

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS

Ester Letícia da Silva Amaral

Resistência de Variedades de Milho Crioulo a *Sitophilus zeamais* Mots., 1855
(coleoptera: curculionidae).

RIO LARGO - AL
2024

Ester Letícia da Silva Amaral

**Resistência de Variedades de Milho Crioulo a *Sitophilus zeamais* Mots., 1855
(coleoptera: curculionidae).**

Dissertação de mestrado apresentada ao
Programa de Pós-graduação em Proteção de
Plantas da Universidade Federal de Alagoas,
para obtenção do grau Mestre(a).

Área de concentração: Entomologia
Orientadora: Prof.^a. Dr^a. Mariana Oliveira
Breda _ CECA-UFAL

RIO LARGO - AL

2024

Catalogação na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

A485r Amaral, Ester Letícia da Silva
Resistência de variedades de milho crioulo *Sitophilus zeamais* Mots.,
1855 (coleóptera: curculionidae). / Ester Letícia da Silva Amaral - 2024.
47 f.; il.

Dissertação (Mestrado Proteção de Plantas) – Universidade Federal
de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo,
2024.

Orientação: Dra. Mariana Oliveira Breda

Inclui bibliografia

1. Milho – cultura. 2. Antibiose. 3. Composição bioquímica. I. Título

CDU: 633.15

Folha de aprovação

ESTER LETICIA DA SILVA AMARAL

RESISTÊNCIA DE VARIEDADES DE MILHO CRIOULO A *Sitophilus Zeamais* MOTS., 1855 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE).

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Proteção de Plantas da Universidade Federal de Alagoas, para obtenção do grau Mestre(a).

Área de concentração: Entomologia

Banca examinadora

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Mariana Oliveira Breda
(Universidade Federal de Alagoas – CECA)

Documento assinado digitalmente
 ROSEANE CRISTINA PREDES TRINDADE
Data: 19/02/2024 17:53:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Examinadora Interna: Prof.^a Dr.^a Roseane Cristina Predes Trindade (Universidade Federal de Alagoas – CECA)

Examinador externo: Prof.^o Dr.^o João Gomes da Costa
(EMBRAPA – ALIMENTOS E TERRITÓRIOS)

Aos meus pais, a minha orientadora e a todos
amigos que foram inspiradores e essenciais para
a concretização deste trabalho.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Agápito Amaral e Rosimeire Amaral por todo esforço, amor e carinho que me foi dado e todo apoio e incentivo que sempre recebi. Vocês sempre serão essenciais no meu crescimento.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Mariana Oliveira Breda, uma inspiração de profissional, agradeço por toda, dedicação, paciência, ensinamentos e parceria. Sem você nada disso seria possível.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Proteção de Plantas do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA/UFAL.

Aos meus amigos de laboratório, Camila Alexandre, Lissandra Moreira, Katiussia Figueiroa e Alexsandro Pacheco, que me acolheram com carinho tornando tudo mais prazeroso.

Aos meus amigos que sempre me incentivaram e me apoiaram, Joyce Borges, Yvanna Angelo, Célio Goes e, em especial Jean Jardel, seu incentivo foi essencial nessa jornada. Obrigada!

À Prof^a. Dr^a. Roseane Predes por abrir as portas do Laboratório de Entomologia: Controle Alternativo de Pragas (LECAP-CECA)

E a todos que me ajudaram de forma direta ou indireta.

Muito Obrigada!

RESISTÊNCIA DE VARIEDADES DE MILHO CRIOULO A *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE).

RESUMO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) pertencente à família poacea apresenta grande importância em assentamentos rurais e em diferentes formas de organização social de produção, incluindo a agricultura familiar, indígena e quilombola, que são consideradas mantenedoras e guardiãs da variabilidade e biodiversidade natural de plantas cultivadas com a manutenção e multiplicação de sementes crioulas, caracterizadas por variedades locais, cultivadas através de gerações. Dentre os entraves fitossanitários enfrentados no armazenamento de variedades crioulas de milho, merece destaque o gorgulho do milho, *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Coleoptera: Curculionidae), considerado praga-chave dessa cultura, em todas as regiões produtoras, ocasionando danos quantitativos e qualitativos diversos. Dessa forma, a avaliação da resistência de variedades de milho crioulo ao ataque de *S. zeamais* foi realizada através de bioensaios de preferência hospedeira, índice de susceptibilidade (IS), taxa instantânea de crescimento populacional (ri), perda de peso (g), além da determinação de teores de umidade (%) e cinzas (%) foram os objetivos deste estudo. Os resultados obtidos demonstraram maior preferência hospedeira para a variedade crioula Palha Roxa e menor preferência de *S. zeamais* para a variedade comercial BRS Caatingueiro. O estado de utilização dos grãos de milho nos bioensaios, (i) grãos não atacados e intactos, (ii) grãos não atacados e quebrados, (iii) atacados e intactos ou (iv) atacados e quebrados também influenciaram à escolha de *S. zeamais* nos bioensaios realizados. De forma geral, os índices de susceptibilidade variaram de 0,01 para a variedade Caatingueiro a 0,034 para a variedade crioula Jabotão, corroborando as taxas instantâneas de crescimento populacional, variando entre 0,026 para a variedade comercial Caatingueiro e 0,046 para a variedade crioula Palha Roxa. A variedade Caatingueiro também apresentou menor perda de peso (35,98g), enquanto a variedade crioula Palha Roxa (188,76g) exibiu perda de peso significativamente maior, além de elevados teores de umidade (%) e cinzas (%).

Palavras-Chave: *Zea mays* L., antixenose, antibiose, composição bioquímica.

RESISTANCE OF CREOLE MAIZE VARIETIES TO *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE).

ABSTRACT

The mayze crop (*Zea mays* L.) belonging to the Poacea Family, is of great importance in rural settlements and in different forms of social organization of production, including family, indigenous and quilombola agriculture, which are considered maintainers and guardians of the variability and natural biodiversity of cultivated crops with the maintenance and multiplication of creole seeds, characterized by local varieties, cultivated through generations. Among the phytosanitary problems faced in the storage of mayze seeds, the corn weevil, *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Coleoptera: Curculionidae), is considered a key pest of corn in all producing regions, causing several quantitative and qualitative damage. Thus, the evaluation of the resistance of creole mayze varieties to *S. zeamais* attack was carried out through host preference bioassays, susceptibility index (SI), instantaneous population growth rate (ri), weight loss (g), in addition to determining moisture (%) and ash (%) contentes, were the objectives of this study. The results obtained demonstrated greater host preference for the creole variety Palha Roxa and lower preference of *S. zeamais* for the commercial BRS Caatingueiro. The state of use of the corn grains in the bioassays, (i) unattacked and intact grains, (ii) unattacked and broken grains, (iii) attacked and intact or (iv) attacked and broken grains also influenced the choice of *S. zeamais*. In general, susceptibility indices ranged from 0.01 for the Caatingueiro variety to 0.034 for the Jabotão creole variety, corroborating the instantaneous population growth rates, varying between 0.026 for the commercial Caatingueiro and 0.046 for the Palha Roxa creole variety. The Caatingueiro variety also showed lower weight loss (35.98g), while Palha Roxa (188.76g) showed significantly greater weight loss, in addition to high moisture (%) and ash (%) content.

Keywords: *Zea mays* L., antixenosis, antibiosis, biochemical composition.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Preferência hospedeira de *Sitophilus zeamais* Motts. 1855 (Coleoptera: Curculionidae) (%) em grãos não atacados e intactos de variedades de milho crioulo e comercial após 24 e 48h, em testes com chance de escolha (P<0,05): Autora, 2024.....33

Figura 2. Preferência hospedeira de *Sitophilus zeamais* Motts. 1855 (Coleoptera: Curculionidae) (%) em grãos atacados e intactos de variedades de milho crioulo e comercial após 24 e 48h, em testes com chance de escolha (P<0,05): Autora, 2024 34

Figura 3. Preferência hospedeira de *Sitophilus zeamais* Motts. 1855 (Coleoptera: Curculionidae) (%) em grãos não atacados quebrados de variedades de milho crioulo e comercial após 24 e 48h, em testes com chance de escolha (P<0,05): Autora, 2024.

.....36

Figura 4. Preferência hospedeira de *Sitophilus zeamais* Motts. 1855 (Coleoptera: Curculionidae) (%) em grãos quebrados e atacados de variedades de milho crioulo e comercial após 24 e 48h, em testes com chance de escolha (P<0,05): Autora, 2024.....38

Figura 5. Índice de susceptibilidade (IS) de variedades de milho crioulo e comercial ao ataque de *Sitophilus zeamais* Motts. 1855 (Coleoptera: Curculionidae) (P<0,05): Autora, 2024.....40

Figura 6. Taxa instantânea de crescimento populacional (ri) de *Sitophilus zeamais* Motts. 1855 (Coleoptera: Curculionidae) em variedades de milho crioulo e comercial

(P<0,05): Autora, 2024.....41

Figura 7. Perda de peso (g) de grãos de variedades de milho crioulo e comercial submetidas ao ataque de *Sitophilus zeamais* Motts. 1855 (Coleoptera: Curculionidae)

(P<0,05): Autora, 2024.....40

Figura 8. U Umidade de grãos (%) de variedades de milho crioulo e comercial

(P<0,05): Autora, 2024.....39

Figura 9. Teor de cinzas (%) em grãos de variedades de milho crioulo e comercial

(P<0,05): Autora, 2024.....40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 O milho, <i>Zea Mays</i> L. (Poaceae)	14
2.2 Variedades crioulas de milho, <i>Zea mays</i> L.	15
2.3 <i>Sitophilus zeamais</i> Motts. 1855 (Coleoptera: Curculionidae): taxonomia e aspectos biológicos	16
2.4 Manejo de <i>Sitophilus zeamais</i> em milho armazenado	17
2.5 Composição bioquímica de <i>Zea mays</i> L.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Local do experimento	20
3.2 Obtenção das sementes de variedades crioulas de milho armazenadas em bancos de sementes no estado de Alagoas.	20
3.3 Criação de <i>Sitophilus zeamais</i>	21
3.4 Preferência hospedeira de <i>Sitophilus zeamais</i> em variedades de milho crioulo.....	21
3.5 Índice de susceptibilidade de variedades de milho crioulo a <i>Sitophilus zeamais</i>	22
3.6 Crescimento populacional de <i>Sitophilus zeamais</i>	23
3.7 Perda de peso em grãos de milho de variedades crioulas submetidos a <i>Sitophilus zeamais</i>	24
3.8 Análises bioquímicas de variedades de milho crioulo.....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1 Preferência hospedeira de <i>Sitophilus zeamais</i> em variedades de milho crioulo.....	26
4.1.1. Grãos não atacados e intactos	26
4.1.2. Grãos atacados e intactos	28

.1.3. Grãos não atacados e quebrados	30
.1.4. Grãos atacados e quebrados	32
4.2 Índice de susceptibilidade de variedades de milho crioulo a <i>Sitophilus zeamais</i>	34
4.3 Crescimento populacional de <i>Sitophilus zeamais</i>	36
4.4 Perda de peso em grãos de milho de variedades crioulas submetidos a <i>Sitophilus zeamais</i>	39
4.5 Análise bioquímica de variedades de milho crioulo.....	40
4.5.1. Umidade de grãos (%)	40
4.5.2. Teor de Cinzas (%)	42
5. CONCLUSÕES	44
6. REFERÊNCIAS	46

1. INTRODUÇÃO

As sementes crioulas têm relação com o meio natural e com a história do povo de um determinado lugar, fruto da domesticação advinda de inúmeras gerações, sendo também chamadas de semente comum, natural, caseira, verdadeira, doméstica, variedade tradicional, rústica ou nativa. Porém, com a modernização da agricultura, as sementes crioulas foram sendo substituídas por variedades híbridas e transgênicas, ocasionando a dependência dos agricultores em relação às indústrias fornecedoras de insumos, incluindo sementes, e a perda da biodiversidade na agricultura (MEIRELLES; RUPP, 2006).

Assim, organizações de técnicos e de agricultores vêm realizando trabalhos de resgate e ampliação da utilização de sementes crioulas em cultivos agroecológicos em diversas regiões. Em Alagoas, as sementes crioulas são chamadas “sementes da resistência” e em 1996 houve a criação da COPPABACS (Cooperativa de Pequenos Produtores Agrícolas dos Bancos Comunitários de Sementes) com sede em Delmiro Gouveia, que vem estimulando à utilização de sementes crioulas, principalmente feijão e milho, inclusive através de incentivos de políticas públicas do governo de Alagoas (COPPABACS, 2018).

O processo de armazenamento de sementes é fundamental na conservação de sua qualidade e germinação. Nesse processo, a utilização de silos metálicos, com vedação total, é desejável para evitar o desenvolvimento de insetos e microorganismos (LIMA; FORTI, 2020). Porém, o baixo nível tecnológico empregado para a estocagem de grãos e sementes na agricultura familiar, a exemplo da utilização de sacos de papel, sacarias de fibra plástica e garrafas PET, podem favorecer a ocorrência de infestações e entraves fitossanitários (ELIAS et al., 2017).

Os insetos de grãos e sementes armazenadas são geralmente coleópteros, que depositam seus ovos na superfície, penetrando e se desenvolvendo no interior dos grãos e sementes, perfurando-os para a emergência do adulto. Dentre esses, destaca-se a espécie *Sitophilus zeamais* Mots. 1855 (Coleoptera: Curculionidae), considerada praga-chave no armazenamento de milho

em todas as regiões produtoras (CERUTI; LAZZARI, 2005; TREMATERA et al., 2013) e apontado como o principal problema fitossanitário em banco de sementes crioulas de milho no estado de Alagoas. Esse inseto, destaca-se devido a sua elevada taxa de reprodução, infestação cruzada (capacidade de atacar grãos tanto no campo, quanto em silos) e de sobreviver a grandes profundidades na massa dos grãos (PACHECO; PAULA, 1995; LORINI, 2002) além disso, a infestação de *S. zeamais* pode facilitar o estabelecimento de colonizadores secundários, como ácaros e patógenos de produtos armazenados (DEVI et al., 2017).

Em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) de Grãos Armazenados, aplicam- se, principalmente, os inseticidas protetores e os fumigantes, porém, o uso indiscriminado destes produtos tem gerado problemas como a seleção de populações de insetos resistentes e a contaminação de alimentos com resíduos de ingredientes ativos (LORINI, 2001; EMBRAPA, 2015).

Dessa forma, o uso de sementes crioulas pode fortalecer a aplicação de outros métodos de controle, como por exemplo a resistência de plantas a insetos, visto que ao possuírem alto grau de adaptação às regiões produtoras, as variedades crioulas seriam possíveis fontes de resistência para entraves fitossanitários (GAIKPA et al., 2020; RUBIALES et al., 2021). A presença de resistência em plantas pode ser detectada de várias formas, uma delas é em função do comportamento de não preferência do inseto para alimentação, oviposição ou abrigo, caracterizando a resistência por antixenose; ou quando a planta afeta a biologia, ocasionando um efeito negativo no ciclo biológico da praga, sendo assim chamada antibiose; e ainda, quando submetidas ao mesmo grau de infestação uma planta tem melhor capacidade de suportar danos, sendo denominada de tolerância (LARA, 1991; GUZZO, 2009).

Assim, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar a resistência de três diferentes variedades de milho crioulo e uma comercial a *S. zeamais*, através da determinação da preferência hospedeira (Antixenose), índice de susceptibilidade (IS) e taxa de crescimento populacional (r_i) (Antibiose), além da perda de peso (g) e composição bioquímica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O milho, *Zea Mays L.* (Poaceae)

Pertencente à família Poaceae, o milho *Zea mays L.* tem sua origem na América Central, precisamente no México, sendo considerada uma das culturas agrícolas de maior importância mundial (SILVEIRA et al., 2015). Devido a sua versatilidade de utilização, é considerado um alimento de alto valor energético, além de ser empregado em grande número de produtos de custo relativamente baixo, representando o segundo cereal mais importante em termos de produção mundial, superado apenas pelo trigo (MÔRO, 2015; FRITSCHE NETO, 2015).

Os produtos oriundos do consumo industrial do milho são matérias-primas para a indústria alimentícia, sendo processadas pelas indústrias moageiras a seco e úmido. A moagem seca é o processo mais utilizado no Brasil, pois, devido a sua relativa simplicidade, não demandam grandes investimentos tecnológicos. Deste processo, resultam subprodutos de diversos segmentos, como a farinha de milho, o fubá, a quirera, farelos, óleo e farinha integral desengordurada (EMBRAPA, 2022).

De acordo com Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, o Brasil encontra-se como o terceiro maior produtor de milho em nível mundial, atrás apenas dos Estados Unidos e China. É previsto para a safra de 2023/2024 uma produção de 5.636 kg/ha, em 21,19 milhões de hectares cultivados, atendendo a demanda de comércio interno para fins de consumo dos brasileiros, exportação e indústria de ração para animais. De forma geral, as regiões de Centro-Oeste, Sul e Sudeste são as que apresentam maiores índices de produção do grão. Os maiores produtores de milho brasileiros são Mato Grosso, Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais, respectivamente (CONAB, 2023).

No estado de Alagoas, o cultivo do milho é geralmente praticado em sistemas de consórcio com outras culturas, com exceção da região de Arapiraca, o cultivo é pouco tecnificado, devido ao fato de a cultura ser utilizada basicamente para subsistência da maioria dos grupos familiares, com o uso de mão de obra própria (IBGE, 2017). Na safra 2023/2024, Alagoas produziu 177,6 mil toneladas de grãos de milho, em 58,1 mil ha cultivados, com produção média de 5,855% kg/ha,

ficando em último lugar na produção da região Nordeste (CONAB, 2023). Diante desses baixos índices, atrelado a crise do setor sucroalcooleiro e pelas condições edafoclimáticas favoráveis à cultura do milho, o governo do estado, a partir de 2015, vem implantando ações através da SEAGRI, visando ampliar a produção de milho no estado de Alagoas com geração e aumento de emprego e renda.

2.2 Variedades crioulas de milho, *Zea mays* L.

As variedades crioulas estão relacionadas diretamente ao meio natural e à história local, fruto da domesticação advinda de inúmeras gerações, no seio da agricultura familiar, de povos originários e quilombolas, recebendo diversas denominações, a exemplo de semente comum, natural, caseira, verdadeira, doméstica, variedade tradicional, rústica ou nativa (MEIRELLES; RUPP, 2006).

O resgate, o cultivo e a manutenção de variedades crioulas de milho são importantes por essas sementes constituírem fontes de variabilidade genética, apresentando diversas vantagens ligadas à sustentabilidade da produção, como possíveis resistência às doenças, pragas e desequilíbrios climáticos. O ganho ambiental na utilização de variedades crioulas também é considerado superior, uma vez que, adaptadas localmente, essas variedades mantém a diversidade genética das espécies, podendo servir de fonte para o melhoramento genético vegetal (CECCARELLI et al., 1994).

O diálogo e a preocupação sobre o tema da produção de sementes crioulas e de alimentos diversificados, tem se intensificado nos últimos anos, devido à grande publicidade acerca dos potenciais problemas que a produção convencional, em monocultura de larga escala com intensa utilização de agrotóxicos, tem acarretado ao meio ambiente e dos impactos causados na saúde da população (CAMP, 2017).

Em 2015, por meio da Portaria interministerial nº 1, foi estabelecido o Programa Nacional de Sementes e Mudas para a Agricultura Familiar (PNSMAF), cujo objetivo é ampliar o acesso dos agricultores familiares às sementes e mudas de qualidade e adaptadas ao território, para fortalecer

sistemas agroalimentares de base agroecológica, através de apoio a programas e ações destinadas à produção, melhoramento, resgate, conservação, multiplicação e distribuição de materiais propagativos locais. O PNSMAF tem como objetivo ampliar o acesso dos agricultores familiares às sementes crioulas e mudas adaptadas à sua localidade, fortalecendo os sistemas agroalimentares de base agroecológica e prevendo o apoio de entidades de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) no processo (BRASIL, 2022). Em 2016, 640 bancos de sementes foram implantados e 12 mil famílias estão cadastradas no programa (FAO, 2016).

Em Alagoas, as sementes crioulas são denominadas “Sementes da Resistência” contando com um Banco Comunitário de Sementes localizado em Delmiro Gouveia, através da Cooperativa de Pequenos Produtores Agrícolas dos Bancos Comunitários de Sementes – COPPABACS, que surgiu em novembro de 1996 e atualmente dispõe de 312 sócios. Várias ações desenvolvidas pela COPPABACS, que além da manutenção de variedades crioulas, têm contribuído para alcançar dados relevantes aos produtores locais, como a venda direta dos alimentos produzidos pelos agricultores à CONAB através do Programa de Aquisição de Alimentos – PAA, distribuição de insumos agrícolas pelo governo do estado, além de fornecer assistência técnica e extensão rural (COPPABACS, 2018).

De forma geral, o armazenamento adequado de grãos e sementes é necessário para garantir o abastecimento para utilização ao longo do ano, prevenir eventuais períodos de escassez, proporcionar maior estabilidade dos preços e preservar as qualidades físicoquímicas e nutricionais diminuindo o custo de produção e garantindo soberania agrícola e alimentar para diversas famílias (FAO, 1985; PATERNIANI et al., 2000; CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2010).

2.3 *Sitophilus zeamais* Motts. 1855 (Coleoptera: Curculionidae): taxonomia e aspectos biológicos

Cerca de 30 espécies de Curculionidae são encontradas em produtos armazenados em várias partes do mundo (MOUND, 1989). Nessa família estão incluídas espécies de grande importância, como pragas de grãos armazenados pertencentes ao gênero *Sitophilus* que podem ser encontradas infestando trigo, aveia, centeio, cevada, arroz e milho (LYON, 2001).

A espécie *S. zeamais*, o gorgulho do milho, possui um corpo pequeno, medindo aproximadamente de 2,5 a 3,5 mm de comprimento, com coloração variando entre o marrom-claro e o marrom-escuro. Caracterizam-se por apresentar a cabeça projetada à frente dos olhos, formando um rostro bem definido, em cuja extremidade se encontra o aparelho bucal mastigador (PACHECO; PAULA, 1995).

No que diz respeito aos aspectos biológicos, *S. zeamais* tem um ciclo de vida holometabólico, passando pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto. A fêmea adulta deposita seus ovos diretamente nos grãos de milho, geralmente preferindo os mais secos e danificados. Após a fase de pupa, ocorre a emergência dos adultos, que são capazes de voar e se dispersar, procurando novos locais para infestação. O desenvolvimento completo é possível entre 15 e 35 °C, com duração média de 35 dias, em condições ótimas, a 27 °C e 70% UR (RIBEIRO, 2010).

Os principais prejuízos causados por *S. zeamais* são a perda de massa, do poder germinativo das sementes e do valor nutritivo, ocasionando a desvalorização comercial do produto (LAZZARI, 1997). Vale a pena notar que a infestação de *S. zeamais* pode facilitar o estabelecimento de colonizadores secundários, ácaros e patógenos de produtos armazenados (DEVI et al., 2017).

2.4 Manejo de *Sitophilus zeamais* em milho armazenado

Insetos associados a infestações em grãos armazenados, a exemplo de *S. zeamais*, estão adaptados a uma dieta a base de material vegetal seco (FARONI, 1992), possuindo características especiais que lhes permitem a sobrevivência em condições de baixa disponibilidade de água,

apresentando alto potencial biótico, facilidade de disseminação e infestação cruzada (MORDUE et al., 1980).

Em decorrência dos prejuízos ocasionados por *S. zeamais*, faz-se necessária à utilização contínua de medidas de controle. No Brasil aplicam- se, principalmente, os inseticidas protetores e os fumigantes, porém, o uso indiscriminado desses produtos pode gerar efeitos indesejáveis, como a seleção de populações de insetos resistentes e a contaminação de alimentos com resíduos de ingredientes ativos (LORINI, 2001).

Dessa maneira, para *S. zeamais*, estudos com o objetivo de determinar a viabilidade de perturbações físicas periódicas na mortalidade mostraram que os recipientes mexidos duas vezes ao dia apresentaram uma taxa de mortalidade significativa de *S. zeamais*, diminuindo a sobrevivência à medida que o tempo de armazenamento aumentou (SULEIMAN, 2016), sugerindo um método viável, simples, acessível e eficaz de proteger os grãos de milhos, com possibilidade de adoção para a agricultura familiar, como uma alternativa à utilização de inseticidas químicos sintéticos.

Da mesma forma, a utilização da resistência de plantas a insetos é proposta como um método de controle eficiente, apresentando uma série de vantagens com relação ao uso dos inseticidas químicos sintéticos: não onera o custo de produção, não oferece riscos para a saúde humana e animal, e reduz com eficiência as perdas quantitativas e qualitativas no armazenamento de grãos (MAZZONETO; BOIÇA JÚNIOR, 1997; MARSARO JÚNIOR et al., 2004a; MARSARO JÚNIOR et al., 2004b; TEESTES, 2021).

De acordo com a classificação inicialmente proposta por Painter (1951) e aceita até hoje, existem três categorias de resistência: antibiose, não preferência ou antixenose e tolerância (SMITH, 2005). A resistência ocorre quando características estruturais ou químicas da planta impedem a alimentação dos herbívoros e, assim, minimizam a quantidade de danos causados pelos herbívoros sofridos pela planta. Já a tolerância ocorre quando as características das plantas reduzem os efeitos negativos dos danos dos herbívoros no rendimento das culturas. Esta diferenciação pode permitir que as características defensivas sejam combinadas com o risco representado pela praga alvo: ou seja, uma praga de alto risco que deve ser reduzida a baixas

densidades ou eliminada versus uma praga de baixo risco que pode ser tolerada dentro de certos limites de abundância (MITCHELL et. al, 2016).

Para *S. zeamais*, estudos demonstram que as causas da resistência de milho podem estar relacionadas a características de natureza química, física e morfológica.

Nhamucho et al. (2017) testaram 17 genótipos de milho para avaliar a resistência a *S. zeamais*, entre as amostras, sete eram híbridos experimentais, um híbrido liberado, duas variedades de polinização aberta, e três landraces, dois resistentes e dois suscetíveis, foi constatado que dos genótipos testados os que possuíam alto valor proteico eram resistentes enquanto os com alto teor de amido eram suscetíveis, e entre os resistentes estava uma variedade landarce.

O estudo de Frazão et al. (2018) avaliou a resistência de cultivares de milho em seus efeitos de nutrição em *S. zeamais* e foi constatado que a presença de inibidores de lectinas e tripsina influenciaram no aumento de resistência das cultivares, o que prolonga o ciclo biológico dos *S. zeamais* e diminui o consumo de matéria seca dos grãos.

Groot et al. (2017) avaliaram a produção e os danos da progénie de *S. zeamais* em três híbridos de milho, observando efeito significativo na produção de progénie e danos. Assim, é essencial considerar as características específicas de diferentes variedades no desenvolvimento de estratégias para controlar a infestação por *S. zeamais* em milho armazenado.

A resistência das plantas a insetos-praga tem vantagens sobre outras táticas de controle direto. Por exemplo, a resistência das plantas a insetos não é dependente da densidade, é específica, afetando apenas a praga alvo, são cumulativos ao longo do tempo e duradoura (TEESTES, 2021).

2.5 Composição bioquímica de *Zea mays* L.

Os grãos do milho são, geralmente, amarelos ou brancos, podendo apresentar colorações variando desde o preto até o vermelho. O peso individual do grão varia, em média, de 250 a 300mg e sua composição média em base seca é 72% de amido, 9,5% proteínas, 9% fibra (a maioria resíduo detergente neutro) e 4% de óleo (CORE, 2006).

FERREIRA et al. (2019) obtiveram resultados de 5,0 a 11,0 % para os teores de fibra e grãos de milho, considerando o milho como um alimento fonte de fibras. Para teores de Resíduo

Mineral Fixo os valores variaram de 0,6 a 1,0 %, sendo permitido até 1% de cinzas de acordo com a Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Falos. Para teores de lipídeos foi obtido resultado com variância de 0,02 a 0,06%, que estão abaixo dos relatados de 1,5%, demonstrando que é um alimento com baixo teor de gordura. Os teores de proteínas foram entre 5,0 e 7,3 %

Em estudo com o objetivo de avaliar as características físico-químicas do milho atacado por *S. zeamais*, foi observado que após a exposição dos grãos de milho ao ataque de *S. zeamais* a gordura teve redução superior a 40%, sendo o constituinte químico que mais diminuiu durante o armazenamento, e, a quantidade de grãos danificados, principalmente os carunchados, aumentou conforme o tempo de armazenamento e a população de insetos presentes, levando a uma desvalorização comercial do produto (ANTUNES et al., 2011).

Câmara (2005) avaliando a composição bioquímica dos grãos de milho crioulo, sendo elas, massa de mil sementes, amido, óleo e teor de proteína. Observou que os grãos das cultivares crioulas Asteca, Ipanema e Palha roxa, possuem elevado teor proteico e que todas as cultivares crioulas demonstraram elevados teores de óleo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Entomologia Agrícola e Florestal (LEAF) do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA-UFAL), em Rio Largo – AL.

3.2 Obtenção das sementes de variedades crioulas de milho armazenadas em bancos de sementes no estado de Alagoas.

A aquisição das sementes de variedades crioulas de milho foi realizada através da Cooperativa de Pequenos Produtores Agrícolas dos Bancos Comunitários de Sementes –

COPPABACS, no município de Delmiro Gouveia, sertão de Alagoas, sendo as variedades crioulas disponíveis: (i) Jabotão; (ii) Batité e (iii) Palha Roxa.

As variedades de milho crioulo e a variedade comercial Caatingueiro foram armazenadas em sacos plásticos, a -20°C, por 30 dias, com finalidade de eliminar os insetos provenientes do campo (FALEIRO et al., 1995).

3.3 Criação de *Sitophilus zeamais*

Os insetos foram criados em sementes de milho cv. Caatingueiro, no Laboratório de Entomologia Agrícola e Florestal (LEAF) do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, em Rio Largo – AL à temperatura de 27 ± 3 °C, umidade relativa de $65\pm5\%$ e fotofase de 12 h, acondicionados em recipientes de vidro, fechados com tampa plástica perfurada e revestida internamente com tecido fino para permitir as trocas gasosas. O confinamento dos insetos foi realizado durante 15 dias para efetuarem a postura, em seguida foram retirados e os recipientes estocados até a emergência da geração F1. Este procedimento foi realizado por sucessivas gerações, de modo a assegurar a quantidade de adultos necessários para a execução dos experimentos. A manutenção para limpeza foi realizada com papel-tolha e álcool 70%, as sementes eram retiradas dos potes de vidro para retirada dos insetos emergidos com mais de 15 dias.

3.4 Preferência hospedeira de *Sitophilus zeamais* em variedades de milho crioulo.

Foram utilizadas as variedades crioulas de milho (Batité, Jabotão e Palha roxa) identificadas anteriormente em bancos de sementes, além da cultivar comercial híbrida Caatingueiro. Para a confecção das arenas de preferência hospedeira, potes plásticos incolores de 140 ml com tampa, foram dispostos em arenas pareadas compostas por 02 potes laterais e um pote central conectados por um canudo incolor.

Para cada repetição foi usada 20g das variedades de milho crioulo, além da testemunha. No pote central foram liberados 10 adultos de *S. zeamais*, não sexados, com 24 horas de jejum, com idade entre zero e 15 dias. A temperatura, umidade e fotoperíodo foram monitorados diariamente. Após 24 e 48h foram contabilizados o número de insetos em cada arena. Os bioensaios foram desenvolvidos em delineamento inteiramente casualizado, com 08 repetições.

As condições utilizadas para os testes com chance de escolha foram: (1) Grãos não atacados e intactos; (2) Grãos não atacados e quebrados; (3) Grãos atacados e; (4) Grãos atacados e quebrados.

Os grãos quebrados deram-se por emprego de tesoura de poda para secção dos grãos íntegros. O ataque prévio foi garantido empregando-se grãos que foram utilizados nos bioensaios anteriores e a condição de ausência de ataque (sem ataque prévio) foi garantida através da utilização de grãos obtidos de material submetido à refrigeração, sem ataque de insetos.

Os dados foram analisados através do teste não-paramétrico χ^2 e comparados pela probabilidade de erro a 5%, mediante o pacote estatístico do programa SAS version 8.02 (SAS INSTITUTE, 2002).

3.5 Índice de susceptibilidade de variedades de milho crioulo a *Sitophilus zeamais*

Para o teste de susceptibilidade, a unidade experimental deu-se por uma amostra de 100 g de grãos de milho e por 20 adultos de *S. zeamais*, com idade entre zero e 15 dias, não sexados, por 10 dias (DOBIE, 1977). Após esse período, os insetos adultos foram descartados. Cada amostra foi armazenada em frascos de vidro com capacidade de 1,5 L, fechados com tecido do tipo organza preso por elástico, em condições de laboratório, a 27 ± 2 °C, $75\pm5\%$ de UR e 12 h de fotofase.

Decorridos trinta dias após a infestação, avaliou-se, a cada dois dias, o número de adultos emergidos, os quais foram descartados após a contagem. Essa avaliação foi realizada até o momento em que não mais se observou a emergência de gorgulhos adultos (DOBIE, 1977).

A resistência dos milhos foi avaliada pelo índice de suscetibilidade (IS) (DOBIE, 1977), que relaciona o número de gorgulhos emergidos e o tempo médio de desenvolvimento, após infestação artificial de grãos por *S. zeamais*.

Esse índice é determinado pela seguinte equação:

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

Onde: IS = Índice de suscetibilidade; \ln = logaritmo neperiano; $\sum x$ = somatório do número de gorgulhos emergidos em cada cultivar e T = tempo médio gasto para os gorgulhos completarem o ciclo biológico; variável que foi determinada pela fórmula:

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

onde: x = número de gorgulhos emergidos diariamente e y = número de dias da infestação à emergência.

O experimento foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado com 08 repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% (ASSISTAT 2017).

3.6 Crescimento populacional de *Sitophilus zeamais*

Frascos de vidro com capacidade de 1,5L, fechados com tecido do tipo organza preso por elástico, contendo 250 g de grãos de milho foram utilizados. Os grãos foram infestados com 20 insetos adultos, não sexados, com idade entre zero e 15 dias. Os frascos com os insetos foram

mantidos em sala climatizada, a 27±2 °C, 75±5% de UR e 12 h de fotofase. Após 60 dias de armazenamento ocorreu a avaliação do número total de insetos.

A taxa instantânea de crescimento foi calculada pela equação sugerida por Walthall e Stark (1997):

$$r_i = [\ln(N_f/N_0)]/\Delta t,$$

Em que: N_f = Número final de insetos; N_0 = Número inicial de insetos; e Δt = Número de dias em que o bioensaio será executado. De acordo com a equação, se $r_i=0$ verifica-se o equilíbrio no crescimento populacional; se $r_i > 0$, o crescimento populacional mantém-se em estado ascendente e se $r_i < 0$, a população está em declínio, que poderá levá-la à extinção (Stark & Banks 2003).

Os bioensaios de taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) para *S. zeamais* foram realizados em delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições para cada tratamento (variedades crioulas e Caatingueiro). A média do número de insetos para cada variedade e a taxa instantânea de crescimento populacional foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% (ASSISTAT, 2017).

3.7 Perda de peso em grãos de milho de variedades crioulas submetidos a *Sitophilus zeamais*

Inicialmente, foram pesados 250g de sementes das diferentes variedades crioulas e da variedade comercial Caatingueiro. As sementes foram acondicionadas em frascos de vidro com capacidade de 1,5L, fechados com tecido do tipo organza preso por elástico, liberando-se em seu interior 20 insetos adultos de *S. zeamais*, com idade entre zero e 15 dias, não sexados, por um período de 10 dias. Após esse período, os insetos adultos foram descartados.

Após 60 dias de bioensaio, foi calculado o peso das sementes, avaliando a perda de massa seca dos grãos, provocada pelos indivíduos adultos e sua progênie, determinada pela diferença entre a massa seca inicial (250g sem infestação) e a massa seca final.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 05 repetições para cada variedade submetidas à ambiente controlado, em câmara climatizada, com temperatura de $27\pm1^{\circ}\text{C}$ e fotofase de 12 horas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% (ASSISTAT 2017).

3.8 Análises bioquímicas de variedades de milho crioulo.

As amostras provenientes do bioensaio anterior, com (crescimento populacional) e sem infestação prévia por *S. zemais*, foram enviadas para análise no laboratório de bioquímica do Instituto Federal de Alagoas (IFAL). As amostras das variedades de milho crioulo e a variedade comercial híbrida Caatingueiro foram moídas, em granulometria inferior a 0,5mm, identificadas e colocadas em embalagens de vidro hermeticamente fechadas.

Para obtenção de cinzas e umidade, foi utilizada e 5g de amostra em uma cápsula, previamente aquecida em mufla a 550°C , resfriada em dessecador até a temperatura ambiente e, posteriormente, pesada.

As determinações de matéria seca e dos constituintes: umidade, proteína bruta, lipídios, minerais, carboidratos e fibra foram realizadas pelo emprego das normas dos métodos físico-químicos para análise de alimentos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Os resultados das leituras realizadas em duplicata a serem expressas em porcentagem e em base seca.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com cinco repetições.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (ASSISTAT 2017)

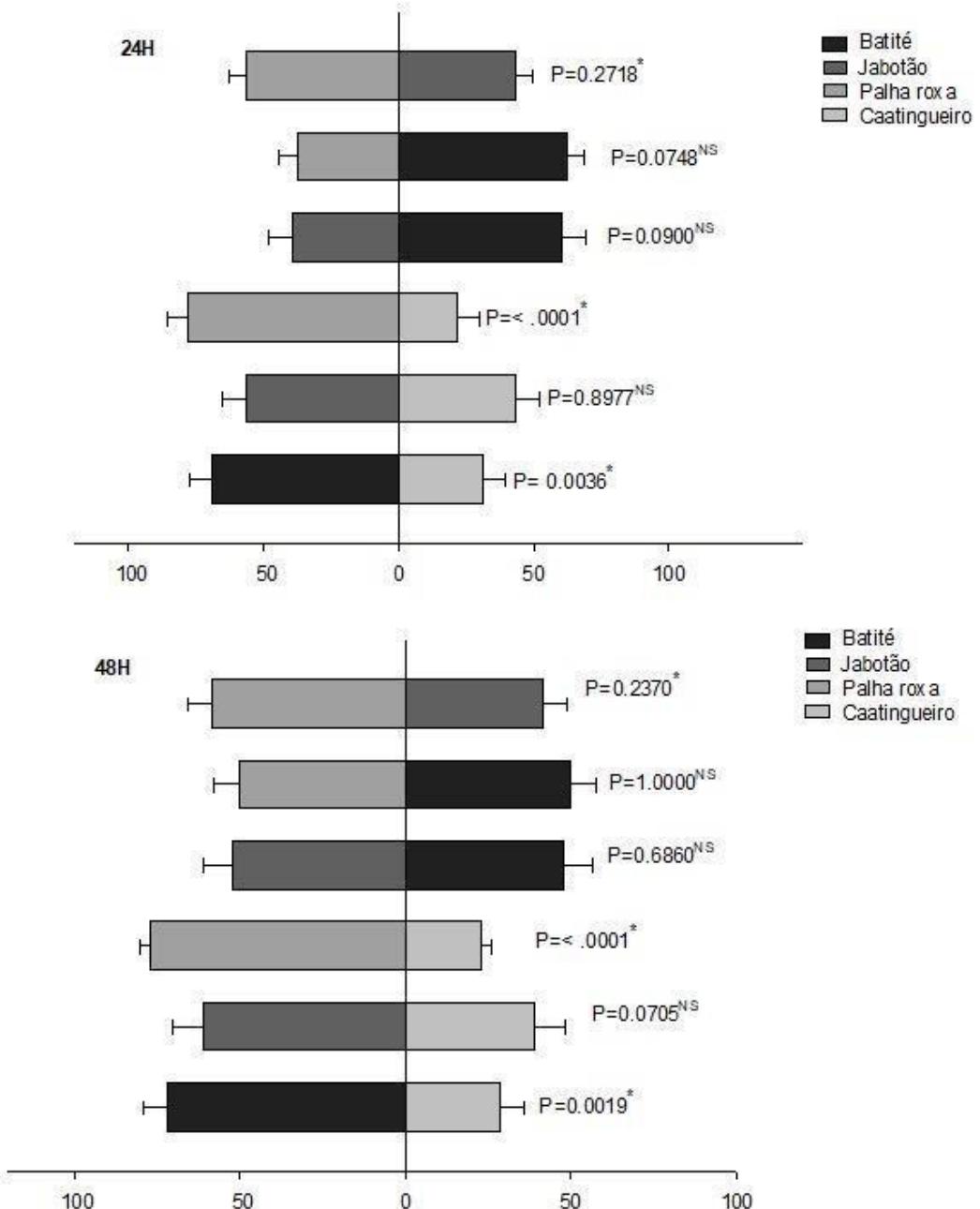
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Preferência hospedeira de *Sitophilus zeamais* em variedades de milho crioulo.

4.1.1. Grãos não atacados e intactos

Os resultados obtidos a partir da avaliação de preferência hospedeira de *S. zeamais* em diferentes variedades de milho crioulo mostrou que, para grãos não atacados e intactos, as variedades crioulas Jabotão e Palha roxa apresentaram diferença estatística significativa entre si, sendo a Palha Roxa a variedade mais preferida, após 24h ($\chi^2=1,207$; $P=0,2718$) e 48h ($\chi^2=1,398$; $P=0,0237$) (Figura 1). Da mesma forma, diferenças significativas foram observadas para os pareamentos Palha Roxa e Caatingueiro após 24h e 48h ($\chi^2= 15.788$; $P <0,001$), como também Batité e Caatingueiro, após 24h ($\chi^2=8.463$; $P=0,0036$) e 48h ($\chi^2=9,625$; $P=0,0019$), nos quais as variedades crioulas Palha Roxa e Batité foram preferidas quando comparadas à variedade comercial Caatingueiro (Figura 1).

Figura 1. Preferência hospedeira de *Sitophilus zeamais* Motts. 1855 (Coleoptera: Curculionidae) (%) em grãos não atacados e intactos de variedades de milho crioulo e comercial após 24 e 48h, em testes com chance de escolha ($P<0,05$). (Autora, 2024).

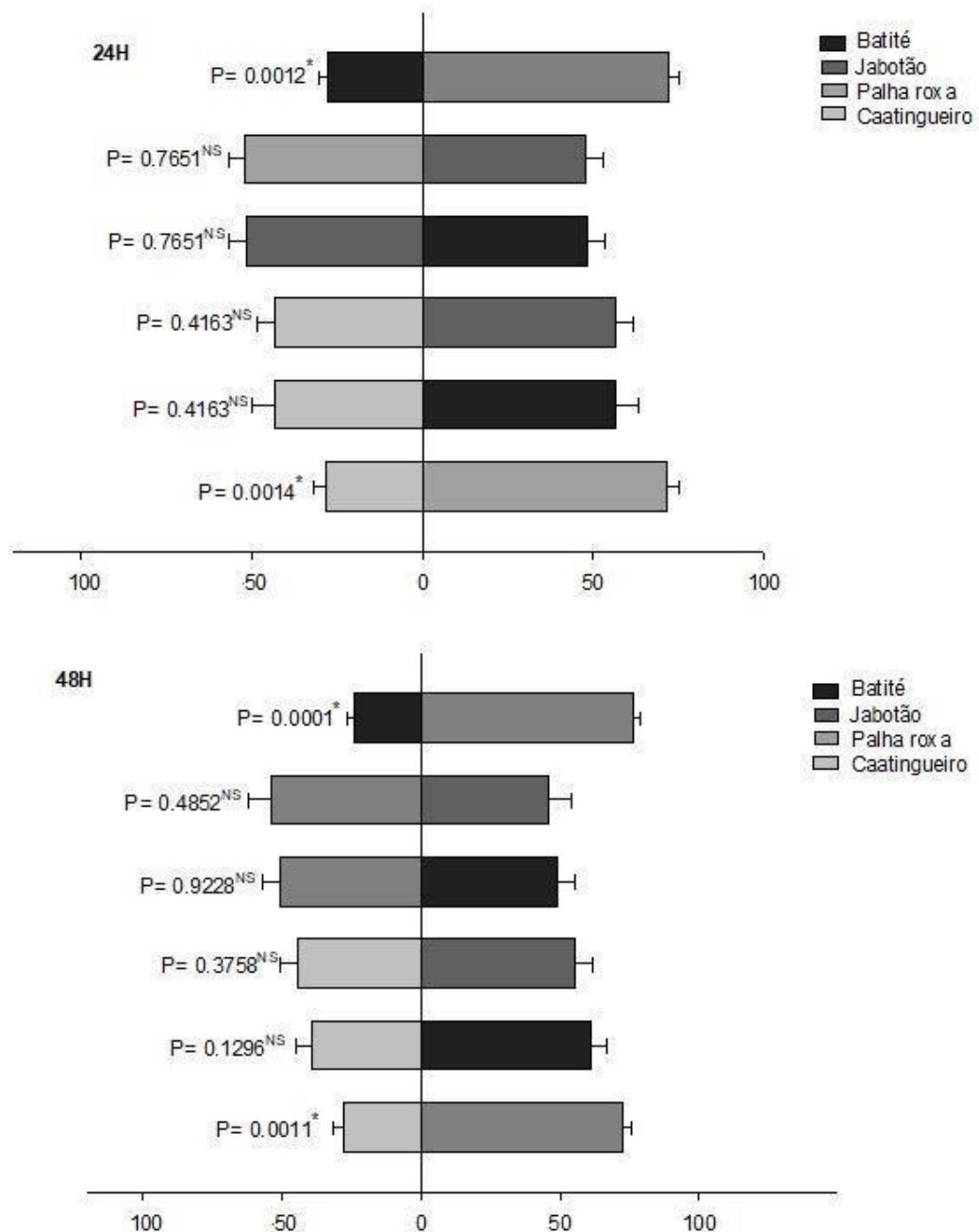


Fonte: Autora, 2024

.1.2. Grãos atacados e intactos

Os resultados para grãos atacados e intactos mostrou diferença significativa para o pareamento de variedades crioulas Batité e Palha Roxa, após 24h ($\chi^2=10,534$; $P=0,0012$) e 48h ($\chi^2=14,439$; $P=0,0001$), no qual a variedade crioula Palha Roxa foi a mais preferida (Figura 2). Foi observado também diferença significativa para o pareamento Caatingueiro e Palha Roxa após 24h ($\chi^2=10,229$; $P=0,0014$) e 48h ($\chi^2=10,628$; $P=0,0011$) no qual, a variedade crioula Palha Roxa foi mais preferida, quando comparada à variedade comercial Caatingueiro (Figura 2).

Figura 2. Preferência hospedeira de *Sitophilus zeamais* Motts. 1855 (Coleoptera: Curculionidae) (%) em grãos atacados e intactos de variedades de milho crioulo e comercial após 24 e 48h, em testes com chance de escolha ($P<0,05$). (Autora, 2024).

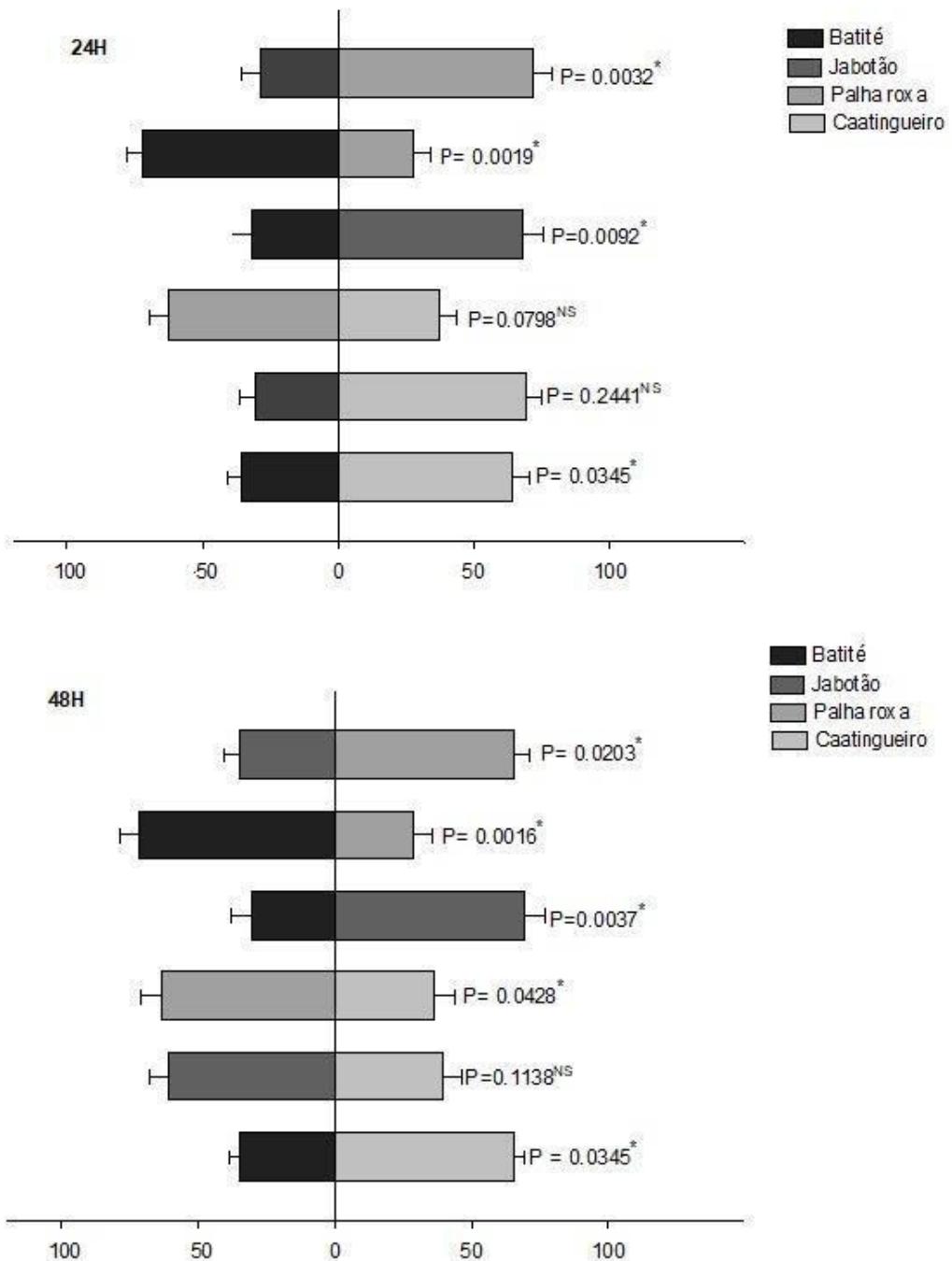


Fonte: Autora, 2024

.1.3. Grãos não atacados e quebrados

Para grãos não atacados e quebrados o pareamento de variedades crioulas Jabotão e Palha Roxa apresentou diferença significativa após 24h ($\chi^2=8,704$; $P=0,0032$) e 48h ($\chi^2=5,388$; $P=0,0203$), sendo a variedade Palha Roxa a mais preferida, como também Batité e Palha Roxa, para o qual a variedade crioula Palha Roxa foi a mais preferida após 24h ($\chi^2=9,25$; $P=0,0019$) e 48h ($\chi^2=9,974$; $P=0,0016$) (Figura 3). No pareamento de variedades crioulas Batité e Jabotão, a variedade Jabotão foi significativamente mais preferida após 24h ($\chi^2=6,786$; $P=0,0092$) e 48h ($\chi^2=8,446$; $P=0,0037$). Também foi observada diferença significativa no pareamento Batité e Caatingueiro, após 24h e 48h ($\chi^2=4,471$; $P=0,0345$), no qual a variedade comercial Caatingueiro foi mais preferida quando comparada à variedade crioula Batité (Figura 3).

Figura 3. Preferência hospedeira de *Sitophilus zeamais* Motts. 1855 (Coleoptera: Curculionidae) (%) em grãos não atacados e quebrados de variedades de milho crioulo e comercial após 24 e 48h, em testes com chance de escolha ($P<0,05$). (Autora, 2024).



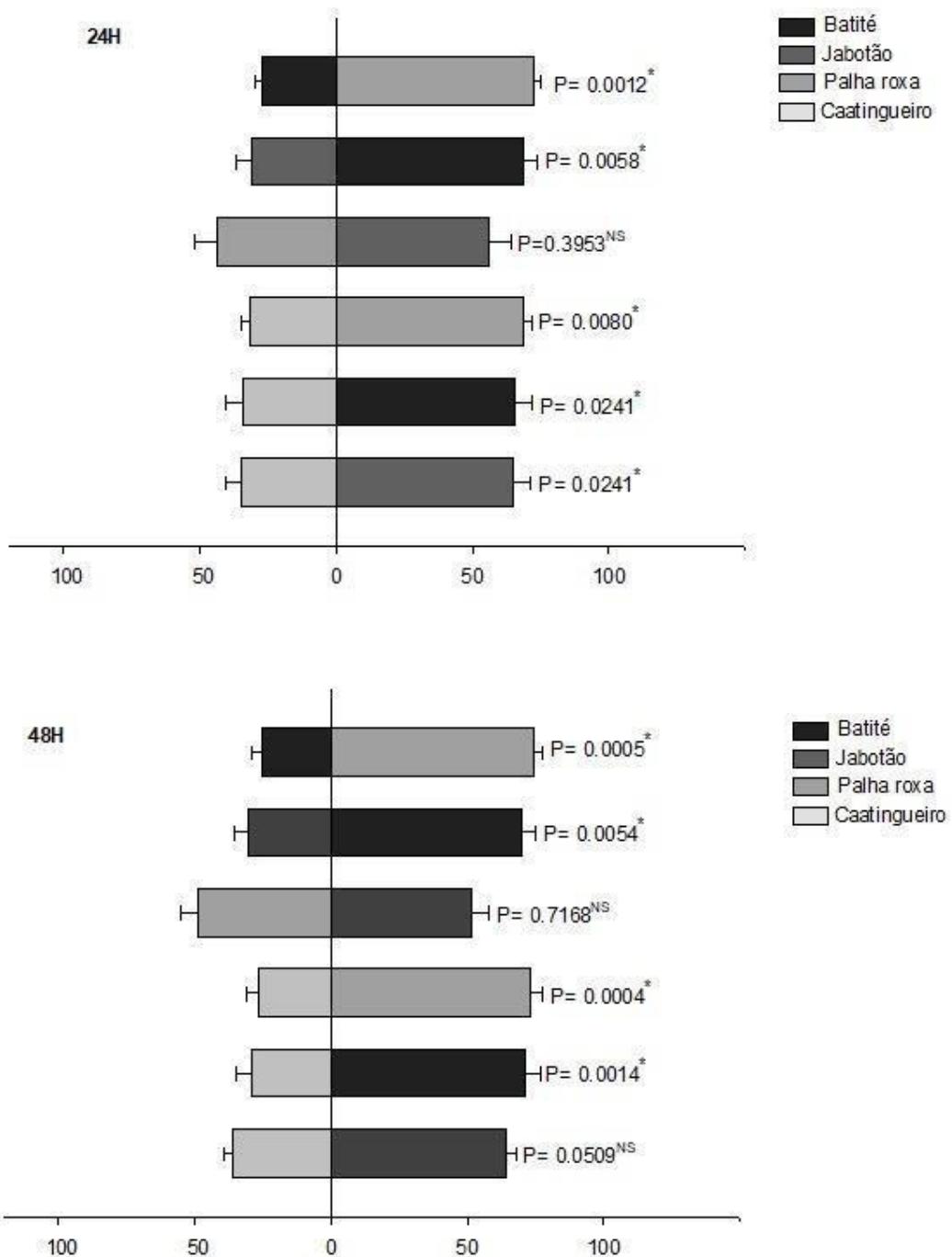
Fonte: Autora, 2024

1.4. Grãos atacados e quebrados

Os resultados obtidos para grãos atacados e quebrados demonstrou que a variedade crioula Palha Roxa foi mais preferida que a variedade crioula Batité após 24h ($\chi^2=10,534$; $P=0,0012$) e 48h ($\chi^2=12,304$; $P=0,0005$). Porém quando comparada à variedade crioula

Jabotão, a variedade Batité foi mais preferida após 24h ($\chi^2=7,601$; $P=0,0058$) e 48h ($\chi^2=7,753$; $P=0,0054$). Nos pareamentos contendo a variedade comercial Caatingueiro, as variedades crioulas Palha Roxa ($\chi^2=0,725$; $P=0,0080$ e $\chi^2=12,577$; $P=0,0004$) e Batité ($\chi^2=5,089$; $P=0,0241$ e $\chi^2=10,172$; $P=0,0014$) foram mais preferidas após 24 e 48h. Porém, no pareamento Caatingueiro e Jabotão, foi observada diferença significativa apenas após 24h ($\chi^2= 5,089$; $P=0,0241$), quando a variedade crioula Jabotão foi a mais preferida.

Figura 4. Preferência hospedeira de *Sitophilus zeamais* Motts. 1855 (Coleoptera: Curculionidae) (%) em grãos atacados e quebrados de variedades de milho crioulo e comercial após 24 e 48h, em testes com chance de escolha ($P<0,05$). (Autora, 2024)



Fonte: Autora, 2024

A partir dos resultados obtidos, pode-se afirmar que a preferência hospedeira de *S. zeamais* foi influenciada pelas variedades crioulas Jabotão, Batité e Palha Roxa, como também pela variedade comercial Caatingueiro. De forma geral, a variedade crioula Palha Roxa foi mais preferida por *S. zeamais* nos pareamentos utilizados, demonstrando possivelmente uma menor resistência do tipo antixenose. Nesse sentido, a variedade comercial Caatingueiro demonstrou maior resistência antixenose, com exceção da utilização de grãos não atacados e quebrados, nos quais a variedade Caatingueiro apresentou-se mais preferida do que a variedade crioula Batité.

No processo de montagem dos bioensaios, foi percebido que a variedade Caatingueiro pode exibir maior dureza do tegumento, apresentando maior dificuldade para ser mecanicamente danificada. Esse fato pode estar ligado a uma maior preferência dos grãos quebrados para a variedade Caatingueiro, visto que a dureza do tegumento estaria lesada, facilitando o ataque e influenciando a escolha de *S. zeamais*.

Estudo realizado em variedades de milho doce, cujo os grãos foram submetidos a ataque prévio, sem ataque prévio, quebrados e intactos, foi observado que os adultos de *S. zeamais* preferiram atacar grãos sem ataque prévio, evitando competição, além de demonstrar preferência em atacar grãos quebrados, apesar de serem capazes de colonizar grãos intactos, sendo considerados pragas primárias (BRITO, 2015).

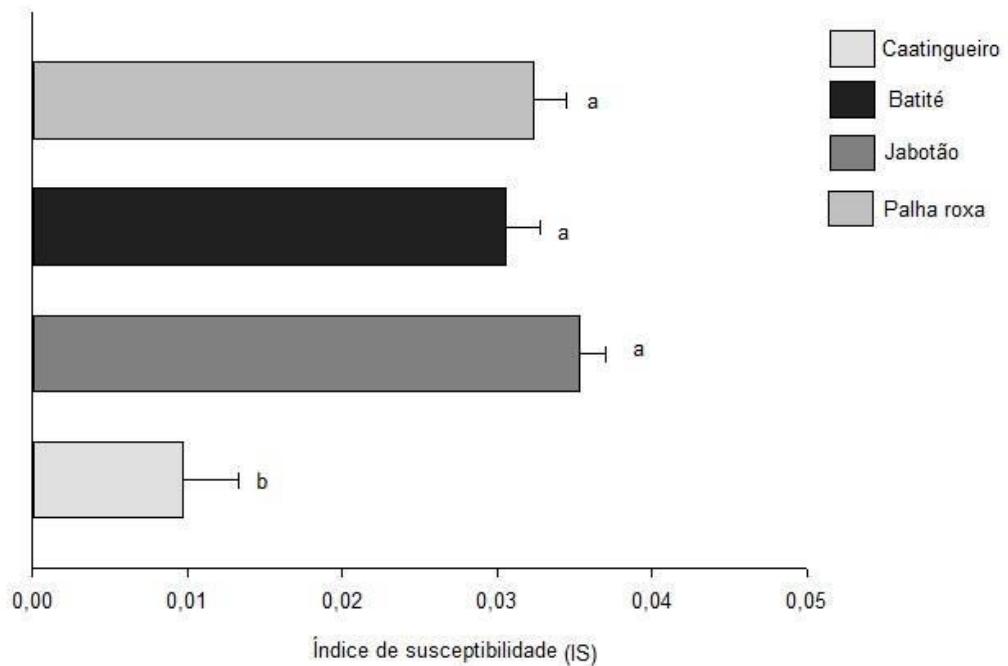
No presente estudo também foi observado que o estado do grão pode ter influenciado a escolha de *S. zeamais*, que demonstrou menor escolha entre as variedades crioulas e comercial quando os grãos apresentavam ataque prévio, com diversos pareamentos com resultados não significativos. Da mesma forma, quando os grãos se apresentaram quebrados, *S. zeamais* demonstrou maior escolha entre as variedades.

4.2 Índice de susceptibilidade de variedades de milho crioulo a *Sitophilus zeamais*

Em relação ao Índice de suscetibilidade (IS) das variedades crioulas de milho Jabotão, Batité e Palha Roxa e da variedade comercial Caatingueiro, pode-se afirmar que a variedade Caatingueiro demonstrou significativamente menor susceptibilidade ($IS=0,01$) ao ataque de *S. zeamais* quando comparada às variedades crioulas de milho ($F=24,65$; $P<0,0001$). As variedades

de milho crioulo não apresentaram diferenças significativas entre si, com índices de susceptibilidade (IS) variando entre 0,030 e 0,034

Figura 5. Índice de susceptibilidade (IS) de variedades de milho crioulo e comercial ao ataque de *Sitophilus zeamais* Motts. 1855 (Coleoptera: Curculionidae) ($P<0,05$). (Autora, 2024).

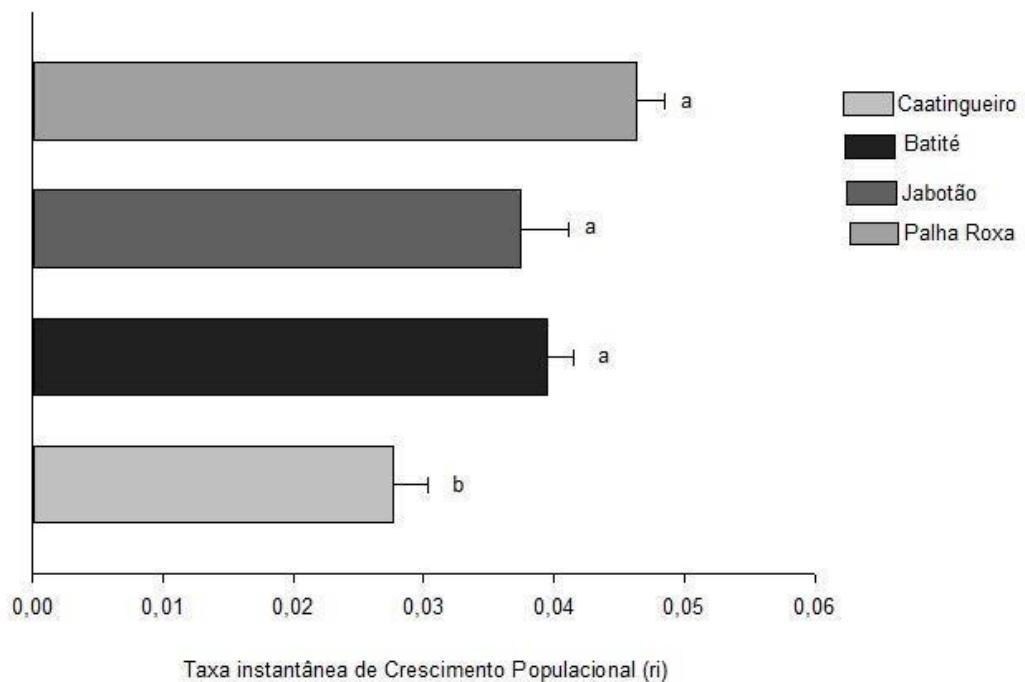


Fonte: Autora, 2024

4.3 Crescimento populacional de *Sitophilus zeamais*

Em relação ao crescimento populacional das variedades crioulas de milho Jabolão, Batitê e Palha Roxa e da variedade comercial Caatingueiro, podemos afirmar que as taxas instantâneas de crescimento populacional (r_i) apresentou valores positivos para todos os tratamentos, indicando que as variedades testadas são adequadas ao desenvolvimento e multiplicação de *S. zeamais* (Figura 6). Porém, a variedade comercial Caatingueiro demonstrou significativamente menor valor de crescimento populacional ($r_i=0,026$) quando comparada às variedades crioulas de milho ($F=9,95$; $P=0,0005$). As variedades de milho crioulo não apresentaram diferenças significativas entre si, com taxas instantâneas de crescimento variando entre 0,042 e 0,046.

Figura 6. Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *Sitophilus zeamais* Motts. 1855 (Coleoptera: Curculionidae) em variedades de milho crioulo e comercial ($P<0,05$). (Autora, 2024).



Fonte: Autora, 2024

Assim como a preferência hospedeira, o índice de susceptibilidade e a taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) foram também influenciadas pelas variedades utilizadas no presente estudo.

Em relação ao índice de susceptibilidade (IS), as variedades crioulas Jabotão, Batité e Palha Roxa demonstraram valores aproximadamente três vezes maior de susceptibilidade ao ataque de *S. zeamais*, quando comparadas à variedade comercial Caatingueiro. Da mesma forma, ao compararmos as taxas de crescimento populacional (r_i), verificamos que as variedades crioulas demonstraram serem mais adequadas ao desenvolvimento de *S. zeamais*, com taxas quase duas vezes maiores de crescimento populacional quando comparadas à variedade comercial Caatingueiro.

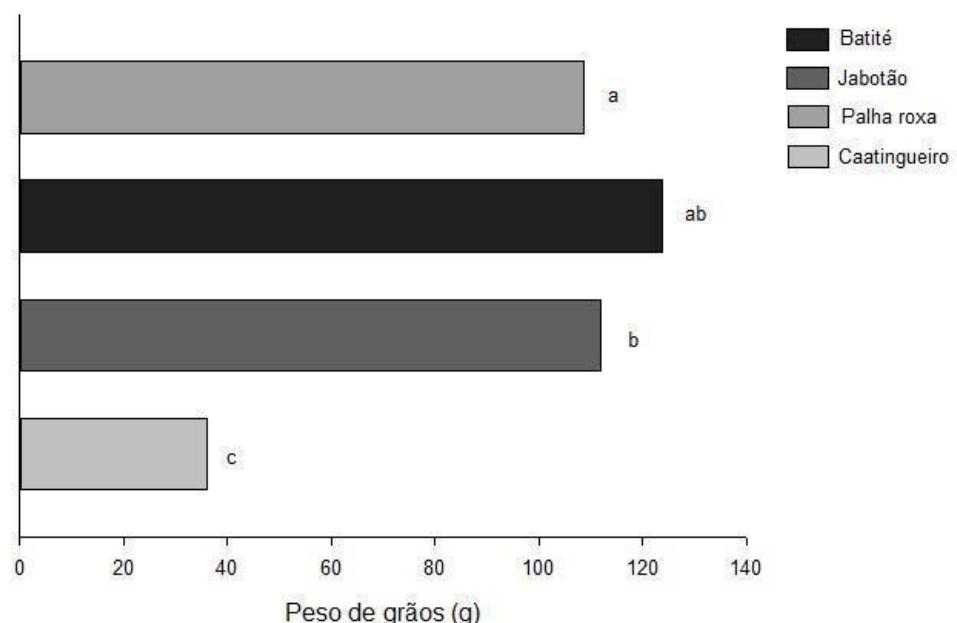
Cunha et al. (1999) avaliando a susceptibilidade em grãos de milho ao ataque de *S. zeamais* observou valores de IS para o grupo de maior resistência variando entre 0,032 e 0,037, sendo esses classificados quando a diferença do IS da população e o IS mínimo encontrado é até 33,3% da diferença entre o IS máximo e IS mínimo. Nesse sentido, para os resultados encontrados no presente estudo, o IS mínimo é 0,01 para Caatingueiro e o IS máximo 0,034 para Palha Roxa. Dessa maneira, as variedades crioulas Jabotão e Batité podem ser consideradas como grupo de resistência de menor resistência, quando a diferença do IS da população e o IS mínimo encontrado é entre 100 e 66% da diferença entre o IS máximo e IS mínimo

Carvalho et al. (2020) avaliando a taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *S. zeamais*, observaram valores positivos para as diferentes variedades, após 75 dias de armazenamento, porém, a variedade crioula Jabotão apresentou maior taxa de crescimento ($r_i=0.024$), diferindo significativamente das variedades Batité ($r_i=0.014$) e Caatingueiro ($r_i=0.009$). No presente estudo, o tempo de bioensaio para o crescimento populacional foi de 60 dias, fato que pode explicar valores de r_i mais elevados do que os encontrados em Carvalho et al. (2020), porém houve semelhança para a tendência de que a variedade comercial Caatingueiro apresente menor crescimento populacional dentre as variedades estudadas.

4.4 Perda de peso em grãos de milho de variedades crioulas submetidos a *Sitophilus zeamais*

Em relação à perda de peso dos grãos de milho de variedades crioulas Jabotão, Batité e Palha Roxa e da variedade comercial Caatingueiro, submetidas previamente ao ataque de *S. zeamais* foi possível observar que a variedade Caatingueiro sofreu menor perda de peso (35,98g) quando comparada às variedades crioulas ($F= 11,679$; $P=0,002$). Quando comparadas entre si, a variedade crioula Jabotão (112,06g) apresentou perda de peso significativamente menor do que a variedade Palha Roxa (188,72g). Porém, a variedade Batité (123,97g) não apresentou diferença significativa na perda de peso quando comparada às variedades crioulas Palha Roxa e Jabotão ($F= 11,679$; $P=0,002$) (Figura 7).

Figura 7. Perda de peso (g) de grãos de variedades de milho crioulo e comercial submetidas ao ataque de *Sitophilus zeamais* Motts. 1855 (Coleoptera: Curculionidae) ($P<0,05$). (Autora, 2024).



Fonte: Autora, 2024

Os resultados obtidos para perda de peso (g) corroboram com os resultados de índice de susceptibilidade (IS) e taxa de crescimento populacional (ri) de *S. zeamais*, para os quais, a menor perda de peso ocorre para a variedade Caatingueiro que também apresentou menor susceptibilidade e menor crescimento populacional de *S. zeamais*.

Estudo avaliando a resistência de quatro genótipos de milho a diferentes densidades de *S. zeamais* em condições de armazenamento, observou para os genótipos Nutricional Embrapa e Palha Roxa uma maior susceptibilidade ao ataque de *S. zeamais*, apresentando maior número de insetos emergidos e maior perda de massa de grãos (CORTESE; ANDRADE, 2022).

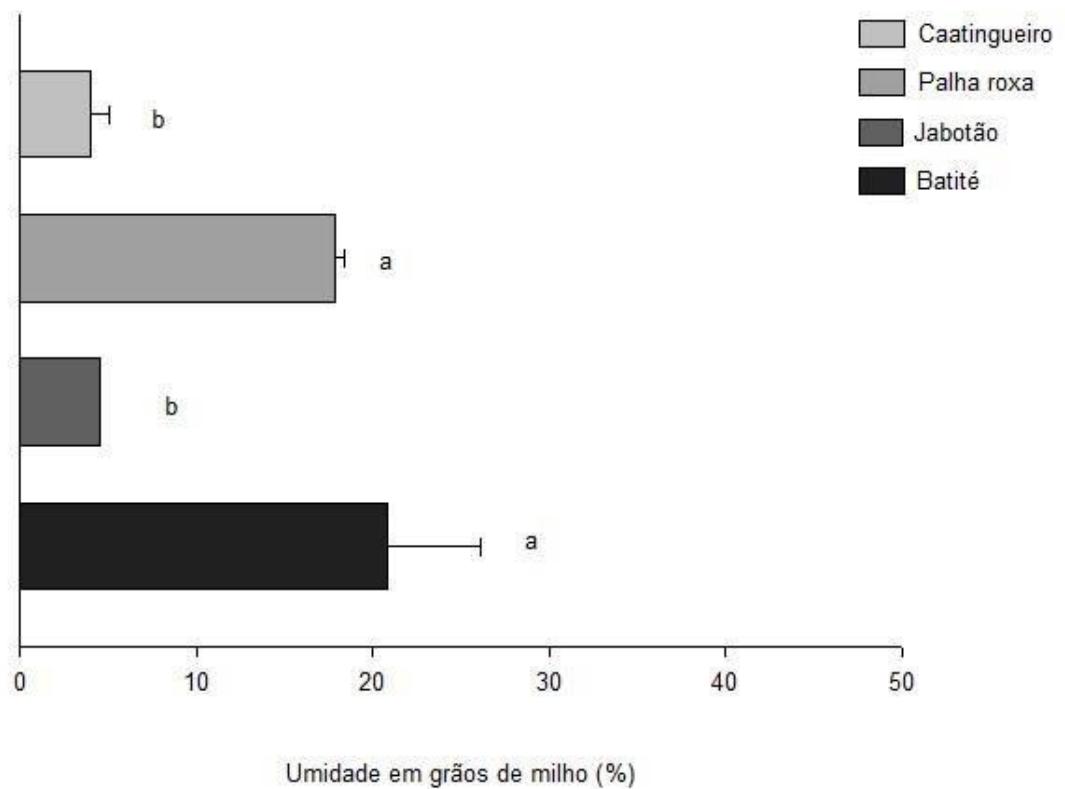
Pesquisa realizada com o objetivo de avaliar os danos físicos e químicos causados por *S. zeamais* em milho, observou que as maiores médias de perda de peso estão relacionadas à menor resistência dos grãos ao ataque dos insetos, demonstrando também que quanto maior o período de armazenamento dos grãos de milho na presença de *S. zeamais*, maiores serão as perdas de peso sofridas pelos grãos (ANTUNES et al., 2011).

4.5 Análise bioquímica de variedades de milho crioulo.

4.5.1. Umidade de grãos (%)

Em relação à umidade dos grãos de milho foi possível observar que as variedades crioulas Palha Roxa (17,84%) e Batité (20,80%) possuem maiores teores de umidade quando comparadas às variedades crioula Jabotão (4,55%) e a variedade comercial Caatingueiro, (3,9%), que por sua vez não apresentam diferenças entre si ($F= 10,23$; $P=0,0004$). (Figura.8)

Figura 8. Umidade de grãos (%) de variedades de milho crioulo e comercial ($P<0,05$). (Autora, 2024).



Umidade em grãos de milho (%)

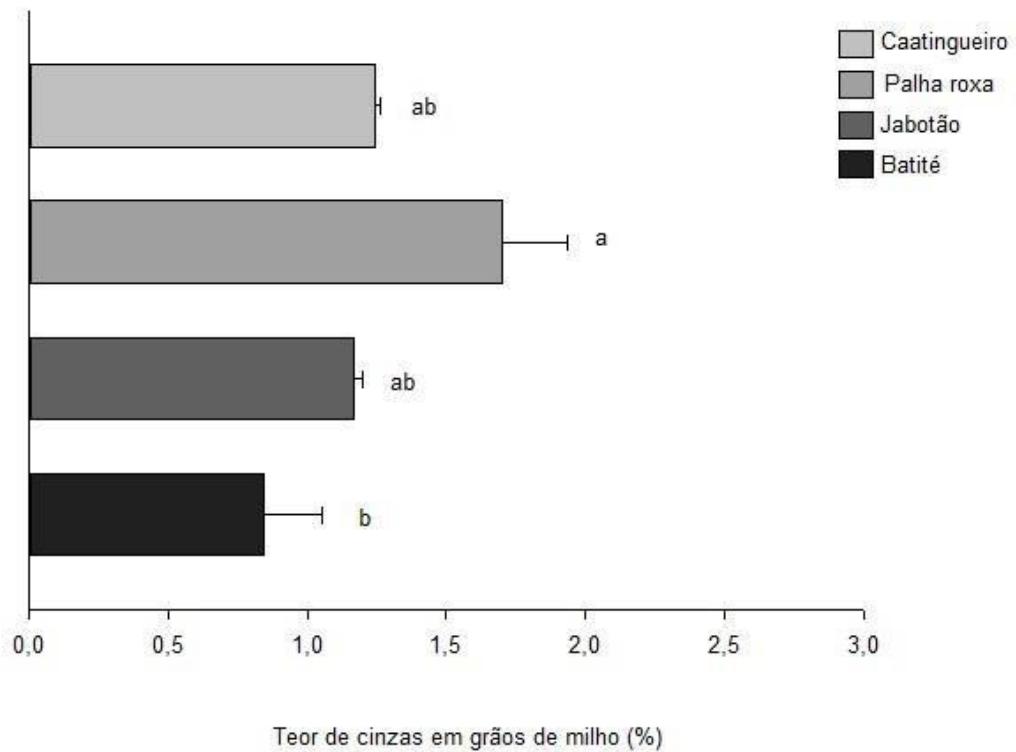
Fonte: Autora, 2024

A variação da umidade nos grãos de milho pode estar relacionada às características físicas, uma vez que grãos com endosperma pouco rígido possui estrutura celular menos compactada, com existência de espaços de ar entre os grânulos de amido, permitindo maior umidade (ROSSI et. al., 2016). O nível de umidade nos grãos é considerado importante pois em condições de armazenamento, em altas temperaturas, altos teores de umidade potencializam problemas fitossanitários (HENZ et al. 2013). Para *S. zeamais*, as fases jovens apresentam viabilidade abaixo de 10% em grãos com teor de baixa umidade (menor que 13%), nos quais os adultos frequentemente cessam a oviposição. Em grãos com teor de umidade entre 14 e 16%, o desenvolvimento é acelerado (FARONI; SOUSA, 2006). No presente estudo, as variedades Palha Roxa e Batité apresentaram elevados teores de umidade, acima de 14%, enquanto Jabotão e Caatingueiro apresentaram umidades menores que 13%.

4.5.2. Teor de Cinzas (%)

Em relação ao teor de cinzas (%) nos grãos de milho foi possível observar que as variedades crioulas Batité (0,84%) e Palha Roxa (1,69%), apresentaram diferenças significativas quando comparadas entre si ($F= 4,82$; $P=0,014$) (Figura 9).

Figura 9. Teor de cinzas (%) em grãos de variedades de milho crioulo e comercial ($P<0,05$). (Autora, 2024).



Fonte: Autora, 2024

Os teores de cinzas correspondem ao material mineral presente nos grãos de milho, de forma tal que apresenta poucas variações ao longo do período de armazenamento (SALUNKHE et al. 1985). Vieira et. al., (1999) relataram que a associação de elevados teores de umidade e cinzas podem resultar em um ambiente propício a infestações de insetos e fungos. No presente estudo a variedade Palha Roxa apresentou elevados valores de teores de cinzas e umidade, corroborando com maior susceptibilidade e crescimento populacional de *S. zeamais*.

De forma geral, para variedades crioulas é comum a premissa de que ao possuírem alto grau de adaptação às regiões produtoras, essas variedades seriam possíveis fontes de resistência para entraves fitossanitários (CECCARELLI et al., 1994). Porém, os resultados obtidos na presente pesquisa não corroboram essa afirmação, demonstrando que é necessário o estudo de cada variedade de forma individual e em comparação às variedades comerciais para verificação de susceptibilidade e resistência em processos de armazenamento e estocagem.

A alta susceptibilidade de variedades crioulas implica diretamente nas estratégias utilizadas para o armazenamento de grãos e sementes em sistemas familiares de produção agrícola, nos quais, baixo nível tecnológico é utilizado no processo de estocagem, a exemplo de sacos de papel, armazéns de madeira, sacarias de fibra plástica e garrafas pet (LIMA; FORTI, 2020). Assim, ao identificar variedades crioulas altamente susceptíveis ao ataque de *S. zeamais*, é necessário adaptar tecnologias de armazenamento que visem prevenir a infestação, de forma a garantir a integridade dos grãos e sementes.

Nesse sentido, a avaliação da resistência de variedades de milho crioulo a *S. zeamais* cumpre um papel base de grande importância para o desenvolvimento de programas de Manejo Integrado de Pragas em grãos armazenados que levem em consideração as especificidades das variedades utilizadas em cada região produtora ou seio da agricultura familiar, auxiliando na preservação da biodiversidade genética, segurança e soberania alimentar.

5. CONCLUSÕES

- A variedade crioula Palha Roxa é mais preferida por *S. zeamais*, apresentando também elevados valores de índice de susceptibilidade, taxa de crescimento populacional, perda de peso, além de altos valores de umidade e teor de cinzas, demonstrando baixa resistência dos tipos antixenose e antibiose a *S. Zeamais*.
- A variedade comercial Caatingueiro apresenta maior resistência dos tipos antixenose e antibiose, ao ser menos preferida e demonstrar menor susceptibilidade, baixo crescimento

populacional de *S. zeamais*, menor perda de peso e menores valores de umidade e teores de cinzas.

6. REFERÊNCIAS

ABREU et al., **Avaliação do rendimento sócio-econômico de variedades crioulas e híbridos comerciais de milho na microrregião de Chapecó**. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 2, n. 1, p.1230-1233, 2007;

AGRAER. **Cultura do milho: manual de recomendações técnicas**. Disponível em: <https://www.agaeer.md.gov.br>. Acesso em: 17 de outubro de 2023;

ALMEIDA et al., (2005) **Efeitos de extractos alcoólicos de plantas sobre o caruncho do feijão vigna (Callosobruchus maculatus)**. Francisco de Assis Cardoso Almeida et al Revista Verde (Mossoró – RN - Brasil), v. 8, n. 3, p. 169 - 174, 2013 Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 9(4):585-59;

ARAUJO et al.,(2023). **Variabilidade nutricional e física de variedades tradicionais de milho (Zea mays L.) cultivados no vale do Juruá, Acre, Brasil**. Ciência Animal Brasileira, 24;

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists** (method 920.39,C). Arlington: A.O.A.C., 1995, chapter 33. p. 10-12;

BERMEJO et al., **Cultivos Marginados: outra perspectiva de 1492**. Jardin Botânico de Córdoba (España), Roma : FAO, 1992. 339p. (Colección FAO: Producción y protección vegetal, 26;

BETI et al., **Effects of maize weevils (Coleoptera: Curculionidae) on production of aflatoxin B sub (1) by Aspergillus flavus in stored corn**. Journal of Economic Entomology, Lanham, v. 88, n. 6, p. 17761782, 1995;

BLANCO-LABRA et al., 1995. **Further characterization of the 12 kDa protease/alphaamylase inhibitor present in maize seeds**. J. Food Biochem. 19: 2741;

BOIÇA et al., 1997. **Resistência de genótipos de milho ao ataque de *Sitophilus zeamais* (Mots.) (Coleoptera: Curculionidae)**. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 481-485, 1997;

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Comissão Técnica para Redução das Perdas na Agropecuária. **Perdas na agropecuária brasileira: relatório preliminar.** Brasília, DF, 1992. v. 1;

BRASIL. 2022. **Assistência técnica e extensão rural (ATER).** Disponível em <https://www.gov.br/agricultura>. Acesso em: 3 de outubro de 2023

BUENO, O. C. **Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural.** 2002. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002;

CARPENTIERE et al., 2010. **Avaliação de cultivares de milho crioulo em sistema de baixo nível tecnológico.** Acta Scientiarum. Agronomy, v. 32, n. 2, p. 229233,2010;

CARVALHO et al., 2020. **Taxa instantânea de crescimento populacional de *sitophilus zeamais* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) em variedades de milho.** Caderno Verde De Agroecologia E Desenvolvimento Sustentável, 10(1), e11;

CECCARELLI, S. **Specific adaptation and breeding for marginal conditions.** Euphytica, v. 77, n. 3, p. 205-219, 1994;

CORTESE D; ANDRADE S G. **Resistência de genótipos de milho a densidades de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae).** Revista agrária acadêmica, 2022.

CONAB - FEVEREIRO 2018. v. 5 - **Safra 2017/2018**, n. 5 – Quinto levantamento, Brasília, fev. 2018. Disponível em: <http://www.acrissul.com.br/upload/noticia/1518183040.pdf> .Acesso em: 01 agosto. 2018;

CONAB – **Safra 2023/2024** - Abril 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 19 de outubro de 2023

Cooperativa de Pequenos Produtores Agrícolas dos Bancos Comunitários de Sementes – COOPABACS. Disponível em: <http://coppabacs.blogspot.com/> .Acesso em: 01 agosto. 2023;

CRUZ et al., 2006. **Produção de milho orgânico na agricultura familiar.** Circular técnica 81, Sete Lagoas, MG, p.17, 2006;

CUNHA, A. A. et al. – **Níveis de resistência de populações de milho de alta qualidade protéica ao *Sitophilus zeamais*.** Pesquisa Agropecuária Tropical, 1999.

DOBIE, P. et al. **Insects and arachnids of tropical stored products, their biology and identification:** a training manual. London: Tropical Development and Research Institute, 1984;

FALEIRO, F. et al., 1995. **Resistência de 49 populações de milho a *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae).** Revista Brasileira de Armazenamento, Viçosa, v. 20, p. 17-21, 1995;

FARONI, L. R. A. **Manejo das pragas de grãos armazenados e sua influência na qualidade do produto final.** Revista Brasileira de Armazenamento, Viçosa, v. 76, p. 3643, 1992;

FARONI et al., 2002. **Atmosfera modificada no controle das pragas de grãos armazenados.** Cap.7.4.: LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. (Eds.). **Armazenagem de grãos.** Campinas: IBG, 2002. p.463-491.

FERREIRA, S. **Sistema Sisvar para análises estatísticas.** 2005. Disponível em:
<http://www.dex.ufba.br/danielff/dff02.htm> Acessado em: 02 de dezembro de 2023;

FERREIRA, ROSIMERE CAMPOS et al., **Análise da composição centesimal em farinhas de milho produzidas na região do vale do Jequitinhonha.** Anais do Congresso Nacional de Alimentos e Nutrição.Ouro Preto(MG) Centro de Artes e Convenções da UFOP, 2019.

FIGUEIRA et al., 2003a. **Characterization of a hydrophobic amylase inhibitor from corn (*Zea mays*) seeds with activity against amylase from *Fusarium verticillioides*.** Phytopathology 93: 917922;

FIGUEIRA et al., 2003b. **Amylase inhibitor present in corn seeds active in vitro against amylase from *Fusarium verticillioides*.** Plant Dis. 87: 233-240;

GAIKPA D. S. et al., **Exploiting genetic diversity in two european maize landraces for improving gibberella ear rot resistance using genomic tools.** Theoretical and Applied Genetics, 2020.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz.** v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 42-43.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. v. 23, n. 12, p. 1-80, Rio de Janeiro, 2004a;

L.C. NWOSU. **Chemical bases for maize grain resistance to infestation and damage by the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky**. Journal of Stored Products Research, 2016.

LIMA, LAÍS STEFANY DE CARVALHO FALCA; VICTOR AUGUSTO FORTI. **Sementes crioulas: qualidade e armazenamento**. SÃO CARLOS: UFSCAR/CPOI, 2020, p. 9.

LORINI, I. **Controle integrado de pragas de grãos armazenados**. Passo Fundo, RS: EMBRAPA, 1998, 52p.

LORINI, I. et al., 2002. **Armazenamento de grãos**. Campinas: IBG, 2002.p. 381-397

LORINI, I. et al., 2015 **Manejo Integrado de Pragas de Grãos e Sementes Armazenadas**. EMBRAPA, 2015

LORINI, I et al., 2010 **Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento - série sementes**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 12p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 73)

LORINI, I et al., 2015. **Manejo integrado de pragas de grão e sementes armazenadas**. Brasília: Embrapa. 2015. 81p.

LUIDI E. et al., 2011. **Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento**. Revista Brasileira de Engenharia Química e Ambiental, 2011.

RUBIALES D. et al., **Development of pea breeding lines with resistance to *Orobanche crenata* derived from pea landraces and wild *Pisum* spp**. Agronomy, 2021.

SANTOS, S. C. **Características nutricionais e físicas do milho com diferentes texturas e tempos de armazenamento**. Goiânia, 2015.

VENDRAMIM et al, 2011. Plant resistance and insect bioecology and nutrition: **Insect bioecology and nutrition for integrated pest management**. Boca Raton: CRC Press, p. 657-685, 2011