



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**RESISTÊNCIA DE MILHO À *Sitophilus zeamais* EM TESTES SEM CHANCE DE
ESCOLHA**

Edgar Francisco do Nascimento Neto Araújo

Brasília, DF

Maio - 2021

EDGAR FRANCISCO DO NASCIMENTO NETO ARAÚJO

**RESISTÊNCIA DE MILHO À *Sitophilus zeamais* EM TESTES SEM CHANCE DE
ESCOLHA**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Profa. Dra. **CRISTINA
SCHETINO BASTOS**

Brasília, DF

MAIO -2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Araújo, Edgar Francisco do Nascimento Neto.

“RESISTÊNCIA DE MILHO À *Sitophilus zeamais* EM TESTES SEM CHANCE DE ESCOLHA”. Orientação: Cristina Schetino Bastos, Brasília 2021. 31p.

Monografia de Graduação (G) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2021.

1. *Zea mays*, interação inseto-planta, antibiose, causas químicas, causas morfológicas, causas físicas.

I. Bastos, C.S. II. Dra.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARAÚJO, E.F.N.N. “**Resistência de milho à *Sitophilus zeamais* em testes sem chance de escolha**”. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2021. 31 páginas. Monografia.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: EDGAR DO NASCIMENTO NETO ARAÚJO

Título da Monografia de Conclusão de Curso: RESISTÊNCIA DE MILHO À *Sitophilus zeamais* EM TESTES SEM CHANCE DE ESCOLHA. Grau: 3º Ano: 2021

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Edgar Francisco do Nascimento Neto Araújo

CPF: 059.571.881-74

Rua 6, N 297 – Setor Ferroviário

CEP: 73.805-060 Formosa, Goiás. Brasil.

(61) 9 96548290/ e-mail: edgarnascimento8@gmail.com

**RESISTÊNCIA DE MILHO À *Sitophilus zeamais* EM TESTES SEM CHANCE DE
ESCOLHA**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Profa. Dra. CRISTINA
SCHETINO BASTOS

BANCA EXAMINADORA:

Cristina Schetino Bastos

Doutora, Universidade de Brasília - UnB

Orientadora/e-mail: cschetino@unb.br

Ernandes Rodrigues de Alencar

Doutor, Universidade Federal de Viçosa – UFV

Avaliador externo/e-mail:

Fabiana Carmanini Ribeiro

Doutora, Universidade de Brasília – UnB

Avaliadora interna/e-mail: facarmanini@unb.br

Dedico este trabalho a todas as pessoas que estiveram ao meu lado e me deram apoio na minha trajetória até aqui.

AGRADECIMENTOS

A agradeço primeiro a Deus por esta sempre ao meu lado e por tudo que tem feito na minha vida e de meus familiares.

Aos meus avós maternos, Edgar Nascimento e Zeneide Nascimento, por todo o amor, carinho e dedicação por mim, do dia que nasci até hoje.

A minha mãe Alcineia Nascimento, que nunca mediu esforços para me ajudar e contribuir com o meu sucesso.

Aos meus avós paternos, João Lélío e Zeli Machado, que sempre se preocuparam comigo e me deram muito amor. Estarão sempre no meu coração.

A minha tia Tatiane Nascimento, que a considero como irmã, meu pai Marcos Lélío e a todos os meus familiares que torcem por mim.

Aos amigos que fiz durante o curso, que graças a deus foram muitos e que levarei para sempre comigo.

A professora Marilusa Lacerda e o técnico de laboratório Manuel Pereira pela oportunidade de realização do PIBIC e pelo o apoio e dedicação durante este processo.

A professora Cristina pela a sua dedicação e atenção e aos demais professores que contribuíram com a minha formação acadêmica.

ARAÚJO, E.F.N.N. “Resistência de milho à *Sitophilus zeamais* em testes sem chance de escolha”. 2021. Monografia (Bacharelado em Agronomia). Universidade de Brasília – UnB.

RESUMO

O milho é um dos cereais mais produzidos no mundo, sendo um dos principais produtos agrícolas brasileiro e que pode ser atacado no campo e no armazenamento por pragas incluindo o gorgulho do milho *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). O objetivo deste trabalho é selecionar fontes de resistência de milho a *Sitophilus zeamais* em testes sem chance de escolha. Foram realizados três bioensaios com os 15 genótipos testados sendo eles, KWX 1001, KWX 1002, KWX 1003, KWX 1004, KWX 1005, KWX 1006, KWX 1007, KWX 1008, KWX 1009, KWX 1010, BR106, 30s31VYHR (contendo as toxinas Bt VIP3Aa20 x Cry1Ab x Cry1F), BRS Superdoce, 30s31 (isolinha de 30s31VYHR sem toxinas Bt) e milho Pipoca (BAS 5802). Os tratamentos de cada bioensaio foram dispostos no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, sendo realizados três bioensaios. Amostras de 5,0 g de cada genótipo foram confinadas em vidros de 40 mL de capacidade com 10 casais de *S. zeamais* que após 14 dias foram retirados, sendo acompanhada a emergência de adultos da geração F₁, o tempo de emergência, o peso dos insetos emergidos e a perda de peso da massa de grãos infestada. Foram avaliados ainda as coordenadas L^* , a^* e b^* do sistema de cores de Hunter c , a largura, o comprimento, a espessura e os teores de carboidratos, cinzas, lipídeos, proteína e umidade dos grãos. Os dados foram submetidos a análises univariadas e multivariadas e as características dos grãos foram empregadas em análises de correção canônica com as características dos insetos. Conclui-se que os genótipos apresentaram variabilidade quanto à resistência, sendo os genótipos KWX 1005, KWX 1007, KWX 1010, 30s31VYHR e 30s31 os mais resistentes em testes sem chance de escolha ao ataque de *S. zeamais*, indicando a presença da resistência por antibiose. As características dos grãos que mais influenciaram na manifestação da resistência, foram os altos valores de saturação de cor ou croma (característica física) e os altos teores de carboidratos (característica química). Desta forma, na busca por fontes de resistência do milho ao ataque de *S. zeamais* genótipos que possuam tais características devem ser buscados.

Palavras-chave: *Zea mays*, interação inseto-planta, antibiose, causas químicas, causas morfológicas, causas físicas.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO GERAL	3
2.1 Objetivos específicos:	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 <i>Sitophilus zeamais</i> : taxonomia, aspectos biológicos e comportamentais	4
3.2 A cultura do milho	5
3.2.1 Aspectos botânicos e fitotécnicos	5
3.2.2 Importância econômica.....	6
3.2.3 Perdas causadas por <i>S. zeamais</i> e alternativas de controle	7
3.3 A resistência hospedeira como auxiliar no manejo de <i>Sitophilus zeamais</i>	9
4. MATERIAL E MÉTODOS	11
4.1 Condições Experimentais	11
4.2 Bioensaios sem chance de escolha.....	12
4.3 Avaliação dos atributos relativos à cor dos genótipos.....	13
4.4 Avaliação dos atributos químicos dos genótipos	13
4.5 Avaliação dos atributos dimensionais dos genótipos	15
4.6 Análises estatísticas	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
6. CONCLUSÕES.....	23
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

1. INTRODUÇÃO

O milho é um dos cereais mais produzidos no mundo, perdendo apenas para os cultivos de trigo e arroz (DUETE et al., 2009). O milho possui um papel de destaque na constituição da alimentação humana e também na fabricação de ração animal. Segundo a FAO (2009), esta gramínea é uma das principais fontes de calorias para os habitantes dos países em desenvolvimento.

O Brasil figura entre os principais produtores mundiais dessa gramínea, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e China, no que tange a produção, área cultivada e produtividade (ATLAS BIG, 2021). Na safra 2018/19, o Brasil alcançou a segunda posição como maior exportador mundial de milho, ficando atrás apenas dos Estados Unidos (FAO, 2019). De acordo com estimativas da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), a safra 2020/21 de milho será a maior da história, com uma produção estimada de 106,4 milhões de toneladas de grãos, cultivados em uma área total de 19,9 milhões de hectares (BRASIL, 2021a).

O cultivo de milho possui alguns obstáculos que podem alterar de forma negativa o potencial produtivo das plantas, causando perdas em decorrência de fatores bióticos e abióticos. No caso dos fatores bióticos, o ataque de artrópodes-pragas se mostra como um dos mais danosos e prejudiciais à cultura. Esses organismos podem causar injúrias à cultura tanto a campo quanto no armazenamento, além de existirem organismos que podem começar a infestar a cultura a campo e continuar no armazenamento. Este é o caso do gorgulho-do-milho, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), que se caracteriza por ser uma praga primária e capaz de causar infestações cruzadas na cultura (LORINI et al, 2010). Essa espécie tem sua postura inibida em grãos com teor de água inferior a 12,5% podendo, portanto, infestar os grãos no campo quando ainda estão com elevado teor de água, na fase em que o milho ainda esteja em maturação (PACHECO & PAULA, 1995).

As perdas causadas pelos insetos no armazenamento podem equivaler ou superar às provocadas a campo, tendo em vista que as plantas atacadas a campo têm a chance de se recuperar ou compensar o ataque, enquanto as perdas no armazenamento são definitivas e irreversíveis (FONTES et al., 2003). Desta forma, o manejo do inseto deve se iniciar com a cultura quando ainda cultivada a campo.

O ataque de *S. zeamais* aos grãos armazenados, causa perdas quantitativas e qualitativas, nesse último caso devido à contaminação da massa de grãos, diminuição tanto dos valores nutritivos como da qualidade fisiológicas de sementes (FARONI, 2002) e por favorecerem a

ocorrência conjunta das pragas secundárias e espécies associadas (PACHECO & PAULA, 1995). Enquanto as larvas se alimentam internamente no grão, sob altas densidades populacionais e em condições em que os grãos tenham sido praticamente todos consumidos internamente, os adultos podem se alimentar de grãos quebrados e pós.

Dentre as alternativas de controle dessa espécie tem-se o controle físico, através da manipulação do ambiente de armazenamento, o controle biológico com inimigos naturais, o controle químico e o controle através da resistência hospedeira.

Uma vez que os grãos encontrem-se infestados pela praga, a principal medida de controle é o controle químico, sendo os produtos fumigantes os mais utilizados uma vez que eles atuam sobre todas as fases de desenvolvimento do inseto e conseguem atingir locais inacessíveis às pulverizações (BARROS, 2019). Todavia, existem outros inseticidas registrados para o controle do inseto infestando o milho. Atualmente, das onze formulações registradas para o controle de *S. zeamais* no milho sete são fumigantes (fosfeto de alumínio ou magnésio), dois são piretróides e dois são fosforados (BRASIL, 2021b). Desta forma, dado ao pequeno número de grupos químicos de diferentes modos de ação disponíveis para o controle do inseto, as chances de seleção de populações resistentes são altas e já relatadas (RIBEIRO et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2005; PIMENTEL et al., 2008). Logo, alternativas ao manejo do inseto devem ser buscadas.

A resistência hospedeira pode se constituir em uma alternativa viável que permita o convívio com pragas tais como *S. zeamais*, tendo em vista que, a depender da causa da resistência, se manifesta em ambos os ambientes em que a praga infesta a cultura: campo e armazenamento. Plantas resistentes são capazes de transmitir as características causadoras de resistência à sua progênie e são menos atacadas do que outras plantas consideradas suscetíveis devido a características morfológicas, físicas ou químicas (SMITH, 2005). Tais plantas podem tornar-se menos suscetíveis ao ataque de pragas durante as fases de seleção, aceitação ou estabelecimento no hospedeiro, permitirem que o ataque ocorra, entretanto, alterando características do ciclo biológico do inseto de tal forma a desfavorecer sua prevalência ou ajustarem as características do próprio hospedeiro e produzir mesmo quando atacadas semelhantemente a plantas não atacadas (SMITH, 2005). Uma das maiores vantagens da resistência hospedeira é o fato dessa tática de controle ser compatível com as demais táticas de controle e não requerer dispêndio adicional para implementação uma vez que custo de implementação está imbutido no custo de aquisição das sementes (PANDA & KHUSH, 1995). Além disso, mesmo quando que a vasta maioria das cultivares resistentes não sejam possuidoras

de atributos que causem toxicidade aguda nas populações das pragas com consequente mortalidade, as características causadoras de toxicidade crônica podem impactar as populações ao longo das gerações ou torná-las mais suscetíveis a outros métodos de controle (VIEIRA et al., 2017) sendo perfeitamente compatíveis com outras táticas do Manejo Integrado de Pragas.

2. OBJETIVO GERAL

Selecionar fontes de resistência de milho à *Sitophilus zeamais* em testes sem chance de escolha.

2.1 Objetivos específicos:

- a) Estudar a alteração em características do ciclo biológico *S. zeamais* mediante desenvolvimento em 15 genótipos de milho;
- b) Avaliar se os teores de carboidratos, cinzas, lipídeos e proteína explicam as diferenças nas características biológicas de *S. zeamais* quando se desenvolve sobre 15 genótipos de milho;
- c) Avaliar se os atributos relativos à cor dos genótipos explicam as diferenças nas características biológicas de *S. zeamais* quando se desenvolve sobre 15 genótipos de milho;
- d) Avaliar se a esfericidade e a circularidade dos grãos explicam as diferenças nas características biológicas de *S. zeamais* quando se desenvolve sobre 15 genótipos de milho.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 *Sitophilus zeamais*: taxonomia, aspectos biológicos e comportamentais

O gênero *Sitophilus* contém algumas das pragas mais comuns e destrutivas de cereais armazenados (DEVI et al., 2017). O gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) é particularmente abundante nos trópicos e sub-trópicos, onde são capazes de atacar diferentes grãos e produtos armazenados demonstrando, entretanto, uma clara preferência pelos grãos de milho (PACHECO & PAULA, 1995).

Os adultos de *S. zeamais* apresentam de 2,3-4,5 mm de comprimento, possuem coloração marrom-escuro com duas áreas mais claras avermelhadas em cada élitro. São besouros que se caracterizam 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). Nos machos esse rostro é fosco, mais curto e largo e nas fêmeas mais longo e estreito, liso e brilhante (HALSTEAD, 1963). As fêmeas utilizam as peças bucais localizadas na extremidade do rostro para cavar orifícios com as mandíbulas onde depositam os ovos para, em seguida, secretarem através glândulas associadas ao ovipositor um substância gelatinosa que é utilizada para fechar o orifício de oviposição. Após a eclosão as larvas se alimentam do interior do grão e passam por quatro ínstares quando se transformam em pupas, que também se localizam no interior dos grãos. O adulto, ao emergir, cava sua saída para o exterior, deixando um orifício de emergência característico (PACHECO & PAULA, 1995).

Estudos recentes descrevem que as espécies *S. zeamais* e *S. oryzae* pertencentes ao gênero *Sitophilus* são morfologicamente muito próximas, tornando sua identificação morfológica acurada dificultosa (DEVI et al., 2017). A distinção acurada entre as duas espécies é feita através do aedeagus de machos que em *S. zeamais* apresenta superfície superior achatada e com dois sulcos longitudinais, enquanto em *S. oryzae* a superfície superior do aedeagus é uniformemente convexa. Além disso as fêmeas de *S. zeamais* apresentam o oitavo uroesternito invaginado, com esclérito em forma de Y, apresentando lobos laterais ponteados no ápice, enquanto as fêmeas de *S. oryzae* apresentam o oitavo uroesternito invaginado, com esclérito em forma de Y e lobos laterais arredondados no ápice (PACHECO & PAULA, 1995). Há autores que afirmam que essa distinção pode ser feita com base no padrão de pontuações presentes no pronoto que em *S. zeamais* são uniformemente distribuídas e em *S. oryzae* são distribuídas de modo a deixar uma faixa logitudinal sem pontuações no centro (BOUDREAX, 1969). No

As larvas de *S. zeamais* são ápodas, de coloração amarelo-clara com a cabeça mais escura, apresentam perfil dorsal semicircular, perfil ventral quase retilíneo e os três primeiros segmentos abdominais com duas pregas ou sulcos transversais no dorso (PACHECO & PAULA, 1995).

Um característica que contribui para que esta praga cause prejuízos significativos às culturas é o fato de que o mesmo possui uma alta capacidade de gerar hospedeiros em um curto período de tempo (LORINI et al., 2010). Observações recentes permitiram concluir que *S. zeamais* desenvolvendo-se em milho em temperatura de 24-30 °C e UR de 70-80% é capaz de iniciar o acasalamento cerca de 3 dias após a emergência. O estágio de ovo tem duração de cerca de sete dias, as larvas passam com 4 ínstaras com duração entre 6-7 dias para cada ínstar (duração total do período larval de aproximadamente 28 dias), a fase pupal dura em média 13 dias e a longevidade de fêmeas é de cerca de 105 dias enquanto a de machos é por volta de 68 dias (DEVI et al., 2017). O número médio de ovos depositados por fêmeas é de cerca de 282 ovos (LORINI et al., 2015).

Os machos de *S. zeamais* são capazes de produzir o feromônio de agregação (4S, 5R)-5-hidroxi 4-metil-heptan-3-ona, vulgarmente chamado de “sitophinona”, que também exerce a função de feromônio sexual pois são atrativos às fêmeas da espécie (MOREIRA et al. 2005; AMBROGI et al., 2009).

3.2 A cultura do milho

3.2.1 Aspectos botânicos e fitotécnicos

O milho é uma espécie vegetal cujo centro de origem é relatado como sendo a América Central, especificamente o México e a Guatemala, sendo posteriormente levado ao norte e alcançando o Canadá e ao sul, de onde se disseminou por toda esta região (GUIMARÃES, 2007). Em termos botânicos, o milho pertence à família Poaceae, subfamília Panicoidea, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* (CRUZ et al, 2006).

A cultura tem um papel de destaque na constituição da alimentação humana e na fabricação de ração para animais (FERREIRA, 2008). O milho se constitui em uma das principais fontes de alimento para as pessoas que vivem em países em desenvolvimento (FAO, 2009). Tal fato contribui para que esta cultura, seja um dos cereais mais produzidos do mundo, ficando atrás somente do trigo e do arroz (DUETE et al., 2009).

Alguns fatores ambientais são de suma importância para que altas produtividades potenciais sejam alcançadas incluem: i) temperatura variando entre 24° e 30°C. Verões com temperatura média diária inferior a 19°C e noites com temperatura média inferior a 12,8°C não são recomendados para a produção de milho; ii) precipitação de entre 350-500 mm por ciclo de crescimento para permitir que haja produção satisfatória sem necessidade de complementação da demanda hídrica da cultura através da irrigação e iii) grande incidência de radiação solar tendo em vista que uma redução em 30% a 40% na intensidade luminosa, por longos períodos de tempo, pode acarretar atraso na maturação dos grãos ou ocasionar queda na produção (CRUZ et al, 2006).

O milho pode ser cultivado em qualquer época do ano no Brasil, entretanto em dois períodos distintos ocorrem o maior volume de produção. O primeiro período é a safra de verão, em que a semeadura ocorre nos meses de agosto e setembro para a região sul e entre outubro e novembro para as regiões sudeste e centro-oeste. Para a segunda safra, também denominada de safra de inverno, a semeadura ocorre entre os meses de janeiro a abril, sendo que as principais regiões produtoras de milho de segunda safra são a centro-oeste e a sudeste. Na terceira safra o plantio ocorre entre abril e junho e os principais estados produtores estão localizados na região Norte e Nordeste do Brasil. Enquanto a primeira safra responde por cerca de 25% da produção de milho brasileira, a segunda e terceira safras contribuem com cerca de 73% e 2% desse montante (CRUZ et al., 2006; MACHADO, 2021).

3.2.2 Importância econômica

O Brasil ocupa local de destaque no cenário mundial de produção de milho, ocupando a terceira posição no ranqueamento mundial no que tange a área cultivada e o volume produzido. Os cinco principais produtores mundiais são Estados Unidos, China, Brasil, Argentina e México. O rendimento da cultura no Brasil, de cerca de 4.288 Kg/ha é considerado baixo, se comparado aos de outros países tais como os Estados Unidos, o Canadá e a França que obtém 10.960,4, 9.371,9 e 8.158 kg/ha. Alguns desses países nem figuram entre os cinco maiores produtores mundiais e mesmo a Argentina, que ocupa o quarto lugar no ranqueamento mundial de produção, mantém essa classificação em função do seu rendimento que é de 7.442,7 Kg/ha, tendo em vista que cultiva uma área quase 40% inferior à área brasileira (ATLAS BIG, 2021).

Para a safra 2020/2021 a CONAB apresentou em seu 8º levantamento uma estimativa de produção total de 106,4 milhões de toneladas, o que corresponde a um aumento de 3,7% em

relação à safra 2019/20 e é atribuído à expectativa de aumento de 6,3% da produção de milho na segunda safra. Esse cultivo é esperado ocorrer em uma área de 19.873,4 mil ha, com expectativa de incremento de 7,3% em relação à safra passada. Já a expectativa em relação ao rendimento da cultura é de decréscimo de 3,3%, sendo equivalente a 5.355 Kg/ha. O estoque final esperado em 2020/21 deverá ser de 10,9 milhões de toneladas, com aumento de 2,5% em relação à safra anterior (BRASIL, 2021a).

No Brasil, dados da safra 2019/2020 permitem observar que os principais estados produtores dessa gramínea estão localizados na região Centro-Oeste, Sul e Sudeste do Brasil e correspondem, em ordem de relevância do maior para o menor, ao Mato Grosso, Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, que juntos respondem por 76,8% da produção brasileira. A região Centro-Oeste responde por mais de 50% da produção de milho brasileira. As maiores produtividades, em ordem decrescente de magnitude, são provenientes de Santa Catarina, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso (BRASIL, 2021c).

Além da grande relevância para o país, a exportação de milho em 2019 cresceu substancialmente e o montante exportado no acumulado do ano de 2019 até dezembro atingiu 43,2 milhões de toneladas, fazendo com que o milho ficasse em 5º lugar no comparativo com os produtos exportados pelo Brasil (FAZCOMEX, 2021). Na safra atual, dados de fevereiro de 2021 mostravam que houve alta de 142,1% (823 mil toneladas) nos quantitativos exportados em relação ao mesmo período no ano passado (340 mil). Além disso, o comércio externo se beneficiou da alta nos preços que passou de 0,21/kg em 2020 para 0,22/kg em 2022 (FARMNEWS, 2021).

3.2.3 Perdas causadas por *S. zeamais* e alternativas de controle

Apesar da espécie *S. zeamais* possuir o milho como hospedeiro preferencial (PACHECO & PAULA, 1995; DEVI et al., 2017), o inseto é capaz de atacar outras espécies tais como o trigo, o arroz, o sorgo, podendo também se desenvolver sobre cereais processados tais como macarrão e em mandioca desidratada (PACHECO & PAULA, 1995) e infestar espécies frutíferas tais como o pessegueiro e a macieira (NÖRNBERG et al. 2013).

O ataque desta praga tem início com a cultura ainda no campo e se estende até o período do armazenamento, fato conhecido como infestação cruzada (LORINI et al., 2010). As fêmeas do besouro ovipositam diretamente nos grãos onde, após a eclosão, as larvas passarão a se alimentar levando à perda de peso dos grãos (TAVARES & VENDRAMIM, 2005). Além disso,

a espécie é considerada como praga primária, ou seja, é capaz de atacar os grão intactos e com isso serve como porta de entrada para colonizadores secundários, ácaros e microrganismos patogênicos que infectam os produtos armazenados, incluindo as aflatoxinas (fungo *Aspergillus flavus*) (TREMATERRA et al., 2007; DEVI et al., 2017). As aflatoxinas são reconhecidas por afetarem o fígado de mamíferos, podendo causar intoxicações, além de serem cancerígenas (BETI et al., 1995). Mesmo os grão que não tenham perdas de peso consideráveis poderão apresentar decréscimo em seu valor nutricional, ter a germinação e o vigor e demais características determinantes da qualidade fisiológica de sementes comprometidas (SMIDERLE & CICERO, 1999; LORINI et al., 2015).

Alguns autores afirmam que as perdas mundiais acumuladas em decorrência do ataque da praga são da ordem de 10% (DEVI et al., 2017). Dados de estudos anteriores observaram que sob temperatura de 25 ± 5 °C e umidade relativa de $60 \pm 10\%$, empregando infestações de grãos de milho com 150 insetos não sexados de 20 a 50 dias de idades que foram mantidos em contato com grãos de milho por período variável de 30, 60 e 120 dias, as perdas de peso acumuladas foram de 2,2%, 3,0% e 17%, respectivamente. Essas perdas são equivalentes a 0,37; 0,5 e 2,83 sacos de 60 Kg de milho decorridos 30, 60 e 120 dias de contato dos insetos com os grãos (ANTUNES et al., 2011). Semelhantemente, Cannepele et al. (2003) observaram uma perda média de massa seca de 0,36% por dia correspondente a um consumo de 0,0001% por inseto por mês, após 150 dias de armazenamento. A perda de peso acumulada após 120 dias de armazenamento foi de 15,18%, quando foram utilizados 50 insetos para infestação inicial.

As alternativas para o convívio com o inseto incluem a adoção de medidas preventivas e de medidas curativas. No caso das medidas curativas, podem ser empregado métodos físicos, químicos ou biológicos para combater as infestações associadas aos grãos que serão armazenados (LORINI et al., 2015).

As medidas preventivas consistem na limpeza do local que irá receber os grão seguida de termonebulização e/ou pulverização com inseticidas visando eliminar os insetos que se constituirão em focos de infestação do local (LORINI et al., 2015) e a resistência hospedeira (MARSARO JÚNIOR et al., 2008).

Medidas físicas de controle incluem o uso isolado ou combinado de baixas ou altas temperaturas, redução da umidade relativa do ar, uso da atmosfera modificada com gases como o CO₂, o O₂, o O₃ e o N₂, uso de pós inertes na dessecação dos insetos (inseticida natural a base de terra de diatomáceas), remoção física (com peneiras e mesa de gravidade) e radiação (gama e aceleração de elétrons) (ALENCAR et al., 2012; LORINI et al., 2015).

Os agentes de controle biológico apesar de muito disseminados para o controle de pragas que infestam a culturas a campo, são pouco empregados para o controle de pragas que infestam os produtos armazenados, seja pelo fato dos inimigos naturais serem muito afetados pelos produtos químicos empregados para o controle das pragas, seja por também serem considerados contaminantes dos produtos armazenados (PACHECO & PAULA, 1995; LORINI et al., 2015).

Assim, devido a severidade do ataque de *S. zeamais*, a principal forma de controle é a utilização de produtos químicos, principalmente os fumigantes (ação curativa). Os ingredientes ativos registrados para o controle desta praga no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) são: fosfeto de magnésio (inorgânico precursor de fosfina), fosfeto de alumínio (inorgânico precursor de fosfina), pirimifós-metílico (organofosforado), deltametrina (piretróide), fenitrotiona (organofosforado) e bifentrina (piretróide) (BRASIL, 2021b). Desta forma, tendo em vista a pequena disponibilidade de ingredientes ativos pertencentes a diferentes grupos químicos possuidores de modos de ação distintos, a possibilidade de rotação de princípios ativos visando reduzir as chances de populações resistentes é reduzida. Tendo em vista esse fato, é comum os relatos de detecção de resistência em populações de *S. zeamais* a esses grupos de inseticidas (RIBEIRO et al., 2003; GUEDES et al., 2006; PIMENTEL et al., 2008; SHADIA & ABD EL-AZIZ, 2011).

3.3 A resistência hospedeira como auxiliar no manejo de *Sitophilus zeamais*

Uma das alternativas de controle a serem consideradas no manejo de *S. zeamais* é o uso de genótipos que, em sua genética, possuam alguma resistência à praga.

Uma planta para ser considerada como resistente a insetos, necessita possuir atributos que sejam herdáveis de uma geração a outra e que façam com que o vegetal sofra menos danos do que outra planta que seja considerada suscetível (SMITH, 2005). 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 planta resistente por antibiose possui atributos químicos, físicos ou morfológicos que fazem com que, ao se alimentar da planta, o organismo tenha alguma característica do seu ciclo biológico alterada (PANDA & KHUSH, 1995). A não preferência ou antixenose ocorre quando um material vegetal é preterido pelo artrópode em relação a outro devido à presença de alguma característica que faça com que a praga não a selecione como hospedeiro para oviposição, alimentação ou abrigo (SMITH, 2005). A tolerância faz com que as plantas ao serem atacadas

consigam conviver ou se recuperar de forma mais eficiente do que materiais não tolerantes (SMITH, 2005).

Desta forma, enquanto a antixenose e a antibiose pressupõem o envolvimento de características ou causas estruturais ou químicas que atuam causando deterrência de alimentação ou alterando outros comportamentos da praga (reduzem aterrissagem, aceitação e estabelecimento no hospedeiro e palatabilidade) de tal forma a reduzir a injúria às plantas, a tolerância é constatada quando as características das plantas reduzem os efeitos negativos dos herbívoros sobre sua produção. Assim, para se ajustar ao ataque as plantas tolerantes podem: i) alterar seus processos fisiológicos tais como atividade fotossintética e crescimento; ii) sua fenologia e iii) o uso de nutrientes armazenados. Por outro lado, as plantas resistentes por antibiose e antixenose podem: i) aumentar a produção de compostos repelentes às pragas ou atrativos à inimigos naturais; ii) possuir estruturas morfológicas ou características físicas que funcionem como barreiras físicas à aceitação e/ou estabelecimento da praga para oviposição e/ou alimentação; iii) apresentar compostos químicos em sua constituição ou cuja produção seja estimulada mediante o ataque que reduzam a palatabilidade e/ou digestibilidade do hospedeiro (MITCHELL et al., 2016).

Estudos anteriores observaram que existem causas causadoras da resistência de milho à *S. zeamais* de natureza química, física e morfológica (ARNASON et al., 1993; BERGVINSON & GARCÍA-LARA, 2004; BERGVINSON, 2004; MELLON & MOREAU, 2004; TONGJURA et al., 2010; NWOSU, 2016). Entretanto, muitos desses estudos foram realizados em outras condições ou em um momento em que os genótipos disponíveis e testados diferiam grandemente em suas características em relação aos atuais. Nesse sentido, muitos genótipos comerciais atualmente incorporam toxinas da bactéria *Bacillus thuringiensis* que apesar de terem como alvo Lepidopteras-praga, podem apresentar efeito de toxicidade aguda ou crônica sobre diferentes grupos de insetos incluindo dípteros, lepidópteros, himenópteros e coleópteros (FABRICK et al., 2009; MOSTAFA et al., 2013).

O uso de cultivares resistentes é economicamente, ecologicamente e ambientalmente vantajoso. Os benefícios econômicos são atribuídos às perdas de produção que são evitadas pelo ataque de pragas, bem como à redução na necessidade de intervenção via controle químico. Além disso, a aquisição de sementes de plantas resistentes não oneram o custo de produção em relação à aquisição de sementes de plantas suscetíveis. Os benefícios ecológicos e ambientais são decorrentes do aumento na diversidade de espécies no agroecossistema em função da redução no uso de inseticidas, aumentando a estabilidade do ecossistema e reduzindo os efeitos

deletérios sobre espécies não-alvo e sobre o ambiente como um todo. Adicionalmente, o conceito de Manejo Integrado de Pragas (MIP) incorpora a necessidade de uso de múltiplas táticas de tal forma a manter a abundância de pragas abaixo do nível de dano econômico (NDE). Nesse sentido, o uso de cultivares resistentes a artrópodes mostra-se compatível com outras táticas de controle, muitas vezes sinergizando com elas e proporcionando melhoria na efetividade dos métodos de controle disponíveis (TEETES, 2021).

Em relação aos benefícios do uso dessas cultivares no MIP de grãos armazenados, estudos anteriores demonstram que o uso de cultivares resistentes podem reduzir a perda da massa de grãos devido ao ataque de artrópodes em 50 a 87% (GARCÍA-LARA et al., 2007).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Condições Experimentais

Os ensaios foram realizados no laboratório de proteção de plantas da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV/UnB) da Universidade de Brasília (UnB), Campus Darcy Ribeiro.

Os genótipos testados foram KWX 1001, KWX 1002, KWX 1003, KWX 1004, KWX 1005, KWX 1006, KWX 1007, KWX 1008, KWX 1009, KWX 1010, BR106, 30s31VYHR (contendo as toxinas Bt VIP3Aa20 x Cry1Ab x Cry1F), BRS Superdoce, 30s31 (isolinha de 30s31VYHR sem toxinas Bt) e milho Pipoca (BAS 5802), perfazendo 15 tratamentos. Até o momento de uso nos ensaios, as amostras de grãos foram mantidas em freezer a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ a fim de evitar infestações. Entretanto, antes de sua utilização nos ensaios, os grãos tiveram sua umidade padronizada para $13,5 \pm 0,5\%$, que é a umidade que torna o milho mais suscetível ao ataque de insetos e é usada como base para comercialização do grão no país.

Assim, para padronização da umidade dos grãos, inicialmente o teor de água foi medido empregando o método da ASAE S352.2 (ASAE, 2001) e usando três repetições de amostras contendo 100 grãos de cada um dos genótipos testados. Na sequência, empregou-se o método estático (CHEN, 2000; CORRÊA et al., 2005) para que a umidade fosse uniformizada entre os diferentes tipos de grãos. De acordo com este método, as amostras são acondicionadas em dessecadores contendo solução salina saturada de NaCl e mantidas em temperatura ambiente. Efetuou-se a pesagem das amostras até a constatação de ausência de variação significativa na

massa de grãos após três pesagens. Posteriormente foram obtidos os teores de umidade de cada uma das amostras, de acordo com o método da ASAE S352.2 (ASAE, 2001). Os teores de umidade foram expressos em base úmida (b.u.).

Os insetos utilizados no teste foram provenientes de criação estoque mantida no laboratório de Proteção de Plantas sobre variedade de milho Doce Cristal, em condição ambiental. A sexagem dos insetos seguiu os procedimentos descritos em Padil (2018) e Haslthead (1963). Os insetos usados nos testes tinham idade entre 1-21 dias e foram mantidos sem contato com alimentação por 24 h.

4.2 Bioensaios sem chance de escolha

Foram realizados três bioensaios em que os 15 genótipos (tratamentos) foram testados, sendo mantidos em condição ambiental, com aferição da temperatura e a umidade relativa diariamente. Os tratamentos de cada bioensaio foram dispostos no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

Foram utilizadas 5,0 g de cada genótipo (tratamento) que foram acondicionadas em vidro transparente de 40 mL de capacidade com tampa plástica de rosca. Cada recipiente foi infestado com 10 casais de *S. zeamais* previamente sexados que foram mantidos em contato com os grãos por 14 dias. Mediante a emergência do primeiro adulto da geração F₁, procedeu-se a avaliação diária dos recipientes, sendo anotada a data de emergência, o número e o peso dos insetos emergidos. Essa avaliação prosseguiu por 50 dias após a emergência do primeiro adulto (tendo por base a duração média de ovo a adulto de 34 dias) (ROSSETO, 1972). Os dados foram usados para calcular o total de adultos emergidos em cada genótipo, a média ponderada do tempo gasto para emergência, o peso médio dos indivíduos e o índice de suscetibilidade obtidos em cada tratamento. Nesse caso, os dados dos três bioensaios foram totalizados, de tal forma a compor um único conjunto de dados.

O índice de suscetibilidade (FRAZÃO et al., 2018) foi calculado de acordo com a seguinte fórmula:

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

Em que, IS = índice de suscetibilidade, ln = logarítmo neperiano, $\sum x$ = soma dos adultos de *S. zeamais* que emergiram em cada genótipo e T = tempo médio para os adultos emergirem (obtido por média ponderada).

Após a finalização dos ensaios, a massa de grãos dos diferentes tratamentos foi pesada e o teor de água foi determinado, de acordo com a metodologia padrão da ASAE S352.2 (ASAE, 2001). A diferença entre a massa seca inicial e a massa seca final foi utilizada para o cálculo da perda de massa seca dos grãos, sendo expressa em g/100 g.

4.3 Avaliação dos atributos relativos à cor dos genótipos

A cor dos genótipos foi avaliada através de um espectrofotômetro Modelo ColorQuest XE (HunterLab, Reston, Estados Unidos) e realizada em três sub-amostras de cada grão, sendo feitas duas leituras por subamostra. Os dados foram representados como coordenadas L^* , a^* e b^* do sistema de cores de Hunter, em que o L^* representa a luminosidade (os valores variam de 0 a 100, escuro a claro) e os valores de a^* e b^* são os componentes cromáticos que variam de (+) avermelhado ao (-) esverdeado e (+) amarelado a (-) azulado, respectivamente. Os valores de a^* e b^* foram usados para calcular a tonalidade da cor (h^*) e a saturação da cor ou croma (C^*) de acordo com as seguintes equações: $h^* = \tan^{-1} (b^*/a^*)$; $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ (MASKAN, 2001).

4.4 Avaliação dos atributos químicos dos genótipos

Os teores de carboidratos, cinzas, lipídeos, proteína e umidade foram determinados em amostras de 30 gramas de cada genótipo, submetidas à moagem prévia. Os teores de umidade e de cinzas foram obtidos a partir de amostras de grãos intactos.

Teor de água

O teor de água foi determinado em 2,0 g de grãos intactos, por repetição, pelo método gravimétrico em estufa com circulação forçada de ar a 103 ± 2 °C, por 72 horas (ASAE, 2000). Utilizaram-se três repetições por tratamento, com amostras acondicionadas em cadinhos de porcelana. O teor de água foi expresso em base úmida.

Teor de proteínas

A quantificação do teor de proteínas foi feita pelo método de Kjeldahl, conforme a recomendação AOAC (2005), método 991.22. Foram utilizadas três amostras de 0,3 g de grãos

previamente moídos, acondicionadas em tubos de vidro para destilação de nitrogênio, sendo adicionada 1,0 g da mistura catalítica composta por sulfato de potássio e dióxido de titânio e 3,5 mL de ácido sulfúrico. Em seguida, foi feita a digestão da amostra por 4,0 h a 450 °C, seguida da destilação em destilador de nitrogênio modelo TECNAL TE0363. O destilado foi então titulado com HCl 0,1 N e o volume gasto titulação, foi usado para o cálculo do teor de proteínas, adotando-se fator de proteínas igual a 6,25.

Teor de lipídeos

O teor de lipídeos foi quantificado em três amostras de grãos moídos, para cada tratamento. Adotou-se o método Am 5-04 da AOCS (2005), utilizando-se extrator de gordura Modelo ANKOM XT15 Extractor (Ankom Technology, Nova Iorque, Estados Unidos) e o éter de petróleo (30-70°C, P.A– A.C.S) como solvente. Cada amostra foi composta de 1,5 g de grãos moídos acondicionados em bolsa de filtro Modelo ANKOM XT4 para extração dos lipídeos com porosidade entre 2-3 µm. Em seguida as amostras foram desidratadas em estufa com circulação forçada de ar reguladas para $103 \pm 2^\circ\text{C}$, permanecendo lá por 3 h. Após esse tempo, as amostras foram submetidas a extração de lipídeos por 1,0 h. Em seguida à extração, o solvente residual das amostras foi evaporado em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ por 1,0 h, com pesagem posterior.

Teor de Cinzas

Para quantificação do teor de cinzas, realizada em três amostras de cada grão, empregou-se o método 945.46 da AOAC (2005). Foram utilizadas as mesmas amostras de grãos inteiros e secos provenientes da determinação do teor de água. A calcinação ocorreu em mufla regulada para temperatura de 600 °C, onde as amostras permaneceram por 4,0 h.

Teor de carboidratos

O teor de carboidratos totais das amostras foi determinado pela diferença entre 100 e os valores obtidos para os teores de umidade, proteínas, lipídeos e cinzas, seguindo o método 986.25 da AOAC (2005).

4.5 Avaliação dos atributos dimensionais dos genótipos

Amostras de 30 grãos de cada genótipo foram usadas para medição de suas três dimensões: largura, comprimento e espessura. As medições foram realizadas com paquímetro digital com 0,001 mm de precisão e utilizadas o cálculo da circularidade e da esfericidade a partir das equações descritas em Guedes et al. (2011).

4.6 Análises estatísticas

Os dados relativos ao total de insetos emergidos em cada genótipo, índice de suscetibilidade, peso dos insetos emergidos e perda de massa seca dos grãos (g/100 g) foram submetidos à análise de variância (ANOVA) seguida de comparação múltipla entre os tratamentos, empregando-se o teste de Scott-Knott a $P < 0.05$ empregando o programa Genes (CRUZ, 2016).

Os dados relativos ao peso total de insetos emergidos em função da perda de massa seca de grãos (g/100 g) foram utilizados para estabelecimento de modelo de regressão linear, empregando a perda de massa seca de grãos como variável dependente e o peso dos insetos como variável dependente. Neste caso empregou-se o SAS software para teste e seleção do melhor modelo de regressão (SAS, 2002).

As variáveis dias para emergência de adultos, total de insetos emergidos, peso dos insetos emergidos (mg) e massa de grãos perdida (g/100 g) pelo ataque de *S. zeamais* foram empregadas em análise por variáveis canônicas sendo o agrupamento dos genótipos no espaço bidimensional feito de acordo com o método Tocher (RAO, 1952). Ambas as análises foram realizadas no programa Genes (CRUZ, 2016).

Os dados relativos ao teor de proteínas, cinzas, lipídeos e carboidratos, esfericidade e circularidade, bem como a tonalidade, o croma e a luminosidade foram submetidos a análise de correlação canônica com as variáveis total de insetos emergidos, peso dos insetos emergidos e massa seca de grãos perdidas a $P < 0,05$. Em todos os casos foi usado o programa SAS para as análises (SAS, 2002).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados da análise univariada e tendo por base as variáveis total de insetos emergidos, índice de suscetibilidade, massa dos insetos emergidos e perda de massa seca dos grãos, de modo geral, os genótipos que apresentaram maior resistência nos testes sem chance de escolha foram KWX 1005, KWX 1007, KWX 1010, 30s31VYHR e 30s31. Outros genótipos tais como KWX 1002, KWX 1004, KWX 1009, BR106, BRS Superdoce e o Pipoca (BAS 5802) se comportaram como os mais suscetíveis ao ataque de *S. zeamais*, enquanto KWX 1001, KWX 1003, KWX 1006 e KWX 1008 apresentaram valores intermediários entre os genótipos mais e menos atacados para essas características (Tabela 1).

A dispersão representada na Figura 1 se ajustou ao modelo linear de regressão apresentando coeficiente de regressão de 0,85 e $P < 0,0001$. Os genótipos que se comportaram como os mais resistentes nos testes sem chance de escolha, denotando a presença de antibiose, foram KWX 1005, KWX 1007, KWX 1010, 30s31VYHR e 30s31. Em contrapartida, os genótipos KWX 1002, KWX 1004, KWX 1009, BR106, BRS Superdoce e Pipoca (BAS 5802) se configuraram em genótipos em que a antibiose foi ausente. Por fim, os genótipos KWX 1001, KWX 1003, KWX 1006 e KWX 1008 apresentam-se como intermediários entre aqueles que apresentam maiores evidências de presença e ausência de antibiose (Figura 1).

Tabela 1. Média \pm EPM do número total e massa total (mg) dos adultos de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) emergidos, índice de suscetibilidade dos genótipos ao ataque do inseto e perda de massa seca dos grãos (g/100 g) de 15 genótipos de milho (*Zea mays* Poaceae) em função do ataque do inseto.

Genótipos	Variáveis			
	Total de emergidos	Índice de suscetibilidade	Peso dos insetos (mg)	Perda de massa seca (g/100g)
KWX 1001	7,3 \pm 1,1 C	3,3 \pm 0,5 B	20,2 \pm 3,2 C	8,2 \pm 1,2 B
KWX 1002	12,5 \pm 1,6 B	4,6 \pm 0,3 A	32,3 \pm 4,3 B	9,7 \pm 0,3 B
KWX 1003	6,1 \pm 1,3 C	3,0 \pm 0,3 B	17,7 \pm 3,9 C	4,8 \pm 1,5 C
KWX 1004	12,0 \pm 3,4 B	4,6 \pm 0,7 A	34,6 \pm 9,2 B	8,0 \pm 1,4 B
KWX 1005	1,0 \pm 0,6 D	0,7 \pm 0,4 C	1,7 \pm 1,0 C	0,9 \pm 0,9 C
KWX 1006	7,3 \pm 1,2 C	3,2 \pm 0,4 B	21,7 \pm 3,5 C	6,9 \pm 0,8 B
KWX 1007	1,0 \pm 0,7 D	0,6 \pm 0,6 C	2,1 \pm 1,6 C	1,1 \pm 0,9 C
KWX 1008	5,8 \pm 1,0 C	3,2 \pm 0,5 B	16,8 \pm 2,6 C	4,8 \pm 0,9 C
KWX 1009	18,9 \pm 1,4 A	5,6 \pm 0,1 A	53,5 \pm 4,0 A	13,9 \pm 2,4 A
KWX 1010	1,5 \pm 0,3 D	0,6 \pm 0,4 C	3,7 \pm 0,7 C	2,4 \pm 0,2 C
BR106	14,8 \pm 1,9 B	5,1 \pm 0,3 A	40,3 \pm 4,6 B	14,3 \pm 3,0 A
30s31VYHR	1,1 \pm 0,5 D	0,4 \pm 0,4 C	2,9 \pm 1,2 C	4,0 \pm 1,7 C
BRS	12,8 \pm 0,8 B	4,4 \pm 0,3 A	28,1 \pm 2,1 B	11,9 \pm 2,5 A
Superdoce				
30s31	1,5 \pm 0,9 D	0,7 \pm 0,7 C	4,5 \pm 2,6 C	0,6 \pm 0,4 C
Pipoca (BAS 5802)	14,8 \pm 2,4 B	5,1 \pm 0,6 A	40,2 \pm 6,7 B	10,0 \pm 1,9 B
Estatística	F _{14, 45} = 16,64; P < 0,0001	F _{14, 45} = 17,86; P < 0,0001	F _{14, 45} = 16,67; P < 0,0001	F _{14, 45} = 8,59; P < 0,0001

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a $P > 0,05$. Dados representam os totais de três bioensaios (12 repetições por tratamento).

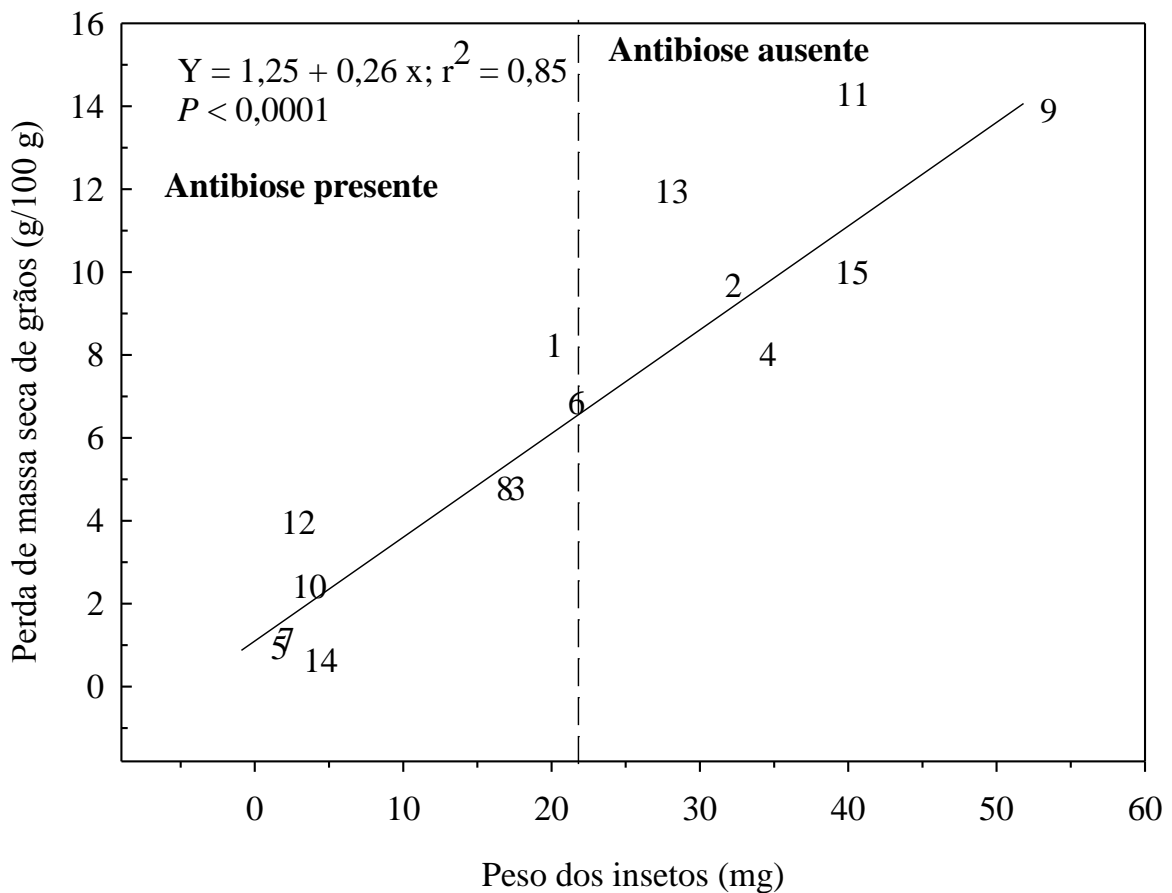


Figura 1. Relação entre a perda de massa seca de grãos de diferentes genótipos de milho (g/100 g) e o peso dos adultos emergidos de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) [dados médios de três bioensaios].* Genótipos: 1 = KWX 1001, 2 = KWX 1002, 3 = KWX 1003, 4 = KWX 1004, 5 = KWX 1005, 6 = KWX 1006, 7 = KWX 1007, 8 = KWX 1008, 9 = KWX 1009, 10 = KWX 1010, 11 = BR106, 12 = 30s31VYHR, 13 = BRS Superdoce, 14 = 30s31 e 15 = Pipoca (BAS 5802). Dados representam os totais de três bioensaios (12 repetições por tratamento).

O resultado da análise multivariada por variáveis canônicas permitiu concluir que os dois primeiros eixos canônicos acumularam cerca de 93% da variância (Tabela 2). A dispersão dos genótipos (15 tratamentos) nos dois eixos canônicos agrupou-os em em três grupos distintos de acordo com o agrupamento de Tocher. Um dos grupos foi formado apenas pelo genótipo BRS Superdoce, outro teve como integrantes, os genótipos KWX 1001, KWX 1003, KWX 1005, KWX 1006, KWX 1007, KWX 1008, KWX 1010, 30s31VYHR e 30s31 e o último grupo foi formado pelos genótipos KWX 1002, KWX 1004, KWX 1009, BR106 e Pipoca (BAS 5802) (Figura 2). As características do inseto que mais contribuíram para a divergência entre os tratamentos, tanto no eixo canônico 1 quanto no 2, foram o total de adultos emergidos e o peso dos insetos emergidos (Tabela 2).

Independentemente se os tratamentos foram comparados por técnicas univariadas ou multivariadas, os resultados produzidos foram semelhantes entre si e permitiram separar os genótipos em resistentes, isto é, KWX 1005, KWX 1007, KWX 1010, 30s31VYHR e 30s31 e suscetíveis, ou seja, KWX 1002, KWX 1004, KWX 1009, BR106, BRS Superdoce e o Pipoca (BAS 5802) (Tabela 1, Figura 1 e Figura 2). No caso da técnica multivariada, entretanto, os genótipos que nas demais análises se comportaram como intermediários entre os suscetíveis e os resistentes, isto é, KWX 1001, KWX 1003, KWX 1006 e KWX 1008 se agruparam junto com os genótipos resistentes e o genótipo BRS Superdoce, formou um grupo à parte daquele formado pelos demais genótipos suscetíveis (Figura 2). Essa pequena discrepância nos resultados obtidos com a análise multivariada em relação à análise univariada pode ser em decorrência de apenas duas dentre quatro variáveis avaliadas, terem maior contribuição para a divergência dos tratamentos nos eixos canônicos (Tabela 2), alterando parcialmente os resultados obtidos. De todo modo, a manifestação da resistência de alguns genótipos de milho à *S. zeamais* em testes sem chance de escolha provavelmente pode ser atribuída à antibiose desses genótipos, constatada através da redução do total e do peso dos adultos emergidos, bem como devido ao pequeno consumo manifestado através de reduzida perda de massa de grãos e também por apresentaram baixo índice de suscetibilidade, sendo esses resultados semelhantes aos observados por outros autores ao estudarem a resistência por antibiose de grãos à diferentes pragas de armazenamento (BALDIN & LARA, 2008; ZUNJARE et al., 2015; EDUARDO et al., 2016; FRAZÃO et al., 2018).

A antibiose se manifesta quando alguma característica do ciclo biológico do inseto é negativamente alterada ao se alimentar de um hospedeiro possuidor de atributos que causem tal alteração. Dentre as características alteradas pode ocorrer aumento da mortalidade ou redução

da natalidade e redução do peso dos insetos emergidos. Além disso, trabalhos anteriores relatam uma correlação direta entre a perda de peso da massa grãos e a presença de *S. zeamais* (CANNEPELE et al., 2003). Desta forma, os genótipos que proporcionaram a menor emergência de adultos de *S. zeamais* e de menor peso, além de terem apresentado menor perda da massa de grãos (em resposta a um menor consumo), também foram os que apresentaram o menor índice de suscetibilidade e portanto foram resistentes ao ataque de *S. zeamais*.

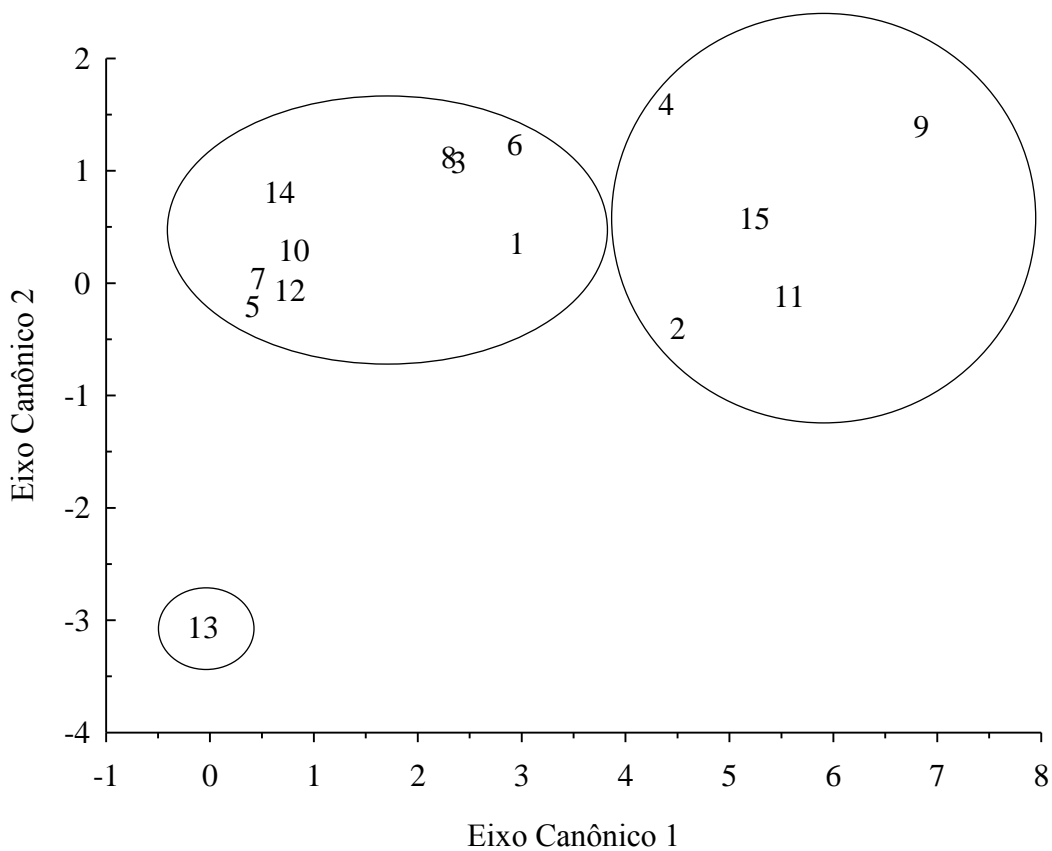


Figura 2. Dispersão dos genótipos de milho em dois eixos canônicos compostos pelas variáveis: dias para emergência de adultos, total de insetos emergidos, peso dos insetos emergidos (mg) e massa de grãos perdida (g/100 g) pelo ataque de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Genótipos: 1 = KWX 1001, 2 = KWX 1002, 3 = KWX 1003, 4 = KWX 1004, 5 = KWX 1005; 6 = KWX 1006, 7 = KWX 1007, 8 = KWX 1008, 9 = KWX 1009, 10 = KWX 1010, 11 = BR106, 12 = 30s31VYHR, 13 = BRS Superdoce, 14 = 30s31, 15 = Pipoca (BAS 5802).*Agrupamento de acordo com Tocher. Dados representam os totais de três bioensaios (12 repetições por tratamento).

Tabela 2. Contribuição relativa das variáveis relativas ao ataque de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) a 15 genótipos de milho em testes sem chance de escolha para os eixos canônicos e proporção da variância retida pelos dois eixos canônicos.

Variáveis	Contribuição relativa	
	Eixo canônico 1	Eixo canônico 2
Dias para emergência	0,06	0,21
Total de adultos emergidos	0,504	-3,43
Peso dos insetos emergidos	0,36	3,77
Perda de massa seca dos grãos	0,22	-0,55
Proporção da variância explicada	72,20	92,86

No caso das correlações canônicas, as características dos insetos apresentam correlações significativas com as características dos grãos, resultando na significância de dois eixos (Tabela 3). As características dos insetos que mais contribuíram para as correlações obtidas no eixo 1 foram o total de insetos emergidos e o peso dos insetos emergidos (mg) e no eixo 2 a principal contribuição veio da massa seca dos grãos perdida, sendo todos os valores positivos. No que diz respeito às características dos grãos, as que tiveram maior contribuição para explicar a intensidade de ataque da praga, foi a saturação da cor ou croma no eixo 1 e o teor de lipídeos, cinzas e carboidratos no eixo 2, sendo todas positivas, com exceção da saturação da cor ou croma e do teor de carboidratos (Tabela 3). Esses resultados são indicativos de que o aumento dos insetos emergidos e do peso dos insetos têm uma relação inversamente proporcional com a saturação da cor ou croma e que a massa seca de grão perdida tem uma relação diretamente proporcional com o teor de proteínas e de lipídeos e inversamente proporcional com o teor de carboidratos. Desta forma, genótipos resistentes, que proporcionaram menor emergência e peso dos adultos de *S. zeamais* emergidos também apresentavam altos valores de croma. Por outro lado, os genótipos suscetíveis que permitiram maior perda da massa de grãos, também possuíam maiores teores de proteínas e lipídeos e menores teores de carboidratos. Esses resultados concordam com os encontrados por outros autores que observaram que o aumento nos teores de proteína resultava em aumento no ataque de *S. zeamais* a grãos de milho (NWOSU, 2016) e

que o aumento do teor de lipídeos apresentou correlação positiva com o índice de suscetibilidade (MARSARO JÚNIOR et al., 2005).

Assim, a busca por genótipos de milho resistentes a *S. zeamais* para integração com as demais medidas que compõem o MIP de grãos armazenados devem enfatizar materiais possuidores alta saturação de cor e teores de carboidratos.

Tabela 3. Correlações canônicas (r) e coeficientes canônicos (ca) entre as variáveis do inseto *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) [total de insetos emergidos, peso dos insetos emergidos e massa seca de grãos perdida] e dos grãos de milho com os quais o inseto foi alimentado [L*, h*, C*, proteínas, lipídeos, cinzas, carboidratos, esfericidade e circularidade] em testes sem chance de escolha (dados médios de três bioensaios).

Variáveis	Eixo 1		Eixo 2	
	r	ca	R	ca
Total de insetos emergidos	0,97	-0,57	0,22	6,02
Peso dos insetos emergidos (mg)	0,99	1,47	0,06	-6,15
Massa seca de grãos perdida (g/100 g)	0,86	0,11	0,28	0,32
L*	0,37	-0,52	-0,30	-0,52
h*	0,37	-0,36	0,56	0,38
C*	-0,70	-1,39	-0,22	-0,05
Proteínas (%)	-0,28	-0,93	0,30	-0,37
Lipídeos (%)	-0,02	-0,16	0,83	0,62
Cinzas (%)	-0,32	-0,40	0,65	0,25
Carboidratos (%)	0,14	-0,66	-0,61	-0,05
Esfericidade (%)	-0,27	-0,69	-0,35	-0,06
Circularidade (%)	-0,25	0,54	-0,41	0,001
Estatísticas	R	0,80	R	0,62
	F	4,66	F	2,46
	df	27	Df	16
	P	<0,0001	P	0,0035

Os valores em negrito correspondem as principais contribuições para o eixo significativo ($P < 0,05$). *L*- luminosidade; h* - tonalidade da cor e C*- saturação da cor ou croma.

6. CONCLUSÕES

- ✓ Os genótipos KWX 1005, KWX 1007, KWX 1010, 30s31VYHR e 30s31 se comportaram como os mais resistentes em testes sem chance de escolha ao ataque de *S. zeamais*;
- ✓ Altos valores de saturação de cor ou croma (característica física) e altos teores de carboidratos (característica química) determinam manifestação da resistência do milho ao ataque de *S. zeamais* em testes sem chance de escolha.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, E.R.; FARONI, L.R.A.; SOARES, N.F.F.; SILVA, W.; CARVALHO, M.C.S. Efficacy of ozone as a fungicidal and detoxifying agent of aflatoxins in peanuts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92: 899-905, 2012.

AMBROGI, B.G.; VIDAL, D.M.; ZARBIN, P.H.G.; ROSADO-NETO, G.H. Feromônios de agregação em curculionidae (insecta: coleoptera) e sua implicação taxonômica. *Química Nova*, 32: 2151-2158, 2009.

ANTUNES, L.E.G.; VIEBRANTZ, P.C.; GOTTARDI, R., DIONELLO, R.G. Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15: 615-620, 2011.

ARNASON, J.T.; BAUM, B.; GALE, J.; LAMBERT, J.D.H.; BERGVINSON, D.; PHILOGENE, B.J.R.; SERRATOS, J.A.; MIHM, J.; JEWELL, D.C. Variation in resistance of Mexican landraces of maize to maize weevil *Sitophilus zeamais*, in relation to taxonomic and biochemical parameters. *Euphytica*, 74: 227-236, 1994.

ATLAS BIG. Produção mundial de milho por país. Disponível em: <https://www.atlasbig.com/pt-br/paises-por-producao-de-milho>. Acesso em: 03 de maio de 2021.

BARROS, L. Sete pragas de armazenamento de grãos para você combater. 2019. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/pragas-de-armazenamento/>. Acesso em: 24 de maio de 2021.

BALDIN, E.L.L.; LARA, F.M. Resistance of stored bean varieties to *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae). *Insect Science*, 15: 317-326, 2008.

BERGVINSON, D.J.; S. GARCÍA-LARA. Genetic approaches to reducing losses of stored grain to insects and diseases. *Current Opinion in Plant Biology*, 7: 480-485, 2004

BERGVINSON, D.J. Opportunities and challenges for IMP in developing countries. In: KOUL, O.; DHALIWAL, G.S.; CUPERUS, G.W. (Eds.) Integrated pest management potential, constraints and challenges. London: CAB International. 2004. p.281–312

BETI, J. A.; PHILLIPS, T. W.; SMALLEY, E. B. Effects of maize weevils (Coleoptera: Curculionidae) on production of aflatoxin B sub (1) by *Aspergillus flavus* in stored corn. *Journal of Economic Entomology*, 88: 1776-1782, 1995.

BOUDREAX, H.B. The identity of *Sitophilus oryzae*. *Annals of the Entomological Society of America*, 62: 169-172, 1969.

BRASIL. 2021a. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira. Grãos – Safra 2020/21. 8º. Levantamento. Disponível em: file:///C:/Users/csche/AppData/Local/Temp/E-book_BoletimZdeZSafrasZ8oZlevantamento.pdf. Acesso em: 24 de maio de 2021.

BRASIL. 2021b. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Agrofit: sistema de agrotóxicos fitossanitário. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 24 de maio de 2021.

BRASIL. 2021c. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Série histórica de produção. Milho total (1ª, 2ª. e 3ª. safra). Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>. Acesso em: 24 de maio de 2021.

CANEPELLE, M.A.B; CANEPPELE, C.; LÁZZARI, F.A.; LÁZZARI, S.M.N. Correlation between the infestation level of *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera, Curculionidae) and the quality factors of stored corn, *Zea mays* L. (Poaceae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 47: 625-630, 2003.

CHEN, C. A rapid method to determine the sorption isotherms of peanuts. *Journal Agricultural Engineering Research*, 75: 401-408, 2000.

CORRÊA, P.C.; GONELI, A.L.D.; RESENDE, O.; MARTINAZZO, A.P.; BOTELHO, F.M. Comparação entre os métodos estático e dinâmico na determinação do equilíbrio higroscópico das espigas de milho. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 7: 153-161, 2005.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; GONTIJO NETO, M.M.; VIANA, J.H.M.; OLIVEIRA, M.F. de; SANTANA, D.P. Manejo da cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 12p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 87).

DEVIA, S.R.; THOMAS, A.; REBIJITH, K.B.; RAMAMURTHY, V.V. Biology, morphology and molecular characterization of *Sitophilus oryzae* and *S. zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 73: 135-141, 2017.

DUETE, R. R. C. Viabilidade econômica de doses e parcelamentos da adubação nitrogenada na cultura do milho em Latossolo Vermelho Eutrófico. *Acta Scientiarum Agronomy*, 31: 175-181, 2009.

EDUARDO, W.I.; BOIÇA-JÚNIOR, A.L.; MORAES, R.F.O.; CHIORATO, A.F.; PERLATTI, B.; FORIM, M.R. Antibiosis levels of common bean genotypes toward *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae) and its correlation with flavonoids. *Journal of Stored Products Research*, 67: 63-70, 2016.

FABRICK, J.; OPPERT, C.; LORENZEN, M.D.; MORRIS, K.; OPPERT, B.; JURAT-FUENTES, J.L. A novel *Tenebrio molitor* cadherin is a functional receptor for *Bacillus thuringiensis* Cry3Aa toxin. *Journal of Biological Chemistry*, 284: 18401-18410, 2009.

FARMNEWS. Dados da exportação de milho e soja no Brasil em fevereiro de 2021. Disponível em: <https://www.farmnews.com.br/mercado/exportacao-de-milho-19/>. Acesso em: 24 de maio de 2021.

FARONI, L.R.D.; PRATES, L.H.F.; HELENO, F.F.; SOUSA, A.H. Atmosfera modificada no controle das pragas de grãos armazenados. Cap.7.4. In: LORINI, I.; MIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. (Eds.). *Armazenagem de grãos*. Campinas: IBG, 2002. p.463-491.

FAZCOMEX. Exportação de milho: entenda melhor. Disponível em: <https://www.fazcomex.com.br/blog/exportacao-de-milho-entenda-melhor/>. Acesso em: 24 de maio de 2021.

FERREIRA, A. Desempenho de híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas de milho em top crosses, em três locais do estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, 88p. 2008.

FONTES, L.S.; ALMEIDA FILHO, A.J.; 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, 70: .303-307, 2003.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Post-Harvest Losses Aggravate Hunger. Media Center-FAO, Rome, Italy. 2009. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 24 de maio de 2021.

FRAZÃO, C.A.V.; SILVA, P.R.R.; PONTUAL, E.V.; CRUZ, G.S.; NAPOLEÃO, T.H.; FRANÇA, S.M. Resistance of maize cultivars to *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). Arquivos do Instituto Biológico, 85: 1-8, 2018.

GARCÍA-LARA, S.; ARNASON, J.T.; DIAZ-PONTONES, D.M.; GONZALEZ, E.; BERGVINSON, D. Peroxidase activity in maize endosperm associated with maize weevil resistance. Crop Science, 47: 1125–1130, 2007.

GUEDES, M.A.; MATA, M.E.R.M.C.; DUARTE, M.E.M.; FARIAS, P.A. Caracterização física de grãos de soja utilizando-se processamento digital de imagens. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, 13: 279-294, 2011

GUEDES, R.N.C.; OLIVEIRA, E.E.; GUEDES, N.M.P.; RIBEIRO, B.; SERRÃO, J.E.. Cost and mitigation of insecticide resistance in the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. Physiological Entomology, 31:30-38, 2006.

GUIMARÃES, P.S. Desempenho de híbridos simples de milho (*Zea mays* L.) e correlação entre heterose e divergência genética entre as linhagens parentais. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, 132p. 2008.

HALSTEAD, D.G.H. External sex differences in stored-products Coleoptera. *Bulletin of Entomological Research*, 54: 119-134, 1963.

FERNANDES, J.R.C. *Sitophilus zeamais* e *Sitotroga cerealella*: pragas do milho. Disponível em: <http://www.agronegocios.eu/noticias/sitophilus-zeamais-e-sitotroga-cerealella-pragas-do-milho/>. Acesso em: 24 de maio de 2021.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA-NETO, J.B.; HENNING, A.A. 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.; KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA-NETO, J.B.; HENNING, A.A.; HENNING, F.A. Manejo integrado de pragas de grão e sementes armazenadas. Brasília: Embrapa, 2015. 81p.

MACHADO, A. Brasil produz milho em três safras por ano. Disponível em: <https://www.mercadosagricolas.com.br/inteligencia/brasil-produz-milho-em-tres-safras-por-ano/>. Acesso em: 24 de maio de 2021.

Marco Aurélio Guerra Pimentel, Lêda Rita D'Antonino Faroni, Maurílio Duarte Batista and Felipe Humberto da Silva. Resistance of stored-product insects to phosphine. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43:1671-1676, 2008.

MASKAN, M. Effect of maturation and processing on water uptake characteristics of wheat. *Journal of Food Engineering*, 47: 51-57, 2001.

MARSARO JÚNIOR, A.L.; PAIVA, W.R.S.C.; BARRETO, H.C.S. Resistência de híbridos de milho ao ataque de *Sitophilus zeamais* motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) em condições de armazenamento. Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais, v.6, p.45-50, 2008.

MELLON, J.E.; MOREAU, R.A. Inhibition of aflatoxin biosynthesis in *Aspergillus flavus* by diferuloylputrescine and p-coumaroylferuloylputrescine. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52: 6660-6663, 2004.

MITCHELL, C.; BRENNAN, R.M.; GRAHAM, J.; KARLEY, A.J. Plant defense against herbivorous pests: exploiting resistance and tolerance traits for sustainable crop protection. Frontiers in Plant Science, 7: 1132, 2016.

MOREIRA, M.A.B.; ZARBIN, P.H.G.; CORACINI, M.D.A. Feromônios associados aos coleópteros-praga de produtos armazenados. Química Nova, 28: 472-477, 2005.

MOSTAFA, M.A.M.; VLASÁK, J.; SEHNAL, F. Activities of modified Cry3A-type toxins on the red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst). Journal of Applied Entomology, 137: 684-692, 2013.

NÖRNBERG, S.D.; NAVA, D.E.; GRÜTZMACHER, A.D.; BENTO, J.M.S.; OZELAME, A.L.; HÜBNER, L.K. Flutuação populacional e distribuição de *Sitophilus zeamais* em pomares de pessegueiro e macieira. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 48: 358-364, 2013.

NWOSU, L.C. Chemical bases for maize grain resistance to infestation and damage by the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky. Journal of Stored Products Research, 69: 41-50, 2016.

OLIVEIRA, E.E.; GUEDES, R.N.C.; CORRÊA, A.S.; DAMASCENO, B.L.; SANTOS, C.T. Pyrethroid resistance vs susceptibility in *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae): is there a winner?. Neotropical Entomology, 34: 981-990, 2005.

PACHECO, I.A.; PAULA, D.C. Insetos de grãos armazenados: identificação e biologia. Fundação Cargill, Campinas, São Paulo, Brazil, 1995. 229p.

- PANDA, N.; KHUSH, G.S. Host plant resistance to insects. Wallingford: CAB, 1995. 448p
- PAINTER, R.H. Insect resistance in crop plants. New York: MacMillan, 1951. 520p.
- PIMENTEL, M.A.G.; FARONI, L.R.D.BATISTA, M.D.; SILVA, F.H. Resistance of stored-product insects to phosphine. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43: 1671-1676, 2008.
- Plant Biosecurity (PADIL). Diagnostic methods for rice weevil *Sitophilus oryzae*. Disponível em: <<http://pbt.padil.gov.au/pbt/index.php?q=node/15&pbtID=209>>. Acesso: 24 maio 2021.
- RIBEIRO, A.V.; LUZ, C.E.A; BASTOS, C.S.; KRIEGER, Y.S.T.; SILVA, N.H.; SILVA, W.B. Toxicity of botanical and synthetic formulations to the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Colombiana de Entomologia*, 43: 167-172, 2017.
- RIBEIRO, B.M.; GUEDES, R.N.C.; OLIVEIRA, E.E.; SANTOS, J.P. Insecticide resistance and synergism in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 39: 21–31, 2003.
- ROSSETO, C.J. Resistência de milho as pragas da espiga, *Helicoverpa zea* (Boddie), *Sitophilus zeamais* Motschulsky e *Sitotroga cerealella* (Olivier). Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 144p. 1972.
- SMIDERLE, O.J.; CICERO, S.M. Tratamento inseticida e qualidade de sementes de milho durante o armazenamento. *Scientia Agricola*, 56: 1245-1254, 1999.
- SMITH, C.M. Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches. Dordrech: Springer, 2005. 423p.
- TAVARES, M.A.G.C.; VENDRAMIM, J.D. Bioatividade da erva-de-santa-maria, *Chenopodium ambrosioides* L., sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). *Neotropical Entomology*, 34: 319-323, 2005.

TEETES, G.L. Plant resistance to insects: a fundamental component of IPM. Disponível em: <https://ipmworld.umn.edu/teetes>. Acesso em: 25 de maio de 2021.

TONGJURA, J.D.C; AMUGA, G.A.; MAFUYAI, H. Laboratory assessment of the susceptibility of some varieties of *Zea mays* infested with *Sitophilus zeamais*, Motsch. (Coleoptera, Curculionidae) in Jos, Plateau State, Nigeria. *Science World Journal*, 5: 55-57, 2010.

TREMATERRA, P.; VALENTE, A.; ATHANASSIOU, C.G.; KAVALLIERATOS, N.G. Kernel-kernel interactions and behavioural responses of the adults' maize weevil *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Applied Entomology Zoology*, 42: 129-135, 2007.

ZUNJARE, R.; HOSSAIN, F.; MUTHUSAMY, V.; JHA, S.K.; KUMAR, P.; SEKHAR, J.C.; GULERIA, S.K.; SINGH, N.K.; THIRUNAVUKKARASU, N.; GUPTA, H.S. Genetics of resistance to stored grain weevil (*Sitophilus oryzae* L.) in maize. *Cogent Food & Agriculture*, 1: 1-9, 2015.