 10 insetos adultos infestados inicialmente, o peso e o número de gorgulhos emergidos foram avaliados em cada um dos tratamentos. De acordo com Lorini (2008), a redução do peso dos grãos é um dos principais danos dos insetos do gênero *Sitophilus*. Desse modo, todos os genótipos foram pesados para mensurar a redução de peso do grão a partir de um ciclo completo do ovo até a emergência dos adultos.

O ciclo completo de ovo até a emergência dos adultos é, em média, 34 dias (LORINI, 2008). Dessa maneira, todos os genótipos foram peneirados para separar e contabilizar o total de gorgulhos emergidos.

3.5 Análise dos dados

Os dados obtidos para peso e número de gorgulhos emergidos foram tabulados e submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade. Realizou-se o cálculo do coeficiente de correlação linear de Pearson para visualização da relação entre as variáveis número de gorgulhos e peso dos grãos, de modo que os dados foram plotados em um diagrama de dispersão. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R (versão 4.1.1).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2, contém o resumo da análise de variância (ANOVA) para as características de peso final de grãos (PF) e número de insetos emergidos (NIE). Conforme o resultado obtido, verificou-se que existem diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste F entre os genótipos avaliados para ambas as características consideradas no presente estudo. O coeficiente de variação experimental (CV%) foi de 50,73% para o número de insetos emergidos, valor considerado alto conforme as interpretações estatísticas. No entanto, é importante considerar que Sousa et al. (2010) e Vasconcellos et al. (2013) obtiveram resultados semelhantes para esta característica ao avaliarem a resistência de genótipos de arroz a insetos do gênero *Sitophilus*, isso indica a importância de considerar a variável avaliada ao interpretar o CV%. Para o peso de grãos, as estimativas de CV foram de 2,41%, variável que pode estar associada a maior homogeneidade nesses dados.

Tabela 2 — Resumo das análises de variância para as variáveis peso final (PF) e número de insetos emergidos (NIE).

| Fontes de variação | GL | QM | |
|--------------------|----|----------|---------|
| | | PF | NIE |
| Genótipos | 8 | 1.87503* | 6329.0* |
| Resíduo | 36 | 0.20609 | 706.1 |
| Total | 44 | - | - |
| CV | | 2.41 % | 50.73 % |

*Significância a 5% pelo teste F

Fonte: Do autor (2023).

Os resultados do teste de Scott-Knott para o número de insetos emergidos e peso de grãos possibilitaram a formação de três grupos que se diferem estatisticamente, indicando a presença de variabilidade genética entre os genótipos de arroz avaliados para resistência às pragas do gênero *Sitophilus*. Os resultados do agrupamento de médias estão representados na Tabela 3.

Tabela 3 — Agrupamento de médias para as características peso final (PF) e número de insetos emergidos (NIE) após 53 dias de armazenamento

| Genótipo | PF | NIE |
|------------------------------------|-----------|------------|
| BRSMG Caçula | 19,59A | 3,60C |
| CMG1590 | 19,42A | 3,60C |
| MP1920-43-3 | 19,25A | 36,00B |
| CNAx20666-B-10 (Trat. 86 EO 19/20) | 19,09A | 47,60B |
| OBS1819-33-6 | 19,05A | 39,00B |
| MP1920-86-5 | 18,68B | 57,60B |
| OBS1819-21-8 | 18,40B | 63,80B |
| OBS1819-21-6 | 18,33B | 90,40A |
| MP1819-71-2 | 17,68C | 118,00A |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade
 Fonte: Do autor (2023).

Conforme mencionado por Lara (1991) e Costa (2014), é possível associar um menor número de insetos emergidos em determinada variedade a certo grau de resistência. De acordo com a Tabela 3, as médias referentes ao número de insetos emergidos aos 53 dias indicam que as linhagens BRSMG Caçula e CMG 1590 foram mais resistentes que os demais genótipos, uma vez que ambos foram agrupados separadamente das demais linhagens, apresentando as menores médias. Em contrapartida, os genótipos OBS1819-21-6 e MP1819-71-2 mostraram-se mais suscetíveis, apresentando as maiores médias de insetos emergidos e compondo um mesmo grupo.

Ao analisar a Tabela 3, é possível constatar, também, que houve formação de três diferentes grupos para a variável peso final de grãos, que indica a perda nos grãos após o consumo pelos insetos. Dessa forma, observa-se que as linhagens BRSMG Caçula, CMG 1590, MP1920-43-3, CNAx20666-B-10 (Trat. 86 EO 19/20) e OBS1819-33-6 foram agrupadas com as maiores médias, ou seja, apresentaram menores perdas após a infestação com os insetos, evidenciando potencial de resistência. Por outro lado, a linhagem MP1819-71-2 apresentou maior suscetibilidade em comparação aos demais, uma vez que apresentou a maior perda no peso dos grãos após a infestação, bem como maior número de insetos emergidos. Segundo Puzzi (1986) e Vasconcellos et al. (2013), a perda de peso e nutrientes ocorre devido à alimentação dos gorgulhos, visto que os insetos se alimentam predominantemente do endosperma durante a sua fase inicial e, posteriormente, do embrião do arroz.

Analisando conjuntamente os dados é importante destacar que as linhagens BRSMG Caçula e CMG 1590 apresentaram bons resultados para ambas as características avaliadas, o que indica maiores níveis de resistência a *Sitophilus* sp. dentre os genótipos testados. Conforme mencionado por Marsaro Júnior et al. (2005), essa relação entre a diminuição de peso e o

número de insetos emergidos sugere que essas linhagens afetaram negativamente o comportamento de oviposição e o desenvolvimento das larvas. Desse modo, a resistência genética pode ser atribuída a diversos fatores que contribuem para dificultar a infestação e o desenvolvimento dos gorgulhos nos grãos de arroz.

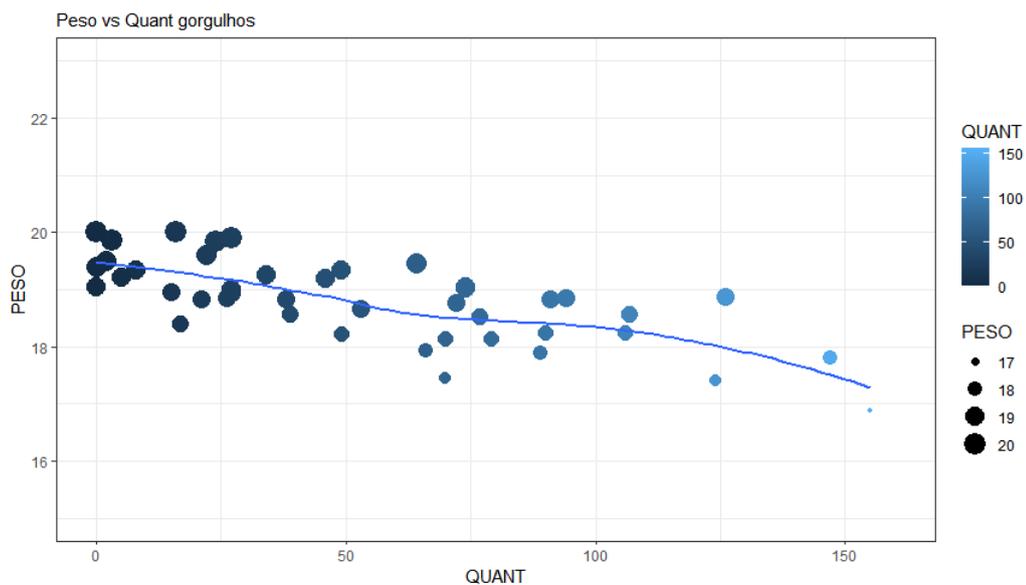
Os resultados obtidos em relação às linhagens BRSMG Caçula e CMG 1590 são altamente promissores para os Programas de Melhoramento Genético do Arroz de Terras Altas, visto que BRSMG Caçula e CMG 1590 possuem outras características agronômicas desejáveis. A BRSMG Caçula foi lançada pelo programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da UFLA em parceria com a EMBRAPA Arroz e Feijão e EPAMIG Sul. Esta cultivar tem sido considerada referência de precocidade, recomendada para o estado de Minas Gerais. Além disso, possui um alto potencial de produtividade de grãos, qualidade química e física desejada, porte adequado para evitar o acamamento e resistência às principais doenças que acometem o arroz (SOARES et al. 2013).

A linhagem CMG 1590 também foi desenvolvida pelo Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da UFLA, em parceria com a EMBRAPA Arroz e Feijão e EPAMIG Sul e encontra-se nas últimas etapas de avaliação para lançamento no estado de Minas Gerais. Conforme os dados obtidos pelo programa em diferentes safras e ambientes, esta linhagem se destaca por sua elevada produtividade e qualidade de grãos. Desse modo, as características agronômicas destas linhagens, aliadas à sua resistência a *Sitophilus* sp. indicada no presente trabalho, representa um importante ganho para o programa de melhoramento, o que pode gerar benefícios adicionais e significativos aos agricultores e à indústria do arroz.

O cálculo de correlação linear de Pearson entre as duas variáveis analisadas apresentou um valor de -0.72, o qual foi estatisticamente significativo a um nível de 5% de probabilidade. De acordo com Martins e Rodrigues (2014), o coeficiente de correlação é responsável por estimar a intensidade da associação linear entre duas variáveis. Dessa forma, o coeficiente de correlação de Pearson apresenta um intervalo que varia de +1 a -1. Assim, valores iguais a zero indicam que não existe associação entre as variáveis analisadas. Por outro lado, valores superiores a zero indicam a existência de uma associação positiva. No caso de valores inferiores a zero, como o obtido no presente trabalho, indicam que as variáveis estão correlacionadas negativamente. Dessa forma, o resultado sugere que existe uma correlação negativa entre o número de insetos emergidos e peso final dos grãos. Portanto, à medida que o número de gorgulhos aumenta, ocorrem maiores perdas no peso dos grãos de arroz.

O gráfico de dispersão gerado (FIGURA 2), permite observar uma relação inversamente proporcional entre o número insetos emergidos e o peso dos grãos. Essa relação foi claramente evidenciada no comportamento da linhagem MP1819-71-2, uma vez que apresentou a maior incidência de *Sitophilus* emergidos e menor peso final de grãos, comparada aos demais tratamentos, se configurando como mais suscetível. As linhagens BRSMG Caçula e CMG 1590, também, evidenciaram esta relação, de modo que obtiveram os menores números de insetos emergidos e maiores pesos final de grãos. Por outro lado, ao analisar o gráfico, bem como a Tabela 3, é possível observar que algumas linhagens não seguiram claramente estes padrões, apresentando um número de insetos emergidos relativamente alto e o peso final semelhante a outras linhagens que apresentam baixa infestação pelos gorgulhos. Essa característica pode estar relacionada à capacidade do gorgulho em consumir o grão, uma vez que existem variações nos mecanismos de resistência.

Figura 2 — Dispersão entre peso final de grãos (PF) e número de insetos emergidos (NIE)



Fonte: Do autor (2023).

O comportamento das linhagens que apresentaram um número relativamente alto de insetos emergidos, mas com peso final semelhante às outras linhagens com baixa infestação pelos gorgulhos, pode estar relacionado a dois mecanismos de resistência: a antibiose e a antixenose. A resistência por antibiose ocorre quando a planta afeta negativamente características essenciais para o inseto, como sua sobrevivência, desenvolvimento e fecundidade. Por outro lado, a resistência por antixenose refere-se a mudanças no comportamento dos insetos causadas por fatores morfológicos ou químicos da planta. Por exemplo, a planta pode possuir compostos químicos que atuam como repelentes ou que afetam

a capacidade dos insetos de localizar os grãos, tornando-os menos propensos a se alimentarem deles (SMITH; CLEMENT, 2012). Desse modo, ambos os mecanismos desempenham papéis importantes na proteção dos grãos contra pragas e contribuem para a redução da infestação e dos danos causados pelos insetos.

Segundo Ribeiro et al. (2012), a resistência dos genótipos pode ser determinada por meio da presença de fissuras entre a pálea e a lema, estruturas responsáveis por envolverem os grãos de arroz. Dessa forma, a ausência de fissuras dificulta o consumo dos grãos pelos gorgulhos. Os autores concluíram em seu estudo que o uso de variedades que apresentam este mecanismo de resistência pode evitar de 21,8% a 41,50% das perdas ocasionadas pelo ataque de insetos nos armazéns. Portanto, a presença de aberturas na casca dos grãos de arroz é considerada uma característica indesejada na seleção de genótipos, pois influencia na suscetibilidade dos grãos ao ataque de insetos do gênero *Sitophilus*.

Diferentes mecanismos de resistência aos gorgulhos são constatados na literatura, como relatado por Marsaro Júnior et al. (2005), ao avaliarem a presença de inibidores de amilase em híbridos de milho como um fator de resistência a *Sitophilus zeamais*. Os pesquisadores constataram que a alta concentração de lipídios e a presença dos inibidores de amilase prolongam o ciclo biológico do gorgulho-do-milho, o que aumenta a resistência dos genótipos. Além disso, concluíram que os inibidores de amilase encontrados nos extratos solúveis de milho correlacionam-se negativa e significativamente com o índice de suscetibilidade. Assim, é perceptível que a presença desses inibidores contribuiu para a resistência dos híbridos de milho ao ataque de *zeamais*.

A ocorrência de diferentes mecanismos que contribuem para a resistência à infestação por gorgulhos pode ser responsável por respostas distintas, observadas ao considerar peso e número de insetos emergidos. Isso destaca a importância de proceder com diferentes análises em linhagens promissoras, a fim de compreender melhor os mecanismos de resistência às espécies de *Sitophilus* que acometem o arroz. Dessa forma, o presente trabalho fornece informações cruciais para os programas de melhoramento, a partir de dados que podem ser associados a outros tipos de análises, como por exemplo bioquímicas. Além disso, oferece subsídios e direcionamentos para a seleção e avanço de linhagens.

Todas as linhagens avaliadas são promissoras para outras características de interesse, principalmente por se tratarem de material pertencente a ensaio elite do programa de Melhoramento de Arroz de Terras Altas da UFLA, que se encontra na geração F_{4:7}. Essas

linhagens passaram por ciclos de autofecundação, com seleções e avaliações para as principais características desejadas atualmente, como resistência a doenças e precocidade. É importante destacar que, apesar de não ter sido realizada uma seleção direta para a resistência aos insetos do gênero *Sitophilus*, foi possível identificar genótipos promissores para essa característica. Esse fato evidencia a importância do programa de melhoramento genético na pesquisa por genótipos de arroz que apresentem, simultaneamente, múltiplas características de interesse.

Portanto, a pesquisa e o desenvolvimento constante na área de melhoramento genético são fatores fundamentais para identificar e promover genótipos cada vez mais promissores para resistência as pragas do gênero *Sitophilus*, a fim de garantir uma produção de arroz eficiente e segura.

5 CONCLUSÃO

As linhagens BRSMG Caçula e CMG 1590 apresentaram o menor número de insetos emergidos e maior peso final dos grãos, o que sugere a presença de níveis superiores de resistência às pragas do gênero *Sitophilus* em comparação aos demais tratamentos testados. Desse modo, a utilização dessas linhagens pode contribuir com a redução da infestação e multiplicação dos gorgulhos em grãos de arroz armazenados.

Portanto, constata-se que o programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da UFLA apresenta linhagens promissoras para resistência as espécies do gênero *Sitophilus* que acometem os grãos de arroz. Assim, o potencial dessas linhagens desempenha um papel fundamental no aumento da produtividade de arroz e na redução das perdas ocasionadas pela infestação de pragas durante o armazenamento.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, K.; SCHURLE, B.; REED, C.; PEDERSEN, J. An economic analysis of producers decisions regarding insect control in stored grain. **North Central Journal of Agricultural Economics**, v. 12, p. 23-29, 1990.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DO ARROZ. Santa Cruz do Sul: RS: **Gazeta Grupo de Comunicações**, 2022. p. 65.
- ARAGÃO, Adalberto; CONTINI, Elisio. **O agro no Brasil e no mundo: um panorama do período de 2000 a 2021**. Embrapa Sede, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/26187851/O+agro+no+Brasil+e+no+mundo/098fc6c1-a4b4-7150-fad7-aaa026c94a40>. Acesso em: 27 mai. 2023.
- ATHIÉ, I.; PAULA, D. C. **Insetos de grãos armazenados: aspectos biológicos e identificação**. 2 ed. São Paulo: Livraria Varela, 2002.
- BORÉM, A.; RANGEL, P. H. N. **Arroz do plantio à colheita**. Viçosa: Ed. UFV, 2015. 242 p.
- BOTTON, Marcos; ARIOLI, Cristiano João; MACHOTA JUNIOR, R. **Manejo de pragas**. 2015.
- BRUCE-WHITE, C. *et al.* The impact of artificial light on invertebrates. **British Journal of Entomology and Natural History**, v. 24, n. 3, p. 173-184, 2011.
- CAMPOS, T. B. Pragas dos grãos armazenados. *In*: Reunião itinerante de fitossanidade do Instituto Biológico - pragas agroindustriais. **Anais...** p.93. Ribeirão Preto, SP, 2005.
- CANEPELLE, M. A. B.; CANEPPELE, C.; LÁZZARI, F. A.; LÁZZARI, S. M. N. Correlação entre o nível de infestação de *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera, Curculionidae) e os fatores de qualidade do milho armazenado, *Zea mays* L. (Poaceae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 47, p. 625-630, 2003
- CARVALHO, MT de M. *et al.* **O arroz de terras altas como estratégia para segurança alimentar, intensificação ecológica e adaptação à mudança do clima: rumo aos objetivos de desenvolvimento sustentável para o milênio**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2020. 14p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 252).
- CASTRO, Adriano Pereira de *et al.* A planta e o grão de arroz e as formas de apresentação aos consumidores. **Arroz e feijão**, p. 117, 2021.
- CASTRO, E. da M. *et al.* **Qualidade de grãos em arroz**. 1999.
- COÊLHO, J.D. **Arroz: Produção e Mercado**. Caderno Setorial ETENE, Ano 6, n. 156, março 2021. Disponível em: 2021_CDS_156.pdf (bnb.gov.br). Acesso em: 07 jun. 2023.
- COLARES, Tatiane. **Avaliação do dano e da suscetibilidade de cultivares de arroz a *Sitophilus zeamais* (Col., Curculionidae) e incidência fúngica durante o armazenamento**. 2014.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2022/23: sétimo levantamento**, v.10, n. 7. Disponível em: Conab - Boletim da Safra de Grãos. Acesso em: 4 de maio, 2023.
- COSTA, Diana Cristina da Silva *et al.* Resistance of rice varieties to *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). **Florida Entomologist**, p. 769-773, 2016.

- COSTA, Diana Cristina da Silva. **Resistência de variedades de arroz (*Oryza sativa*) ao ataque de *Sitophilus oryzae* e *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)**. 2014. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual de Goiás, Ipameri, 2014.
- CASTRO, Adriano Pereira de; FERREIRA, Carlos Magri; SILVA, Rodrigo Sérgio. **Arroz em sistemas sustentáveis sob pivô central**. 2022.
- FARONI, L. R. D. A. Manejo das pragas dos grãos armazenados e sua influência na qualidade do produto final. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 17, p. 36-43, 1992
- FONTES, L. S.; ALMEIDA FILHO, AJ de; ARTHUR, V. Danos causados por *Sitophilus oryzae* (Linné, 1763) e *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) em cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 70, n. 3, p. 303-307, 2003.
- GALLO, D. *et al.* **Manual de entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.
- GARCÍA-LARA, S. BERGVINSON, J. D. Programa integral para reducir pérdidas de poscosecha en maíz. **Agricultura Técnica en México**, v. 33, p. 181-189, 2007.
- GUDRUPS, I. *et al.* A comparison of two methods of assessment of maize varietal resistance to the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, and the influence of kernel hardness and size on susceptibility. **Journal of Stored Product Research**, v. 37, p. 287-302, 2000.
- GUSMÃO, Nelson André da Cunha. **Implementação de um sistema de manejo e controle integrado de pragas em uma indústria de arroz**. 2017.
- HOSSAIN, F. *et al.* Basil oil fumigation increases radiation sensitivity in adult *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 59, p. 108-112, 2014.
- LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas aos insetos**. 2.ed. São Paulo: Ícone, 1991. 336 p.
- LINK, D.; ROSSETO, C. J.; IGUE, T. **Resistência relativa de variedades de arroz em casca, ao ataque de *Sitophilus oryzae* (Linné, 1763), *Sitophilus zeamais* (Motschulsky, 1855) e *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1819) em condições de laboratório**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1971. 70 p.
- LORINI, I. **Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 72 p.
- LORINI, I.; KRZYŻANOWSKI, F.C.; FRANÇA-NETO, J.B.; HENNING, A.A.; HENNING, F.A. **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas**. Brasília/DF: EMBRAPA, 2015. 84p.
- MARSARO JÚNIOR, Alberto L. *et al.* Inibidores de amilase em híbridos de milho como fator de resistência a *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 433-450, 2005.
- MARTINS, Maria Eugénia Graça; RODRIGUES, J. F. Coeficiente de correlação amostral. **Revista de Ciência Elementar**, v. 2, n. 2, p. 1-2, 2014.
- NEETHIRAJAN, S.; KARUNAKARAN, C.; JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G.; Detection techniques for stored-product insects in grain. **Food Control**, Orlando, v.18, p.157-162, 2007.

PEREIRA, Alexandre de Melo. **Processo de ozonização: eficácia biológica, qualidade dos grãos e análise econômica**. 2006.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos**. São Paulo: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. 1917p.

RIBEIRO, B. M. *et al.* Insecticide resistance and synergism in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 39, p. 21-31, 2003.

RIBEIRO, Carla Sibere Nogueira *et al.* Resistência de genótipos de arroz a pragas de grãos armazenados. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 183-187, 2012.

SANTOS, A. B. *et al.* **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. rev. ampl. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1.000 p.

SILVA, J. de S.; AFONSO, A. D. L.; GUIMARÃES, A. C. Estudos dos métodos de secagem. **SILVA, JS Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, p. 105-143, 1995.

SINGH, R. K. *et al.* Genetics and biotechnology of quality traits in aromatic rices. *In*: SINGH, R. K., SINGH, U. S., KHUSH, G. S. **Aromatic Rices**. New Delhi, India: Oxford and IBH Publishing Co Pvt. Ltd, 2000. p. 47-70.

SMITH, C. Michael; CLEMENT, Stephen L. Molecular bases of plant resistance to arthropods. **Annual review of entomology**, v. 57, p. 309-328, 2012.

SOARES, Antônio Alves *et al.* BRSMG Caçula: very early upland rice cultivar for Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, p. 208-211, 2013.

SOUSA, Joseane Rodrigues *et al.* Avaliação de resistência em variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) ao ataque do *Sitophilus oryzae* linnaeus, 1763 (coleoptera: curculionidae). **Nucleus**, v. 7, n. 1, p. 1-8, 2010.

SOUZA, Ícaro Pereira de *et al.* Condições de secagem e armazenamento na qualidade física de grãos de arroz Moti gome. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e77111435866, 2022.

STRECK, Eduardo Anibele *et al.* Adaptability and stability of flood-irrigated rice cultivars released to the subtropical region of Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 1140-1149, 2018.

TERRES, Arlei Laerte; NUNES, Cley Donizeti Martins. "A pesquisa com arroz irrigado no Rio Grande do Sul". *In*: ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Série Culturas: Arroz**. Porto Alegre: Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, 2002. Disponível em: http://www.al.rs.gov.br/FileRepository/repdcp_m505/CAPC/serie_culturas_arroz.pdf. Acesso em 25 maio 2023.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **World Agricultural Supply and Demand Estimates**. USDA, 2023. Disponível em: <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-emsmis/files/3t945q76s/0v839b45x/x346ff79g/wasde0123.pdf> Acesso em: 13 mai. 2023.

VASCONCELLOS, Marina Cristina Massarotto *et al.* Resistência de genótipos de arroz às pragas de armazenamento do gênero *Sitophilus*. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS*, 7., 2013, Uberlândia. **Anais [...]**. Variedade melhorada: a força da nossa agricultura. Viçosa, MG: SBMP, 2013.

VILARINHO, M. K. C. **Inseticidas químicos e extratos vegetais aquosos no controle de *Sitophilus zeamais* em grãos de milho sob condições de armazenamento**. 2012. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Rondonópolis, 2012.

WALTER, Melissa; MARCHEZAN, Enio; AVILA, Luis Antonio de. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, v. 38, p. 1184-1192, 2008.

WANDER, Alcido Elenor; SILVA, Osmira Fátima da; FERREIRA, Carlos Magri. O arroz e o feijão no Brasil e no mundo. **Arroz e feijão**, p. 81, 2021.