

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

MARCELA SILVA BARBOSA

SILÍCIO NO CRESCIMENTO POPULACIONAL DE *Melanaphis sorghi* (THEOBALD)
(HEMIPTERA: APHIDIDAE) E NA BIOLOGIA DE *Aphidius platensis* (BRÈTHES)
(HYMENOPTERA: BRACONIDAE: APHIDIINAE)

UBERLÂNDIA
2023

MARCELA SILVA BARBOSA

SILÍCIO NO CRESCIMENTO POPULACIONAL DE *Melanaphis sorghi* (THEOBALD)
(HEMIPTERA: APHIDIDAE) E NA BIOLOGIA DE *Aphidius platensis* (BRÈTHES)
(HYMENOPTERA: BRACONIDAE: APHIDIINAE)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia para obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Marcus Vinicius Sampaio

UBERLÂNDIA

2023

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

B238
2023
Barbosa, Marcela Silva, 1997-
SILÍCIO NO CRESCIMENTO POPULACIONAL DE *Melanaphis sorghi* (THEOBALD) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) E NA BIOLOGIA DE *Aphidius platensis* (BRÈTHES) (HYMENOPTERA: BRACONIDAE: APHIDIINAE) [recurso eletrônico] / Marcela Silva Barbosa. - 2023.

Orientador: Marcus Vinicius Sampaio.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Agronomia.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2023.147>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Agronomia. I. Sampaio, Marcus Vinicius, 1971-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Agronomia. III. Título.

CDU: 631

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

MARCELA SILVA BARBOSA

SILÍCIO NO CRESCIMENTO POPULACIONAL DE *Melanaphis sorghi* (THEOBALD)
(HEMIPTERA: APHIDIDAE) E NA BIOLOGIA DE *Aphidius platensis* (BRÈTHES)
(HYMENOPTERA: BRACONIDAE: APHIDIINAE)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de
Pós-graduação em Agronomia para obtenção do título
de Mestre.

Área de concentração: Produção Vegetal

Uberlândia/MG, 28 de fevereiro de 2023

Banca Examinadora:

Flavio Lemes Fernandes – Doutor (UFV)

Marina Robles Angelini – Doutora (IFTM)

Vanessa Andaló Mendes de Carvalho – Doutora
(UFU)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em
Agronomia

Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP
38400-902

Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppga.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 004/2023, PPGAGRO				
Data:	Vinte e oito de fevereiro de dois mil e vinte e três	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	17:00
Matrícula do Discente:	12112AGR010				
Nome do Discente:	Marcela Silva Barbosa				
Título do Trabalho:	Sílicio no crescimento populacional de <i>Melanaphis sorghi</i> (Theobald) (Hemiptera : Aphididae) e na biologia de <i>Aphidius platensis</i> (Brèthes)(Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae)				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Produção Vegetal em Áreas de Cerrado				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Vanessa Andaló Mendes de Carvalho - UFU; Flávio Lemes Fernandes - UFV; Marina Robles Angelini - IFTM; Marcus Vinícius Sampaio - UFU orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. Marcus Vinícius Sampaio, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente

ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Marcus Vinicius Sampaio, Professor(a) do Magistério Superior**, em 28/02/2023, às 16:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vanessa Andalo Mendes de Carvalho, Professor(a) do Magistério Superior**, em 28/02/2023, às 16:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Flávio Lemes Fernandes, Usuário Externo**, em 28/02/2023, às 16:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marina Robles Angelini, Usuário Externo**, em 28/02/2023, às 16:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4272395** e o código CRC **84EBB76C**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela dádiva da vida, que me permiti errar, aprender e crescer. Pela resiliência, fé e positividade nos recomeços, sendo a força maior que ilumina meu caminho, abrindo ou fechando as portas certas em cada ciclo.

Ao meu Filho, Davi Barbosa Teixeira, pela compreensão nas ausências e ingenuidade no amor, que me impulsiona sempre a continuar.

Ao meu companheiro de vida, Rafael Machado Nunes, pelo apoio incondicional do início ao fim dessa etapa, me levantando e me confortando em todos os obstáculos.

Aos meus avós, Railda Maria Silva e João Batista Silva, por serem meus pais de criação, me acolhendo e ensinando o que foi preciso pra chegar onde estou; sendo forte pra ir além.

Aos meus pais, Marcelo Pereira Barbosa e Renata Silva (†), por serem meu portal para essa vida, e por todo amor e carinho que me deram, mesmo de longe, sempre os senti.

A minha tia, Raica Batista Silva, por ser meu braço direito que nunca nos desamparou, sendo meu exemplo e inspiração diária.

A toda minha família e amigos, pelo apoio e torcida para meu sucesso, me incentivando a ser melhor a cada dia.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcus Vinicius Sampaio, pelo profissionalismo, paciência, sábios conselhos, cuidado e atenção em ensinar. Por toda confiança em meu trabalho, acreditando que eu seria capaz.

Ao M.e Thiago Prudente Siqueira, por toda empatia, atenção e instrução necessária que precisei na condução dos meus experimentos.

Ao M.e Ricardo Ferreira Domingues, por ser meu braço direito na condução dos experimentos, que sempre se dispôs a me ajudar, sendo amigo e profissional em todos os processos.

Aos laboratórios LAFER, LABAS pela parceria e por ceder quando necessário o espaço físico.

Aos colegas do LACOB, pela disponibilidade e contribuição na manutenção do nosso laboratório.

Aos membros da banca, pela flexibilidade e contribuições ao trabalho.

A Universidade Federal de Uberlândia e ao Instituto de Ciências Agrárias, por ser nossa segunda casa, nos dando oportunidades de cursar e alcançar títulos acadêmicos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida durante os anos de curso.

Minha eterna gratidão àqueles que fizeram de mim a pessoa que sou hoje!

“Da ordem ao caos; da individualidade à fusão com o cosmos. Quando nos fundimos, não perdemos a nossa essência. Pelo contrário, ganhamos mais consciência... dentro do que nossas limitações nos permitem conhecer”

(RANAL, 2015)

RESUMO

BARBOSA, Marcela Silva. **Silício no crescimento populacional de *Melanaphis sorghi* (Theobald) (Hemiptera: Aphididae) e na biologia de *Aphidius platensis* (Brèthes) (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae).** 2023, 65 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG. 2023.

A indução de resistência pelo silício (Si) é uma importante ferramenta para o manejo de pragas por reduzir a taxa de crescimento populacional dos fitófagos. No entanto, os mesmos efeitos do Si podem ser efetivos em níveis tróficos mais elevados, como nos parasitoides, interferindo negativamente no controle biológico de pragas. Desta forma, os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito da aplicação de Si via solo na indução de resistência por antibiose em plantas de sorgo no crescimento populacional de *Melanaphis sorghi* (Theobald) e na biologia do parasitoide *Aphidius platensis* (Brèthes). *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) foi utilizado nos experimentos por ser reconhecidamente uma espécie que tem redução populacional em plantas de sorgo adubadas com Si e por ser um hospedeiro de boa qualidade para *A. platensis*. Os experimentos foram realizados em casa de vegetação com as duas espécies de pulgões em plantas de sorgo forrageiro do híbrido Volumax, protegidos por gaiolas de garrafa PET de 3 L, cobertas com organza. No solo foi aplicada dose única de 800 kg ha⁻¹ de Si solúvel ou calcário dolomítico, como controle sem Si. Para avaliar o crescimento populacional de *M. sorghi* e *R. maidis* cada planta de sorgo foi infestada com quatro ninfas de quarto ínstar de cada espécie, e avaliado o número de pulgões 17 dias após a infestação. Para avaliar o efeito do Si na biologia do parasitoide cada planta foi infestada com trinta ninfas de terceiro instar de uma das espécies de pulgões e liberada uma fêmea do parasitoide. O crescimento populacional de *M. sorghi* foi 48,8% maior do que o de *R. maidis* em plantas sem Si, porém, em plantas com Si não houve diferença no tamanho da população das duas espécies de pulgões. A aplicação de Si reduziu a população de *M. sorghi* em 50,7% e *R. maidis* 51,1 %. A adição de Si no solo reduziu o número de óvulos por fêmea e o tamanho das tíbias de *A. platensis*, respectivamente, em 28,37% e 12,68%, quando o parasitoide se desenvolveu em *M. sorghi*, e em 46,21% e 15,95%, quando se desenvolveu em *R. maidis*. O Si induziu a resistência por antibiose em plantas de sorgo reduzindo a população das duas espécies de pulgões e interferindo negativamente na biologia do parasitoide, porém, o efeito negativo do Si foi maior no crescimento populacional de *M. sorghi* do que no potencial reprodutivo de *A. platensis*, indicando a compatibilidade entre a resistência induzida pelo Si e o controle biológico.

Palavras-chave: Controle biológico; Adubação silicatada; pulgão do sorgo; efeito tri-trófico.

ABSTRACT

BARBOSA, Marcela Silva. **Silicon amendment on the populational growth of *Melanaphis sorghi* (Theobald) (Hemiptera: Aphididae) and on the biology of *Aphidius platensis* (Brèthes) (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae).** 2023, 64 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG. 2023.

Silicon (Si) induced resistance is an important tool for pest management, by reducing the growth rate of phytophagous populations. However, the same effects of Si can be effective at higher trophic levels, such as in parasitoids, negatively interfering with the biological control of pests. Thus, the objectives of this work were to evaluate the effect of soil application of Si in the induction of resistance by antibiosis in sorghum plants on the population growth of *Melanaphis sorghi* (Theobald) and on the biology of the parasitoid *Aphidius platensis* (Brèthes). *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) was used in the experiments because it is known to be a species that has reduced populations in sorghum plants fertilized with Si and because it is a good host for *A. platensis*. The experiments were conducted in the greenhouse with the two aphid species on forage sorghum plants of the Volumax hybrid, protected by 3 L PET bottle cages, covered with organza. A single dose of 800 kg ha⁻¹ of soluble Si or dolomitic limestone was applied to the soil as a control without Si. To evaluate the population growth of *M. sorghi* and *R. maidis* each sorghum plant was infested with four fourth-stage nymphs of each species, and the number of aphids was evaluated 17 days after infestation. To evaluate the effect of Si on parasitoid biology each plant was infested with thirty third instar nymphs of one of the aphid species and released a female parasitoid. The population growth of *M. sorghi* was 48.8% higher than that of *R. maidis* in plants without Si, but in plants with Si there was no difference in the population size of the two aphid species. The application of Si reduced the population of *M. sorghi* by 50.7% and *R. maidis* by 51.1%. The addition of Si to the soil reduced the number of eggs per female and the size of the tibiae of *A. platensis*, respectively, by 28.37% and 12.68%, when the parasitoid developed on *M. sorghi*, and by 46.21% and 15.95%, when it developed on *R. maidis*. Si induced antibiosis resistance in sorghum plants by reducing the population of both aphid species and negatively interfering with parasitoid biology, but the negative effect of Si was greater on *M. sorghi* population growth than on the reproductive potential of *A. platensis*, indicating compatibility between Si induced resistance and biological control.

Keywords: Biological control; Silicon Amendment; sorghum aphid; tri-trophic effect.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1. Morfologia externa do aparelho reprodutor de fêmeas de *A. platensis*. Visão dos dois ovários (OV); ovariolos (OR); e ovopositor (OP) (A e B) 33

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Teor de silício e número de indivíduos por planta (média±erro padrão) de *M. sorghi* (*M. s*) e *R. maidis* (*R. m*) em plantas de sorgo adubadas (Si^+) ou não (Si^-) com silício.....34

TABELA 2. Médias \pm erro padrão (N^o parcelas) para o teor de silício nas plantas (%), das porcentagens de parasitismo pela formação de múmias, de emergência dos adultos e, de fêmeas, período de desenvolvimento (em dias) e comprimento da tibia posterior das fêmeas do parasitoide e de suas respectivas múmias (μm), de *A. platensis* sobre *M. sorghi* (*M.s*) e *R. maidis* (*R.m*) em plantas de sorgo adubadas com (Si^+) ou não e sem silício (Si^-) com silício, e o teor de silício foliar (%).35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	16
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 Cultura do sorgo.....	16
3.2 Pulgões no sorgo	18
3.3 Controle biológico de pulgões	20
3.4 Resistência de plantas a insetos	22
3.5 Silício	23
3.6 Silício na resistência de plantas a insetos	24
3.7 Efeito do Si nos parasitoides.....	27
4. MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1 Produção de plantas de sorgo para a criação dos insetos.....	28
4.2 Criação dos pulgões e parasitoides	28
4.3 Preparo do solo e produção de plantas para avaliação de indução de resistência por silício.....	29
4.4 Efeito do Si no crescimento populacional dos pulgões	30
4.5 Efeito do Si na biologia do parasitoide	31
4.6 Análises estatísticas	33
5. RESULTADOS	33
5.1 Efeito do Si no crescimento populacional dos pulgões	33
5.2 Efeito do Si na biologia do parasitoide.....	34
6. DISCUSSÃO	35
7. CONCLUSÃO	38
8. REFERÊNCIAS	39
APÊNDICE A – Análises químicas e granulométricas	64

1. INTRODUÇÃO

O método de resistência de plantas visa contribuir com a manutenção das populações de pragas em níveis populacionais inferiores ao de dano econômico, tendo como vantagem o baixo ou ausente risco ambiental. Este método de controle é fundamental dentro dos preceitos do manejo integrado de pragas (MIP) e se divide em três categorias de resistências: resistência por antibiose, antixenose e tolerância. A antibiose reduz o desempenho biológico ou “*fitness*” da praga, refletindo em um efeito transgeracional, regulando o tamanho da colônia das próximas gerações (SMITH, 2005). A não preferência ou antixenose tem o intuito de repelir ou reduzir a colonização da praga, durante o processo de seleção da planta hospedeira, conseqüentemente, sendo menos utilizada na alimentação, ovoposição ou abrigo (PANDA; KHUSH, 1995). Já a tolerância, é uma resposta adaptativa da planta que envolve características genéticas de compensação na produtividade frente ao ataque do fitófago (LARA, 1991; SMITH, 2005; BALDIN; VENDRAMIM; LOURENÇÃO, 2019). A resistência pode ser constitutiva, estando presente de maneira constante na planta, ou induzida pela ação do fitófago ou de elementos químicos, como o silício (Si) (WALLING, 2000; LOPES *et al.*, 2012; BALDIN; VENDRAMIM; LOURENÇÃO, 2019).

Apesar do silício (Si) não ser considerado um elemento essencial no desenvolvimento das plantas, influencia positivamente contra estresses abióticos e bióticos (REYNOLDS; KEEPING; MEYER, 2009). O Si atua pela distribuição de sílica amorfa na parede celular da epiderme dos tecidos vegetais formando fitólitos (LUYCKX *et al.*, 2017), que uma vez imobilizados, não se redistribuem mais na planta, razão pela qual altas concentrações são encontradas em tecidos mais velhos (BARBOSA FILHO *et al.*, 2000; HUNT *et al.*, 2008; KEEPING; KVEDARAS; BRUTON, 2009). O enrijecimento do tecido pode provocar danos aos insetos que se alimentarem da planta que possui o Si, em mastigadores o efeito abrasivo desgasta as mandíbulas impedindo a mastigação e ingestão (GOUSSAIN *et al.*, 2002) e em sugadores provocam um desbalanço nutricional pela menor digestibilidade dos nutrientes (VENDRAMIM; GUZZO, 2009; VENDRAMIM; GUZZO, 2012). O Si ainda interage com os hormônios de defesa das plantas, notadamente com o ácido jasmônico, que facilita a produção das enzimas defensivas e possui um papel fundamental na não preferência dos herbívoros e atração de inimigos naturais para as plantas adubadas com este elemento (YE *et al.*, 2013; KIM *et al.*, 2014; HALL *et al.*, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2020; HALL *et al.*, 2021). O uso do Si para reduzir a população de pulgões tem despertado o interesse em programas de

MIP por promover a indução de resistência por não preferência, diminuindo a atratividade das plantas com Si, e por antibiose, reduzindo a fecundidade em diferentes espécies de afídeos (DIAS *et al.*, 2014; RANGER *et al.*, 2009; BASAGLI *et al.*, 2003; MORAES; CARVALHO, 2002; CARVALHO; MORAES; CARVALHO, 1999; OLIVEIRA *et al.*, 2020).

A indução da resistência de plantas pelo Si, normalmente é compatível com o controle biológico, pois permitem que a população de praga seja mantida em níveis subeconômicos na cultura, servindo como hospedeiros para os inimigos naturais (BALDIN; VENDRAMIM; LOURENÇÃO, 2019). Os parasitoides estão entre os inimigos naturais mais importantes no controle biológico (SAMPAIO; BUENO; CONTI, 2008) e o seu sucesso reprodutivo e o seu desenvolvimento bem-sucedido causa a morte do hospedeiro (VAN LENTEREN, 2010; VAN LENTEREN *et al.*, 2019). No entanto, os efeitos antibióticos estimulados pelo Si podem reduzir a qualidade do herbívoro para parasitoides, afetando as novas gerações devido à cascata trófica (PETERSON *et al.*, 2016). A antibiose estimulada pela adubação de Si pode afetar negativamente o parasitoide quando, sucessivamente, interferir na praga e no inimigo natural, causando redução da emergência dos adultos de parasitoides, de seu tamanho e da proporção de fêmeas na prole (HALL *et al.*, 2021). Em contraste, quando o Si não afeta colônias de pulgões, não ocorre nos parasitoides efeitos no período de desenvolvimento, tamanho, fecundidade e razão sexual (SAMPAIO *et al.*, 2020).

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) é uma planta que pertencente à família Poaceae e pode ser classificado como granífero, forrageiro, sacarino ou vassoura (RESENDE *et al.*, 2009). A sua utilização acontece de forma variada em diversos países para alimentação, preparação de bebidas, biocombustível, ração animal produzida pelos talos, combustível, e até construção de cercas em áreas rurais (WERLE *et al.*, 2016). No Brasil, houve uma grande expansão em área e produção nas últimas quatro décadas destinado principalmente a produção de grãos e silagem (PEREIRA FILHO; RODRIGUES, 2015). A cultura possui uma grande diversidade genética, um baixo custo de produção, adapta-se a variação de ambientes, mantém sua alta produtividade sob condições desfavoráveis a temperaturas oscilantes e está entre as espécies acumuladoras de Si (BORÉM; PIMENTEL; PARRELLA, 2014).

O interesse econômico pela cultura do sorgo tem direcionado várias pesquisas com o objetivo de minimizar danos causados por suas pragas. Dentre as principais preocupações atuais da cultura do sorgo se destaca o afídeo *Melanaphis sorghi* (Theobald) (Hemiptera: Aphididae), que pode causar danos com perdas de até 50% da produção de forma direta por meio de sua alimentação da seiva e de forma indireta pela possível transmissão de vírus

(BOWLING *et al.*, 2016). Inicialmente, os pulgões do gênero *Melanaphis* encontrados em sorgo foram considerados um novo biótipo de *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemiptera: Aphididae). Porém, verificou-se que tratava-se de outra espécie, já que os indivíduos de *Melanaphis* coletados em sorgo não se desenvolviam bem em cana-de-açúcar, cultura de origem de *M. sacchari*, e os originários de cana-de-açúcar não se desenvolviam bem em sorgo (PAUDYAL *et al.*, 2019).

Posteriormente, foi confirmado por métodos moleculares e taxonômicos que a espécie de *Melanaphis* encontrada nas Américas em grandes colônias e causando danos em sorgo é *M. sorghi*, a qual apresenta origem provável no continente asiático (NIBOUCHE *et al.*, 2021). A recente praga do sorgo introduzida no continente americano, *M. sorghi*, foi relatada pela primeira vez em 2013 nos Estados Unidos e México, e, posteriormente, em 2019 no Brasil (BOWLING *et al.*, 2016; MENDES *et al.*, 2019; PAUDYAL *et al.*, 2019; NIBOUCHE *et al.*, 2021, SAMPAIO *et al.*, 2022). No Brasil foi a única espécie de afídeo do gênero *Melanaphis* encontrada em sorgo, representada por um único clone (Superclone MLL-F *M. sorghi*) nos estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais, Paraná e no Distrito Federal (HARRIS-SHULTZ *et al.*, 2022).

A espécie de parasitoide *Aphidius platensis* (Brèthes) (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) pertence a um grupo composto por três espécies nomeado “*Aphidius colemani* (Viereck) species group” (TOMANOVIĆ *et al.*, 2014). Por sua difícil diferenciação morfológica, *A. colemani*, *Aphidius transcaspicus* e *A. platensis* foram identificados como *A. colemani* por muito tempo e somente após a redescritção por Tomanović *et al.* (2014) ficou indicado que os diversos registros de *A. colemani* no Brasil poderiam ser de *A. platensis* (STARÝ; SAMPAIO; BUENO, 2007; SOUZA *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2019; VENÂNCIO *et al.*, 2020; ENGEL *et al.*, 2022). Na América do Sul, a ampla ocorrência do parasitoide *A. colemani*, sugere que *A. platensis* é uma das espécies dominantes em pulgões, com uma extensa variedade de espécies hospedeiras (STARÝ; SAMPAIO; BUENO, 2007) e a única encontrada parasitando *M. sorghi* no Brasil (SAMPALIO *et al.*, 2022).

Em função dos problemas recentes na cultura do sorgo ocasionados pela introdução de *M. sorghi* no Brasil e à escassez de estudos sobre interações tri-tróficas envolvendo o uso de Si com parasitoides, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do Si na interação tri-trófica sorgo x pulgão x parasitoide, buscando auxiliar no manejo integrado desta praga e avaliar a associação da resistência de plantas induzida pelo Si com o controle biológico. Inicialmente avaliou-se o crescimento populacional de *M. sorghi* e *R. maidis*, visando

verificar a indução de resistência por antibiose em plantas de sorgo pela aplicação de Si no solo. Em um segundo experimento, avaliou-se o efeito da antibiose, induzida pela aplicação de Si no solo, na biologia do parasitoide *A. platensis*. O pulgão *R. maidis* foi utilizado nos experimentos por ser reconhecidamente um hospedeiro de boa qualidade para *A. platensis* (SAMPAIO; BUENO; CONTI, 2008) e por sofrer redução populacional em plantas de sorgo adubadas com Si (RODRIGUES, 2020).

2. OBJETIVOS

Objetivo geral: Avaliar o efeito da antibiose induzida pelo silício na interação tri-trófica entre sorgo, pulgão e parasitoide.

Objetivo específico 1: Avaliar o efeito do Si no crescimento populacional de *Melanaphis sorgi* e *Rhopalosiphum maidis* desenvolvido em plantas de sorgo.

Hipótese nula ($H0_1$): a adubação silicatada não induz resistência por antibiose em plantas de sorgo aos pulgões.

Hipótese alternativa ($H1_1$): a adubação silicatada induz a resistência por antibiose em plantas de sorgo aos pulgões.

Objetivo específico 2: Avaliar o efeito da antibiose induzida pelo Si na biologia do parasitoide *A. platensis*.

Hipótese nula ($H0_2$): a adubação silicatada não afeta negativamente a biologia do parasitoide.

Hipótese alternativa ($H1_2$): a adubação silicatada afeta negativamente a biologia do parasitoide.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cultura do sorgo

O Sorgo é uma das culturas de grãos que possui uma ampla variedade de usos, sendo utilizado na produção de grãos (sorgo granífero), etanol (sorgo sacarino), massa para ensilagem (sorgo forrageiro), vassouras (sorgo vassoura) e de biomassa lignocelulósica (sorgo biomassa) (RAO *et al.*, 2014; WERLE *et al.*, 2016). Atualmente, cerca de 90% da produção é

destinada a dieta animal ou humana, com o maior índice de uso na alimentação humana em partes da Ásia e da África (ANUNCIACÃO *et al.*, 2017). Estudos mostram que o aumento na utilização do cereal ocorre devido ao seu alto teor de compostos bioativos, minerais, fibras alimentares, vitamina E, carotenoides, propriedades anti-inflamatórias, redutoras de colesterol e isento de glúten (BURDETTE *et al.*, 2010; BARROS; AWIKA; ROONEY, 2012; ALTHWAB *et al.*, 2015; CARDOSO *et al.*, 2015; VANAMALA *et al.*, 2018). Além de ser uma alternativa na produção de alimentos “gluten-free”

A cultura do sorgo é altamente adaptável, podendo suportar níveis com baixa de fertilidade do solo, seca e flutuação nas temperaturas sem grandes perdas na produtividade, o que se explica o cultivo em milhões de hectares nos países da África, Ásia, Oceania e das Américas (WANG *et al.*, 2014). Originado do continente africano, o sorgo é bem adaptado ao clima tropical, se desenvolvendo em temperaturas ótimas entre 33 a 34 °C com dias curtos e ciclo produtivo de seis meses. Seu metabolismo C₄ demonstra elevadas taxas fotossintéticas, limitando a produtividade das cultivares em temperaturas superiores a 38 °C ou inferiores a 16 °C (ALMEIDA FILHO *et al.*, 2014).

As vantagens da cultura se baseiam no custo de produção quando comparada ao milho, apresentando alta competitividade, que chega a ser de 20% a 30% mais barato para o sorgo (MENEZES *et al.*, 2021). Além disso, sua capacidade de rebrota é grande e pode atingir cerca de 40 a 60% da produção alcançada no primeiro corte (PARISOTTO, 2020). O sorgo também apresenta a vantagem de ser menos suscetível às micotoxinas, as quais promovem riscos à saúde de aves, suínos, bovinos, equinos e ao ser humano, aumentando a demanda para rações de animais domésticos (WEBER *et al.*, 2018).

Entretanto, em todas as fases do desenvolvimento do sorgo, grupos de insetos-praga podem ocasionar danos à planta (GUO *et al.*, 2011). Podemos destacar como principais pragas do sorgo: broca-da-cana-de-açúcar, *Diatraea* spp. (Fabricius, 1794); mosca-do-sorgo, *Contarinia sorghicola* (Coquillet, 1898); Lagarta-elasma, *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848); Lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, (Smith, 1797); pulgão-verde, *Schizaphis graninum*, (Rondani, 1852); pulgão-do-milho, *Rhopalosiphum maidis*, (Fitch, 1856) ; e atualmente a espécie de pulgão introduzida recentemente no continente americano, o pulgão-do-sorgo, *Melanaphis sorghi*, (Theobald, 1904); (MENDES *et al.*, 2020; FERNANDES *et al.*, 2021; SAMPAIO *et al.*, 2022).

3.2 Pulgões no sorgo

As principais espécies de pulgões que atacam o sorgo são *S. graminum*, *R. maidis* e *M. sorghi*, que infestam as plantas desde a emergência até a maturação dos grãos. A reprodução das colônias em regiões de clima temperado com épocas mais frias e escassez de alimento acontece de forma holocíclica, ou seja, as fêmeas são fecundadas antes de se reproduzirem, originando descendentes por ciclo de vida completo. No Brasil, por ser predominante às regiões de clima tropical, a reprodução ocorre de forma assexuada (partenogenética telítoca), com o ciclo de vida incompleto anolocíclico, ou seja, fêmeas não fecundadas, dando origem aos descendentes geneticamente iguais. Sob condições favoráveis, o ciclo biológico anolocíclico é composto por duas fases: ninfal e com 4 ínstares adultos (RAGSDALE; VOEGTLIN; O'NEIL, 2004; VILCINSKAS, 2016; IHARA, 2021).

Os pulgões que pertencem à família Aphididae podem variar no tamanho entre 01 a 10 mm de comprimento, e se alimentam pelas peças bucais designadas estiletos (GASSEN; GASSEN, 1996). A preferência vegetal dos afídeos polípagos é ampla por afetar culturas agrícolas em diversas famílias, os oligófagos se alimentam de vários gêneros em uma ou poucas famílias botânicas, já os monófagos, se alimentam apenas de plantas de um mesmo gênero (BLACKMAN; EASTOP, 2000). A sucção da seiva incessante pela colônia afeta a produtividade vegetal e poderá transmitir variados fitovírus de planta para planta, além de aumentar exponencialmente os indivíduos em toda plantação em um curto período de tempo (MAIA *et al.*, 2004).

O pulgão verde *S. graminum* pode ser encontrado por toda a Europa, Ásia, África e Américas do Norte e do Sul, considerado uma das pragas mais importantes do sorgo e do trigo. Classificado como praga-chave do sorgo, *S. graminum* desenvolve na planta sintomas de clorose e necrose dos tecidos, das folhas e caules, além de transmitir a virose causadora do “mosaico anão do sorgo”, expondo à podridão do colmo. Os danos a cultura está presente em quase todos os estádios fenológicos (BLACKMAN; EASTOP, 2007; VAKHIDE; SAFAVI, 2014).

Rhopalosiphum maidis tem origem Asiática e atualmente é considerado cosmopolita. Apesar de estar presente em grande parte do mundo, a espécie não é adaptável em regiões com invernos severos. Com uma alimentação oligófaga podem infestar principalmente o milho, o sorgo e mais de 35 espécies de gramíneas (BLACKMAN; EASTOP, 2000). Na planta hospedeira preferem atacar os cartuchos, as gemas florais, até o pendão, onde cada

indivíduo por reprodução assexuada pode colocar de 4 a 6 ninfas por dia (OLIVEIRA; PEREIRA; PEÑAFLORES, 2019). Dentre os principais sintomas causados pela sucção de seiva na planta destaca-se a transmissão de vírus do gênero *Potyvirus*, afetando não só o sorgo, mas também a cana e o milho (CHUNG *et al.*, 2021). A presença de folhas amareladas na planta pode evoluir para manchas necróticas dependendo do nível de infestação (BOWLING *et al.*, 2016).

Inicialmente o *M. sorghi* foi considerado um novo biótipo de *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897) (NIBOUCHE *et al.*, 2018), e posteriormente foi diferenciado de *M. sacchari* morfológicamente pelas relações entre o comprimento da antena, o comprimento da tibia posterior, o comprimento do sífinculo e, o comprimento da cauda, sendo maior para *M. sorghi* (2,0 / 3,0) do que para *M. sacchari* (1,4 / 2,2) (NIBOUCHE *et al.*, 2021; SAMPAIO *et al.*, 2022). O pulgão-do sorgo suga a seiva da face abaxial da folha, começando de baixo para cima das folhas mais velhas até as mais novas, podendo alcançar à panícula e prejudicar o processo de polinização dos grãos (FERNANDES *et al.*, 2021). Cada adulto origina de 5 a 7 ninfas por dia, podendo alcançar até 1000 indivíduos por folha (MENDES *et al.*, 2019; FERNANDES *et al.*, 2021). O afídeo alado pode transmitir para o sorgo o vírus da folha amarela da cana-de-açúcar (SCHENCK; LEHRER, 2000; BOUKARI *et al.*, 2021). Dependendo do tamanho da colônia de pulgões no pendoamento e quando mais cedo à infestação acontecer maior será o dano, com uma redução na produção que pode chegar a até 65% (AL-ERYAN; EL-TABBAKH, 2004).

A reação da planta à saliva dos pulgões pode ser parecida entre as espécies que se alimentam do sorgo. Os sintomas causados pelos pulgões podem variar de acordo com a sua densidade populacional, com a ação dos fatores abióticos e bióticos, o estágio de desenvolvimento e vigor da planta (MORAES *et al.*, 2005). Em geral, as três principais espécies de pulgões citadas que atacam o sorgo podem reduzir o tamanho das panículas e quantidade de grãos produzidos, além de diminuir a eficiência fotossintética da planta pelo desenvolvimento da fumagina. O fungo se prolifera pelo acúmulo de suas excreções açucaradas denominadas “honeydew”, devido a uma câmara filtro no aparelho digestivo do afídeo, que retém os aminoácidos e excreta a substância adocicada, favorável para a proliferação do microrganismo (PARAY *et al.*, 2011; BOWLING *et al.*, 2016).

Para a manutenção do equilíbrio biológico da população de pulgões no agroecossistema, o controle biológico por inimigos naturais que podem ser predadores, parasitoides ou patógenos, apresenta diversos casos de sucesso, (MORAES *et al.*, 2005;

FERREIRA; MORAES; ANTUNES, 2011; LEMES *et al.*, 2011; CRUZ *et al.*, 2012; SAMPAIO *et al.*, 2020) reduzindo o uso de inseticidas em 90% das áreas cultivadas (SALVADORI; SALLES, 2002; STARÝ; SAMPAIO; BUENO, 2007). Na ausência desses fatores, a população da praga pode aumentar dez vezes mais a cada semana (MENDES, 2014).

3.3 Controle biológico de pulgões

O controle biológico utiliza meios naturais com indivíduos vivos que controlam a população de pragas. O controle biológico natural é considerado quando o inimigo natural ocorre e atua de maneira espontânea sobre as pragas em determinado local; já as técnicas de controle biológico são realizadas de forma aplicada por liberações inundativas de agentes desenvolvidos em criações massais ou de maneira clássica, quando se introduz espécies exóticas do mesmo lugar de origem do inseto praga. O primeiro registro de caso de sucesso com o controle biológico aconteceu na Califórnia, com o predador *Rodolia cardinalis* (Mulsant, 1850) (Coleoptera: Coccinellidae), que controlou em dois anos a população de pulgão-branco *Icerya purchasi* (Maskell, 1879) (Hemiptera: Margarodidae) (PARRA *et al.*, 2002).

Dentre os inimigos naturais mais utilizados no mundo em programas de controle biológico de pragas, destacam-se os parasitoides, direcionados no controle biológico clássico, aumentativo ou conservativo (LAUMANN; SAMPAIO, 2020). Em regiões tropicais, o controle aumentativo e conservativo é o mais indicado por se ter uma grande diversidade de insetos que ocorrem naturalmente, evitando a introdução desnecessária de espécies exóticas (SAMPAIO *et al.*, 2010). As técnicas de resistência de plantas e controle biológico, por ocorrer interação, aumentam a taxa de mortalidade independente provocada por cada uma, e a eficiência do controle sob a praga (BALDIN; VENDRAMIM; LOURENÇÃO, 2019).

Os parasitoides necessitam apenas de um indivíduo hospedeiro e, obrigatoriamente, matam o inseto praga para completar seu ciclo de vida (PARRA *et al.*, 2021). No avanço dos métodos do manejo integrado de pragas, estudos apontam que os parasitoides podem contribuir melhor para o controle biológico dos pulgões de cereais, resultando em 80% de casos bem-sucedidos no mundo (LEVIE; DOGOT; HANCE, 2000; SCHMIDT *et al.*, 2004). Os parasitoides da ordem Hymenoptera tendem a ser mais específicos quando comparados aos predadores, portanto, evitam dispersões para outros habitats e outros hospedeiros

(BIGLER; BABENDREIER; KUHLMANN, 2006). A família Braconidae e subfamília Aphidiinae reuniram os principais parasitoides utilizados no controle biológico de pulgões pragas (BUENO; SAMPAIO, 2009) e, de maneira geral, os parasitoides conseguem controlar os afídeos de forma mais eficaz e duradoura do que os predadores (VAN LENTEREN, 2012).

A infestação no sorgo acontece anualmente pelos pulgões alados que viajam pelo vento, importante mecanismo de propagação das colônias de outras culturas e locais para as lavouras de sorgo (WANG *et al.*, 2019). O controle biológico natural desta espécie de pulgão vem sendo estudado e três espécies de parasitoides foram encontradas na América do Norte, *Aphelinus* sp., *Aphelinus nigritus* (Howard) (Hymenoptera: Aphelinidae) e *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae) no Texas, Estados Unidos (FARIS; BREWER; ELLIOT, 2022; BREWER *et al.*, 2022) e *Aphelinus* sp., *L. testaceipes* e *Aphelinus varipes* nas regiões de Tamaulipas e Coahuila, no México (RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE *et al.*, 2018; GARCÍA-GONZÁLES *et al.*, 2018). Já no Brasil, somente o parasitoide *A. platensis*, pertencente ao *Aphidius colemani* “species group”, foi encontrado parasitando *M. sorghi* (SAMPAIO *et al.*, 2022).

Aphidius colemani “species group” é caracterizado de um grupo com três espécies de *Aphidius* de difícil identificação morfológica, o qual também inclui *Aphidius transcaspicus* (Telenga) e *A. platensis* (TOMANOVIĆ *et al.*, 2014). Este grupo de parasitoides afidiinae é comercializado para o controle biológico de pulgões desde 1992, e está entre os inimigos naturais mais comercializadas para o controle biológico de pragas no mundo (VAN LENTEREN; ROSKAM; TIMMER, 1997; VAN LENTEREN, 2003; VAN LENTEREN, 2012; GRECO; WALSH; LUNA, 2020; YANO, 2021).

Na América do Sul *A. platensis* é uma das principais espécies de parasitoide em pulgões de cereais (SANTOS *et al.*, 2019), a qual foi identificada na região como *A. colemani* (TOMANOVIĆ *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2019). No Brasil, todos os indivíduos do grupo *A. colemani* que foram analisados após as redescições de Tomanovic *et al.* (2014) pertencem a espécie *A. platenis* (STARÝ; SAMPAIO; BUENO, 2007) o que indica que é provável que a maior parte, se não todos, os registros de *A. colemani* no Brasil (STARÝ; SAMPAIO; BUENO, 2007; SOUZA *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2019; VENÂNCIO *et al.*, 2020; ENGEL *et al.*, 2022) se refiram a *A. platensis*.

Originalmente encontrados no Mediterrâneo e na Ásia Central, *A. platensis* é de origem indiana, com provável introdução acidental na América do Sul, África e Austrália (STARÝ, 1972; STARÝ, 1975). O parasitoide *A. colemani* foi encontrado no Brasil

parasitando mais de 33 espécies de pulgões, incluindo *S. graminum*, *R. maidis* (STARÝ; SAMPAIO; BUENO, 2007). Já após a redescoberta de Tomanovic *et al.* (2014), *A. platensis* foi encontrado parasitando as três espécies de pulgões pragas da cultura de sorgo, *S. graminum*, *R. maidis* e *Melanaphis sorghi* (MORAES *et al.*, 2004; STARÝ; SAMPAIO; BUENO, 2007; SAMPAIO *et al.*, 2022).

3.4 Resistência de plantas a insetos

No manejo integrado de pragas (MIP) destaca-se a resistência de plantas como um dos principais métodos no controle de insetos por ser uma forma alternativa ao controle químico e com alta compatibilidade com o controle biológico (SMITH; CLEMENT, 2012). As interações de insetos e plantas são associações evolutivas envolvendo mecanismos de sobrevivência, como a resistência das plantas aos insetos, que podem ocorrer de maneira contínua, resistência constitutiva, ou induzida, com a ativação dos mecanismos latentes de defesa das plantas contra os insetos praga (DASH *et al.*, 2017; FÜRSTENBERG-HÄGG; ZAGROBELNY; BAK, 2013; GUO; MAJOR; HOWE, 2018; HOWE; JANDER, 2008). Os estudos da resposta do sistema imunológico das plantas indicam a capacidade da planta hospedeira em distinguir e resistir aos ataques dos diferentes grupos de insetos (ASHRAF *et al.*, 2018; HUSSAIN *et al.*, 2018; KHAN *et al.*, 2018; JONES; DANGL, 2006; NOMAN *et al.*, 2018; YI *et al.*, 2004; ZAYNAB *et al.*, 2017).

Para defender seus tecidos do ataque de herbívoros, as plantas utilizam substâncias secundárias ou barreiras físicas, formando defesas diretas tóxicas, não nutritivas ou repelentes. As defesas das plantas podem ser classificadas em constitutivas e induzidas (WAR *et al.*, 2012; HEIDEL-FISCHER; MUSSER; VOGEL, 2014; BRUCE, 2015). A defesa constitutiva possui mecanismos de resposta que está sempre presente na planta, como inibidores de alimentação, toxinas e defesas mecânicas de forma inata, não dependente do ataque dos herbívoros (BALDIN; VENDRAMIM; LOURENÇÃO, 2019). Na defesa induzida, são produzidas substâncias químicas em função do ataque do inseto fitófago e que podem interferir diretamente sobre os herbívoros ou atrair os inimigos naturais para planta, respectivamente, defesas diretas ou indiretas (WALLING, 2000; HEIDEL-FISCHER; MUSSER; VOGEL, 2014; BRUCE, 2015; WAR *et al.*, 2018).

Na indução de resistência, como componentes principais, são emitidos o ácido jasmônico e etileno, que estão relacionados, principalmente, aos ataques de insetos

mastigadores e infestação por patógenos necrotróficos, e o ácido salicílico, relacionados aos insetos perfurantes (tripes e ácaros), sugadores (pulgões e moscas brancas) e patógenos (vírus, fungos, bactérias e protozoários) (HOWE; JANDER, 2008). A resistência se apresenta em três tipos, antibiose, antixenose ou não preferência e tolerância (SMITH, 2005). A antibiose ocorre quando o inseto ao se alimentar da planta resistente desencadeia efeitos prejudiciais nos processos biológicos de vida como a morte de instares iniciais, distúrbios fisiológicos, diminuindo a fecundidade, o tamanho e peso de larvas e ninfas e prolongamento do período larval e distúrbios morfogenéticos como a precocidade na formação de pupas e alteração da razão sexual (SINGH *et al.*, 2020).

A antixenose ou não preferência pode ser expressa pela repelência do inseto para a alimentação, ovoposição ou abrigo, quando a planta resistente é menos atrativa para os insetos fitófagos do que as suscetíveis. O processo de seleção da planta hospedeira acontece por meio de estímulos, definidos em três etapas, a primeira pela orientação até o hospedeiro, seguida com o início da alimentação, ovoposição, e finalizada com a manutenção do forrageamento e reprodução (VENDRAMIM; NISHIKAWA, 2001). Já na tolerância, a herbivoria não é interrompida e a planta consegue suportar o ataque da praga. No entanto, reações compensatórias como a regeneração de seus tecidos ou até emissão de novos perfilhos são desencadeadas na planta para que o dano sofrido seja compensado sem nenhuma queda na produtividade. Suas principais qualidades são menor pressão de seleção sobre a praga, elevação do nível de dano econômico, estabilidade de produção e menor risco de surgimento de novos biótipos do herbívoro praga (GATEHOUSE, 2002; CUNNINGHAM, 2012; WAR *et al.*, 2012; SEIFI; VISSER; BAI, 2013; HEIL, 2014).

3.5 Silício

O Si é um elemento presente na maioria das rochas que formam 27,7% da crosta terrestre, sendo o segundo elemento mais abundante na superfície terrestre, perdendo somente para o oxigênio (KORNDÖRFER, 2007; BAKHAT *et al.*, 2018). O grau de intemperismo do solo, ou seja, modificações físicas e químicas que ocorrem nas rochas ao serem expostas define a quantidade do Si disponível para as plantas, a qual tendendo a ser maior em solos jovens, como por exemplo os cambissolos (MENEGALE; CASTRO; MANCUSO, 2015). A capacidade de absorção do Si nas espécies de plantas é variável, acontece pela principal entrada que são as raízes, no formato de ácido monossilícico (H_4SiO_4). É transportado pelo

xilema e depositado na forma de dupla camada de sílica e cutícula na epiderme das folhas e colmos (MA; YAMAJI, 2006). Com o acúmulo do Si, as células epidérmicas ficam mais espessas e com um grau maior de lignificação e/ou silicificação, contribuindo na formação de barreiras mecânicas ao ataque das pragas, auxiliando na resistência do hospedeiro (NOLLA, 2013).

Quanto ao teor de acúmulo de Si, as plantas podem ser classificadas como não acumuladoras, intermediárias e acumuladoras. As plantas que apresentam teores superiores a 1 g kg^{-1} de Si na massa seca são classificadas como acumuladoras. Já as intermediárias podem apresentar entre $0,5$ a 1 g kg^{-1} de Si na massa seca, e as plantas não acumuladoras tem a concentração de Si na massa seca inferior a $0,5 \text{ g kg}^{-1}$ (MARAFON; ENDRES, 2013). Dentre as ordens que são acumuladoras estão as Equisetales, Cyperales, Poales, e a subfamília Graminae (Poales), que podem conter até 10% de Si na matéria seca da parte aérea (MA *et al.*, 2002). O transporte e armazenamento desse elemento podem ser regulados pelo processo ativo que é desencadeado com os estímulos à proteção contra pragas e outros tipos de estresse ambientais (CURRIE; PERRY, 2007; OLIVEIRA, 2009).

De acordo com Epstein e Bloom (2004), podemos considerar o Si como elemento “semi essencial” para o desenvolvimento das plantas, por não obedecer a todos os critérios de essencialidade de nutrientes. Os critérios para que um nutriente seja considerado essencial pode ser por essencialidade de nutrientes, quando o elemento precisa estar diretamente envolvido no metabolismo das plantas, ou na sua total ausência, quando a planta não consegue completar o seu ciclo de vida sem o nutriente (LUYCKX *et al.*, 2017). Posteriormente o Instituto Internacional de Nutrição de Plantas (IPNI), na Georgia, USA, reconheceu os benefícios do Si nas plantas sob condição de stress, sendo considerado benéfico por ser responsável pelos efeitos indiretos causados na planta (IPNI, 2015). Dentre eles podemos destacar o aumento na capacidade fotossintética, redução da taxa transpiratória, redução do efeito tóxico do Mn, Fe, Al e Na, do aumento na absorção de outros elementos, como o fósforo (P), e aumento do estímulo da resistência contra doenças e insetos (LANA *et al.*, 2003; HAGHIGHI; PESSARAKLI, 2013; CAO *et al.*, 2015; KELLER *et al.*, 2014; LIANG *et al.*, 2015; POZZA; POZZA; BOTELHO, 2015; SINGH *et al.*, 2020).

3.6 Silício na resistência de plantas a insetos

O Si se acumula como fitólitos em diferentes estruturas intracelulares e extracelulares das plantas, contribuindo com sua defesa física contra os insetos (SINGH *et al.*, 2020). Além disso, participa da defesa química da planta, segundo Rahman, Wallis e Uddin (2015) a disponibilização de Si para as plantas promove maior expressão de genes e proteínas, auxiliando na sua resistência. Já Rodrigues *et al.* (2004) e Rémus-Borel, Menzies e Bélanger (2005) relatam que o Si apresenta uma via potencializada de fenilpropanoides e síntese de terpenoides, que resultam em uma elevada produção de metabólitos secundários relacionados a antibiose. Este elemento possui um importante papel no aumento da produção do ácido jasmônico, que por sua vez, ativa a produção de compostos secundários prejudiciais ao desenvolvimento da praga (YE *et al.*, 2013; KIM *et al.*, 2014), diminuindo a população de herbívoros devido ao aumento da atividade de enzimas relacionadas ao sistema de defesa vegetal (HALL *et al.*, 2019). Os metabólitos secundários podem ser associados com a diminuição da qualidade de vida da praga (WAR *et al.*, 2012), reduzindo a alimentação, o crescimento, desenvolvimento, e aumentando a mortalidade (HALL *et al.*, 2021).

Diversos estudos relatam que plantas adubadas com Si possuem maior resistência contra o ataque de insetos, tantos mastigadores quanto sugadores, do que aquelas produzidas em solos com baixas quantidades deste elemento (KORNDÖRFER; CHERRY; NAGATA, 2004; PEREIRA *et al.*, 2004; CORREA *et al.*, 2005; REDMOND; POTTER, 2006; MASSEY; ENNOS; HARTLEY, 2006, 2007a e 2007b; KVEDARAS *et al.*, 2009; HOU; HAN, 2010; KEEPING; MEYER; SEWPERSAD, 2013; VILELA *et al.*, 2014; HAN *et al.*, 2015; EXLEY, 2015; JOHNSON *et al.*, 2018; PERDOMO *et al.*, 2022). A função do Si na redução da severidade do dano ou presença da praga tem sido estudado com maior ênfase nas culturas de algodão, feijão, soja, hortaliças e especialmente em gramíneas: arroz, sorgo, cana-de-açúcar, milho e trigo (BAKHAT *et al.*, 2018). O armazenamento do Si em determinadas espécies de plantas resulta em um aumento na dureza dos tecidos vegetais, diminuindo a digestibilidade da planta e desgaste nas peças bucais dos insetos mastigadores, além de aumentar a taxa de mortalidade e reduzir a preferência por alimentação dos insetos sugadores (WANG *et al.*, 2017).

O Si está entre os indutores de resistência de plantas mais estudados e os seus principais efeitos na indução de resistência contra pragas podem ser observados na redução da taxa de crescimento populacional e na maior mortalidade de insetos (LIU *et al.*, 2017). Vários estudos foram realizados evidenciando o efeito do Si na antibiose e na não preferência em insetos sugadores da família Aphididae. Em culturas como milho (ALVARENGA *et al.*,

2017), sorgo (CARVALHO; MORAES; CARVALHO, 1999; MORAES; CARVALHO, 2002) e trigo (GOMES *et al.*, 2005), o Si reduziu a fecundidade dos pulgões por antibiose. Em laboratório, Dias *et al.* (2014), avaliou os efeitos da fertilização com Si sobre a biologia de formas aladas e ápteras de *Sitobion avenae* (fabricius) (Hemiptera: Aphididae), e o efeito da não preferência de alados de *S. avenae* por plantas de trigo com ou sem adubação com Si. A indução de antibiose foi observada em plantas com Si apenas para formas ápteras, reduzindo a fecundidade, longevidade e taxa líquida de reprodução. A praga teve preferência pelas plantas de trigo não adubadas com Si, já as plantas que receberam adubação com Si, tiveram menos pulgões alados tanto na fase vegetativa quanto na reprodutiva.

Moraes e Carvalho (2002) observaram que as plantas tratadas com o Si que abrigavam os pulgões da espécie *Schizaphis graminum* (Rondani) tiveram efeitos negativos no seu desenvolvimento. Além de aumentar a mortalidade e redução na multiplicação de novas ninfas, os autores notaram que as pragas retiravam seus estiletes das plantas adubadas com Si com maior frequência, indicando maior dificuldade para se alimentarem. No estudo de Moraes *et al.* (2005), foi avaliado o efeito do Si na preferência do pulgão do milho *R. maidis* por testes de não preferência com folhas destacadas de plantas de milho adubadas com Si. De modo geral, o Si afetou a preferência do pulgão aumentando a resistência das folhas e dificultando a alimentação dos pulgões.

De maneira análoga, Almeida *et al.* (2015) também analisaram o efeito do Si com a aplicação de 600 kg ha⁻¹ silicato de cálcio e de magnésio na atratividade e preferência ao pulgão *R. maidis* em dois híbridos de milho. A aplicação de Si via solo também contribuiu para o aumento na indução da não preferência ao *R. maidis* em plantas de milho em laboratório diminuindo a população dos pulgões. Rodrigues (2020) avaliou os compostos químicos produzidos por plantas de sorgo e milho relacionados à indução de resistência pela herbívora e adubação silicatada provocada pelo inseto mastigador *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e sugador *R. maidis*. Cinco doses superiores a 600 kg ha⁻¹ de Si utilizadas, induziu a resistência por antibiose reduzindo a desfolha por *S. frugiperda* em milho e a população de *R. maidis* em sorgo.

O Si ainda pode induzir a resistência indireta, atraindo os inimigos naturais para a planta (REYNOLDS; KEEPING; MEYER, 2009). Em testes de não preferência em trigo Oliveira *et al.* (2020) observaram que o acúmulo de Si na planta hospedeira estimularam a emissão de voláteis da planta que provocaram o comportamento de não preferência do pulgão *Rhopalosiphum padi* (L.) e atraíram o parasitoide *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson). Porém,

os inimigos naturais podem ser afetados negativamente pelas alterações na qualidade de seus hospedeiros e presas causadas pelo Si (GOLS *et al.*, 2007; ODE; JOHNSON; MOORE, 2014), pois as plantas com resistência por antibiose, normalmente, reduzem a qualidade do hospedeiro para os parasitoides, diminuindo, como consequência, o *fitness* do inimigo natural (PETERSON *et al.*, 2016).

3.7 Efeito do Si nos parasitoides

Os efeitos de cascata trófica são entendidos como a propagação de uma perturbação em um determinado nível trófico para os demais da cadeia alimentar (JORGE *et al.*, 2013), afetando a dispersão, a predação e a herbivoria, podendo aumentar ou diminuir bruscamente o tamanho das populações (GALETTI; DIRZO, 2013; RIPPLE *et al.*, 2014).

Os parasitoides da subfamília Aphidiinae estão entre os principais inimigos naturais de pulgões utilizados no controle biológico (BUENO; SAMPAIO, 2009). Necessitam apenas de um indivíduo hospedeiro para completar seu ciclo de vida, onde obrigatoriamente matam o inseto praga (PARRA *et al.*, 2021). O sucesso do ciclo de vida e desenvolvimento dos endoparasitoides são limitados pela fisiologia de seus hospedeiros e respostas imunológicas. São particularmente dependentes de todos os recursos contidos na praga alvo, os quais influenciam no desenvolvimento do parasitoide imaturo, na sobrevivência, tamanho e fecundidade dos parasitoides adultos (SAMPAIO *et al.*, 2020).

Em geral, as pesquisas feitas com Si buscam evidenciar o efeito apenas nos herbívoros (LEROY *et al.*, 2019), pouco se sabe quanto o nível trófico inferior pode transmitir os efeitos do Si em níveis tróficos superiores (JOHNSON, 2008). Utilizando o Si em folhas de *Phalaris aquática* (Poaceae), Hall *et al.* (2021), verificaram o efeito nas interações entre o pulgão *R. padi* e seu parasitoide *A. colemani*. Resultados mostraram que não houve diferença na abundância de pulgões ou na taxa de parasitismo, entretanto, a presença do Si reduziu as taxas de emergência, o tamanho dos parasitoides, das múmias hospedeiras e a razão sexual de *A. colemani*. Segundo Jandricic *et al.* (2014), fatores que reduziram a fecundidade dos pulgões resultaram em menores taxas de emergência e menor *fitness* dos parasitoides que eclodiram. Entretanto, Sampaio *et al.* (2020) e Moraes *et al.* (2004), testaram diferentes espécies de parasitoides no hospedeiro *S. graminum* e os parasitoides não foram afetadas pelo Si.

É provável que o efeito da antibiose induzida pelo Si só afete os parasitoides quando seus hospedeiros são afetados. De acordo com os resultados de Sampaio *et al.* (2020), não

houve alteração na taxa de crescimento populacional de *S. graminum* desenvolvidos em colônias nas plantas de sorgo com ou sem Si por não ter alterado o desenvolvimento do hospedeiro *S. graminum*, o Si também não afetou a *fitness* do parasitoide. Portanto, estudos complementares são fundamentais para avaliar se a presença de Si no solo irá alterar o desenvolvimento dos parasitoides de pulgões, identificando o efeito cascata em nível trófico.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Produção de plantas de sorgo para a criação dos insetos

O sorgo forrageiro híbrido de ciclo semiprecoce (115 a 125 dias) foi semeado em vasos plásticos de 1,7L (20 cm de altura x 12 cm de diâmetro da boca x 10 cm de diâmetro do fundo). Como substrato foi utilizada a mistura homogênea de 2/3 de substrato para vasos e 1/3 de terra vegetal da marca Terral. As plantas foram produzidas no perímetro urbano da cidade de Uberlândia (18° 52' 23.9982"S, 48° 16' 6.9999"O) e em casa-de-vegetação (UFU), sendo semeados 10 vasos a cada 15 dias. Após 14 dias da semeadura foi realizado o desbaste deixando apenas duas plantas por vaso. Quando as plantas estavam com cerca de dois meses de desenvolvimento foram utilizadas nas criações dos pulgões e dos parasitoides no laboratório de Entomologia e Controle Biológico (LACOB) - UFU.

4.2 Criação dos pulgões e parasitoides

Os pulgões *R. maidis* e *M. sorgi* e o parasitoide *A. platensis* utilizados para iniciar as criações foram obtidos em áreas de sorgo nas fazendas experimentais Capim Branco (18°53'23.677"S, 48°20'27.089"O) e Glória (18°56'54.713"S, 48°13'54.713"O). Os pulgões foram colocados em placas de Petri de 90 mm contendo duas seções foliares de sorgo do híbrido volumax sobre uma camada de solução ágar-água a 1% e vedadas com organza e elástico. As placas contendo os pulgões foram mantidas por seis dias em câmaras do tipo BOD a 23°C e fotoperíodo de 12h, a fim de retirar contaminantes e aumentar o número de afídeos.

Após o período de seis dias nas seções foliares em câmaras climáticas, as novas gerações dos pulgões foram inseridas nas plantas de sorgo de aproximadamente dois meses de desenvolvimento, mantidas em gaiolas acrílicas e em sala climatizada com temperatura de

23±1°C e fotofase de 12 horas. A cada oito dias uma nova planta de sorgo foi inserida na gaiola.

Parasitoides da espécie *A. platensis* coletados no campo em *M. sorghi* foram mantidos em plantas de sorgo contendo colônias desta mesma espécie de pulgão em gaiolas de acrílico e em sala climatizada com as mesmas condições climáticas descritas anteriormente para a criação de pulgões. Foram liberados 30 casais de parasitoides na gaiola, os quais foram mantidos por 5 a 6 dias para realizarem o parasitismo, e após esse período os parasitoides foram retirados. Ao emergir uma nova geração de parasitoides adultos, aproximadamente 15 dias após, nova planta infestada com *M. sorghi* foi adicionada na gaiola para manter a criação de parasitoides.

4.3 Preparo do solo e produção de plantas para avaliação de indução de resistência por silício

O solo utilizado no experimento foi coletado na Fazenda experimental Capim Branco, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, no município de Uberlândia -MG, latitude 18°53'19''S, longitude 48°20'57''W e altitude de 835m. O solo se caracteriza por ser um latossolo vermelho escuro distrófico de textura argilosa e com baixa quantidade de silício disponível às plantas (1,2 mg de Si dm⁻³ de solo).

Foram coletados 66 kg de solo, o qual foi peneirado e deixado para secar a sombra. Metade do solo foi misturado com Si e a outra metade com calcário dolomítico para equilibrar a quantidade de Ca e Mg no tratamento sem adição de Si. Foi utilizado como fonte de Si, o silicato de Ca e Mg (Agrosilício® Plus) com as seguintes características físicas e químicas: granulometria fina (pó), poder relativo de neutralização total (PRNT) de 88%, 4,76% de Si solúvel, 12,26% de Si total, teor total de CaO de 37,82 % e 9,30 % de MgO. Foi utilizada a dose de 800 kg de Si solúvel por ha⁻¹. Para isso, aplicou-se 277,2 g de silicato em 33 kg de solo. Já para equilibrar os teores de cálcio e magnésio no solo do tratamento sem Si, foi aplicado 86,922 g de calcário dolomítico Ercal® (30,56 % de CaO e 8,66% de MgO) para os mesmos 33k g de solo.

O solo com adição de silicato ou de calcário foram mantidos individualizados em sacos plásticos de 50 kg, adicionados 220 mL de água por quilo de solo, e então fechados e deixados para incubar por 45 dias. Após este período, 700 g de solo foram colocadas por vaso de 0,7 L, adubado com 15g de NPK (10-10-10) por vaso e, realizada a semeadura do sorgo.

As plantas de sorgo forrageiro do híbrido volumax foram produzidas em casa-de-vegetação. Para a semeadura foram adicionadas seis sementes de sorgo por vaso, os quais foram protegidos por gaiolas de garrafa PET de 3 L, cobertas com organza e elástico para evitar contaminações por insetos.

A semeadura foi realizada no dia 13/06/2022, com emergência em 18/06/22. Dez dias após a semeadura (DAS), foi deixada apenas uma planta por vaso. Para melhor desenvolvimento das plantas, se foi aplicado via foliar aos 12 DAS e 19 DAS uma solução nutritiva contendo boro, manganês, zinco, cobre e molibdênio, e aos 13 DAS e 20 DAS uma solução nutritiva de ferro. As soluções foram preparadas por meio da diluição de 8 mL de cada composto em 4 L de água, sendo borrifado de forma homogênea nas folhas, aproximadamente 50 mL em cada vaso.

Para adubação de cobertura, se foi aplicado, aos 16 DAS e 23 DAS, 100 mL de uma solução de 7g de sulfato de amônio granulado (20% N amoniacal), diluídos em 8 litros de água, por vaso via solo. Quando as plantas completaram 20 dias de emergência foram utilizadas nos experimentos do efeito do Si no crescimento populacional dos pulgões e na biologia do parasitoide. Foram formados um total de 80 vasos para os experimentos, dos quais 40 receberam aplicação de Si (Si⁺) via solo e 40 não receberam este elemento (Si⁻).

4.4 Efeito do Si no crescimento populacional dos pulgões

O experimento do efeito do Si no crescimento populacional dos pulgões *M. sorghi* e *R. maidis* foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (*M. sorghi* Si⁺, *M. sorghi* Si⁻, *R. maidis* Si⁺ e *R. maidis* Si⁻) e 10 repetições em casa-de-vegetação. A média das temperaturas máximas na casa-de-vegetação durante o experimento foi de 35°C±0,43; a média das temperaturas mínimas foi de 23°C±0,29; e a média das temperaturas médias foi de 29°C±0,32. Para a padronização da idade dos pulgões, foram utilizadas placas de Petri (5 cm) com ágar 1% cobrindo o seu fundo, com seções foliares de sorgo e vedadas com papel filme perfurado. Foram infestadas 20 placas de Petri com quatro pulgões adultos por placa, para cada espécie de pulgão. As placas foram mantidas em câmara climática tipo B.O.D com temperatura de 23±1°C e fotofase de 12 horas. Após 24 horas, os adultos foram retirados das placas, deixando apenas as ninfas de primeiro instar. Quatro dias após, quando as ninfas atingiram o quarto instar, as mesmas foram utilizadas nas infestações das plantas de sorgo.

Para avaliar a indução de resistência por antibiose nas plantas de sorgo pelo uso de Si, foram utilizadas 40 plantas de sorgo, das quais 20 receberam aplicação de Si (Si^+) via solo e 20 não receberam este elemento (Si^-). Cada planta foi infestada com quatro ninfas de quarto instar provenientes das colônias de padronização etária nas placas de Petri. Após 17 dias da infestação as plantas foram cortadas, mantidas em sacos transparentes e congeladas para evitar a multiplicação dos pulgões. Os pulgões foram retirados das plantas e contabilizados sob microscópio estereoscópico. Em seguida as plantas de sorgo foram secas em estufa a 65°C , por 72 horas, até massa constante, trituradas manualmente e feita a análise foliar para determinar a porcentagem de teor de Si, de acordo com o método azul descrito por Korndörfer, Pereira e Nolla (2004). Avaliou-se o teor de Si na parte aérea do sorgo e o número de pulgões por planta de cada gaiola.

4.5 Efeito do Si na biologia do parasitoide

O experimento do efeito do Si na biologia de *A. platensis* sobre os hospedeiros *M. sorghi* e *R. maidis* foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (*M. sorghi* Si^+ , *M. sorghi* Si^- , *R. maidis* Si^+ e *R. maidis* Si^-) e realizado em casa-de-vegetação com a temperatura média de $29^\circ\text{C}\pm 0,32$ em seu interior durante o período de realização do experimento. Foram utilizados 10 vasos que receberam aplicação de Si (Si^+) via solo e 10 vasos que não receberam este tratamento (Si^-) para cada espécie de pulgão, totalizando 40 vasos. Para padronizar a idade dos pulgões utilizados nos experimentos foram montadas a mesma quantidade de placas para cada espécie de pulgão, com ágar 1% cobrindo o seu fundo com seções foliares de sorgo. Dez pulgões adultos de uma das espécies foram colocados por placa, a qual foi vedada por papel filme perfurado para circulação do ar. Após 24 horas os adultos foram retirados, deixando apenas ninfas de primeiro instar. As ninfas permaneceram em câmara climatizada a $23\pm 1^\circ\text{C}$ e fotofase de 12 horas por 6 dias até a chegarem a fase adulta. A planta de sorgo de cada vaso foi infestada com 10 pulgões adultos de *M. sorghi* ou *R. maidis*. Após 24 h os adultos foram retirados e as 30 ninfas mantidas de primeiro instar por planta, as quais foram mantidas por mais 48 horas, até atingirem o terceiro instar. Quando as ninfas atingiram o terceiro instar foram utilizadas no experimento.

Para padronizar a idade dos parasitoides utilizados no experimento foram coletadas 160 múmias da criação de parasitoides, e individualizadas em Eppendorfs até a emergência dos adultos. Em cada Eppendorf foi colocado gotas de mel diluído em água (50%), como

fontes de alimentação para os parasitoides. Foram formados 40 casais de parasitoides e após observado o acasalamento, as fêmeas foram separadas dos machos e utilizadas no experimento.

Em cada gaiola pet contendo um vaso com uma planta de sorgo e 30 ninfas de terceiro instar de *M. sorghi* ou *R. maidis*, foi adicionada uma fêmea de *A. platensis* com menos de 24 horas de vida e previamente acasalada. As fêmeas foram mantidas nas gaiolas por duas horas, cronometradas após observar o parasitoide parasitar o primeiro hospedeiro. As plantas foram mantidas em casa-de-vegetação até os pulgões mumificarem (aproximadamente 10 dias após o parasitismo). As múmias foram individualizadas em tubos plásticos para centrifuga, mantidas em sala climatizada com temperatura de $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ e fotofase de 12 h e observadas diariamente até a emergência dos parasitoides adultos (período de desenvolvimento).

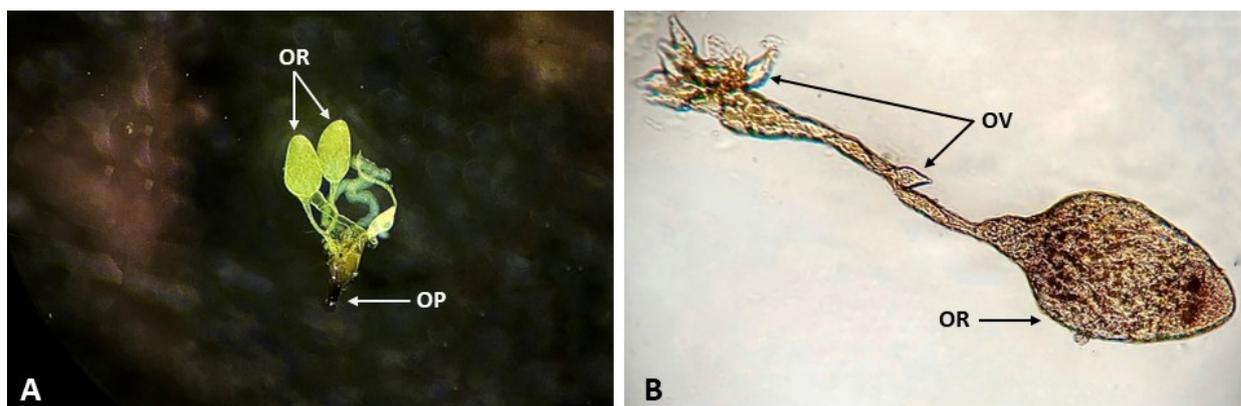
Todos os parasitoides emergidos tiveram o seu sexo determinado, separando as fêmeas de *A. platensis* para a avaliação do tamanho das tíbias e da fecundidade potencial (número de ovos nos ovariolos) por meio da dissecação das fêmeas. Para a dissecação das fêmeas do parasitoide, os insetos emergidos durante a escotofase foram removidos, e utilizadas as fêmeas com menos de três horas de emergência. Foram dissecadas 121 fêmeas de *A. platensis*, sendo 40 do hospedeiro *M. sorghi* Si⁻, 41 do *M. sorghi* Si⁺, 18 de *R. maidis* Si⁻, e 22 de *R. maidis* Si⁺.

A dissecação dos parasitoides foi realizada com auxílio seringas de 3 mL e lâmina para microscopia (2,5 x 7,5 cm) sob microscópio estereoscópico. Primeiramente as tíbias posteriores das fêmeas de *A. platensis* e de suas respectivas múmias foram retiradas e armazenadas em Eppendorfs com álcool. Em seguida, o abdome foi dissociado do restante do corpo, os urômeros foram separados, expondo os ovariolos, os quais foram rompidos até a liberação dos óvulos, permitindo a visualização para contagem em microscópio ótico com aumento de 100 vezes (Figura 1). As tíbias posteriores das fêmeas de *A. platensis* e de suas respectivas múmias foram fixadas com lâmina e lamínula e fotografadas utilizando câmera digital para microscopia (ScopeTek® modelo DCM 130), sendo mensuradas por meio dos softwares ScopePhoto e ImageJ (VIEIRA; FRANCO; SAMPAIO, 2019).

As plantas de sorgo de cada parcela foram secas em estufa a 65°C , por 72 h até massa constante, trituradas manualmente e separadas para análise de Si foliar de acordo com o método azul descrito por Korndörfer, Pereira e Nolla (2004). Foram avaliadas as porcentagens de parasitismo (número de pulgões mumificados em função do número total de pulgões) de emergência (número de parasitoides adultos em função do número de pulgões mumificados) e

de fêmeas (razão sexual), o período de desenvolvimento (da ovoposição até a emergência), a fecundidade potencial (número de óvulos por fêmea) e o tamanho da tíbia posterior dos parasitoides emergidos e de suas respectivas múmias.

Figura 1. Morfologia externa do aparelho reprodutor de fêmeas de *A. platensis*. Visão dos dois ovaríolos (OR); óvulos (OV); e ovopositor (OP).



Fonte: De autoria própria.

4.6 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram testados para normalidade dos resíduos por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov corrigido por Lilliefors e a homogeneidade das variâncias por Levene a 1% de significância, utilizando o software R, versão 3.6.3. Tendo a confirmação da homogeneidade das variâncias, os dados foram submetidos à ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

5. RESULTADOS

5.1 Efeito do Si no crescimento populacional dos pulgões

O teor de silício foi maior nas plantas de sorgo adubadas com este elemento do que nas plantas não adubadas ($F_{3:36} = 59,70$; $P < 0,0001$) para ambas as espécies de pulgões, *M. sorghi* e *R. maidis* (Tabela 1). As populações de ambas as espécies de pulgões foram maiores nas plantas sem a aplicação de Si via solo. Quando comparadas as espécies de pulgões, observa-se que a maior população foi obtida para *M. sorghi* em plantas Si⁻, porém, para a população de *M. sorghi* desenvolvida em plantas com adição de Si não houve diferença para as populações de *R. maidis* que se desenvolveram em plantas com ou sem Si ($F_{3:36} = 23,54$; $P < 0,0001$).

Tabela 1. Teor de silício e número de indivíduos por planta (média±erro padrão) (Nº gaiolas) de *M. sorghi* (*M.s*) e *R. maidis* (*R.m*) em plantas de sorgo adubadas (Si⁺) ou não (Si⁻) com silício.

	Si (%)	Pulgões por planta
<i>M.s</i> Si ⁻	0,44±0,01(10)b	624,8±23,88(10)a
<i>M.s</i> Si ⁺	1,16±0,02(10)a	308 ±20,23(10)bc
<i>R.m</i> Si ⁻	0,36±0,01(10)b	319,9±21,11(10)b
<i>R.m</i> Si ⁺	1,05±0,04(10)a	156,6±14,49(10)c
CV (%)	22,22	36,3

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P > 0,05). Fonte: De autoria própria.

5.2 Efeito do Si na biologia do parasitoide

De maneira análoga ao que foi observado no experimento de crescimento populacional de pulgões, o teor de Si foi maior nas plantas de sorgo com a adubação de Si ($F_{3:35} = 63,34$; $P < 0,0001$) (Tabela 2). A porcentagem de parasitismo foi maior para *M. sorghi* do que para *R. maidis* independente da aplicação de Si ($F_{3:30} = 17,87$; $P < 0,0001$). Já para as porcentagens de emergência ($F_{3:30} = 0,97$; $P = 0,4144$) e de fêmeas ($F_{3:30} = 0,78$; $P = 0,5$) de *A. platensis* sobre *M. sorghi* e *R. maidis* não houve diferença, nem quando comparadas as espécies de pulgões e nem para a aplicação de Si (Tabela 2).

O período de desenvolvimento de *A. platensis* em *R. maidis* que se desenvolveu em plantas sem adição de Si foi maior do que da mesma espécie de pulgão em plantas Si⁺ e em *M. sorghi*, independente da planta ter ou não recebido Si ($F_{3:30} = 6,70$; $P = 0,0002$). A fecundidade potencial de *A. platensis* foi maior ($F_{3:30} = 20,68$; $P < 0,0001$) para os tratamentos sem a adubação com silício, tanto para *M. sorghi* quanto para *R. maidis*, porém, não apresentou diferença quando comparada as espécies de hospedeiro em que o parasitoide se

desenvolveu. A tibia posterior dos parasitoides obtidos nos hospedeiros *M. sorghi* e *R. maidis* ($F_{3:117} = 25,86$; $P < 0,0001$) e de suas múmias ($F_{3:117} = 24,45$; $P < 0,0001$) foram maiores nos tratamentos sem adubação de Si, sendo os maiores valores observados para *R. maidis* na ausência de Si (Tabela 2).

Tabela 2. Média \pm erro padrão (N^o parcelas) para o teor de silício nas plantas (%), das porcentagens de parasitismo pela formação de múmias, de emergência dos adultos e, de fêmeas, período de desenvolvimento (em dias) e comprimento da tibia posterior das fêmeas do parasitoide e de suas respectivas múmias (μm), de *A. platensis* sobre *M. sorghi* (*M.s*) e *R. maidis* (*R.m*) em plantas de sorgo adubadas com (Si^+) ou não e sem silício (Si^-) com silício.

Variáveis	Tratamento				CV (%)
	<i>M.s</i> Si^-	<i>M.s</i> Si^+	<i>R.m</i> Si^-	<i>R.m</i> Si^+	
Si (%)	0,32 \pm 0,017(10)b	0,92 \pm 0,02(10)a	0,33 \pm 0,01(10)b	0,87 \pm 0,02(9)a	21,42
Parasitismo (%)	66,91 \pm 2,8(10)a	64,74 \pm 3,4(10)a	26,85 \pm 1,9(8)b	34,48 \pm 2,6(6)b	34,72
Emergência (%)	80,97 \pm 2,2(10)a	67,31 \pm 3,2(10)a	67,79 \pm 3,9(8)a	54,81 \pm 1,8(6)a	50,48
Fêmeas (%)	52,94 \pm 2,9(10)a	51,51 \pm 3,7(10)a	77,08 \pm 4,2(8)a	66,76 \pm 3,1(6)a	36,86
Período de desenvolvimento	14,44 \pm 0,13(150)b	14,67 \pm 0,14(104)b	15,77 \pm 0,11(26)a	15,30 \pm 0,12(38)ab	5,45
Fecundidade Potencial	92,7 \pm 3,02 (40)a	66,4 \pm 2,12 (41)b	101,7 \pm 1,06 (18)a	54,7 \pm 0,76 (22)b	16,62
Tibia múmia	445,4 \pm 8,60(40)b	361,7 \pm 10,14(41)c	489,0 \pm 11,62(18)a	388,9 \pm 7,97(22)c	14,59
Tibia parasitoide	446,4 \pm 7,46(40)b	389,8 \pm 7,92(41)c	503,4 \pm 7,48(18)a	423,1 \pm 7,02(22)bc	11,01

Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).
Fonte: De autoria própria.

6. DISCUSSÃO

O teor de Si das plantas de sorgo foi maior naquelas adubadas com a dose de 800 Kg por ha^{-1} do que nas não adubadas com este elemento, e o aumento do teor de Si acumulado nas folhas esteve relacionado à redução da população dos pulgões *M. sorghi* e *R. maidis*. O crescimento populacional de *M. sorghi* foi maior do que o de *R. maidis* em plantas sem Si, o que pode indicar maior adaptabilidade de *M. sorghi* a cultura de sorgo quando comparado a *R. maidis*. Porém, nas plantas com adição de Si houve redução de 50,7% da população de *M. sorghi* e 51,05 % em *R. maidis*, o que igualou o crescimento populacional das duas espécies de pulgões. A indução de resistência por antibiose devido à aplicação de Si

no solo, caracterizada pela redução do potencial reprodutivo de pulgões, foi verificada em vários estudos realizados em laboratório e campo (CARVALHO; MORAES; CARVALHO, 1999; MORAES; CARVALHO, 2002; BASAGLI *et al.*, 2003; KEEPING *et al.*, 2009; RANGER *et al.*, 2009; DIAS *et al.*, 2014; REYNOLDS *et al.*, 2016; LI *et al.*, 2018; LIMA, 2018; BOER; SAMPAIO; PEREIRA, 2019; RODRIGUES, 2020; PERDOMO *et al.*, 2022; REIS, 2021).

Quando comparada a preferência do parasitoide e a qualidade dos hospedeiros *M. sorghi* e *R. maidis* para *A. platensis*, percebe-se grande variação na preferência da parasitoide e pequena variação na qualidade dos hospedeiros. A porcentagem de parasitismo, avaliada pelo número de pulgões mumificados, foi a única característica relacionada à preferência que foi avaliada e foi maior para *M. sorghi*, indicando que este hospedeiro é mais preferível pelo parasitoide (SAMPAIO; BUENO; VAN LENTENREN, 2001). Possivelmente, o maior número de indivíduos de *M. sorghi* expostos na lâmina foliar e colmo nas plantas de sorgo fez com que esta espécie fosse mais facilmente parasitada pelas fêmeas de *A. platensis* do que *R. maidis*, que se concentravam no cartucho da planta. Apesar da avaliação pelo número de múmias não nos forneça com grande confiabilidade a preferência do parasitoide, o ideal seria a observação do comportamento de ovoposição (SAMPAIO; BUENO; VAN LENTEREN, 2001; SAMPAIO; BUENO; CONTI, 2008) estes resultados indicam que o pulgão praga invasora, *M. sorghi*, pode ser parasitado em porcentagens altas por *A. platensis* (67% em plantas sem Si). Porém, utilizando metodologia semelhante, mas em condições controladas em placa de Petri, que facilitam a localização do hospedeiro, o parasitismo de *A. colemani* (provavelmente *A. platensis*) em pulgões que ocorrem no sorgo foi substancialmente maior do que as encontradas no presente estudo para *R. maidis* (94%) e um pouco superior para *S. graminum* (78%) (SAMPAIO; BUENO; CONTI, 2008).

De forma análoga à preferência, *M. sorghi* apresentou boa qualidade para *A. platensis*, já que houve variação entre os hospedeiros somente no período de desenvolvimento e no tamanho do parasitoide quando comparado a *R. maidis*. O pulgão *R. maidis* está entre os hospedeiros que apresentam maior qualidade para *A. colemani* (SAMPAIO *et al.*, 2008) e o período de desenvolvimento do parasitoide *A. plantensis* foi 9,21% maior em *R. maidis* do que em *M. sorghi* em plantas Si⁻, o que indica maior qualidade de *M. sorghi* quando avaliamos este aspecto. No entanto, o tamanho das tíbias de *A. platensis* indicou que o tamanho do parasitoide foi 11,32% menor em *M. sorghi* do em *R. maidis* em plantas Si⁻, o que foi relacionado ao menor tamanho (8,92%) das tíbias das múmias de *M. sorghi*.

A aplicação de Si via solo, além de reduzir o tamanho dos hospedeiros *M. sorghi* e *R. maidis* e do parasitoide *A. platensis*, reduziu o potencial reprodutivo dos parasitoides. É importante ressaltar que fecundidade potencial está diretamente associada com o controle do hospedeiro, já que cada óvulo pode gerar um novo indivíduo do parasitoide que irá se desenvolver e eliminar um indivíduo praga (LAUMANN; SAMPAIO, 2020). No hospedeiro *M. sorghi*, houve uma redução de 28,37% na fecundidade de *A. platensis* nas plantas de sorgo adubadas com Si quando comparadas com aquelas sem Si, enquanto que quando se desenvolveu em *R. maidis*, a fecundidade potencial de *A. platensis* reduziu 46,21% com o efeito do Si. Assim como encontrado no presente trabalho para *A. plantensis*, outros estudos observaram que plantas resistentes reduziram a qualidade do hospedeiro e, como consequência, a *fitness* do parasitoide (TURLINGS; BENREY, 1998; ODE *et al.*, 2004; HARVEY, 2005).

Já em relação à redução dos hospedeiros e do parasitoide *A. platensis* nas plantas com Si, ressalta-se que a qualidade do hospedeiro, geralmente, está relacionada ao seu tamanho, quanto maior o hospedeiro, mais recursos este terá para o desenvolvimento do parasitoide (SAMPAIO; BUENO; DE CONTI, 2008). Segundo He e Wang (2006), parasitoides tanto machos quanto fêmeas menores terão menor capacidade de gerar fêmeas na progênie reduzindo a efetividade do controle biológico. O efeito cascata causado pelo Si, com a alteração no tamanho da tibia das múmias e de seus respectivos parasitoides, também foram observados nas interações *R. padi* e *A. colemani* (HALL *et al.*, 2021). No entanto, o efeito do Si não apresentou redução na *fitness* de *A. colemani* (MORAES *et al.*, 2004) e de *L. testaceipes* (SAMPAIO *et al.*, 2020). Segundo Sampaio *et al.* (2020), a ausência de efeito do Si em colônias de *S. graminum* fez com que não houvesse o efeito cascata para o nível trófico superior, não afetando a biologia dos parasitoides.

Apesar de *M. sorghi* ter crescimento populacional maior do que *R. maidis* em plantas de sorgo sem Si, o que ajuda a entender o seu grande potencial como praga da cultura (FERNANDES *et al.*, 2021), a aplicação de Si via solo reduziu o crescimento populacional deste inseto, fazendo com que *M. sorghi* e *R. maidis* apresentassem populações de tamanho similar após 17 dias do início da infestação das plantas. A aplicação de Si via solo afetou negativamente a biologia de *A. platensis*, única espécie de parasitoide encontrada parasitando *M. sorghi* no Brasil (Sampaio *et al.*, 2022), reduzindo o tamanho e o potencial reprodutivo do parasitoide. Porém, o efeito negativo foi maior no crescimento populacional de *M. sorghi* do que no potencial reprodutivo de *A. platensis*. Desta forma, o uso do Si se mostrou uma

ferramenta promissora e compatível com o controle biológico com *A. platensis* para o manejo integrado de *M. sorghi*.

7. CONCLUSÃO

A adição de Si no solo atuou na indução de resistência por antibiose em plantas de sorgo, diminuindo pela metade o crescimento populacional de *M. sorghi* e *R. maidis* e reduzindo a fecundidade potencial e o tamanho dos adultos de *A. platensis* desenvolvidos tanto em *M. sorghi* quanto em *R. maidis*.

8. REFERÊNCIAS

- AL-ERYAN, M. A. S.; EL-TABBAKH, S. S. Forecasting yield of corn, *Zea mays* infested with corn leaf aphid, *Rhopalosiphum maidis*. **Journal of Applied Entomology**, New Jersey, USA, v. 128, n. 4, p. 312-315, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2004.00852.x>. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1439-0418.2004.00852.x?casa_token=NhfzBJaUXeMAAAAA%3AhTjDR8aAEYFFmh11G-4LyQddxTHKYntXx2YÑQB8VIH09Ne6gdoQpXjhFAP1CAN2k618LcxO9EZogXiU. Acesso em: 8 nov. 2022.
- ALMEIDA, A. C. S.; SILVA, L. P.; JESUS, F. G.; NOGUEIRA, L.; SOUZA NETO, M.; CUNHA, P. C. R. Efeito de indutores de resistência em híbridos de milho na atratividade do pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae). **Agrarian**, Dourados, MS, v. 8, n. 27, p. 23-29, 2015. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/2735>. Acesso em: 10 nov. 2022.
- ALMEIDA FILHO, J. E.; TARDIN, F. D.; DAHER, R. F.; SILVA, K. J.; XAVIER NETO, J. B.; BASTOS, E.; LOPES, V. S.; BARBÉ, T. C.; MENEZES, C. B. Avaliação agronômica de híbridos de sorgo granífero em diferentes regiões produtoras do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, MG, v. 13, n. 1, p. 82-95, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n1p82-95>. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/448>. Acesso em: 10 dez. 2022.
- ALTHWAB, S.; CARR, T. P.; WELLER, C. L.; DWEIKAT, I. M.; SCHLEGEL, V. Advances in grain sorghum and its co-products as a human health promoting dietary system. **Food Research International**, [s.l.], v. 77, n. 3; p. 349-359, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.08.011>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996915301472?casa_token=Xj5I6l4Zzu0AAAAA:cGvW6Ui6g80EfGG0jjKi1glvc7DnjHcALz8VTdm5k_7tN95h8NdX2oh5xSxKo3oO92065uMyDg%20https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.08.011. Acesso em: 5 out. 2022.
- ALVARENGA, R.; MORAES, J. C.; AUAD, A. M.; COELHO, M.; NASCIMENTO, A. M. Induction of resistance of corn plants to *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) by application of silicon and gibberellic acid. **Bulletin of Entomological Research**, Cambridge, London, v. 107, n. 4, p. 527-533, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485316001176>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/bulletin-of-entomological-research/article/abs/induction-of-resistance-of-corn-plants-to-spodoptera-frugiperda-j-e-smith-1797-lepidoptera-noctuidae-by-application-of-silicon-and-gibberellic-acid/F413A8E27925BAD1353F2AFF15EE2A53>. Acesso em: 9 out. 2022.
- ANUNCIACÃO, P. C.; CARDOSO, L. M.; GOMES, J. V. P.; LUCIA, C. M. D.; CARVALHO, C. W. P.; GALDEANO, M. C.; QUEIROZ, V. A. V.; ALFENAS, R. C. G.; MARTINO, H. S. D.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Comparing sorghum and wheat whole grain breakfast cereals: Sensorial acceptance and bioactive compound content. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 221, p. 984-989, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.065>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814616319148?casa_token=L2f7

6Ki4TL8AAAAA:bHwQYG7dRneUTeVA4mY5HUNjmnHP6bA1kvm1P7dnEMp5PrnMnq cGq0QeQNqfsNH4szmwt_2PCQ. Acesso em: 5 out. 2022.

ASHRAF, M. F.; YANG, S.; WU, R.; WANG, Y.; HUSSAIN, A.; NOMAN, A.; KHAN, M. I.; LIU, Z.; QIU, A.; GUAN, D.; HE, S. Capsicum annum HsfB2a positively regulates the response to *Ralstonia solanacearum* infection or high temperature and high humidity forming transcriptional cascade with CaWRKY6 and CaWRKY40. **Plant & Cell Physiology**, Oxford, UK, v. 59, n. 12, p. 2608-2623, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1093/pcp/pcy181>. Disponível em: <https://academic.oup.com/pcp/article/59/12/2608/5087722>. Acesso em: 9 nov. 2022.

BAKHAT, H. F.; BIBI, N.; ZIA, Z.; ABBAS, S.; HAMMAD, H. M.; FAHAD, S.; ASHRAF, M. R.; SHAH, G. M.; RABBANI, F.; SAEED, S. Silicon mitigates biotic stresses in crop plants: A review. **Crop Protection**, [s.l.], v. 104, p. 21-34, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.10.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219417302946?via%3Dihub>. Acesso em: 20 set. 2022.

BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 493 p., 2019. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002940231>. Acesso em: 28 set. 2022.

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; PRABHU, A. S.; DATNOFF, L. E.; KORNDÖRFER, G. H. Importância do silício para a cultura do arroz (uma revisão de literatura). **Embrapa Arroz e Feijão**, Santo Antônio de Goiás, GO, 6 p., 2000. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/216043/importancia-do-silicio-para-a-cultura-do-arroz-uma-revisao-de-literatura>. Acesso em: 29 set. 2022.

BARROS, F.; AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Interaction of tannins and other sorghum phenolic compounds with starch and effects on in vitro starch digestibility. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, USA, v. 60, n. 46, p. 11609-11617, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf3034539>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf3034539>. Acesso em: 7 out. 2022.

BASAGLI, M. A. B.; MORAES, J. C.; CARVALHO, G. A.; ECOLE, C. C.; GONÇALVES-GERVÁSIO, R. C. R. Effect of sodium silicate application on the resistance of wheat plants to the green-aphids *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, PR, v. 32, n. 4, p. 659-663, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2003000400017>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ne/a/cG6wqwWfpm8yg69yBMVgKqh/abstract/?lang=en>. Acesso em: 30 nov. 2022.

BIGLER, F.; BABENDREIER, D.; KUHLMANN, U. **Environmental impact of invertebrates for biological control of arthropods: methods and risk assessment**. CABI, Wallingford, UK, 315 p., 2006. Disponível em: <http://sherekashmir.informaticspublishing.com/315/1/9780851990583.pdf>. Acesso em: 19 out. 2022.

BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. F. **Aphids on the world's crops: an identification and information guide**. 2nd ed., John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK, 466 p., 2000. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20001106823>. Acesso em: 16 out. 2022.

BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. F. Taxonomic issues. *In*: VAN EMDEN, H. F.; HARRINGTON, R. **Aphids as crop pests**. CABI, Wallingford, UK, p 1-29, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1079/9780851998190.0001>. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/9780851998190.0001>. Acesso em: 4 nov. 2022.

BOER, C. A., SAMPAIO, M. V., PEREIRA, H. S. Silicon-mediated and constitutive resistance to *Rhopalosiphum maidis* (Hemiptera: Aphididae) in corn hybrids. **Bulletin of Entomological Research**, Cambridge, London, v. 119, n. 3, p. 356–364, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485318000585>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/bulletin-of-entomological-research/article/abs/siliconmediated-and-constitutive-resistance-to-rhopalosiphum-maidis-hemiptera-aphididae-in-corn-hybrids/2687A47CE71453D8FFD1A539F2609DB5>. Acesso em: 15 nov. 2022.

BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELLA, R. **Sorgo do plantio a colheita**. UFV, Viçosa, MG, 275 p., 2014. Disponível em: <https://www.editoraufv.com.br/produto/sorgo-do-plantio-a-colheita/1111931>. Acesso em: 9 out. 2022.

BOUKARI, W.; MOLLOV, D.; WEI, C.; TANG, L.; GRINSTEAD, S.; TAHIR, M. N.; MULANDESA, E.; HINCAPIE, M.; BEIRIGER, R.; ROTT, P. Screening for sugarcane yellow leaf virus in sorghum in Florida revealed its occurrence in mixed infections with sugarcane mosaic virus and a new marafivirus. **Crop Protection**, [s.l.], v. 139, p. 105373, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105373>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219420303069?casa_token=cuxR6qjGmWEAAAAA:A4AVFjJqEHY4-Z7z1FCZAaXpgg1jhCv0H_wWy-c4uyu4Lf-BJtvaURu1BwLKy9QfvQKQ10BO3Q. Acesso em: 26 nov. 2022.

BOWLING, R. D.; BREWER, M. J.; KERNS, D. L.; GORDY, J.; SEITER, N.; ELLIOTT, N. E.; BUNTIN, G. D.; WAY, M. O.; ROYER, T. A.; BILES, S.; MAXSON, E. Sugarcane Aphid (Hemiptera: Aphididae): A New Pest on Sorghum in North America. **Journal of Integrated Pest Management**, Oxford, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1093/jipm/pmw011>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jipm/article/7/1/12/2658146>. Acesso em: 2 dez. 2022.

BREWER, M. J.; ELLIOTT, N. C.; ESQUIVEL, I. L.; JACOBSON, A. L.; FARIS, A. M.; SZCZEPANIEC, A.; ELKINS, B. H.; GORDY, J. W.; PEKARCIK, A. J.; WANG, H.-H.; KORALEWSKI, T. E.; GILES, K. L.; JESSIE, C. N.; GRANT, W. E. Natural enemies, mediated by landscape and weather conditions, shape response of the sorghum agroecosystem of North America to the invasive aphid *Melanaphis sorghi*. **Frontiers in Insect Science**, Lausanne, Switzerland, v. 2, p. 1-15, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/finsc.2022.830997>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/finsc.2022.830997/full>. Acesso em: 4 nov. 2022.

BRUCE, T. J. A. Interplay between insects and plants: dynamic and complex interactions that have coevolved over millions of years but act in milliseconds. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 66, n. 2, p. 455-465, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/eru391>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/66/2/455/2893253>. Acesso em: 13 nov. 2022.

BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V. Desenvolvimento e multiplicação de parasitóides de pulgões. *In*: BUENO, V. H. P. **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**, Editora UFLA, Lavras, MG, p. 117-168, 2009. Disponível em: <https://livraria.funep.org.br/product/controle-biologico-de-pragas-producao-massal-e-controle-de-qualidade-2-edicao/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

BURDETTE, A.; GARNER, P. L.; MATER, E. P.; HARGROVE, J. L.; HARTLE, D. K.; GREENSPAN, P. Anti-inflammatory activity of select sorghum (*Sorghum bicolor*) brans. **Journal of Medicinal Food**, [s.l.], v. 13, n. 4, p. 879-887, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1089/jmf.2009.0147>. Disponível em: <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/jmf.2009.0147>. Acesso em: 27 out. 2022.

CAO, B-L.; MA, Q.; ZHAO, Q.; WANG, L.; XU, K. Effects of silicon on absorbed light allocation, antioxidant enzymes and ultrastructure of chloroplasts in tomato leaves under simulated drought stress. **Scientia Horticulturae**, [s.l.], v. 194, p. 53-62, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.07.037>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423815301114>. Acesso em: 16 nov. 2022.

CARDOSO, L. M.; PINHEIRO, S. S.; CARVALHO, C. W. P.; QUEIROZ, V. A. V.; MENEZES, C. B.; MOREIRA, A. V. B.; BARROS, F. A. R.; AWIKA, J. M.; MARTINO, H. S. D.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Phenolic compounds profile in sorghum processed by extrusion cooking and dry heat in a conventional oven. **Journal of Cereal Science**, [s.l.], v. 65, p. 220-226, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.06.015>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0733521015300266?casa_token=sXs0R-3W4GEAAAAA:06MqGHRpMBDXmVHA8Xd1DnPHLgnCqmYwI8NPfMLR24WT085JZ5jELgUXcZJwofoZ4XGIZ20DBw. Acesso em: 29 set. 2022.

CARVALHO, S. P.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J. G. Efeito do silício na resistência do sorgo (*Sorghum bicolor*) ao pulgão verde (*Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, PR, v. 28, n. 3, p. 505-510, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0301-80591999000300017>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aseb/a/XPCS5XGvLVdJfG3FHf8ZQsr/?lang=pt>. Acesso em: 14 out. 2022.

CHUNG, S. H.; BIGHAM, M.; LAPPE, R. R.; CHAN, B.; NAGALAKSHMI, U.; WHITHAM, S. A.; DINESH-KUMAR, S. P.; JANDER, G. Rapid screening of pest resistance genes in maize using a sugarcane mosaic virus vector. **bioRxiv**, [s.l.], p. 1-24, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1101/2021.01.13.425472>. Disponível em: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2021.01.13.425472v1.full.pdf+html>. Acesso em: 26 nov. 2022.

CORREA, R. S. B.; MORAES, J. C.; AUAD, A. M.; CARVALHO, G. A. Silicon and acibenzolar-S-methyl as resistance inducers in cucumber, against the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B. **Neotropical Entomology**, Londrina, PR, v. 34, n. 3, p. 429-433, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000300011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ne/a/P9WZrTp8RP7TR85gJHGvMbp/?lang=en>. Acesso em: 21 nov. 2022.

CRUZ, M. F. A.; SILVA, L. F.; RODRIGUES, F. A.; ARAUJO, J. M.; BARROS, E. G. Silício no processo infeccioso de *Phakopsora pachyrhizi* em folíolos de plantas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 1, p. 142-145, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000100020>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/whWXp4myYbBfqgKnDctqwfH/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 8 nov. 2022.

CUNNINGHAM, J. P. Can mechanism help explain insect host choice?. **Journal of Evolutionary Biology**, [s.l.], v. 25, n. 2, p. 244-251, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2011.02435.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1420-9101.2011.02435.x>. Acesso em: 13 nov. 2022.

CURRIE, H. A.; PERRY, C. C. Silica in plants: biological, biochemical and chemical studies. **Annals of Botany**, Oxford, v. 100, n. 7, p. 1383-1389, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcm247>. Disponível em: <https://academic.oup.com/aob/article/100/7/1383/216204>. Acesso em: 15 nov. 2022.

DASH, C. K.; BAMISILE, B. S.; MITRA, S.; QASIM, M.; HUSSAIN, M.; HAMEED, M. S.; WANG, L. Impacts of climate change on plant-herbivore-natural enemy interactions. **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**, [s.l.], v. 7, n. 16, p. 18–24, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319456238_Impacts_of_Climate_Change_on_Plant-Herbivore-Natural_Enemy_Interactions. Acesso em: 10 dez. 2022.

DIAS, P. A. S.; SAMPAIO, M. V.; RODRIGUES, M. P.; KORNDÖRFER, A. P.; OLIVEIRA, R. S.; FERREIRA, S. E.; KORNDÖRFER, G. H. Induction of resistance by silicon in wheat plants to alate and apterous morphs of *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae). **Environmental Entomology**, Washington, USA, v. 43, n. 4, p. 949-956, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1603/EN13234>. Disponível em: <https://bioone.org/journals/environmental-entomology/volume-43/issue-4/EN13234/Induction-of-Resistance-by-Silicon-in-Wheat-Plants-to-Alate/10.1603/EN13234.short>. Acesso em: 26 nov. 2022.

ENGEL, E.; LAU, D.; GODOY, W. A. C.; PASINI, M. P. B.; MALAQUIAS, J. B.; SANTOS, C. D. R.; PIVATO, J.; PEREIRA, P. R. V. S. Oscillation, synchrony, and multi-factor patterns between cereal aphids and parasitoid populations in southern Brazil. **Bulletin of Entomological Research**, Cambridge, London, v. 112, n. 2, p. 143-150, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485321000729>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/bulletin-of-entomological-research/article/abs/oscillation-synchrony-and-multifactor-patterns-between-cereal-aphids-and-parasitoid-populations-in-southern-brazil/6C26A0295B468864528E67597A5CA531>. Acesso em: 7 nov. 2022.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives**. Sunderland, UK, 380 p., 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2005.06.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0176161705001756?via%3Dihub>. Acesso em: 19 nov. 2022.

EXLEY, C. A possible mechanism of biological silicification in plants. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, Switzerland, v. 6, p. 1-7, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00853>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2015.00853/full>. Acesso em: 24 nov. 2022.

FARIS, A. M.; BREWER, M. J.; ELLIOTT, N. C. Parasitoids and predators of the invasive aphid *Melanaphis sorghi* found in sorghum and non-crop vegetation of the sorghum agroecosystem. **Insects**, Basel, Switzerland, v. 13, n. 7, p. 1-12, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects13070606>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-4450/13/7/606>. Acesso em: 4 nov. 2022.

FERNANDES, F. O.; SOUZA, C. S. F.; AVELLAR, G. S.; NASCIMENTO, P. T.; DAMASCENO, N. C. R.; SANTOS, N. M.; LIMA, P. F.; SANTOS, V. M. C.; SIMEONE, M. L. F.; PARRELLA, R. A. C.; MENEZES, C. B.; OLIVEIRA, I. R.; MENDES, S. M. Manejo do pulgão da cana-de-açúcar (*Melanaphis sacchari/sorghii*) na cultura do sorgo. **Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, MG, Comunicado Técnico, n. 249, 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/222934/1/COT-249.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2022.

FERREIRA, R. S.; MORAES, J. C.; ANTUNES, C. S. Silicon influence on resistance induction against *Bemisia tabaci* biotype B (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) and on vegetative development in two soybean cultivars. **Neotropical Entomology**, Londrina, PR, v. 40, n. 4, p. 495-500, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2011000400014>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ne/a/CvHdhTM6GkRjZfDfSXGkbVp/abstract/?lang=en>. Acesso em: 7 nov. 2022.

FÜRSTENBERG-HÄGG, J.; ZAGROBELNY, M.; BAK, S. Plant defense against insect herbivores. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, Switzerland, v. 14, n. 5, p. 10242-10297, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms140510242>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/14/5/10242>. Acesso em: 7 out. 2022.

GALETTI, M.; DIRZO, R. Ecological and evolutionary consequences of living in a defaunated world. **Biological Conservation**, [s.l.], v. 163, p. 1-6, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.04.020>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320713001237?via%3Dihub>. 5 dez. 2022.

GÁRCIA-GONZÁLES, F.; RAMÍREZ-DELGADO, M.; CORTEZ-MADRIGAL, H.; RAMÍREZ-AHUJA, M. L. New Reports of Parasitoids and Hyperparasitoids of *Melanaphis sacchari* (Zehntner) in México. **Southwestern Entomologist**, Canyon, Texas, v. 43, n. 3, Set. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3958/059.043.0324>. Disponível em: <https://bioone.org/journals/southwestern-entomologist/volume-43/issue-3/059.043.0324/New-Reports-of-Parasitoids-and-Hyperparasitoids-of-Melanaphis-sacchari-Zehntner1/10.3958/059.043.0324.short>. Acesso em: 4 nov. 2022.

GASSEN, D. N.; GASSEN, F. R. **Plantio direto: o caminho do futuro**. Embrapa, Passo Fundo, RS, 207 p., 1996. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=204962&biblioteca=vazio&bu>

sca=(autoria:%22GASSEN,%20D.%20N.%22)&qFacets=(autoria:%22GASSEN,%20D.%20N.%22)&sort=&paginacao=t&paginaAtual=6. Acesso em: 30 out. 2022.

GATEHOUSE, J. A. Plant resistance towards insect herbivores: a dynamic interaction. **New Phytologist**, [s.l.], v. 156, n. 2, p. 145-169, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2002.00519.x>. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1469-8137.2002.00519.x>. Acesso em: 13 nov. 2022.

GOLS, R.; RAAIJMAKERS, C. E.; VAN DAM, N. M.; DICKE, M.; BUKOVINSZKY, T.; HARVEY, J. A. Temporal changes affect plant chemistry and tritrophic interactions. **Basic and Applied Ecology**, [s.l.], v. 8, n. 5, p. 421-433, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2006.09.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1439179106000892?via%3Dihub>. Acesso em: 25 nov. 2022.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; SANTOS, C. D.; GOUSSAIN, M. M. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 62, n. 6, p. 547-551, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162005000600006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/c6XFtG4rnBnZxC6HL8xq6LM/?lang=en>. Acesso em: 4 nov. 2022.

GOUSSAIN, M. M.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J. G.; NOGUEIRA, N. L.; ROSSI, M. L. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, PR, v. 31, p. 305-310, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2002000200019>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ne/a/yLrQhcN6mSjXTwfQrrXHmtr/?lang=pt>. Acesso em: 7 nov. 2022.

GRECO, N. M.; WALSH, G. C.; LUNA, M. G. Biological Control in Argentina. In: VAN LENTEREN, K. C.; BUENO, V. H. P.; LUNA, M. G.; COLMENAREZ, Y. C. **Biological Control in Latin America and the Caribbean: Its Rich History and Bright Future**. CABI, Wallingford, UK, p. 21-42, 2020. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/9781789242430.0000>. Acesso em: 27 out. 2022.

GUO, C.; CUI, W.; FENG, X.; ZHAO, J.; LU, G. Sorghum insect problems and Management. **Journal of Integrative Plant Biology**, [s.l.], v. 53, n. 3, p. 178-192, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2010.01019.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7909.2010.01019.x>. Acesso em: 8 nov. 2022.

GUO, Q.; MAJOR, I. T.; HOWE, G. A. Resolution of growth–defense conflict: mechanistic insights from jasmonate signaling. **Current Opinion in Plant Biology**, [s.l.], v. 44, p. 72-81, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2018.02.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369526617301978?via%3Dihub>. Acesso em: 5 nov. 2022.

HAGHIGHI, M.; PESSARAKLI, M. Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at early growth stage. **Scientia**

Horticulturae, [s.l.], v. 161, p. 111-117, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.06.034>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423813003336>. Acesso em: 16 nov. 2022.

HALL, C. R.; LEI, WATERMAN, J. M.; VANDEGEER, R. K.; HARTLEY, S. E.; JOHNSON, S. N. The role of silicon in antiherbivore phytohormonal signalling. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, Switzerland, v. 10, p. 1-7, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01132>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2019.01132/full>. Acesso em: 23 nov. 2022.

HALL, C. R.; ROWE, R. C.; MIKHAEL, M.; READ, E.; HARTLEY, S. E.; JOHNSON, S. N. Plant silicon application alters leaf alkaloid concentrations and impacts parasitoids more adversely than their aphid hosts. **Oecologia**, Switzerland, v. 196, p. 145-154, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-021-04902-1>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-021-04902-1>. Acesso em: 23 nov. 2022.

HAN, Y.; LEI, W.; WEN, L.; HOU, M. Silicon-mediated resistance in a susceptible rice variety to the rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae). **PloS one**, San Francisco, USA, v. 10, n. 4, p. 1-13, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120557>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0120557>. Acesso em: 24 nov. 2022.

HARRIS-SHULTZ, K.; ARMSTRONG, J. S.; CARVALHO JR., G.; PEREIRA SEGUNDO, J.; NI, X. *Melanaphis sorghi* (Hemiptera: Aphididae) clonal diversity in the United States and Brazil. **Insects**, Basel, Switzerland, v. 13, n. 5, p. 1-8, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects13050416>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-4450/13/5/416>. Acesso em: 20 nov. 2022.

HARVEY, J. A. Factors affecting the evolution of development strategies in parasitoid wasps: the importance of functional constraints and incorporating complexity. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, [s.l.], v. 117, n. 1, p. 1-13, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2005.00348.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1570-7458.2005.00348.x>. Acesso em: 26 nov. 2022.

HE, X. Z.; WANG, Q. A. Asymmetric size effect of sexes on reproductive fitness in an aphid parasitoid *Aphidius ervi* (Hymenoptera: Aphidiidae). **Biological Control**, [s.l.], v. 36, n. 3, p. 293-293, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.09.014>. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S104996440500246X?casa_token=6QT2Bk7ErC8AAAAA:cAh1NTxo90UDljQBqmNzdbc6o8KAKExNEHdvhQ1PXZ6rfIkF110DpP6mbpQaJ0SztOvsowgx-Q. Acesso em: 20 nov. 2022.

HEIDEL-FISCHER, H. M.; MUSSER, R. O.; VOGEL, H. Plant transcriptomic responses to herbivory. **Annual Plant Reviews: Insect-Plant Interactions**, [s.l.], v. 47, p. 155-196, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118829783.ch5>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/9781118829783.ch5>. Acesso em: 12 nov. 2022.

HEIL, M. Herbivore-induced plant volatiles: targets, perception and unanswered questions. **New Phytologist**, [s.l.], v. 204, n. 2, p. 297-306, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.12977>. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/nph.12977>. Acesso em: 13 nov. 2022.

HOU, M.; HAN, Y. Silicon-mediated rice plant resistance to the Asiatic rice borer (Lepidoptera: Crambidae): effects of silicon amendment and rice varietal resistance. **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v. 103, n. 4, p. 1412-1419, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1603/EC09341>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jee/article/103/4/1412/2199696>. Acesso em: 22 nov. 2022.

HOWE, G. A.; JANDER, G. Plant immunity to insect herbivores. **Annual Review of Plant Biology**, San Mateo, USA, v. 59, p. 41-66, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092825>. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092825>. Acesso em: 19 nov. 2022.

HUNT, J. W.; DEAN, A. P.; WEBSTER, R. E.; JOHNSON, G. N.; ENNOS, A. R. A novel mechanism by which silica defends grasses against herbivory. **Annals of Botany**, Oxford, v. 102, n. 4, p. 653-656, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcn130>. Disponível em: <https://academic.oup.com/aob/article/102/4/653/165634?login=false>. Acesso em: 28 set. 2022.

HUSSAIN, A.; LI, X.; WENG, Y.; LIU, Z.; ASHRAF, M. F.; NOMAN, A.; YANG, T.; IFNAN, M.; QIU, S.; YANG, Y.; GUAN, D.; HE, S. CaWRKY22 acts as a positive regulator in pepper response to *Ralstonia solanacearum* by constituting networks with CaWRKY6, CaWRKY27, CaWRKY40, and CaWRKY58. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, Switzerland, v. 19, n. 5, p. 1-19, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms19051426>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/19/5/1426>. Acesso em: 9 nov. 2022.

IHARA, Pulgão do algodoeiro. Sorocaba, SP, 2021. Disponível em: <https://ihara.com.br/alvos/pulgao-do-algodoeiro/#:~:text=CHARACTER%C3%8DSTICAS,do%20amarelo%20ao%20verde%20escuro>. Acesso em: 6 dez. 2022.

International Plant Nutrition Institute – IPNI, Nutri-Facts: Agronomic fact sheets on crop nutrients, Silicon, Georgia, USA, p. 27-28, 2015. Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/nutrifacts-na.nsf/0/E6EA88FF25BC684985257F07006E1B5D/\\$FILE/NutriFacts-NA-18.pdf](http://www.ipni.net/publication/nutrifacts-na.nsf/0/E6EA88FF25BC684985257F07006E1B5D/$FILE/NutriFacts-NA-18.pdf). Acesso em: 12 dez. 2022.

JANDRICIC, S. E.; DALE, A. G.; BADER, A.; FRANK, S. D. The effect of banker plant species on the fitness of *Aphidius colemani* Viereck and its aphid host (*Rhopalosiphum padi* L.). **Biological Control**, [s.l.], v. 76, p. 28-35, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.04.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1049964414000905>. Acesso em: 13 nov. 2022.

JOHNSON, M. T. J. Bottom-up effects of plant genotype on aphids, ants, and predators. **Ecology**, [s.l.], v. 89, n. 1, p. 145-154, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1890/07->

0395.1. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/07-0395.1>. Acesso em: 19 nov. 2022.

JOHNSON, S. N.; RYALLS, J. M. W.; GHERLENDIA, A. N.; FREW, A.; HARTLEY, S. E. Benefits from below: Silicon supplementation maintains legume productivity under predicted climate change scenarios. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, Switzerland, v. 9, p. 1-9, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00202>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.00202/full>. Acesso em: 22 nov. 2022.

JONES, J. D. G.; DANGL, J. L. The plant immune system. **Nature**, [s.l.], v. 444, p. 323-329, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature05286>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature05286>. Acesso em: 9 nov. 2022.

JORGE, M. L. S. P.; GALETTI, M.; RIBEIRO, M. C.; FERRAZ, K. M. P. M. B. Mammal defaunation as surrogate of trophic cascades in a biodiversity hotspot. **Biological Conservation**, [s.l.], v. 163, p. 49-57, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.04.018>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320713001213>. Acesso em: 5 dez. 2022.

KEEPING, M. G.; KVEDARAS, O. L.; BRUTON, A. G. Epidermal silicon in sugarcane: Cultivar differences and role in resistance to sugarcane borer *Eldana saccharina*. **Environmental and Experimental Botany**, [s.l.], v. 66, n. 1, p. 54-60, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2008.12.012>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098847208001706>. Acesso em: 24 nov. 2022.

KEEPING, M. G.; MEYER, J. H.; SEWPERSAD, C. Soil silicon amendments increase resistance of sugarcane to stalk borer *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae) under field conditions. **Plant and Soil**, Switzerland, v. 363, p. 297-318, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1325-1>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-012-1325-1>. Acesso em: 23 nov. 2022.

KELLER, C.; RIZWAN, M.; DAVIDIAN, J-C.; POKROVSKY, O. S.; BOVET, N.; CHAURAND, P.; MEUNIER, J-D. Effect of silicon on wheat seedlings (*Triticum turgidum* L.) grown in hydroponics and exposed to 0 to 30 μ M Cu. **Planta**, Switzerland, v. 241, n. 4, p. 847-860, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00425-014-2220-1>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00425-014-2220-1>. Acesso em 21 nov. 2022.

KHAN, M. I.; ZHANG, Y.; LIU, Z.; HU, J.; LIU, C.; YANG, S.; HUSSAIN, A.; ASHRAF, M. F.; NOMAN, A.; SHEN, L.; XIA, X.; YANG, F.; GUAN, D.; HE, S. CaWRKY40b in pepper acts as a negative regulator in response to *Ralstonia solanacearum* by directly modulating defense genes including CaWRKY40. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, Switzerland, v. 19, n. 5, p. 1-17, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms19051403>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/19/5/1403>. Acesso em: 9 nov. 2022.

KIM, Y-H.; KHAN, A. L.; WAQAS, M.; JEONG, H-J.; KIM, D-H.; SHIN, J. S.; KIM, J-G.; YEON, M-H.; LEE, I-J. Regulation of jasmonic acid biosynthesis by silicon application

during physical injury to *Oryza sativa* L.. **Journal of Plant Research**, Switzerland, v. 127, n. 4, p. 525-532, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10265-014-0641-3>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10265-014-0641-3>. Acesso em: 23 nov. 2022.

KORNDÖRFER, A. P.; CHERRY, R.; NAGATA, R. Effect of calcium silicate on feeding and development of tropical sod webworms (Lepidoptera: Pyralidae). **The Florida Entomologist**, Florida, USA, v. 87, n. 3, p. 393-395, 2004. DOI: [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2004\)087\[0393:EOCSOF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2004)087[0393:EOCSOF]2.0.CO;2). Disponível em: [https://bioone.org/journals/florida-entomologist/volume-87/issue-3/0015-4040_2004_087_0393_EOCSOF_2.0.CO_2/EFFECT-OF-CALCIUM-SILICATE-ON-FEEDING-AND-DEVELOPMENT-OF-TROPICAL/10.1653/0015-4040\(2004\)087\[0393:EOCSOF\]2.0.CO;2.full](https://bioone.org/journals/florida-entomologist/volume-87/issue-3/0015-4040_2004_087_0393_EOCSOF_2.0.CO_2/EFFECT-OF-CALCIUM-SILICATE-ON-FEEDING-AND-DEVELOPMENT-OF-TROPICAL/10.1653/0015-4040(2004)087[0393:EOCSOF]2.0.CO;2.full). Acesso em: 21 nov. 2022.

KORNDÖRFER, G. H. Uso do silício na agricultura. **Informações agronômicas**, Piracicaba, SP, v. 117, p. 9-11, 2007. Disponível em: <http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/issue/IA-BRASIL-2007-117>. Acesso em: 13 nov. 2022.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício**: Solo, planta e fertilizante. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 34 p., 2004. Disponível em: http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/downloads/bt2_gpsi.pdf. Acesso em: 22 set. 2022.

KVEDARAS, O. L. BYRNE, M. J.; COOMBES, N. E.; KEEPING, M. G. Influence of plant silicon and sugarcane cultivar on mandibular wear in the stalk borer *Eldana saccharina*. **Agricultural and Forest Entomology**, St Albans, UK, v. 11, n. 3, p. 301-306, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2009.00430.x>. Disponível em: <https://resjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1461-9563.2009.00430.x>. Acesso em: 22 nov. 2022.

LANA, R. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; SILVA, A. F.; LANA, A. M. Q. Effect of calcium silicate on the productivity and silicon accumulation in the tomato plant. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 19, p. 15-20, 2003. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6447/4181>. Acesso em: 16 nov. 2022.

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. Ícone Editora, São Paulo, SP, 388 p., 1991. Disponível em: <https://www.editoraufv.com.br/produto/principios-de-resistencia-de-plantas-a-insetos/1111635>. Acesso em: 28 set. 2022.

LAUMANN, R. A.; SAMPAIO, M. V. Controle de artrópodes-praga com parasitoides. In: FONTES, E. M. G.; VALADERES-INGLIS, M. C. **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2020, p. 65-112. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212490/1/CBdocument.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2022.

LEMES, E. M.; MACKOWIAK, C. L.; BLOUNT, A.; MAROIS, J. J.; WRIGHT, D. L.; COELHO, L.; DATNOFF, L. E. Effects of silicon applications on soybean rust development under greenhouse and field conditions. **Plant Disease**, Saint Paul, USA, v. 95, n. 3, p. 317-324, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-10-0500>. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-07-10-0500>. Acesso em: 8 nov. 2022.

LEROY, N.; TOMBEUR, F.; WALGRAFFE, Y.; CORNÉLIS, J-T.; VERHEGGEN, F. J. Silicon and plant natural defenses against insect pests: Impact on plant volatile organic compounds and cascade effects on multitrophic interactions. **Plants**, Basel, Switzerland, v. 8, n. 11, p. 1-11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants8110444>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/8/11/444>. Acesso em: 19 nov. 2022.

LEVIE, A.; DOGOT, P.; HANCE, T. Release of *Aphidius rhopalosiphi* (Hymenoptera: Aphidiinae) for cereal aphid control: field cage experiments. **European Journal of Entomology**, [s.l.], v. 97, n. 4, p. 527-532, 2000. DOI: <https://doi.org/10.14411/eje.2000.081>. Disponível em: <https://www.eje.cz/pdfs/eje/2000/04/14.pdf>. Acesso em: 17 out. 2022.

LI, B.; FÖRSTER, C.; ROBERT, C. A. M.; ZÜST, T.; HU, L.; MACHADO, R. A. R.; BERSET, J-D.; HANDRICK, V.; KNAUER, T.; HENSEL, G.; CHEN, W.; KUMLEHN, J.; YANG, P.; KELLER, B.; GERSHENZON, J.; JANDER, G.; KÖLLNER, T. G.; ERB, M. Convergent evolution of a metabolic switch between aphid and caterpillar resistance in cereals. **Science Advances**, [s.l.], v. 4, n. 12, p. 1-14, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat6797>. Disponível em: <https://www.science.org/doi/full/10.1126/sciadv.aat6797>. Acesso em: 12 dez. 2022.

LIANG, Y.; NIKOLIC, M.; BELANGER, R.; GONG, H.; SONG, A. Silicon-mediated tolerance to drought and low-temperature stress. In: LIANG, Y.; NIKOLIC, M.; BÉLANGER, R.; GONG, H.; SONG, A. **Silicon in agriculture: from theory to practice**. Dordrecht: Springer. p. 143-149, 2015. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-017-9978-2_7. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-9978-2_7. Acesso em: 12 nov. 2022.

LIMA, D. T. **Silício na produtividade e na indução de resistência direta e indireta do sorgo aos pulgões**. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 75 p., 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2018.471>. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/21623>. Acesso em: 7 nov. 2022.

LIU, J.; ZHU, J.; ZHANG, P.; HAN, L.; REYNOLDS, O. L.; ZENG, R.; WU, J.; SHAO, Y.; YOU, M.; GURR, G. M. Silicon supplementation alters the composition of herbivore induced plant volatiles and enhances attraction of parasitoids to infested rice plants. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, Switzerland, v. 8, p. 1-8, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01265>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.01265/full>. Acesso em: 25 nov. 2022.

LOPES, A. P. S.; DINIZ, I. R.; MORAES, M. C. B.; BORGES, M.; LAUMANN, R. A. Defesas induzidas por herbivoria e interações específicas no sistema tritrófico soja-percevejos-parasitoides de ovos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, p. 875-878, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000600020>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/Mz4bk6SRGDNgDng3sHW5YjC/?lang=pt>. Acesso em: 10 jan. 2023.

LUYCKX, M.; HAUSMAN, J-F.; LUTTS, S.; GUERRIERO, G. Silicon and Plants: Current knowledge and technological perspectives. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, Switzerland, v. 8, p. 1-8, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00411>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.00411/full>. Acesso em: 20 nov. 2022.

MA, J. F.; TAMAI, K.; ICHII, M.; WU, G. F. A rice mutant defective in Si uptake. **Plant Physiology**, Oxford, v. 130, n. 4, p. 2111-2117, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.010348>. Disponível em: <https://academic.oup.com/plphys/article/130/4/2111/6110676>. Acesso em: 19 nov. 2022.

MA, J. F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, [s.l.], v. 11, n. 8, p. 392-397, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2006.06.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1360138506001634>. Acesso em: 15 nov. 2022.

MAIA, W. J. M. S.; CARVALHO, C. F.; CRUZ, I.; SOUZA, B.; MAIA, T. J. A. F. Influência da temperatura no desenvolvimento de *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856)(Hemiptera: Aphididae) em condições de laboratório. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 28, n. 3, p. 520-529, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000300006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/vVzksHMP3K3NBT4fy76nGgx/?lang=pt>. Acesso em: 17 out. 2022.

MARAFON, A. C.; ENDRES, L. Silicon: fertilization and nutrition in higher plants. **Revista de Ciências Agrárias – Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém, PA, v. 56, n. 4, p. 380–388, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.057>. Disponível em: <https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/rca.2013.057>. Acesso em: 16 nov. 2022.

MASSEY, F. P.; ENNOS, A. R.; HARTLEY, S. E. Silica in grasses as a defence against insect herbivores: contrasting effects on folivores and a phloem feeder. **Journal of Animal Ecology**, London, UK, v. 75, n. 2, p. 595-603, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2006.01082.x>. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2656.2006.01082.x>. Acesso em: 22 nov. 2022.

MASSEY, F. P.; ENNOS, A. R.; HARTLEY, S. E. Herbivore specific induction of silica-based plant defences. **Oecologia**, Switzerland, v. 152, n. 4, p. 677-683, 2007a. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-007-0703-5>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-007-0703-5>. Acesso em: 22 nov. 2022.

MASSEY, F. P.; ENNOS, A. R.; HARTLEY, S. E. Grasses and the resource availability hypothesis: the importance of silica-based defences. **Journal of Ecology**, [s.l.], v. 95, n. 3, p. 414-424, 2007b. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2007.01223.x>. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2745.2007.01223.x>. Acesso em: 21 nov. 2022.

MENDES, S. M.; SOUZA, C. S. F.; VIANA, P. A.; SIMEONE, M. L. F.; OLIVEIRA, I. R.; PARRELA, R. A. C. Manejo de pragas na cultura do sorgo sacarino: etapa crítica para o sucesso da lavoura. **Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, MG, 28 p., 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1125164/manejo-de-pragas-na-cultura-do-sorgo-sacarino-etapa-critica-para-o-sucesso-da-lavoura#:~:text=Apresenta%20informa%C3%A7%C3%B5es%20demandadas%20pela%20ca>

deia,a%20demanda%20energ%C3%A9tica%20do%20pa%C3%ADs.. Acesso em: 8 nov. 2022.

MENDES, S. M.; VIANA, P. A.; OLIVEIRA, I. R.; MENEZES, C. B.; WAQUIL, J. M.; TOMPSON, W. Pulgão-da-cana-de-açúcar no sorgo: um velho conhecido, mas um novo problema!. **Grão em Grão, Embrapa**, Sete Lagoas, MG, ano 13, n. 112, 6 p., 2019. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1117048>. Acesso em: 2 dez. 2022.

MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M.; RODRIGUES, J. A. S.; SAMPAIO, M. V.; VIANA, P. A. Manejo de pragas na cultura do sorgo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 35, n. 278, p. 89-99, 2014. Disponível em: <http://www.epamig.br/download/informe-agropecuario278-sorgo-inovacoes-tecnologicas/?wpdmdl=6597&refresh=61be5b50ee4061639865168>. Acesso em: 22 nov. 2022.

MENEZES, C. B.; FERNANDES, E. A.; PARRELLA, R. A. C.; SCHAFFERT, R. E.; RODRIGUES, J. A. S. Importância do sorgo para o abastecimento de grãos, forragem e bioenergia no Brasil. *In*: MENEZES, C. B. **Melhoramento de genético de sorgo**. Embrapa, Brasília, DF, p. 13-58, 2021. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1138284>. Acesso em: 14 out. 2022.

MENEGALE, M. L. C.; CASTRO, G. S. A.; MANCUSO, M. A. C. Silício: interação com o sistema solo-planta. **Journal of Agronomic Sciences**, Maringá, PR, v. 4, p.435-454, 2015. Disponível em: <http://www.dca.uem.br/pag/anteriores/v4ne>. Acesso em: 15 nov. 2022.

MORAES, J. C.; CARVALHO, S. P. Indução de resistência em plantas de sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench. ao pulgão *Schizaphis graminum* (Rond., 1852) (Hemiptera: Aphididae) com a aplicação de silício. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 26, n. 6, p. 1185-1189,2002. Acesso em: 4 nov. 2022.

MORAES, J. C.; GOUSSAIN, M. M.; BASAGLI, M. A. B.; CARVALHO, G. A.; ECOLE, C. C.; SAMPAIO, M. V. Silicon influence on the tritrophic interaction: wheat plants, the greenbug *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae), and its natural enemies, *Chrysoperla externa* (Hagen)(Neuroptera: Chrysopidae) and *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, PR, v. 33, n. 5; p. 619-624, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000500012>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ne/a/bXGkWywswf7cVrqqwKFjwhQx/abstract/?lang=en>. Acesso em: 10 dez. 2022.

MORAES, J. C.; GOUSSAIN, M. M.; CARVALHO, G. A.; COSTA, R. R. Feeding non-preference of the corn leaf aphid *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856)(Hemiptera: Aphididae) to corn plants (*Zea mays* L.) treated with silicon. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 29, n. 4; p. 761-766, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000400007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/sH6SftYrFpxX5gZKCX87CYv/?lang=en>. Acesso em: 25 nov. 2022.

NIBOUCHE, S.; COSTET, L.; HOLT, J. R.; JACOBSON, A.; PEKARCIK, A.; SADEYEN, J.; ARMSTRONG, J. S.; PETERSON, G. C.; MCLAREN, N.; MEDINA, R. F. Invasion of sorghum in the Americas by a new sugarcane aphid (*Melanaphis sacchari*) superclone. **PLoS**

ONE, San Francisco, California, v. 13, n. 4, p. 1-15, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196124>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0196124>. Acesso em: 30 nov. 2022.

NIBOUCHE, S.; COSTEST, L.; MEDINA, R. F.; HOLT, J. R.; SADEYEN, J.; ZOOGONES, A. S.; BROWN, P.; BLACKMAN, R. L. Morphometric and molecular discrimination of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari*, (Zehntner, 1897) and the sorghum aphid *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904). **PLoS ONE**, San Francisco, California, v. 16, n. 3, p. 1-17, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241881>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0241881>. Acesso em: 2 dez. 2022.

NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G. H.; SILVA, T. R. B.; MUNIZ, A. S.; SILVA, M. A. G. Correção da acidez de um Neossolo submetido à aplicação de carbonato e silicato de cálcio. **Journal of Agronomic Sciences**, Uberlândia, MG, v. 2, n. 1, p. 113-120, 2013. Disponível em: <https://silo.tips/download/correao-da-acidez-de-um-neossolo-submetido-a-aplicacao-de-carbonato-e-silicato-de>. Acesso em: 15 nov. 2022.

NOMAN, A.; LIU, Z.; YANG, S.; SHEN, L.; HUSSAIN, A.; ASHRAF, M. F.; KHAN, M. I.; HE, S. Expression and functional evaluation of CaZNF830 during pepper response to *Ralstonia solanacearum* or high temperature and humidity. **Microbial Pathogenesis**, [s.l.], v. 118, p. 336-346, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.03.044>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0882401018302870?via%3Dihub>. Acesso em: 16 nov. 2022

ODE, P. J.; BERENBAUM, M. R.; ZANGERL, A. R.; HARDY, I. C. W. Host plant, host plant chemistry and the polyembryonic parasitoid *Copidosoma sosares*: indirect effects in a tritrophic interaction. **Oikos**, [s.l.], v. 104, n. 2, p. 388-400, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.12323.x>. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.0030-1299.2004.12323.x?casa_token=iqiDyNfUW34AAAAA%3AVcTkk1AXpqrW50P2-i2MKLiMlR-ARokWE_Ki4sapr_mGBFVxwvx05_BzMbPS7rVW5LBKWwnwzbymzE. Acesso em: 25 nov. 2022.

ODE, P. J.; JOHNSON, S. N.; MOORE, B. D. Atmospheric change and induced plant secondary metabolites - are we reshaping the building blocks of multi-trophic interactions?. **Current Opinion in Insect Science**, [s.l.], v. 5, p. 57-65, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2014.09.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214574514000820?via%3Dihub>. Acesso em: 25 nov. 2022.

OLIVEIRA, L. A. **Silício em plantas de feijão e arroz: absorção, transporte, redistribuição e tolerância ao cádmio**. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 158 p., 2009. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.64.2009.tde-03122009-094223>. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64134/tde-03122009-094223/pt-br.php>. Acesso em: 23 nov. 2022.

OLIVEIRA, M. C.; PEREIRA, P.; PEÑAFLORES, M. F. G. V. Does corn phenological stage alter the attractiveness of herbivore-induced plant volatiles to the predatory lacewing

Chrysoperla externa (Hagen, 1861)? **Entomological Communications**, Londrina, PR, v. 1, p. 1-3, 2019. DOI: <https://doi.org/10.37486/2675-1305.ec01013>. Disponível em: <https://www.entomologicalcommunications.org/index.php/entcom/article/view/ec01013>. Acesso em: 30 nov. 2022.

OLIVEIRA, R. S.; PEÑAFLORES, M. F. G. V.; GONÇALVES, F. G.; SAMPAIO, M. V.; KORNDÖRFER, A. P.; SILVA, W. D.; BENTO, J. M. S. Silicon-induced changes in plant volatiles reduce attractiveness of wheat to the bird cherry-oat aphid *Rhopalosiphum padi* and attract the parasitoid *Lysiphlebus testaceipes*. **PLoS ONE**, San Francisco, California, v. 15, n. 4, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231005>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0231005>. Acesso em: 2 dez. 2022.

PANDA, N.; KHUSH, G. S. **Host plant resistance to insects**. CAB international, Wallingford, UK, 431 p., 1995. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19951111984>. Acesso em: 28 set. 2022.

PARAY, N. B.; KHOODOO, M. H. R.; SAUMTALLY, A. S.; GANESHAN, S. Vector-virus relationship for *Melanaphis sacchari* (Zehnt.) (Hemiptera: Aphididae) transmitting sugarcane yellow leaf luteovirus in Mauritius. **Sugar Tech**, [s.l.], v. 13, n. 1, p. 77-80, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12355-010-0058-9>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12355-010-0058-9>. Acesso em: 26 nov. 2022.

PARISOTTO, D. C. **Desempenho agrônomo de genótipos de sorgo forrageiro cultivados em segunda safra**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento), Universidade do Estado de Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado, Cáceres, MT, 52 p., 2020. Disponível em: [http://portal.unemat.br/media/files/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Denise_C_Parisotto\(1\).pdf](http://portal.unemat.br/media/files/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Denise_C_Parisotto(1).pdf). Acesso em: 14 out. 2022.

PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORREA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. **Controle biológico no Brasil: terminologia**. Manoele, São Paulo, SP, p. 1-16, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/318826631_Controle_Biologico_Terminologia_in_portuguese. Acesso em: 17 out. 2022.

PARRA, J. R. P.; PINTO, A. S.; NAYA, D. E.; OLIVEIRA, R. C.; DINIZ, J. F. **Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira**. FEALQ, Piracicaba, SP, 592 p., 2021. Disponível em: <https://www.editoraufv.com.br/produto/controle-biologico-com-parasitoides-e-predadores-na-agricultura-brasileira/4923034>. Acesso em: 18 nov. 2022.

PAUDYAL, S.; ARMSTRONG, J. S.; HARRIS-SHULTZ, K. R.; WANG, H.; GILES, K. L.; ROTT, P. C.; PAYTON, M. E. Evidence of host plant specialization among the U.S. sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae) genotypes. **Trends in Entomology**, [s.l.] v. 15, p. 47-58, 2019. Disponível em: <https://agritrop.cirad.fr/594367/>. Acesso em: 30 out. 2022.

PERDOMO, D. N.; RODRIGUES, A. A. R.; SAMPAIO, M. V.; CELOTTO, F. J.; MENDES, S. M.; PEREIRA, H. S.; LIMA, D. T.; REZENDE, G. F. Increase in foliar silicon content reduces defoliation by *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 81, p. 1-14, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678->

4499.20210147. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/brag/a/Gg33fhXFckSDqGYxyZZg4m/?lang=en>. Acesso em: 2 dez. 2022.

PEREIRA, H. S.; KORDÖRFER, G. H.; VIDAL, A. A.; CAMARGO, M. S. Silicon sources for rice crop. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 61, n. 5, p. 522-528, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162004000500010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/c6Mn6ctv9pqnXQsq83vDjFN/?lang=en>. Acesso em: 21 nov. 2022.

PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. **Sorgo**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Embrapa, Brasília, DF, 327 p., 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1015482>. Acesso em: 8 nov. 2022.

PETERSON, J. A.; ODE, P. J.; OLIVEIRA-HOFMAN, C.; HARWOOD, J. D. Integration of plant defense traits with biological control of arthropod pests: challenges and opportunities. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, Switzerland, v. 7, p. 1-23, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01794>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2016.01794/full>. Acesso em: 25 nov. 2022.

POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; BOTELHO, D. M. S. Silicon in plant disease control. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 62, n. 3, p. 323-331, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562030013>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/NPf3CRzsDgDngdVj7dQ3MyK/abstract/?lang=en>. Acesso em: 18 nov. 2022.

RAGSDALE, D. W.; VOEGTLIN, D. J.; O'NEIL, R. J. Soybean aphid biology in North America. **Annals of the Entomological Society of America**, Oxford, v. 97, n. 2, p. 204-208, 2004. DOI: [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2004\)097\[0204:SABINA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2004)097[0204:SABINA]2.0.CO;2). Disponível em: <https://academic.oup.com/aesa/article/97/2/204/6367463?login=false>. Acesso em: 5 dez. 2022.

RAHMAN, A.; WALLIS, C. M.; UDDIN, W. Silicon-induced systemic defense responses in perennial ryegrass against infection by *Magnaporthe oryzae*. **Phytopathology**, Saint Paul, USA, v. 105, n. 6, p. 748-757, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-12-14-0378-R>. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/full/10.1094/PHYTO-12-14-0378-R>. Acesso em: 16 nov. 2022.

RANGER, C. M.; SINGH, A. P.; FRANTZ, J. M.; CAÑAS, L.; LOCKE, J. C.; REDING, M. E.; VORSA, N. Influence of silicon on resistance of *Zinnia elegans* to *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). **Environmental Entomology**, Oxford, v. 38, n. 1, p. 129-136, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1603/022.038.0116>. Disponível em: <https://academic.oup.com/ee/article/38/1/129/492255?login=false>. Acesso em: 30 nov. 2022.

REDMOND, C. T.; POTTER, D. A. Silicon fertilization does not enhance creeping bentgrass resistance to cutworms and white grubs. **Applied Turfgrass Science**, [s.l.], v. 3, n. 1, p. 1-6, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1094/ATS-2006-1110-01-RS>. Disponível em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1094/ATS-2006-1110-01-RS>. Acesso em: 21 nov. 2022.

REIS, M. C. **Doses e tempo de solubilização no solo do silicato de cálcio e de magnésio na população de *Sitobion avenae* (Fabricius) (Hemiptera: Aphididae) e na produtividade do trigo.** Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 55 p., 2021. DOI: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.8004>. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/35228>. Acesso em: 16 nov. 2022.

RÉMUS-BOREL, W.; MENZIES, J. G.; BÉLANGER, R. R. Silicon induces antifungal compounds in powdery mildew-infected wheat. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, [s.l.], v. 66, n. 3, p. 108-115, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2005.05.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0885576505001128>. Acesso em: 18 nov. 2022.

RESENDE, R. S.; RODRIGUES, F. Á.; SOARES, J. M.; CASELA, C. R. Influence of silicon on some components of resistance to anthracnose in susceptible and resistant sorghum lines. **European Journal of Plant Pathology**, Switzerland, v. 124, n. 3, p. 533-541, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-009-9430-6>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10658-009-9430-6>. Acesso em: 7 out. 2022.

REYNOLDS, O. L.; KEEPING, M. G.; MEYER, J. H. Silicon-augmented resistance of plants to herbivorous insects: a review. **Annals of Applied Biology**, [s.l.], v. 155, n. 2, p. 171-186, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00348.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7348.2009.00348.x>. Acesso em: 5 nov. 2022.

REYNOLDS, O. L.; PADULA, M. P.; ZENG, R.; GURR, G. M. Silicon: potential to promote direct and indirect effects on plant defense against arthropod pests in agriculture. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, Switzerland, v. 7, p. 1-13, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00744>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4904004/pdf/fpls-07-00744.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2022.

RIPPLE, W. J.; ESTES, J. A.; BESCHTA, R. L.; WILMERS, C. C.; RITCHIE, E. G.; HEBBLEWHITE, M.; BERGER, J.; ELMHAGEN, B.; LETNIC, M.; NELSON, M. P.; SCHMITZ, O. J.; SMITH, D. W.; WALLACH, A. D.; WIRSING, A. J. Status and ecological effects of the world's largest carnivores. **Science**, [s.l.], v. 343, n. 6167, p. 1-11, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1241484>. Disponível em: <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.1241484>. Acesso em: 5 dez. 2022.

RODRIGUES, A. A. R. **Silício e herbivoria no metabolismo e resistência induzida em milho e sorgo.** Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 96 p., 2020. DOI: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2021.6009>. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/31649>. Acesso em: 5 nov. 2022.

RODRIGUES, F. A.; MCNALLY, D. J.; DATNOFF, L. E.; JONES, J. B.; LABBÉ, C.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J. G.; BÉLANGER, R. R. Silicon enhances the accumulation of diterpenoid phytoalexins in rice: a potential mechanism for blast resistance. **Biochemistry and Cell Biology**, Saint Paul, USA, v. 94, n. 2, p. 177-183, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.2.177>. Disponível em:

<https://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PHYTO.2004.94.2.177>. Acesso em: 18 nov. 2022.

RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE, L. A.; RODRÍGUEZ-VÉLEZ, B.; SARMIENTO-CORDERO, M. A.; ARREDONDO-BERNAL, H. C. Natural Enemies of *Melanaphis sacchari* on grain sorghum in Northeastern Mexico. **Southwestern Entomologist**, Canyon, Texas, v. 43, n. 1, Mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3958/059.043.0103>. Disponível em: <https://bioone.org/journals/southwestern-entomologist/volume-43/issue1/059.043.0103/Natural-Enemies-of-Melanaphis-sacchari-1-on-Grain-Sorghum-in-Northeastern/10.3958/059.043.0103.short>. Acesso em: 22 nov. 2022.

SALVADORI, J. R.; SALLES, L. A. Controle biológico dos pulgões do trigo. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 427-447. Disponível em: https://www.google.com.br/books/edition/Controle_biol%C3%B3gico_no_Brasil/E3ePKui6-QkC?hl=pt-BR&gbpv=1&printsec=frontcover. Acesso em: 2 dez. 2022.

SAMPAIO, M. V.; BUENO, V. H. P.; CONTI, B. F. The effect of the quality and size of host species on the biological characteristics of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). **European Journal of Entomology**, Czech Republic, v. 105, n. 3, p. 489-494, 2008. DOI: <https://doi.org/10.14411/eje.2008.063>. Disponível em: <https://www.eje.cz/pdfs/eje/2008/03/18.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2022.

SAMPAIO, M. V.; BUENO, V. H. P.; SILVEIRA, L. C. P.; AUAD, A. M. Biological control of insect pests in the tropics. In: DEL CLARO, K; **Tropical Biology and conservation management**, [s.l.], v. 3, p. 28-70, UNESCO/EOLSS, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/265755186_Biological_control_of_insect_pests_in_the_tropics. Acesso em: 6 out. 2022.

SAMPAIO, M. V.; BUENO, V. H. P.; VAN LENTEREN, J. C. Preferência de *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae) por *Myzus persicae* (Sulzer) e *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, PR, v. 30, n. 4, p. 655-660, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2001000400021>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ne/a/zbyMDrrGJBtMdq8Q5qtXVbz/?lang=pt>. Acesso em: 30 nov. 2022.

SAMPAIO, M. V.; DOMINGUES, R. F.; MENDES, S. M.; AVELLAR, G. S. *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904)(Hemiptera: Aphididae), an invasive sorghum pest in the American continent, is a host of *Aphidius platensis* (Brèthes, 1913)(Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in Brazil. **Entomological Communications**, Londrina, PR, v. 4, p. 1-4, 2022. DOI: <https://doi.org/10.37486/2675-1305.ec04016>. Disponível em: <https://www.entomologicalcommunications.org/index.php/entcom/article/view/ec04016>. Acesso em: 19 out. 2022.

SAMPAIO, M. V.; FRANCO, G. M.; LIMA, D. T.; OLIVEIRA, A. R. C.; SILVA, P. F.; SANTOS, A. L. Z.; RESENDE, A. V. M.; SANTOS, F. A. A.; GIRÃO, L. V. C. Plant silicon amendment does not reduce population growth of *Schizaphis graminum* or host quality for the parasitoid *Lysiphlebus testaceipes*. **Neotropical Entomology**, Londrina, PR, v. 49, n. 5, p.

745-757, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00775-w>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13744-020-00775-w>. Acesso em: 19 nov. 2022.

SANTOS, C. D. R. D.; SAMPAIO, M. V.; LAU, D.; REDAELLI, L. R.; JAHNKE, S. M.; PIVATO, J.; CARVALHO, F. J. Taxonomic Status and Populations Oscillations of *Aphidius colemani* Species Group (Hymenoptera: Braconidae) in Southern Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, PR, v. 48, p. 983-991, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00716-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13744-019-00716-2>. Acesso em: 20 nov. 2022.

SCHENCK, S.; LEHRER, A. T. Factors affecting the transmission and spread of sugarcane *yellow leaf virus*. **Plant Disease**, Saint Paul, USA, v. 84, n. 10, p. 1085-1088, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.10.1085>. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PDIS.2000.84.10.1085>. Acesso em: 26 nov. 2022.

SCHMIDT, M. H.; THEWES, U.; THIES, C.; TSCHARNTKE, T. Aphid suppression by natural enemies in mulched cereals. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, [s.l.], v. 113, n. 2, p. 87-93, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0013-8703.2004.00205.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.0013-8703.2004.00205.x>. Acesso em: 17 out. 2022.

SEIFI, A.; VISSER, R. G. F.; BAI, Y. How to effectively deploy plant resistances to pests and pathogens in crop breeding. **Euphytica**, Switzerland, v. 190, n. 3, p. 321-334, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-012-0823-9>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10681-012-0823-9>. Acesso em: 13 nov. 2022.

SINGH, A.; KUMAR, A.; HARTLEY, S., SINGH, I. K. Silicon: its ameliorative effect on plant defense against herbivory. **Journal of Experimental Botany**, Maryland, USA, v. 71, n. 21, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa300>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32591824/>. Acesso em: 13 nov. 2022.

SMITH, C. M. **Plant resistance to arthropods**: molecular and conventional approaches. Dordrecht, Netherlands, Springer, 423 p., 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/1-4020-3702-3>. Disponível em https://link.springer.com/chapter/10.1007/1-4020-3702-3_8. Acesso em: 5 nov. 2023.

SMITH, C. M.; CLEMENT, S. L. Molecular bases of plant resistance to arthropods. **Annual Review of Entomology**, [s.l.], v. 57, n. 1, p. 309-328, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100642>. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-ento-120710-100642>. Acesso em: 28 set. 2022.

SOUZA, I. L.; TOMAZELLA, V. B.; SANTOS, A. J. N.; MORAES, T.; SILVEIRA, L. C. P. Parasitoids diversity in organic Sweet Pepper (*Capsicum annuum*) associated with Basil (*Ocimum basilicum*) and Marigold (*Tagetes erecta*). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, SP, v. 79, n. 4, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.185417>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/7KVGLps7MDLTS8FfbVgXjp/?lang=en>. Acesso em: 20 ago. 2022.

RAO, S. P.; REDDY, B. V. S.; NAGARAJ, N.; UPADHAYAYA, H. D. Sorghum production for diversified uses. *In*: Wang Y. H., Upadhyaya H. D., Kole C. **Genetics, genomics and breeding of Sorghum**. CRC Press, Taylor & Francis Group, Florida, USA, p. 1-27, 2014. Disponível em: <http://oar.icrisat.org/9050/>. Acesso em: 28 set. 2022.

STARÝ, P. *Aphidius platensis* Brethes, its distribution and host range (Hym.: Aphidiidae). **Oriental Insects**, United Kingdom, v. 6, n. 3, p. 359-370, July 1972. DOI: <https://doi.org/10.1080/00305316.1972.10434086>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00305316.1972.10434086>. Acesso em: 18 out. 2022.

STARÝ, P. *Aphidius colemani* Viereck: Its taxonomy, distribution and host range (Hymenoptera, Aphidiidae). **Acta Entomologica Bohemoslovaca**, Praga, v. 72, p. 156-163, 1975. Disponível em: <https://kramerius.lib.cas.cz/view/uuid:bd0f4613-148b-11e1-1729-001143e3f55c?page=uuid:bd0f46c5-148b-11e1-1729-001143e3f55c>. Acesso em: 05 ago. 2022.

STARÝ, P.; SAMPAIO, M. V.; BUENO, V. H. P. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their associations related to biological control in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, PR, v. 51, n. 1, p. 107-118, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262007000100018>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbent/a/WhByyjvndjmv3Ly9tLkQYRx/abstract/?lang=en>. Acesso em: 19 out. 2022.

TOMANOVIĆ, Ž.; PETROVIĆ, A.; MITROVIĆ, M.; KAVALLIERATOS, N. G.; STARÝ, P.; RAKHSHANI, R.; RAKHSHANIPOUR, M.; POPOVIĆ, A.; SHUKSHUK, A. H.; IVANOVIĆ, A. Molecular and morphological variability within the *Aphidius colemani* group with redescription of *Aphidius platensis* Brethes (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). **Bulletin of Entomological Research**, [s.l.], v. 104, n. 5, p. 1-14, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485314000327>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/bulletin-of-entomologicalresearch/article/abs/molecular-and-morphological-variability-within-the-aphidius-colemanigroup-with-redescription-of-aphidius-platensis-brethes-hymenoptera-braconidaeaphidiinae/7EE06E2621EF99DD383B2739C35FCE3A>. Acesso em: 20 out. 2022.

TURLINGS, T. C. J.; BENREY, B. Effects of plant metabolites on the behavior and development of parasitic wasps. **Écoscience**, [s.l.], v. 5, n. 3, p. 321-333, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1080/11956860.1998.11682472>. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/11956860.1998.11682472?casa_token=KrVJQ1yQOYkAAAAA:WLRzocSNgdLBLB5_mBtXIW4UWlQZ_S1KT1hx9cFwgQfHmINKiUQWMA7aCHE5wZIO6bONz-L1TDzhQWs. Acesso em: 26 nov. 2022.

VAKHIDE, N.; SAFAVI, S. A. Biology and fertility life table of the greenbug, *Schizaphis graminum* (Homoptera: Aphididae) on the resistant winter wheat cultivar (Pishgam) in Iran. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, [s.l.], v. 47, n. 3, p. 355-365, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/03235408.2013.809909>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03235408.2013.809909>. Acesso em: 16 out. 2022.

VANAMALA, J. K. P.; MASSEY, A. R.; PINNAMANENI, S. R.; REDDIVARI, L.;

REARDON, K. F. Grain and sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) serves as a novel source of bioactive compounds for human health. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s.l.], v. 58, n. 17, p. 2867-2881, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1344186>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2017.1344186>. Acesso em: 6 out. 2022.

VAN LENTEREN, J. C. Commercial Availability of Biological Control Agents. In: VAN LENTEREN, J. C.; **Quality Control and Production of Biological Control Agents Theory and Testing Procedures**. Wallingford: CABI, p. 167-179, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1079/9780851996882.0000>. Disponível em: <https://cabidigitallibrary.org/doi/book/10.1079/9780851996882.0000>. Acesso em: 27 out. 2022.

VAN LENTEREN, J. C. **Ecology**: Cool Science, But Does it Help?. Wageningen, The Netherlands: Wageningen University, 44 p., 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283336193_Ecology_cool_science_but_does_it_help/citations. Acesso em: 27 out. 2022.

VAN LENTEREN, J. C. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl**, [s.l.], v. 57, p. 1-20, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-011-9395-1>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10526-011-9395-1>. Acesso em: 18 out. 2022.

VAN LENTEREN, J. C.; BUENO, V. H. P.; BURGIO, G.; LANZONI, A.; MONTES, F. C.; SILVA, D. B.; JONG, P. W.; HEMERIK, L. Pest kill rate as aggregate evaluation criterion to rank biological control agents: a case study with Neotropical predators of *Tuta absoluta* on tomato. **Bulletin of Entomological Research**, [s.l.], v. 109, n. 6, p. 812-820, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485319000130>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/bulletin-of-entomological-research/article/pest-kill-rate-as-aggregate-evaluation-criterion-to-rank-biological-control-agents-a-case-study-with-neotropical-predators-of-tuta-absoluta-on-tomato/80E72FF6C35D14B2187F9051163412EA>. Acesso em: 27 out. 2022.

VAN LENTEREN, J. C.; ROSKAM, M. M.; TIMMER, R. Commercial mass production and pricing of organisms for biological control of pests in Europe. **Biological Control**, [s.l.], v. 10, n. 2, p. 143-149, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1006/bcon.1997.0548>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S104996449790548X>. Acesso em: 18 out. 2022.

VENÂNCIO, H.; BIANCHI, R. A.; LOBATO, T. O. S.; SAMPAIO, M. V.; SANTOS, J. C. Tritrophic interaction between the Mexican sunflower, the aphid *Aphis gossypii* and natural enemies in a greenhouse experiment. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, PR, v. 42, p. 1-8, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v42i1.47120>. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/1871/187163790003/187163790003.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2022.

VENDRAMIM, J. D.; GUZZO, E. C. Resistência de plantas e a bioecologia e nutrição dos insetos. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**, Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, p. 1055-

1106, 2009. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001760920> Acesso em: 2 out. 2022.

VENDRAMIM, J. D.; GUZZO, E. C. Plant resistance and insect bioecology and nutrition. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Insect Bioecology and Nutrition for Integrated Pest Management**, CRC Press, Boca Raton, USA, p. 657-686, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1201/b11713-30>. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/b11713-34/plant-resistance-insect-bioecology-nutrition-jos%27A9-vendramim-elio-guzzo?context=ubx&refId=c69a66f2-67fa-4bfb-b578-570961f56290>. Acesso em: 28 set. 2022.

VENDRAMIM, J. D.; NISHIKAWA, M. A. N. Melhoramento para resistência a insetos. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. **Recursos genéticos e melhoramento-plantas**. Fundação MT, Rondonópolis, MT, p. 737-781, 2001. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=180174&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22VALADARES-INGLIS%22&qFacets=autoria:%22VALADARES-INGLIS%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 28 set. 2022.

VIEIRA, L. J. P.; FRANCO, G. M.; SAMPAIO, M. V. Host preference and fitness of *Lysiphlebus testaceipes* (Hymenoptera: Braconidae) in different instars of the aphid *Schizapis graminum*. **Neotropical Entomology**, Londrina, PR, v. 48, p. 391-398, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-018-0662-z>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13744-018-0662-z>. Acesso em: 15 ago. 2022.

VILCINSKAS, A. **Biology and Ecology of Aphids**. CRC Press, Boca Raton, USA, 176 p., 2016. Disponível em: <https://api.taylorfrancis.com/content/books/mono/download?identifierName=doi&identifierValue=10.1201/b19967&type=googlepdf>. Acesso em: 28 nov. 2022.

VILELA, M.; MORAES, J. C.; ALVES, E.; SANTOS-CIVIDANES, T. M.; SANTOS, F. A. Induced resistance to *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) via silicon application in sugarcane. **Revista Colombiana de Entomología**, Bogotá, CO, v. 40, n. 1, p. 44-48, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v40n1/v40n1a08.pdf> Acesso em: 22 nov. 2022.

WALLING, L. L. The myriad plant responses to herbivores. **Journal of Plant Growth Regulation**, Maryland, USA, v. 19, n. 2, p. 195-216, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1007/s003440000026>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11038228/>. Acesso em: 10 jan. 2023.

WANG, H-H.; GRANT, W. E.; ELLIOTT, N. C.; BREWER, M. J.; KORALEWSKI, T. E.; WESTBROOK, J. K.; ALVES, T. M.; SWORD, G. A. Integrated modelling of the life cycle and aeroecology of wind-borne pests in temporally-variable spatially-heterogeneous environment. **Ecological Modelling**, [s.l.], v. 399, p. 23-38, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.02.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304380019300833>. Acesso em: 5 out. 2022.

WANG, M.; CHEN, Y.; XIA, X.; LI, J.; LIU, J. Energy efficiency and environmental performance of bioethanol production from sweet sorghum stem based on life cycle analysis. **Bioresource Technology**, [s.l.], v. 163, p. 74-81, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.04.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852414005094>. Acesso em: 8 nov. 2022.

WANG, M.; GAO, L.; DONG, S.; SUN, Y.; SHEN, Q.; GUO, S. Role of silicon on plant-pathogen interactions. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, Switzerland, v. 8, p. 701, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00701>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.00701/full>. Acesso em: 25 nov. 2022.

WAR, A. R.; PAULRAJ, M. G.; AHMAD, T.; BUHROO, A. A.; HUSSAIN, B.; IGNACIMUTHU, S.; SHARMA, H. C. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. **Plant Signaling & Behavior**, [s.l.], v. 7, n. 10, p. 1306-1320, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4161/psb.21663>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.4161/psb.21663>. Acesso em: 13 nov. 2022.

WAR, A. R.; TAGGAR, G. K.; HUSSAIN, B.; TAGGAR, M. S.; NAIR, R. M.; SCHARMA, H. C. Plant defence against herbivory and insect adaptations. **AoB PLANTS**, Oxford, v. 10, n. 4, p. 1-19, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1093/aobpla/ply037>. Disponível em: <https://academic.oup.com/aobpla/article/10/4/ply037/5036447>. Acesso em: 13 nov. 2022.

WEBER, I. F.; FEDDERN, V.; VIEIRA, O. F. V.; VIEIRA, J. C.; LIMA, G. J. M. M. Ocorrência de micotoxinas em farelos de soja, trigo e sorgo no Brasil nos anos de 2016 e 2017. **6º Simpósio de Segurança Alimentar**, Gramado, RS, 6 p., 2018. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1093203>. Acesso em: 16 out. 2022.

WERLE, R.; JHALA, A. J.; YERKA, M. K.; DILLE, A.; LINDQUIST, J. L. Distribution of herbicide-resistant shattercane and johnsongrass populations in sorghum production areas of Nebraska and northern Kansas. **Agronomy Journal**, [s.l.], v. 108, n. 1, p. 321-328, 2016. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0217>. Disponível em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj2015.0217>. Acesso em: 5 nov. 2022.

YANO, E. Augmentative biological control in greenhouses in Japan. **CABI Reviews**, [s.l.], v. 16, n. 60, p. 1-12, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1079/pavsnr202116060>. Disponível em: <https://cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/PAVSNR202116060>. Acesso em: 30 out. 2022.

YE, M.; SONG, Y.; LONG, J.; WANG, R.; BAERSON, S. R.; PAN, Z.; ZHU-SALZMAN, K.; XIE, J.; CAI, K.; LUO, S.; ZENG, R. Priming of jasmonate-mediated antiherbivore defense responses in rice by silicon. **PNAS**, [s.l.], v. 110, n. 38, p. E3631-E3639, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1305848110>. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1305848110>. Acesso em: 23 nov. 2022.

YI, S. Y.; KIM, J-H.; JOUNG, Y-H.; LEE, S.; KIM, W-T.; YU, S. H.; CHOI, D. The pepper transcription factor CaPF1 confers pathogen and freezing tolerance in Arabidopsis. **Plant Physiology**, Oxford, v. 136, n. 1, p. 2862-2874, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.104.042903>. Disponível em: <https://academic.oup.com/plphys/article/136/1/2862/6112407>. Acesso em: 9 nov. 2022.

ZAYNAB, M.; KANWAL, S.; HUSSAIN, I.; QASIM, M.; NOMAN, A.; IQBAL, U.; ALI, G. M.; BAHADAR, K.; JAMIL, A.; SUGHRA, K.; REHMAN, N.; BURIRO, M.; ABBAS, S.; ALI, M.; ALVI, A. H.; ANWAR, M.; KHAN, M. I.; TAYYAB, M. Rice chitinase gene expression in genetically engineered potato confers resistance against *Fusarium solani* and *Rhizictonia solani*. **PSM Microbiology**, v. 2, n. 3, p. 63-73, 2017. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14415.84649>. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/327166129.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2022.

APÊNDICE A – Análises químicas e granulométricas

Tabela 3 - Características químicas e granulométricas da área do solo coletado na Fazenda Capim Branco em Uberlândia-MG, na camada de 0 a 20 cm de profundidade.

pH água	Si*	Mat. Org.	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	m	V
	mgkg ⁻¹	dag kg ⁻¹	..mg dm ⁻³cmol _c dm ⁻³								%
5,3	6,2	2,3	4,9	103	4,0	1,4	0,1	1,90	5,66	5,76	7,56	2	75
		Argila				Silte					Areia		
		g kg ⁻¹				g kg ⁻¹					g kg ⁻¹		
		580				295					125		

Extratores: pH em água, Si extraído por Cloreto de Cálcio, K e P-assimilável por Mehlich⁻¹, teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis extraídos por KCl; acidez potencial por Acetato de Cálcio; matéria orgânica total (MOS) por titulometria, segundo metodologia da EMBRAPA (2009).