



Universidade Federal
de São João del-Rei

DOUGLAS GRACIEL DOS SANTOS

**RESISTÊNCIA INDUZIDA DE ÁCIDO SILÍCICO EM
GENÓTIPOS DE SORGO E NA BIOLOGIA DO *Melanaphis sorghi***

**Sete Lagoas
2023**

DOUGLAS GRACIEL DOS SANTOS

**RESISTÊNCIA IDUZIDA DE ÁCIDO SILÍCICO EM
GENÓTIPOS DE SORGO E NA BIOLOGIA DO *Melanaphis sorghi***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, pela Universidade Federal de São João del-Rei, *Campus Sete Lagoas*, como parte para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, na área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Lucas Carnevalli Dias
Coorientadora: Dr^a. Simone Martins Mendes

**Sete Lagoas
2023**

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca (DIBIB) e
Núcleo de Tecnologia da Informação (NTINF) da UFSJ,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S734r Santos, Douglas.
RESISTÊNCIA INDUZIDA DE ÁCIDO SILÍCICO EM
GENÓTIPOS DE SORGO E NA BIOLOGIA DO *Melanaphis*
sorghii / Douglas Santos ; orientador Leonardo Dias;
coorientadora Simone Mendes. -- Sete Lagoas, 2023.
70 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em
Ciências Agrárias) -- Universidade Federal de São
João del-Rei, 2023.

1. Entomologia. 2. Fitossanidade . 3. Resistência
de plantas . 4. Silício. 5. Sorgo. I. Dias, Leonardo,
orient. II. Mendes, Simone, co-orient. III. Título.

DOUGLAS GRACIEL DOS SANTOS

**RESISTÊNCIA INDUZIDA DE ÁCIDO SILÍCICO EM
GENÓTIPOS DE SORGO E NA BIOLOGIA DO *Melanaphis sorghi***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, pela Universidade Federal de São João del-Rei, *Campus* Sete Lagoas, como parte para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, na área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Lucas Carnevalli Dias
Coorientadora: Dr^a. Simone Martins Mendes

Sete Lagoas, 10 de fevereiro de 2023

Banca examinadora:

Prof. Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza - UFLA

Prof. Dr. Marcos Antônio Matiello Fadini – UFSJ

Prof. Dr. Leonardo Lucas Carnevalli Dias
Orientador - UFSJ

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, e por permitir que eu concluísse mais essa etapa em minha caminhada.

Aos meus pais Ione Maria da Silva Santos e Jair Sebastião dos Santos, por todo amor, pelo incentivo, pelo apoio, pela confiança, pela compreensão, pelo respeito, pela compreensão e pelos ensinamentos, pois tudo isso permitiu que eu pudesse chegar até aqui.

A minha amada Thaís Fernanda Silva, pelo amor, atenção, companheirismo, por me dar força para continuar, por toda paciência, por acreditar em mim e simplesmente por existir em minha vida.

Ao Prof. Dr. Leonardo Lucas Carnevalli Dias, pela orientação, pelos ensinamentos e conhecimentos transmitidos, pela dedicação, pela amizade, pois seu distinto exemplo, contribuiu para o meu crescimento, e conseqüente, desenvolvimento profissional.

À Dra Maria Lucia Simeone e Dr. Rafael Augusto Parrela, por todo auxílio e ajuda nas análises e pesquisa.

À Dra. Simone Martins Mendes, minha coorientadora, pela amizade, pelo incentivo e por despertar em mim, o interesse pela entomologia.

À Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), pela bolsa de estudos e pela oportunidade de realização do mestrado.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (PPGCA), pelos ensinamentos repassados.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Milho e Sorgo), pela disponibilização de toda a infra-estrutura, para que o projeto pudesse ser realizado e concluído.

Aos amigos do Laboratório de Entomologia e Ecotoxologia - Embrapa Milho e Sorgo, pela amizade, e ao técnico, Eustáquio pela ajuda, durante todo o desenvolvimento do experimento.

Enfim, a todos(as) que contribuíram direta ou indiretamente, para que eu pudesse realizar este sonho, o meu muito obrigado!!

*Aos meus pais, Jair e Ione, meus maiores exemplos,
e à minha amada Thaís, pelo companheirismo e apoio,*

Dedico

Sumário

1.INTRODUÇÃO GERAL	8
RESUMO GERAL GENERAL ABSTRACT	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14
CAPÍTULO 1 ¹	20
BIOLOGIA DE <i>Melanaphis sorghi</i> (Theobald, 1904) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) EM GENÓTIPOS DE SORGO SOB DOSES DE ÁCIDO SILÍCICO.....	20
BIOLOGY OF <i>Melanaphis sorghi</i> (Theobald, 1904) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) IN SORGHUM GENOTYPES UNDER SILICIC ACID DOSES.....	21
2.INTRODUÇÃO.....	22
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1.Caracterização, Preparação e Fertilização do Solo	23
3.2.Biologia do <i>Melanaphis sorghi</i>	24
3.3.Tabela de Vida e Fertilidade	25
3.4.Análises Estatísticas.....	25
4.RESULTADOS.....	26
5.DISSCUSSÃO.....	27
6.CONCLUSÕES.....	30
7.REFERÊNCIAS	31
8.FIGURAS E TABELAS	35
CAPÍTULO 2	42
RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE SORGO COM INFESTAÇÃO de <i>Melanaphis sorghi</i> (Theobald, 1904) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) SOB DOSES DE ÁCIDO SILÍCICO.....	42
GENOTYPE RESISTANCE OF SORGHUM TO <i>Melanaphis sorghi</i> (Theobald, 1904) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) INFESTATION UNDER SILICIC ACID DOSES.....	43
1.INTRODUÇÃO.....	44
2.MATERIAL E MÉTODOS.....	45
2.1.Caracterização, Preparação e Fertilização do Solo	45
2.2.Delineamento e Experimentos	46
2.3.Avaliação de Infestação e de Injúria	47
2.4.Avaliação de Parâmetros Fitotécnicos	47
2.5.Análise Bromatológica.....	47
2.6.Quantificação de Macronutrientes e Micronutrientes.....	48
2.7.Análises Estatísticas.....	48

3.RESULTADOS.....	48
3.1. <i>Infestação do Melanaphis sorghi em Genótipos de Sorgo</i>	488
3.2. <i>Injúria, causada pela alimentação do pulgão Melanaphis sorghi, em Genótipos de Sorgo</i>	50
3.3. <i>Parâmetros Fitotécnicos de Genótipos de Sorgo</i>	51
3.3. <i>Composição Bromatologica em Genótipos de Sorgo</i>	52
3.4. <i>Quantidade de Macronutrientes e Micronutrientes em Genótipos de Sorgo</i>	54
4.DISSCUSSÃO.....	57
5.CONCLUSÃO.....	60
6.REFERÊNCIAS	61
ANEXOS.....	65

RESISTÊNCIA INDUZIDA DE ÁCIDO SILÍCICO EM GENÓTIPOS DE SORGO E NA BIOLOGIA DO *Melanaphis sorghi*

Resumo Geral - *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae), é o principal problema fitossanitário da cultura do sorgo, nas Américas, na atualidade. Sua alta taxa reprodutiva e a sucção da seiva em excesso, causa perdas na produção, debilitando ou causando a morte da planta. O uso de cultivares resistentes tem sido o principal método de controle, usado em países que convivem com a praga há mais tempo. Outro método usado, para controle de afídeos, foi o aumento da resistência das plantas, com a aplicação de fontes de silício (Si). Este estudo tem como objetivo avaliar o efeito do ácido silícico precipitado, combinado a genótipos de sorgo, sobre parâmetros fitotécnicos de sorgo e biológicos do *M. sorghi*. Foram avaliados quatro genótipos (AG1090, BRS373, BRS658 e Ponta Negra), em quatro doses de ácido silícico precipitado (0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹). As doses de Si foram parceladas em duas aplicações, em vasos de 20 L, sendo a metade aplicada no plantio e a segunda metade, aplicada nas plantas que apresentaram cinco folhas, totalmente desenvolvidas. Para as caracterizações da biologia do *M. sorghi*, foram avaliados o período pré-reprodutivo, o período reprodutivo, a fecundidade, o número de ninfas dias, a longevidade e a mortalidade, e aspectos biológicos da tabela de vida, sendo conduzido em laboratório, a partir de ninfas de primeiro ínstar até a morte. Para a avaliação dos parâmetros fitotécnicos, também foi avaliado o híbrido BRS716. O experimento foi realizado em casa-de-vegetação, onde foram comparadas as doses 0, 2, 4 e 6 t. ha⁻¹ de ácido silícico precipitado. As plantas foram avaliadas para: (i) nível de injúria (porcentagem da planta atacada) e infestação (porcentagem de colônias infestando as plantas), a cada sete dias; após 56 dias foi feito (ii) peso verde e seco da parte aérea, altura e número de folhas; (iii) análise de composição da planta e (iv) quantificação de macronutrientes e micronutrientes. Para a biologia de *M. sorghi*, houve interação entre as doses de silício e os genótipos. Os genótipos com aptidão granífero, com a dosagem de 6 t ha⁻¹ foram os mais eficientes na redução de performance do *M. sorghi*; já os genótipos com aptidão forrageira, foram observados com a dosagem de 4 t ha⁻¹, com a redução da fertilidade do *M. sorghi*. O Genótipo BRS716 apresenta maior suscetibilidade a infestação e injúria comparado aos demais; as plantas suplementadas, com a dose 4 e 6 t.ha⁻¹ de ácido silícico, apresentaram maior porte, número de folhas na planta, assim como maiores porcentagens de celulose e de hemicelulose e maiores quantidades de fosforo, de cálcio, de boro, de cobre, de zinco, de manganês e de Si. A infestação de *M. sorghi* reduz a número de folhas, as porcentagens FDN, FDA, lignina, hemicelulose e poder calorífico (MJ/Kg), e as quantidades de nitrogênio, de fosforo e de Si, nas plantas de sorgo.

Palavras-chaves: *Sorghum bicolor*. Pulgão do sorgo. Resistência genética. Silício.

Comitê orientador: Prof. Dr. Leonardo Lucas Carnevalli Dias (orientador); Dra. Simone Martins Mendes (coorientador).

INDUCED RESISTANCE OF SILICIC ACID IN SORGHUM GENOTYPES AND BIOLOGY OF *Melanaphis sorghi*

General Abstract - *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae) is currently the main phytosanitary problem in sorghum cultivation in the Americas. Its high reproductive rate and excessive sap suction cause production losses, weakening or causing the death of the plant. Among the control methods used in countries that have been dealing with the pest for a longer time, the use of resistant cultivars has been the main one. Another method used for aphid control is the increase of plant resistance with the application of silicon (Si) sources. This study aims to evaluate the effect of precipitated silicic acid, combined with sorghum genotypes, on sorghum phytotechnical parameters and biological parameters of *M. sorghi*. Four genotypes (AG1090, BRS373, BRS658, and Ponta Negra) were evaluated at four doses of precipitated silicic acid (0, 2, 4, and 6 t ha⁻¹). The Si doses were split into two applications in 20 L pots, with half applied at planting and the second half applied when the plants had five fully developed leaves. For the characterization of *M. sorghi* biology, the pre-reproductive period, reproductive period, fecundity, number of nymph days, longevity, and mortality and biological aspects of the life table were evaluated, conducted in the laboratory from first instar nymphs until death. For the evaluation of phytotechnical parameters, the hybrid BRS716 was also evaluated. The experiment was conducted in a greenhouse, comparing the doses of 0, 2, 4, and 6 t ha⁻¹ of precipitated silicic acid. The plants were evaluated for (i) injury level (percentage of the attacked plant) and infestation (percentage of colonies infesting the plants) every seven days; after 56 days, (ii) green and dry weight of the aerial part, height, and number of leaves; (iii) plant composition analysis; and (iv) quantification of macronutrients and micronutrients. For the biology of *M. sorghi*, there was interaction between the silicon doses and the genotypes. The genotypes with graniferous aptitude, with the dosage of 6 t ha⁻¹, are the most efficient in reducing *M. sorghi* performance; for the forage aptitude genotypes, this effect is observed with the dosage of 4 t ha⁻¹, with a reduction in *M. sorghi* fertility. The genotype BRS716 is more susceptible to infestation and injury compared to the others; plants supplemented with 4 and 6 t ha⁻¹ of silicic acid have larger size, more leaves per plant, as well as a higher percentage of cellulose and hemicellulose and quantities of phosphorus, calcium, boron, copper, zinc, manganese, and Si. *M. sorghi* infestation reduces the number of leaves, the percentage of NDF, ADF, lignin, hemicellulose, and calorific value (MJ/kg), as well as the quantities of nitrogen, phosphorus, and Si in sorghum plants.

Keywords: *Sorghum bicolor*. Sorghum aphid. Genetic resistance. Silicon.

Comitê orientador: Prof. Dr. Leonardo Lucas Carnevalli Dias (orientador); Dra. Simone Martins Mendes (coorientador).

1. INTRODUÇÃO GERAL

O pulgão do sorgo - *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae), é um inseto cosmopolita (Grazia et al. 2012). Na sua forma jovem, apresenta coloração verde-pálida a amarelo, com comprimento de corpo variando de 1,1 a 2,0 mm (Eastop e Blackman, 2000). Ficam dispersos nas folhas, e quando atingem a fase adulta, pequenos grupos são formados, apresentando cores entre amarelo e castanho-claro (Carranza et al. 2017).

As espécies *Melanaphis sorghi* e *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897) foram descritas pela primeira vez, no século XX por Theobald, no sorgo, no Sudão e em Java, por Zehntner, na cana-de-açúcar, sendo que essas duas espécies já foram tratadas como sinônimos, conhecidas como pulgão-da-cana-de-açúcar (Heikinheimo, 1997; Eastop, 1953). Blackman et al. (1990, 2006), forneceram um critério morfológico para separar as espécies *M. sorghi* e *M. sacchari*, baseado na razão entre o comprimento da tíbia posterior e o comprimento do processo terminal da antena, mas sendo muito difícil sua identificação em campo.

Nesse contexto, o método mais eficaz de identificação das espécies é a partir de microssatélites, onde se realiza o sequenciamento de DNA, de três regiões nucleares e três mitocondriais, sendo a diferença na divergência no gene nuclear EF1- α , para diagnosticar a separação das espécies (Nibouche et al. 2021).

O ciclo de desenvolvimento do pulgão, na fase imatura, possui quatro estádios ninfais que são concluídos em torno de cinco dias, e na fase adulta, apresentam a longevidade de 22 a 24 dias, e podem produzir de 68 a 86 ninfas/ fêmea (Manthe, 1992; Rojas Valverde & Ortíz Brenes, 2018; Avellar et. al 2022). Em condições tropicais, sua reprodução é assexuada por meio de partenogênese telítoca (Peña-Martinez et al.2016). Geralmente são ápteros, entretanto, há formação de alados com o aumento de indivíduos nas colônias, ou com a baixa qualidade nutricional do hospedeiro, gerando necessidade de dispersão (Rojas Valverde & Ortíz Brenes, 2018).

O pulgão do sorgo ocorre em mais de 30 países da Ásia, da África, da Austrália, das Américas Central e do Sul (Sharma & Nwanze 1997, Singh et al. 2004). Um fator importante, para seu crescimento populacional, é o clima quente e seco (Bowling et al. 2016; Zapata et al. 2018). Os prejuízos à cultura decorrem do seu hábito alimentar, de sugar a seiva das plantas, causando redução na absorção de nutrientes, na fotossíntese e na emissão da panícula, além de acarretar interferência no enchimento dos grãos. O

estresse causado pela infestação do pulgão, pode alcançar perdas no rendimento de até 100% na cultura, dependendo do genótipo (Carranza et al. 2017).

Além da sucção de seiva, o inseto é vetor de transmissão de três vírus conhecidos: vírus da folha vermelha do milho (Blackman; Eastop, 1984; Paray et al. 2011), vírus da folha amarela da cana-de-açúcar, em sorgo e na cana-de-açúcar (Schenck, 2000; Boukari et al. 2021) e vírus do mosaico da cana-de-açúcar, em sorgo (Setokuchi; Muta, 1993; Chung et al. 2021).

Por pertencer a subordem Sternorrhyncha, esse pulgão apresenta na anatomia do sistema digestório, uma estrutura denominada câmara filtro, que possibilita que os excessos de água e de carboidratos ingeridos, passem diretamente nos compartimentos do estomodeu, do mesêntero e do proctodeu (Grazia et al. 2012). Por esse motivo, a espécie produz elevados volumes de excreção, com alto teor de água e de açúcares (*honeydew*), que cobre toda a folha e a deixa com um aspecto pegajoso e brilhante (Carranza et al. 2017). Caso este excesso fique sobre as plantas, há o crescimento da fumagina que utiliza o *honeydew* como substrato de desenvolvimento (Van Den Berg et al. 2001). A fumagina é uma doença que ocorre em vegetais, a partir de fungos de coloração escura, que cobrem a superfície da folha, provocando a diminuição da fotossíntese e da transpiração, e a morte do tecido (Gilstrap, 1979; Van Den Berg et al. 2001).

O pulgão ocorre em todo o desenvolvimento da cultura do sorgo, e seu dano pode variar de moderado a severo, dependendo do estágio em que a infestação se iniciou. No início da infestação, os insetos estão localizados no terço inferior da planta, na face abaxial da folha, e ao longo da colonização, os insetos acabam atingindo regiões superiores, com ocorrência até mesmo na panícula do sorgo (Van Den Berg et al. 2001; Rojas Valverde, 2018), sendo a fase de emborrachamento (pre-florescimento), a fase mais crítica da cultura (Balikai, 2001). Scott Armstrong et al. (2015), determinaram que os hospedeiros do *M. sorghi* são limitados a variedades de sorgo e ao hospedeiro não agrícola, como *Sorghum halepense* (L.) (Poaceae).

Em 2020 foi descoberto que o biótipo de *M. sorghi*, espalhado em todo o Brasil, é o super-clone MLL-F (Harris-Shulthar et al. 2022; Sampaio et al. 2022). Este biótipo pertence a uma linhagem clonal assexuada, que acredita-se ter se originado da África ou da Ásia, sendo esta última a mais provável (Bowling et al. 2016 ; Harris-Shulthar et al. 2017 ; Nibouche et al. 2018 e 2021).

A utilização de cultivares resistente é uma tática importante, para o controle do

M. sorghi. Em países que conviveram mais tempo com esta praga, como Estados Unidos e México, a resistência de plantas tem sido a principal tática para a convivência (Fernandes et al. 2021).

As plantas reconhecem os herbívoros por meio de padrões moleculares, associados à injúria, iniciando sinalização que desencadeia um conjunto de defesas constitutivas e induzidas (Howe & Jander 2008). Insetos sugadores, como pulgões, utilizam estiletos para extrair a seiva do floema, causando níveis extremamente baixos de injúria direta ao tecido da planta (Nalam et al. 2019). Apesar da injúria modesta, as secreções de saliva que os pulgões implantam para colonizar os tecidos vegetais (Will & Vilcinskis 2015; Miles 1999), podem ser detectadas pelas plantas como sinais de perigo, e essas usam uma série de respostas de defesa para evitar a colonização, como: a ativação da sinalização de promotores de resistência: oxilipina, incluindo ácido 12-oxo-11-fitodienólico (12-OPDA) e ácido jasmônico (Grover et al. 2020; Gao et al. 2007). A deposição de calose é uma defesa utilizada pelas plantas, para bloquear a lesão no tubo crivado e para prevenir a infestação por insetos, que se alimentam do floema (Will & Van Bel 2006). A presença e concentração de metabólitos, especializados em plantas, também podem influenciar as populações de pulgões, com exemplos que abrangem benzoxazinóides, cardenólídeos, alcalóides e derivados de glucosinolatos (Kim & Jander 2007; Zust & Agrawal 2016).

Existem várias fontes, vários níveis e vários mecanismos de resistência, em sorgo, à pulgões. Mecanismos de resistência a insetos foram explicadas por Painter (1951), que apontou três mecanismo de resistência: não-preferência (antixenose), antibiose e tolerância (Smith, 1989; Smith et al. 1994).

A resistência por antibiose afeta a biologia do inseto, podendo reduzir a sua longevidade, afetar seus descendentes, reduzir a sua fecundidade e até mesmo, levar os indivíduos à morte. A não-preferência afeta o comportamento dos insetos, levando uma planta com a resistência, a ser menos preferida para alimentação ou hospedeira, do que outra suscetível. Já a resistência por tolerância, faz com que uma planta seja menos afetada ou se recupere mais rapidamente, do que uma suscetível, quando comparada a ataque de uma população semelhante de insetos (Smith, 2005; Bastos et al., 2015).

A tolerância à injúria do *M. sorghi*, no sorgo, de maneira geral, tem vantagem inerente sobre a antibiose e a antixenose, por não impor pressão de seleção nas populações de pulgões e, portanto, pode ter maior permanência (Smith, 2005). Outras características morfofisiológicas dos genótipos, como: folhas pequenas e estreitas; plantas com menos

folhas; baixa curvatura da folha, na fase de plântula (Mote e Kadam, 1984); maior distância entre duas folhas e a presença de lâmina cerosa (Mote e Shahane, 1994); e cera epicuticular, na superfície ventral das folhas, foram associadas à suscetibilidade reduzida ao pulgão (Pi e Hsieh, 1982).

Fontes úteis de resistência à *M. sorghi* foram observadas em diferentes linhagens de sorgo. No entanto, os genes precisos e responsáveis pela resistência, permaneceram desconhecidos (Paudyal et al. 2019; Limaje et al. 2018; Hayes et al. 2019; Scott Armstrong et al. 2015).

A resistência é um método eficiente e promissor, no manejo de artrópodes, por apresentar estabilidade, baixo risco de desequilíbrio ambiental, facilidade ao uso, viabilidade financeira e compatibilidade com outros métodos de controle (Boiça Júnior et al. 2013), principalmente quando aliada à resistência constitutiva. O estudo da resistência constitutiva é caracterizado pelos mecanismos de defesa intrínsecos das plantas, que dificultam a herbivoria, e a resistência induzida é a que ocorre por meio de alterações morfológicas ou fisiológicas, decorrentes da ação dos herbívoros e de fatores abióticos e microrganismos não patogênicos, sobre a planta (De Freitas et al. 2018).

A resistência induzida é definida como o aumento da capacidade defensiva das plantas contra pragas, sendo adquirida após um estímulo adequado e envolvendo a ativação de mecanismos latentes de resistência nas plantas (Ramamoorthy et al. 2001). Essa resistência da planta à pragas, pode ser induzida por elicitores (War et al. 2012). Existem diferentes tipos de elicitores de plantas, incluindo os de origem biológica (Fofana et al. 2005), química (Repka 2001) ou mineral (Bélangier et al. 2003; Hasanuzzaman et al. 2014).

Diversos estudos demonstram o silício (Si), atuando como um elicitador no sistema de defesa da planta ao ataque de pragas, pela produção de compostos fenólicos de defesa (defesa química), e também por se depositar nas células epidérmicas das folhas e dos tricomas, aumentando o espessamento e a rigidez (defesa mecânica) (Gomes et al. 2008). Carvalho & Moraes (1999), observaram que a deposição de Si, nas folhas e no caule das plantas de sorgo, afetou a preferência e o desenvolvimento de *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae); reduziu em quase 50%, a sua reprodução, que ao se alimentar de plantas de trigo, adubadas com silicato de sódio; apresentou menores longevidade e fecundidade, além de reduzir a excreção de *honeydew*, o que pode indicar menor taxa de ingestão (Basagli et al. 2003; Goussain et al. 2005; Costa et al. 2011).

Goussain et al. (2005), verificaram que alterações bioquímicas estão envolvidas na redução da performance do *S. graminum*, pois a penetração de estiletes não foi afetada pelos tratamentos com silício, que resultaria como barreira mecânica. Entretanto, a excreção de *honeydew* foi reduzida, no tratamento com silício, indicando menor taxa de ingestão ou maior retenção de seiva no corpo do pulgão. A menor taxa de ingestão pode ser caracterizada pela não palatabilidade dessas plantas, submetidas à aplicação de silício. Em plantas de trigo, o silício ativou e aumentou a síntese de compostos de defesa, como peroxidase e polifenoloxidase, reduzindo a taxa de crescimento, e também a preferência desse inseto-praga por plantas tratadas com esse mineral (Gomes et al. 2005).

A ativação da reação de defesa da planta e a produção de metabólitos especializados estão inter-relacionadas. Fawe et al. 2001, compararam a bioatividade do Si com a de ativadores/mensageiros secundários, conhecidos de resistência adquirida sistêmica (SAR), em que atuam como um modulador, influenciando o tempo e a extensão das respostas de defesa, da planta. Os efeitos do Si, no metabolismo especializado, são significativos somente após a elicitação, e são caracterizados por um efeito saturável (Panicker et al. 2022). O Si atua como um sinalizador de respostas de defesa, quando a suplementação de Si é interrompida, existe a perda de atividade, pois a polimerização do Si leva à sua inativação como indutor de resistência (Panicker et al. 2022).

Hutcheson, 1998, distinguiu três classes de mecanismos de defesa ativos: a resposta primária, que ocorre em células infectadas ou injuriadas; a resposta secundária, que é induzida por elicitores e limitada às células adjacentes, ao sítio inicial da injúria; e a resposta sistêmica adquirida, que é transmitida hormonalmente para todos os tecidos da planta. O Si, sem ser o próprio mensageiro secundário, pode desempenhar um papel positivo na resistência local e sistêmica, atuando na resposta primária e na integração da transdução de sinal, aprimorando a nível celular que leva à expressão de genes de defesa, que direcionam a resposta de hipersensibilidade, modificações estruturais das paredes celulares e síntese de hormônios do estresse, compostos antimicrobianos e proteínas PR (*Pathogenesis-Related Proteins*) (Panicker et al. 2022; Fauteux et al. 2005).

As respostas aos estresses bióticos são amplamente dependentes das quinases de proteína, ativadas por mitógeno, que transmitem informações ao núcleo pela fosforilação do grupo hidroxila nos resíduos de aminoácidos (Nürnberg & Scheel 2001, Zhang & Klessig 2001; Tena et al. 2001; Morris 2001). O Si é conhecido por interagir com o fósforo e se ligar a grupos hidroxila, portanto, podendo afetar a atividade ou a

conformação da proteína. Desta forma, o modo de ação do Si, na transdução de sinal, pode se derivar destas interações (Ma & Takahashi, 1990; Ma et al. 2001).

Outros mecanismos de defesa são a partir do Si, regulando as respostas ao estresse das plantas, modulando a homeostase dos fitohormônios e as vias de sinalização, como por exemplo, a biossíntese de ácido jasmônico, induzida por dano mecânico nas plantas (Chen et al. 2009; Ghareeb et al. 2011; Reynolds et al. 2016; Kim et al. 2014). Apesar do Si ativar estes mecanismos de defesa, das plantas, a natureza exata da interação entre esse elemento e as vias bioquímicas ainda não é clara (Panicker et al. 2022).

Diante deste contexto, esta pesquisa foi dividida em dois capítulos. No primeiro, objetivou-se avaliar a biologia do *M. sorghi*, alimentado com quatro genótipos de sorgo, suplementado com doses de ácido silícico. Também foi avaliado o período pré-reprodutivo, o período reprodutivo, a fecundidade, o número de ninfas dias, a longevidade e a mortalidade; assim como os parâmetros da tabela de vida: tempo médio de geração (T), taxa líquida de reprodução (R0), taxa intrínseca de aumento (Rm), taxa finita de crescimento (λ), e o tempo de duplicação (DT), afim de avaliar os tratamentos e suas interações.

No segundo capítulo, visou-se avaliar os parâmetros fitotécnicos do uso de doses de ácido silícico e a infestação do *M. sorghi*, em cinco genótipos de sorgo. Analisou-se o crescimento das infestações e as colônias em cada planta, os parâmetros fitotécnicos, a composição bromatológica e a quantidade de macronutrientes e de micronutrientes, nas plantas de sorgo.

REFERÊNCIAS

- AVELLAR, G. S., MENDES, S. M., MARRIEL, I. E., MENEZES, C. B., PARRELLA, R. D. C., & SANTOS, D. G.. Resistance of sorghum hybrids to sorghum aphid. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, 2022.
- BALIKAI, R. A.. Bioecology and management of the sorghum aphid, *Melanaphis sacchari*. 2001. 203 f. Tese (Doutorado) - **University of Agricultural Sciences, Karnataka**, 2001.
- BASAGLI, M. A., MORAES, J. C., CARVALHO, G. A., ECOLE, C. C., & GONÇALVES-GERVÁSIO, R. D. C.. Efeito da aplicação de silicato de sódio na resistência de plantas de trigo ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, v. 32, p. 659-663, 2003.
- BASTOS, C. S.; RIBEIRO, A. V.; SUINAGA, F. A.; BRITO, S. M.; OLIVEIRA, A. A. S.; BARBOSA, T. M.; SANTOS, P. J.; OLIVEIRA, D. V. V.; TEICHMANN, Y. S. K. Resistência de plantas a insetos: contextualização e inserção no MIP. In: VISOTTO, L. E.; FERNANDES, F. L.; CARVALHO FILHO, A.; LOPES, E. A.; AQUINO, L. A.; FERNANDES, M. E. S.; GOD, P. I. V. G.; RUAS, R. A. A.; SOUSA JÚNIOR, J. M.. Avanços tecnológicos aplicados à pesquisa na produção vegetal. **Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa, MG, p. 31-72, 2015. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2701.5129>.
- BÉLANGER, R. R.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J. G.. Cytological evidence of an active role of silicon in wheat resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. tritici). **Phytopathology**, v. 93, n. 4, p. 402-412, 2003.
- BLACKMAN R. L., EASTOP V.F.. Aphids on the world's herbaceous plants and shrubs. Chichester, UK: **John Wiley & Sons Ltd**, 2006.
- BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. F.; BROWN, P. A.. The biology and taxonomy of the aphids transmitting barley yellow dwarf virus. [^] C1990, n. 91-013439. **CIMMYT.**, 1990.
- BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. F.. Aphids on the world's crops: an identification and information guide. New York: **Wiley**, 1984. 476 p.
- BOIÇA JÚNIOR, A. L., SOUZA, B. H. S., LOPES, G. S., COSTA, E. N., MORAES, R. F. O., & EDUARDO, W. I.. Atualidades em resistência de plantas a insetos. **Tópicos em Entomologia Agrícola**, 4th edition. **Multipress, Jaboticabal, São Paulo, Brazil**, p. 207-224, 2013.
- 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**, v. 139, 105373, 2021
- BOWLING, R. D., BREWER, M. J., KERNS, D. L., GORDY, J., SEITER, N., ELLIOTT, N. E., ... & MAXSON, E.. Sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae): a new pest on sorghum in North America. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 7, n. 1, 2016.
- CARRANZA, J. A. Q.; QUINTERO, V. P.; UMÑIZ, R. B.; JARILLO, A. M.; LÓPEZ, R. Y.. Guía 2017 para el manejo del pulgón amarillo del sorgo. Celaya: **Fundación Guanajuato Produce A.C.**, 42 p. (Folleto para produtores, n. 1). 2017.

- 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**, v. 28, p. 505-510, 1999.
- CHEN, Y. Y., LIN, Y. M., CHAO, T. C., WANG, J. F., LIU, A. C., HO, F. I., & CHENG, C. P.. Virus-induced gene silencing reveals the involvement of ethylene-, salicylic acid- and mitogen-activated protein kinase-related defense pathways in the resistance of tomato to bacterial wilt. **Physiologia Plantarum**, v. 136, n. 3, p. 324-335, 2009.
- COSTA, R. R.; MORAES, J. C.; DA COSTA, R. R.. Feeding behaviour of the greenbug *Schizaphis graminum* on wheat plants treated with imidacloprid and/or silicon. **Journal of applied entomology**, v. 135, n. 1-2, p. 115-120, 2011
- 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**, v. 1, p. 1-24, 2021.
- DE FREITAS, M. M., DE SOUZA, B. H. S., NOGUEIRA, L., DI BELLO, M. M., & BOIÇA JÚNIOR, A. L.. Soybean defense induction to *Spodoptera cosmioides* herbivory is dependent on plant genotype and leaf position. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 12, n. 1, p. 85-96, 2018.
- EASTOP, V. F.. Notes on East African Aphids: I—Synonymy. **The East African Agricultural Journal**, v. 18, n. 3, p. 133-135, 1953.
- EASTOP, V. F.; BLACKMAN, R. L.. Aphids on the world's crops. **An identification guide**. 2000.
- FAUTEUX, F., RÉMUS-BOREL, W., MENZIES, J. G., & BÉLANGER, R. R.. Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. **FEMS Microbiology letters**, v. 249, n. 1, p. 1-6, 2005.
- FAWE A., MENZIES J.G.; CHERIF M.; BÉLANGER R.R.. Silicon and disease resistance in dycotiledons. Datnoff LE, Snyder GH, Kordorfer GH (Eds) Silicon in Agriculture. **Elsevier Science**, p. 159-169, 2001.
- FERNANDES, F. O., SOUZA, C. D. S. F., DE AVELLAR, G. S., NASCIMENTO, P. T., DAMASCENO, N. C. R., DOS SANTOS, N. M., ... & MENDES, S. M. (2021). Manejo do pulgão da cana-de-açúcar (*Melanaphis sacchari/sorghii*) na cultura do sorgo. *Embrapa Milho e Sorgo-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*.
- FOFANA, B., BENHAMOU, N., MCNALLY, D. J., LABBÉ, C., SÉGUIN, A., & BÉLANGER, R. R.. Suppression of induced resistance in cucumber through disruption of the flavonoid pathway. **Phytopathology**, v. 95, n. 1, p. 114-123, 2005.
- GAO, L. L., ANDERSON, J. P., KLINGLER, J. P., NAIR, R. M., EDWARDS, O. R., & SINGH, K. B.. Involvement of the octadecanoid pathway in bluegreen aphid resistance in *Medicago truncatula*. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 20, n. 1, p. 82-93, 2007.
- GHAREEB, H., BOZSÓ, Z., OTT, P. G., REPENNING, C., STAHL, F., & WYDRA, K.. Transcriptome of silicon-induced resistance against *Ralstonia solanacearum* in the silicon non-accumulator tomato implicates priming effect. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 75, n. 3, p. 83-89, 2011.

- GILSTRAP, F. E. Biological control of sorghum pests. In: TEETES, G. L.; JOTWANI, M. G. (Ed.). Elements of integrated control of sorghum pests. Rome: **FAO**, 1979. p. 54-98. (**FAO Plant Production and Protection Paper, 19**).
- GOMES, F. B., MORAES, J. C. D., SANTOS, C. D. D., & GOUSSAIN, M. M. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientia Agricola**, v. 62, p. 547-551, 2005.
- GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; ASSIS, G. A.. Silicon and imidacloprid on plants colonized by *Myzus persicae* and on vegetative development of potato. **Ci. Rural**, p. 1209-1213, 2008.
- GOUSSAIN, M. M.; PRADO, E.; MORAES, J. C.. Effect of silicon applied to wheat plants on the biology and probing behavior of the greenbug *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 807-813. 2005.
- GRAZIA, J.; CAVICHIOLI, R. R.; WOLF, R. R. S.; FERNANDES, J. A. M.; TAKIYA, D. M. Hemiptera. Linnaeus, 1758. In: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. (Ed.). **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia. Ribeirão Preto: Holos**,. p. 347-405, 2012.
- GROVER, S., AGPAWA, E., SARATH, G., SATTLER, S. E., & LOUIS, J.. Interplay of phytohormones facilitate sorghum tolerance to aphids. **Plant Molecular Biology**, p. 1-12, 2020.
- HARRIS-SHULTZ, K., ARMSTRONG, J. S., CARVALHO JR, G., SEGUNDO, J. P., & NI, X.. *Melanaphis sorghi* (Hemiptera: Aphididae) clonal diversity in the United States and Brazil. **Insects**, v. 13, n. 5, p. 416, 2022.
- HARRIS-SHULTZ, K., NI, X., WADL, P. A., WANG, X., WANG, H., HUANG, F., ... & YANG, X.. Microsatellite markers reveal a predominant sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae) clone is found on sorghum in seven states and one territory of the USA. **Crop Science**, v. 57, n. 4, p. 2064-2072, 2017.
- HASANUZZAMAN, M., NAHAR, K., ALAM, M., BHOWMIK, PC, HOSSAIN, M., RAHMAN, MM, ... & FUJITA, M.. Potential use of halophytes to remediate saline soils. **BioMed research international**, v. 2014.
- HAYES, C. M., ARMSTRONG, J. S., LIMAJE, A., EMENDACK, Y. E., BEAN, S., WILSON, J., & XIN, Z.. Registration of R. LBK1 and R. LBK2 sorghum germplasm with resistance to the sugarcane aphid [*Melanaphis sacchari* (Zehntner)]. **Journal of Plant Registrations**, v. 13, n. 1, p. 91-95, 2019.
- HEIKINHEIMO, O.. Catalogue of the World's Aphididae. **Entomologica Fennica**, v. 8, n. 2, p. 108-108, 1997.
- HOWE, G. A., & JANDER, G.. Plant immunity to insect herbivores. **Annual review of plant biology**, v. 59, n. 1, p. 41-66, 2008.
- HUTCHESON, S. W.. Current concepts of active defense in plants. **Annual review of phytopathology**, v. 36, n. 1, p. 59-90, 1998.
- KIM, J. H., & JANDER, G.. *Myzus persicae* (green peach aphid) feeding on *Arabidopsis* induces the formation of a deterrent indole glucosinolate. **The Plant Journal**, v. 49, n. 6, p. 1008-1019, 2007.

- KIM, Y. H., KHAN, A. L., KIM, D. H., LEE, S. Y., KIM, K. M., WAQAS, M., ... & LEE, I. J.. Silicon mitigates heavy metal stress by regulating P-type heavy metal ATPases, *Oryza sativa* low silicon genes, and endogenous phytohormones. **BMC Plant Biology**, v. 14, n. 1, p. 1-13, 2014.
- LIMAJE, A., HAYES, C., ARMSTRONG, J. S., HOBACK, W., ZARRABI, A., PAUDYAL, S., & BURKE, J.. Antibiosis and tolerance discovered in USDA-ARS sorghums resistant to the sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae). **Journal of Entomological Science**, v. 53, n. 2, p. 230-241, 2018.
- MA, J. F.. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. **Soil science and plant nutrition**, v. 50, n. 1, p. 11-18, 2004.
- MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E.. Silicon as a beneficial element for crop plants. **Studies in plant Science**, v. 8, p. 17-39, 2001.
- MA, J. F., & TAKAHASHI, E.. Effect of silicon on the growth and phosphorus uptake of rice. **Plant and soil**, v. 126, n. 1, p. 115-119, 1990.
- MANTHE, C. S.. Sorghum resistance to sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae). 1992. 166 f. **Tese (Doutorado) - Texas A&M University, College Station**, 1992.
- MILES, P. W.. Aphid saliva. **Biological reviews**, v. 74, n. 1, p. 41-85, 1999.
- MORRIS, P. C.. MAP kinase signal transduction pathways in plants. **New Phytologist**, v. 151, n. 1, p. 67-89, 2001.
- MOTE, U. N.; KADAM, J. R.. Incidence of (*Aphis sacchari* Zehnt) in relation to sorghum plant characters. **Sorghum Newsl**, v. 27, p. 86, 1984.
- MOTE, U. N.; SHAHANE, A. K.. Studies on cultivar reaction of sorghum to delphacid, aphid, and leaf sugary exudation. **Sorghum Newsl**, v. 31, p. 60, 1988.
- NALAM, V., LOUIS, J., & SHAH, J.. Plant defense against aphids, the pest extraordinaire. **Plant Science**, v. 279, p. 96-107, 2019.
- NIBOUCHE, S., COSTET, L., HOLT, J. R., JACOBSON, A., PEKARCIK, A., SADEYEN, J., ... & MEDINA, R. F.. Invasion of sorghum in the Americas by a new sugarcane aphid (*Melanaphis sacchari*) superclone. **PLoS One**, v. 13, n. 4, p. e0196124, 2018.
- NIBOUCHE, S., COSTET, L., MEDINA, R. F., HOLT, J. R., SADEYEN, J., ZOOGONES, A. S., ... & 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**, v. 16, n. 3, p. e0241881, 2021.
- NÜRNBERGER, T. & SCHEEL, D.. Signal transmission in the plant immune response. **Trends in plant science**, v. 6, n. 8, p. 372-379, 2001.
- PANICKER, S., USHAMALINI, C., INDRA, N., CHITRA, R., & ARUNKUMAR, K.. Silicon: A remedy to plant diseases. **The Pharma Innovation Journal**, 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**, v. 13, n. 1, p. 77-80, 2011.

- PAUDYAL, S., ARMSTRONG, J. S., GILES, K. L., PAYTON, M. E., OPIT, G. P., & LIMAJE, A.. Categories of resistance to sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae) among sorghum genotypes. **Journal of economic entomology**, v. 112, n. 4, p. 1932-1940, 2019.
- PENA-MARTINEZ, R., LILIA MUNOZ-VIVEROS, A., BUJANOS-MUNIZ, R., LUEVANO-BORROEL, J., TAMAYO-MEJIA, F., & CORTEZ-MONDACA, E.. Sexual forms of sorghum aphid complex *Melanaphis sacchari/sorghii* in Mexico. **Southwestern Entomologist**, v. 41, n. 1, p. 127-131, 2016.
- PI, C. P.; HSIEH, J. S.. Studies on grain quality and aphid resistance in sorghum. Hsieh, S.C., Liu, D.J. (Eds.), Proceedings of the Symposium on Plant Breeding. Symp. Repub. China Reg. Soc., **SABRAO and Agric. Assoc.**, China, Taiwan, 1982.
- RAMAMOORTHY, V., VISWANATHAN, R., RAGUCHANDER, T., PRAKASAM, V., & SAMIYAPPAN, R.. Induction of systemic resistance by plant growth promoting rhizobacteria in crop plants against pests and diseases. **Crop protection**, v. 20, n. 1, p. 1-11, 2001.
- REPKA, V.. Elicitor-stimulated induction of defense mechanisms and defense gene activation in grapevine cell suspension cultures. **Biologia Plantarum**, v. 44, n. 4, p. 555-565, 2001.
- 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**, v. 7, p. 744, 2016.
- ROJAS VALVERDE, B. U., & ORTÍZ BRENES, H. A.. Biología y ecología del pulgón amarillo [*Melanaphis sacchari* (Zehntner)], fauna insectil y arañas asociada al cultivo de sorgo granífero [*Sorghum bicolor* L. Moench] el plantel, Masaya 2017. 2018. **Tese de Doutorado. Universidad Nacional Agraria**.
- SAMPAIO, M. V., DOMINGUES, R. F., MENDES, S. M., & AVELLAR, G. S.. *Melanaphis sorghii* (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. 2022.
- SCHENCK, S.. Factors affecting the transmission and spread of sugarcane yellow leaf virus. **Plant Disease Journal**, v. 84, n. 10, p. 1085-1088, 2000.
- SCOTT ARMSTRONG, J., ROONEY, W. L., PETERSON, G. C., VILLENUEVA, R. T., BREWER, M. J., & SEKULA-ORTIZ, D.. Sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae): host range and sorghum resistance including cross-resistance from greenbug sources. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 2, p. 576-582, 2015.
- SETOKUCHI, O.; MUTA, T.. Ecology of aphids on sugarcane III. Relationship between alighting of aphid vectors of sugarcane mosaic virus and infecting in fields. **Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology**, v. 37, n. 1, p. 11-16, 1993.
- SHARMA, H. C.; NWANZE, K. F. Insect pests of sorghum: biology, extent of losses, and economic thresholds. **Plant Resistance to Insects in Sorghum (edited by HC Sharma, F. Singh and KF Nwanze). International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, Andhra Pradesh**, p. 9-23, 1997.

- SINGH, B. U.; PADMAJA, P. G.; SEETHARAMA, N.. Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner)(Hemiptera: Aphididae), in sorghum: a review. **Crop Protection**, v. 23, n. 9, p. 739-755, 2004.
- SMITH, C. M.. Plant resistance to insects. A fundamental approach. Ed. by **John Wiley & Sons**. 1989.
- SMITH, C. M., KHAN, Z. R., PATHAK, M. D.. Techniques for Evaluating Insect Resistance in **Crop Plants**. **CRC Press, Boca Raton, FL, EUA**, 320 pp, 1994.
- SMITH, C. M.. Plant resistance to arthropods. Dordrecht, Netherlands, **Springer**, 423 p., 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/1-4020-3702-3>.
- TENA, G., ASAI, T., CHIU, W. L., & SHEEN, J.. Plant mitogen-activated protein kinase signaling cascades. **Current opinion in plant biology**, v. 4, n. 5, p. 392-400, 2001.
- THEOBALD F..The 'Dura' Aphis or 'Asal Fly'. **Report of the Wellcome Research Laboratories at the Gordon Memorial College, Khartoum**, p. 43–45, 1904.
- VAN DEN BERG, J.; WEIDEMAN, C. F. B.; BRONKHORST, L.. Management of aphids in sorghum. **Potchefstroom: ARC-Grain Crops Institute**, 2001. 35 p. Project No.
- 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**, v. 7, n. 10, p. 1306-1320, 2012.
- WILL, T., & VAN BEL, A. J.. Physical and chemical interactions between aphids and plants. **Journal of experimental botany**, v. 57, n. 4, p. 729-737, 2006.
- WILL, T., & VILCINSKAS, A.. The structural sheath protein of aphids is required for phloem feeding. **Insect biochemistry and molecular biology**, v. 57, p. 34-40, 2015.
- ZAPATA, S. D., DUDENSING, R., SEKULA, D., ESPARZA-DÍAZ, G., & VILLANUEVA, R.. Economic impact of the sugarcane aphid outbreak in south Texas. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, v. 50, n. 1, p. 104-128, 2018.
- ZEHNTNER, L.. Overzicht van de Ziekten van het Suikerriet op Java 2^e deel. **Archief voor de Java-suikerindustrie**, v. 5, p. 525-575, 1897.
- ZHANG, S. & KLESSIG, D. F.. MAPK cascades in plant defense signaling. **Trends in plant science**, v. 6, n. 11, p. 520-527, 2001.
- ZÜST, T., & AGRAWAL, A. A.. Mechanisms and evolution of plant resistance to aphids. **Nature plants**, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2016.

CAPÍTULO 1¹

BIOLOGIA DE *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) EM GENÓTIPOS DE SORGO SOB DOSES DE ÁCIDO SILÍCICO

¹Manuscrito formatado, conforme as normas do periódico Crop Protection

Resumo *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae) é o principal problema fitossanitário do sorgo, nas Américas, na atualidade. A injúria oriunda de sua alimentação, causa perdas na produção, debilitando as plantas e causando a sua morte. Um método usado para elicitación da resistência de plantas e controle de artrópodes é o uso do silício (Si). Este artigo teve como objetivo avaliar os efeitos da suplementação de doses de Si, combinado a genótipos de sorgo, nos aspectos biológicos do *M. sorghi*. Foram avaliados quatro genótipos de sorgo granífero e forrageiro, respectivamente AG1090, BRS373 BRS658 e Ponta Negra, em quatro doses de ácido silícico precipitado (0, 2, 4 e 6 t ha⁻¹). As doses de Si foram parceladas em duas aplicações no solo, sendo a primeira metade aplicada no plantio, e a segunda metade, aplicada quando a planta apresentou cinco folhas completas. As avaliações foram realizadas em laboratório, utilizando-se discos foliares de plantas com nove folhas totalmente desenvolvidas, iniciando a partir de ninfas de primeiro instar até a morte. Foram avaliados em laboratório em condições controladas, o período pré-reprodutivo, período reprodutivo, fecundidade, número de ninfas.dias⁻¹, longevidade, sobrevivência de ninfas e aspectos biológicos da tabela de vida. As doses de silício tiveram efeito diferente em cada genótipo de sorgo. Os genótipos com aptidão granífero (AG1090 e BRS373), com a dosagem de 6 t ha⁻¹; tem efeito na redução da sobrevivência de ninfas (54,67%), fecundidade (44,20 ninfas.femêa⁻¹) e menor período reprodutivo (9,58 dias), já os genótipos com aptidão forrageira (BRS658 e Ponta Negra) o efeito pode ser observado com a redução da sobrevivência (38%; fecundidade 27,92 ninfas.femêa⁻¹; e 6,76 dias) com a dosagem de 4 t ha⁻¹.

Palavras chaves: *Sorghum bicolor*, Pulgão do sorgo, resistência varietal, resistência induzida.

BIOLOGY OF *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) IN
SORGHUM GENOTYPES UNDER SILICIC ACID DOSES

Abstract: *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae) is the major phytosanitary problem in sorghum in the Americas today. The injury caused by its feeding leads to losses in production, weakens the plants, and causes their death. One method used to elicit plant resistance and control arthropods is the delivery of silicon (Si). This article aimed to evaluate the effects of supplementation of Si doses combined with sorghum genotypes on the biological aspects of *M. sorghi*. We analyzed four grain and forage sorghum genotypes, AG1090, BRS373, BRS658, and Ponta Negra, at four doses of precipitated silicic acid (0, 2, 4, and 6 t ha⁻¹). We split the Si doses into two soil deliveries, half at planting and the second half when the plant already had five fully developed leaves. We performed laboratory analyses using leaf discs from plants with nine fully developed leaves, from the first-instar nymphs to death. We assessed the pre-reproductive period, reproductive period, fecundity, the number of nymphs per day⁻¹, longevity, nymph survival, and life table in the laboratory under controlled conditions. Silicon doses had different effects on each sorghum genotype. Genotypes with grain aptitude (AG1090 and BRS373), with a dosage of 6 t ha⁻¹, had the effect of reducing nymph survival (54.67%), fecundity (44.20 nymphs.female⁻¹), and shorter reproductive period (9.58 days), while the genotypes with forage aptitude (BRS658 and Ponta Negra) had the effect of reducing survival (38%; fecundity 27.92 nymphs.female⁻¹; and 6.76 days) with a dosage of 4 t ha⁻¹.

Keywords: *Sorghum bicolor*, Sorghum aphid, varietal resistance, induced resistance.

2. INTRODUÇÃO

O principal problema fitossanitário atual na cultura do sorgo, nas Américas, é o pulgão do sorgo - *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae) (Nibouche et al. 2018). Esse pulgão causa prejuízos em razão do seu hábito alimentar, que suga em excesso a seiva das plantas, e que excreta uma substância açucarada o *honeydew* (mela), em grande quantidade (Fernandes et al. 2021). Além da sucção de seiva, o inseto é vetor de transmissão de três vírus conhecidos: vírus da folha vermelha, do milheto (Blackman & Eastop, 1984; Behary Paray et al. 2011), vírus da folha amarela, da cana-de-açúcar em sorgo e da cana-de-açúcar (Schenck, 2000; Boukari et al. 2021) e vírus do mosaico, da cana-de-açúcar em sorgo (Setokuchi & Muta, 1993; Chung et al. 2021).

Em 2013, um surto de infestação desse pulgão começou a ser percebido em lavouras de sorgo dos EUA, do México e de Porto Rico, e no outono de 2015, se espalhou para um total de 17 estados dos EUA, que respondiam por mais de 95% da produção de sorgo do país, resultando em danos econômicos significativos (Maxson et al. 2019; Nibouche et al. 2018; Souza; Davis, 2019, 2021, Bowling et al. 2016). No Brasil, foi relatada a presença do pulgão causando danos econômicos na safra de 2019/2020, em diversas regiões, como no Triângulo Mineiro, no Noroeste e no Alto Paranaíba, em Minas Gerais, bem como em lavouras do Distrito Federal, de São Paulo, de Goiás e de Mato Grosso (Mendes et al. 2019).

Uma tática de controle, usada em outros afídeos, é a resistência induzida com adubação silicatada (Goussain et al. 2005). O silício (Si) é considerado um elemento não essencial, porém pode aumentar o rendimento de algumas espécies cultivadas, promovendo vários processos fisiológicos desejáveis para as plantas (Korndorfer; 1995). Em sorgo, Costa & Moraes (2002) verificaram que a aplicação de silicato de cálcio induziu resistência ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae). A proteção conferida às plantas, pelo silício, pode ocorrer pelo seu acúmulo e pela polimerização de silicatos (sílica amorfa) nas células epidérmicas, logo abaixo da cutícula, formando uma barreira mecânica conhecida como "dupla camada silício cutícula" (Yoshida et al. 1962). A silificação da epiderme impede a penetração de estiletos pelos insetos, devido ao endurecimento da parede das células vegetais (Datnoff et al. 1991).

Em contraste, Goussain et al. (2005), por meio de estudos de EPG (*Electrical*

Penetration Graph), observaram que o período de alimentação de *S. graminum*, não se alterou e o mesmo não apresentou dificuldade em se alimentar de plantas, com aplicação de silício, mas induziu os afídeos a retirarem o estilete das plantas. A defesa ou a barreira química, atuante em insetos sugadores, a partir da aplicação de silício via foliar ou via solo, pode afetar características como o período reprodutivo, a longevidade e a fecundidade do inseto (Camargo et al. 2011). Tal resultado pode estar relacionado a um efeito direto do produto ou indireto, por meio da indução de compostos químicos de defesa da planta. Uma sequência, de mudanças bioquímicas, tem sido reportada em plantas tratadas com silício, incluindo aumento da produção de quitinase, de peroxidase e de polifenoloxidase (Chérif et al. 1992; Samuels et al. 1993; Chérif et al. 1994).

A tecnologia de utilização de silício, combinada à resistência constitutiva do cultivar, pode ser bastante promissora, haja vista os resultados para outras espécies na cultura, e que pode ser também usada para o *M. sorghi*. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar do efeito da interação de doses de ácido silícico precipitado, em cinco genótipos de sorgo, quanto: aos parâmetros biológicos do pulgão *M. sorghi*; ao período pré-reprodutivo; ao período reprodutivo; à fecundidade; ao número de ninfas dias; à longevidade e à mortalidade, além de apresentar os parâmetros da tabela de vida: o tempo médio de geração (T), a taxa líquida de reprodução (R0), a taxa intrínseca de aumento (Rm), a taxa finita de crescimento (λ), e o tempo de duplicação (DT).

3. MATERIAL E METÓDOS

Os bioensaios foram conduzidos no Laboratório de Ecotoxicologia e Manejo da Empresa Brasileira de Pesquisa Milho e Sorgo -, EMBRAPA, no município de Sete Lagoas, MG. A colônia de *M. sorghi* foi mantida em folhas de sorgo sobre ágar (na proporção de 20g de ágar para 1L de água), em caixas Gerbox® (1 x 11 x 3,5 cm), com a troca de folhas quando necessário. Vinte quatro horas antes do início dos testes, os adultos foram individualizados para obtenção de ninfas com um dia de idade.

Foram utilizados quatro genótipos de sorgo: os híbridos granífero AG1090 e BRS373, o híbrido forrageiro BRS658 e a variedade forrageira BRS Ponta Negra.

3.1. Caracterização, Preparação e Fertilização do Solo

Foi usado solo com textura argilosa (67 dag.kg⁻¹ de argila, 23 dag.kg⁻¹ de silte e 10 dag.kg⁻¹ de areia), pH 6,1 em água, e baixo teor de Si (12,12 mg.kg⁻¹ solo), o que

favorece as respostas à adubação silicatada (Korndörfer et al. 1999).

O solo foi colocado em vasos com volume de 20 L, em casa-de-vegetação, após plantio e germinação, as plantas foram desbastadas matendo-se três plantas por vaso. O Si foi aplicado manualmente, para ambos os experimentos, sendo a metade da dose aplicada na sementeira e a outra metade, durante a adubação de cobertura, utilizando ácido silícico precipitado, da empresa Merck KGaA- EMD Millipore Corporation ($\text{SiO}_2 \times \text{H}_2\text{O}$ Massa Molar = $60,08\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$). Assim, o valor total ácido silícico precipitado foi de 0, 1, 2 e 3 ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) na sementeira, e a doze foi repetida quando as plantas apresentaram cinco folhas totalmente desenvolvidas.

Para a adubação de plantio foi usado $80\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N-P-K 8-28-16, e para a adubação de cobertura foi feita quando as plantas apresentaram cinco folhas totalmente desenvolvidas, com $40\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de ureia.

3.2. *Biologia do Melanaphis sorghi*

O bioensaio foi realizado em laboratório, em condições controladas (temperatura de 24 ± 2 °C, umidade de $60\pm 10\%$ e fotoperíodo de 12h). As folhas utilizadas no ensaio foram oriundas de plantas, mantidas em casa-de-vegetação, cortadas quando as plantas apresentaram nove folhas totalmente desenvolvidas, em discos foliares de 3,8 mm de diâmetro, de acordo com a metodologia utilizada por Alcantra et. al (2019), Ulusoy et al. (2018) e Avellar et al (2022).

As ninfas, com um dia de idade, foram individualizadas no centro de cada disco foliar e colocadas em recipientes de 50 mL (diâmetro externo inferior 40,59 mm, diâmetro externo superior 50,52 mm e altura 44,73 mm) (tipo coletor universal) contendo ágar. As fêmeas foram avaliadas quanto à sobrevivência nos períodos pré-reprodutivo, reprodutivo, pós-reprodutivo e fertilidade diária. Para cada tratamento, foram observados 50 insetos (replicatas) até sua morte. Para determinar o período pré-reprodutivo, foi observado a ninfa (um dia de idade) desde o primeiro dia do bioensaio, até gerar sua primeira prole. Após o início do período reprodutivo, a prole gerada durante a vida do inseto foi quantificada e removida, sendo cada ninfa considerada uma repetição para todos os parâmetros, exceto para a sobrevivência, onde o grupo de dez indivíduos foi considerado uma repetição.

3.3. Tabela de Vida e Fertilidade

A tabela de vida e a fertilidade foram calculadas estimando-se o tempo médio de geração (T), que é o tempo que uma espécie leva entre gerações; a taxa líquida de reprodução (R0), que representa o número total de descendentes que um indivíduo pode produzir durante sua vida; a taxa intrínseca de aumento (rm), que corresponde estimativa da capacidade inata de crescimento da população. Segundo Pedigo e Zeiss (1996), a taxa intrínseca de aumento (Rm) é um dado fundamental em uma tabela de vida, já que quanto maior for o seu valor, mais bem sucedida será a espécie, em um determinado ambiente ou hospedeiro; a taxa finita de crescimento (λ), que representa o número de indivíduos adicionados à população / unidade tempo /fêmea, e que dará origem a fêmea; e o tempo de duplicação da população (tempo necessário para a população dobrar em número de indivíduos) (DT), segundo a metodologia utilizada por Lopes da Silva et. al (2014) e Godoy et al. (2002), onde:

$$R_0 = \sum (m_x \cdot l_x) \quad (1)$$

$$T = (\sum m_x \cdot l_x \cdot x) / (\sum m_x \cdot l_x) \quad (2)$$

$$r_m = \log_e R_0 / T = \ln R_0 / T \quad (3)$$

$$\lambda = e^{r_m} \quad (4)$$

$$DT = \ln(2) / r_m \quad (5)$$

Onde: m_x = Número de ninfas por fêmea no estágio x (fertilidade específica) que produzirão fêmeas; l_x = Proporção de fêmeas vivas (taxa de sobrevivência), desde o nascimento até a idade x; $m_x \cdot l_x$ = Total de fêmeas por fêmea, durante um período de tempo.

3.4. Análises Estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância, e para avaliar a sobrevivência de cada grupo de dez indivíduos foi considerado uma repetição. Quando ocorreram diferenças significativas, a comparação de média foi realizada pelo teste Tukey ($P < 0,05$), com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2003).

4. RESULTADOS

A alimentação exclusiva com genótipos de sorgo, em dosagens de Si, apresentou respostas significativa para as características biológicas do *M. sorghi*. A interação genótipo* dose de Si (Tabela 1 e 2), demonstrou efeito das doses de Si, para cada genótipo, nas características biológicas do pulgão, assim os presentes resultados apresentaram a dose que obteve maior impacto na redução de sobrevivência, de fecundidade e de velocidade de desenvolvimento do pulgão *M. sorghi*.

Quanto a sobrevivência do *M. sorghi* ($P < 0,01$; $F = 7,89$) (Tabela 3), verificou-se que a menor sobrevivência foi para o genótipo Ponta Negra, com a dose de 4 t.ha⁻¹ com 32% ($\pm 7,35$) de ninfas, seguido pelo genótipo BRS 373, com a dose de 6 t.ha⁻¹, que teve uma taxa de 38% ($\pm 7,35$) de sobrevivência, e o genótipo AG1090, com a dose de 2 t.ha⁻¹ obteve a taxa de 58% ($\pm 6,63$) de ninfas, já o genótipo BRS658 não teve diferença para as doses 0, 4 e 6 t.ha⁻¹ com as médias 62% ($\pm 7,35$), 44% ($\pm 5,00$) e 54% ($\pm 4,00$).

Em relação à fecundidade ($P < 0,01$, $F = 3,57$) (Tabela 4), nos genótipos forrageiros, as fêmeas geraram menor quantidade de ninfas na dose de 4 t.ha⁻¹, com 20 ($\pm 4,99$) ninfas, para variedade Ponta Negra, e 33,68 ($\pm 5,27$) ninfas, para híbrido BRS658. Para os genótipos do sorgo granífero, o híbrido BRS 373, obteve o menor número de ninfas.fêmea⁻¹, na dose 6 t.ha⁻¹, 51,33 ($\pm 5,12$) ninfas; e o híbrido AG1090, não teve diferença significativa para as diferentes doses para fecundidade, com média de 58,65 ($\pm 3,96$) ninfas.

Seguindo o padrão supracitado, para a fecundidade diária ($P < 0,01$; $F = 9,88$) (Tabela 5), o genótipo Ponta Negra, obteve menor número de ninfas, com a dose 4 t.ha⁻¹ com 2,98 ($\pm 0,39$) ninfas.dia⁻¹, 1,42 ($\pm 0,21$) vezes menor que média do genótipo; já o genótipo BRS373, com a dose de 4 t.ha⁻¹ com 3,55 ($\pm 0,23$) ninfas ao dia; o genótipo BRS658, com as doses 0 e 4 t.ha⁻¹ com 4,39 ($\pm 0,28$) e 3,99 ($\pm 0,38$) ninfas.dia⁻¹; e o genótipo AG1090, a dose 2 e 6 t.ha⁻¹ obteve o menor número, sendo: 4,69 ($\pm 0,24$) e 4,57 ($\pm 0,21$) ninfas.dia⁻¹.

As doses de Si que propiciaram o menor período reprodutivo, de *M. sorghi* ($P < 0,01$; $F = 6,41$) (Tabela 6), foram: para o genótipo Ponta Negra, foi 4 t.ha⁻¹ com 5,31 ($\pm 0,91$) dias, para o genótipo BRS 373, a dose foi de 6 t.ha⁻¹ com um período reprodutivo de 7 ($\pm 1,06$) dias; para o genótipo BRS658, não houve diferença entre as doses, verificando-se a média de 8,84 dias, e já para o genótipo AG1090, obteve menor período de 10,50 ($\pm 2,10$) e 9,37 ($\pm 0,69$) dias, com a dose 0 e 4 t.ha⁻¹.

A longevidade de *M. sorghi* foi diferente, entre e doses de Si, dentre os genótipos ($P < 0,01$; $F = 4,48$) (Tabela 7). No genótipo Ponta Negra, as fêmeas tiveram a menor longevidade, com a dose de 4 t.ha⁻¹ com 9,63 ($\pm 0,96$) dias; já para o genótipo BRS658, não houve diferença significativa, com a média 14,12 dias. No genótipo AG1090, com a dose de 4 t.ha⁻¹, as fêmeas tiveram a menor longevidade, com 15,02 ($\pm 0,93$) dias, já o genótipo BRS 373, não houve diferença entre as doses de 0, 4 e 6 t.ha⁻¹, com 15,71 ($\pm 1,20$), 15,12 ($\pm 1,05$) e 12,16 ($\pm 1,20$) dias.

As doses de silício apresentaram efeito significativo para o período pré-reprodutivo do *M. sorghi* (Tabela 8), somente para os genótipos de sorgo granífero ($P < 0,05$; $F = 2,16$) (Tabela 7). Os genótipos forrageiros, como o híbrido BRS658, com a média de 4,16 dias, e a variedade Ponta Negra, com a média de 4,21 dias, não tiveram diferença significativa, para as diferentes doses para número de dias antes da reprodução, enquanto nos genótipos de sorgo granífero AG1090 e BRS373, detectou-se o maior tempo para chegarem a fase adulta com a dose de 6 t.ha⁻¹, com respectivamente 4,42 ($\pm 0,16$) e 4,68 ($\pm 0,25$) dias.

Para os parâmetros da tabela de vida (Figura 1), a mesma tendência foi observada, onde a dose variou para cada genótipo, sendo R_0 , R_m , λ e TD o genótipo AG1090 e BRS373 a dose de 6 t.ha⁻¹, com um total de 36,94 e 11,72 ninfas.fêmea⁻¹, durante o ciclo de vida, uma taxa de 0,32 e 0,25 para o R_m e 1,37 e 1,28 para λ , o TD levou 2,18 e 2,81 dias. Para os forrageiros BRS 658 e Ponta Negra, a dose 4 t.ha⁻¹ propiciou melhor efeito de resistência, com R_0 de 14,82 e 6,24 ninfas, R_m de 0,25 e 0,19, o λ de 1,29 e 1,21 e o TD de 2,76 e 3,58 dias. O genótipo BRS658, com dose 2 t.ha⁻¹: 9,49 dias; o AG1090 e Ponta Negra com dose 4 t ha⁻¹: 9,75 e 9,38 dias; e BRS373 com a dose 6 t ha⁻¹: 9,98 dias.

5. DISCUSSÃO

A interação genótipo e dose de Si demonstrou efeito significativo para cada genótipo, assim como apresentado nos resultados para a fecundidade e para outras variáveis biológicas do *M. sorghi*. Estudos anteriores que corroboram com este trabalho; foi a redução das populações de insetos em plantas, após a aplicação de Si, por Costa e Moraes (2006) e Goussain et al. (2005), que verificaram o efeito do silício, em que ambos constataram efeito no desenvolvimento de *S. graminum*, em plantas de trigo, tratadas com silício. A fecundidade de pulgões *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphidae) também

foi reduzida em plantas de batata, que receberam adubação silicatada (Gomes et al. 2008).

Dias et al. (2014), observaram que a adubação com silício também alterou fecundidade, período reprodutivo e longevidade de *Sitobion avenae* (Fabricius, 1775) (Hemiptera: Aphididae). Em contraste, Ranger et al. (2009) não observaram efeitos do uso do silício, no período pré-reprodutivo e na sobrevivência do pulgão *M. persicae*, em plantas de *Zinnia elegans*. Contudo, existem poucos trabalhos feitos para diferentes tipos de sorgo, e de acordo com Souza, 2021, genótipos de sorgo com aptidões distintas variam desde o ciclo, tamanho da planta à composição química, assim as interações têm que ser avaliadas dentro de cada tipo.

O acúmulo de Si pode aumentar as defesas das plantas contra insetos mastigadores, embora os picadores-sugadores sejam comparativamente menos afetados (Islam et al. 2022). Além disso, mudanças mediadas por Si, no crescimento das plantas (aumento da biomassa) e nos metabólicos (maior concentrações de aminoácidos) podem facilitar o desempenho aprimorado de insetos que se alimentam de floema, como pulgões (Johnson et al. 2017).

No entanto, vários estudos mostram que o Si tem efeitos subletais, em pulgões, com redução da longevidade e preferências alteradas pela planta hospedeira (Goussain et al. 2005; Rowe et al. 2020; de Oliveira et al. 2020).

O período reprodutivo, número de descendentes (Tonet e Silva, 1994; Hesler, 2005; Fonseca et al. 2005) e sobrevivência podem ser usados para avaliar a resistência (Hasan e Ansari, 2010), pois a planta que é mais adequada, como alimento para um inseto, é aquela que proporciona um aumento em sua vida útil ou no seu número descendentes (Fonseca et al. 2005; Tonet e Silva, 1994; Hesler, 2005). O período pré-reprodutivo dos pulgões é um parâmetro que pode ser influenciado pela planta hospedeira, e a redução deste pode ser um indicativo para a suscetibilidade da planta hospedeira (Collins e Leather, 2001; Tonet e Silva, 1994; Hesler, 2005). Mais de modo geral, o período pré-reprodutivo não é o parâmetro mais adequado para determinar a resistência ao pulgão, como no caso do *M. sorghi* (Akbar et al. 2010), mas a escolha de táticas, que proporcionam o retardo da velocidade de desenvolvimento do pulgão, pode ser usado como estratégia de manejo.

A taxa intrínseca de aumento (R_m) quando baixa, é um indicador de mecanismo de resistência a insetos, com alta reprodução, como *M. sorghi*, pois valores baixos de R_m indicam que uma planta possui características de resistência (Scott Armstrong et al. 2015, Paudyal et al. 2019). Insetos com altas taxas de reprodução podem rapidamente aumentar

seus números. No entanto, se uma planta ou uma cultura tem um mecanismo para limitar o crescimento de populações de insetos, é mais provável que suporte infestações e danos causados por estes insetos. É importante notar, que o mecanismo exato de resistência, pode variar, dependendo da situação específica e das espécies envolvidas. Esses mecanismos podem estar associados a metabólitos tóxicos, que reduzem a capacidade digestiva dos insetos; ou fitohormônios secretados pela planta que interferem no processo de desenvolvimento, acelerando, retardando ou mesmo impedindo a metamorfose dos insetos (Baldin et al. 2019).

Nesse estudo, verificou-se que os efeitos observados em *M. sorghi*, que se desenvolveram em plantas de sorgo, com Si, foram diferentes se compararmos à aptidão de cada planta. No genótipo com aptidão forrageira, a dose de 4 t.ha⁻¹ foi a mais adequada para retardar a taxa intrínseca de aumento do pulgão, enquanto em genótipos com aptidão granífero, este efeito foi relatado na dose de a dose de 6 t.ha⁻¹.

Observamos uma maior fecundidade em genótipos com aptidão forrageira, sobretudo quando comparamos aos genótipos com aptidão graníferos, com 1,3 vezes menos ninfas. Destacando-se a variedade Ponta Negra, com o maior efeito sobre a fecundidade dos pulgões, com a taxa de reprodução até 1,4 vezes menor, que o híbrido granífero AG1090.

No entanto, o efeito do Si, para insetos fitofágos, ainda não é claro. Por exemplo, estudos anteriores relataram efeitos positivos (Johnson et al. 2017), negativos (Dias et al. 2014) e neutros (Massey et al. 2006; Rowe et al. 2020) do Si, contra pulgões. Por causa de suas peças bucais hausteladas (ou seja, estiletos retráteis e flexíveis), os pulgões podem evitar em grande parte as barreiras de sílica nos tecidos, durante a alimentação (Massey et al. 2006).

Contudo, foi possível demonstrar nessa pesquisa, que na interação do tipo de genótipo com a dose de Si, as respostas de cada dose de ácido silícico tiveram respostas para a interação dose e genótipo e para as respostas na biológicas do *M. sorghi*. Como no genótipo com aptidão forrageira, a dose de 4 t.ha⁻¹ foi a mais adequada para retardar o crescimento, enquanto em genótipos com aptidão granífero, este efeito foi relatado na dose de 6 t.ha⁻¹. Embora as aplicações de Si tenham mitigado o crescimento da população da praga, o efeito deste, na supressão de longo prazo, devem ser estudados, para controle e para supressão da praga.

6. CONCLUSÕES

- Existe interação entre o efeito da dose de silício e o efeito dos genótipos, ou seja, as respostas das doses de silício têm efeitos diferentes em cada genótipo;
- A dose de 6 t.ha^{-1} é a mais eficaz para os genótipos com aptidão granífera (AG1090 e BRS373), mas há redução da sobrevivência de ninfas, da fecundidade, e do período reprodutivo, bem como os parâmetros da tabela de vida; considerando que os genótipos com aptidão forrageira (BRS658 e Ponta Negra), têm esse efeito com uma dose de 4 t.ha^{-1} .
- Quanto à comparação de genótipos, a variedade forrageira Ponta Negra induz a menor fecundidade e ao retardo de crescimento da população de pulgões, como demonstrado com os parâmetros da tabela de vida do desempenho do pulgão *M. sorghi*, com as menores R_0 , R_m , λ , e menor T, além do maior TD.

7. REFERÊNCIAS

- AKBAR, W., SHOWLER, A. T., REAGAN, T. E., & WHITE, W. H. (2010). Categorizing sugarcane cultivar resistance to the sugarcane aphid and yellow sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae). *Journal of economic entomology*, 103(4), 1431-1437. <https://doi.org/10.1603/EC09336>
- ALCANTRA, E., MORAES, J. C., AUAD, A. M., SILVA, A. A., & ALVARENGA, R. (2019). Resistência induzida ao pulgão-do-algodoeiro em cultivares de algodão colorido. *Revista de Ciências Agrárias*, 42(2), 483-491. <https://doi.org/10.19084/rca.17183>
- AVELLAR, G. S., MENDES, S. M., MARRIEL, I. E., MENEZES, C. B., PARRELLA, R. D. C., & SANTOS, D. G. (2022). Resistance of sorghum hybrids to sorghum aphid. *Brazilian Journal of Biology*, v. 82. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.264139>
- BALDIN, E. L. L., VENDRAMIM, J. D., & LOURENÇÃO, A. L. (2019). Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações.[Introdução]. Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações, 493-il.
- BEHARY PARAY, N., KHOODOO, M. H. R., SAUMTALLY, A. S., & GANESHAN, S. (2011). Vector-virus relationship for *Melanaphis sacchari* (Zehnt.)(Hemiptera: Aphididae) transmitting sugarcane yellow leaf luteovirus in Mauritius. *Sugar Tech*, 13(1), 77-80. <https://doi.org/10.1007/s12355-010-0058-9>
- BLACKMAN, R. L., & EASTOP, V. F. (1994). An identification and information guide. *CAB International, Wallingford*.
- BOUKARI, W., MOLLOV, D., WEI, C., TANG, L., GRINSTEAD, S., TAHIR, M. N., ... & ROTT, P. (2021). 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*, 139, 105373. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105373>
- BOWLING, R. D., BREWER, M. J., KERNS, D. L., GORDY, J., SEITER, N., ELLIOTT, N. E., ... & MAXSON, E. (2016). Sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae): a new pest on sorghum in North America. *Journal of Integrated Pest Management*, 7(1). <https://doi.org/10.1093/jipm/pmw011>
- CAMARGO, J. M. M., MORAES, J. C., ZANOL, K. R. M., & QUEIROZ, D. L. (2011). Interação silício e insetos-praga: Defesa mecânica ou química. *Revista de Agricultura (Piracicaba)*, 85, 10-12.
- CHÉRIF, M., ASSELIN, A., & BÉLANGER, R. R. (1994). Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Pythium* spp. *Phytopathology*, 84(3), 236-242.
- CHÉRIF, M., & BELANGER, R. R. (1992). Use of potassium silicate amendments in recirculating nutrient solutions to suppress *Pythium ultimum* on long English cucumber. *Plant disease*, 76(10), 1008-1011. DOI 10.1094/PD-76-1008
- COLLINS, C. M., & LEATHER, S. R. (2001). Effect of temperature on fecundity and development of the Giant Willow Aphid, *Tuberolachnus salignus* (Sternorrhyncha: Aphididae). *European Journal of Entomology*, 98(2), 177-182.
- COSTA, R. R., & MORAES, J. C. (2006). Efeitos do ácido silícico e do acibenzolar-s-methyl sobre *Schizaphis graminum* (Rondani)(Hemiptera: Aphididae) em plantas de

trigo. *Neotropical Entomology*, 35, 834-839. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2006000600018>

COSTA, R. R., & MORAES, J. C. (2002). Resistência induzida em sorgo por silicato de sódio e infestação inicial pelo pulgão-verde *Schizaphis graminum*. *Ecossistema*, 27(1), 2.

DATNOFF, L. E.; RAID, R. N.; SNYDER, G. H.; JONES, D. B. (1991). Effect of calcium silicate on blast and brown spot intensities and yields of rice. *Plant Disease*, 75(7), 729.

DE OLIVEIRA, R. S., PEÑAFLORES, M. F. G., GONÇALVES, F. G., SAMPAIO, M. V., KORNDÖRFER, A. P., SILVA, W. D., & BENTO, J. M. S. (2020). 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*, 15(4), e0231005. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231005>

DIAS, P. A. S., SAMPAIO, M. V., RODRIGUES, M. P., KORNDÖRFER, A. P., OLIVEIRA, R. S., FERREIRA, S. E., & KORNDÖRFER, G. H. (2014). Induction of resistance by silicon in wheat plants to alate and apterous morphs of *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae). *Environmental entomology*, 43(4), 949-956. <https://doi.org/10.1603/EN13234>

FERNANDES, F. O., SOUZA, C. D. S. F., DE AVELLAR, G. S., NASCIMENTO, P. T., DAMASCENO, N. C. R., DOS SANTOS, N. M., ... & MENDES, S. M. (2021). Manejo do pulgão da cana-de-açúcar (*Melanaphis sacchari/sorghii*) na cultura do sorgo. *Embrapa Milho e Sorgo-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*.

FERREIRA, D. F. (2011). Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. *Ciênc. Agrotec.[online]* 35: 1039-1042.

FONSECA, A. R., CARVALHO, C. F., SOUZA, B., & CRUZ, I. (2005). Desenvolvimento de *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856)(Hemiptera: Aphididae) em sorgo, cultivar BR 304. *Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.

GODOY, K. B., & CIVIDANES, F. J. (2002). Tabelas de esperança de vida e fertilidade para *Lipaphis erysimi* (Kalt.)(Hemiptera: Aphididae) em condições de laboratório e campo. *Neotropical Entomology*, 31, 41-48. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2002000100006>

GOMES, F. B., MORAES, J. C., & ASSIS, G. A. (2008). Silicon and imidacloprid on plants colonized by *Myzus persicae* and on vegetative development of potato. *Ciência Rural*, 38, 1209-1213. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000500001>

GOUSSAIN, M. M., PRADO, E., & MORAES, J. C. (2005). Effect of silicon applied to wheat plants on the biology and probing behaviour of the greenbug *Schizaphis graminum* (Rond.)(Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology*, 34, 807-813. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000500013>

HASAN, F., & ANSARI, M. S. (2011). Population growth of *Pieris brassicae* (L.)(Lepidoptera: Pieridae) on different cole crops under laboratory conditions. *Journal of Pest Science*, 84(2), 179-186. <https://doi.org/10.1007/s10340-010-0339-9>

HESLER, L. S. (2005). Resistance to *Rhopalosiphum padi* (Hemiptera: Aphididae) in three triticale accessions. *Journal of Economic Entomology*, 98(2), 603-610. <https://doi.org/10.1093/jee/98.2.603>

- ISLAM, T., MOORE, B. D., & JOHNSON, S. N. (2022). Plant silicon defences reduce the performance of a chewing insect herbivore which benefits a contemporaneous sap-feeding insect. *Ecological Entomology*. <https://doi.org/10.1111/een.13183>
- JOHNSON, S. N., HARTLEY, S. E., RYALLS, J. M., FREW, A., DEGABRIEL, J. L., DUNCAN, M., & GHERLENDIA, A. N. (2017). Silicon-induced root nodulation and synthesis of essential amino acids in a legume is associated with higher herbivore abundance. *Functional Ecology*, 31(10), 1903-1909. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12893>
- KORNDÖRFER, G. H., COELHO, N. M., SNYDER, G. H., & MIZUTANI, C. T. (1999). Avaliação de métodos de extração de silício em solos cultivados com arroz de sequeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23, 101-106. <https://doi.org/10.1590/S0100-06831999000100013>
- KORDORFER, G. (1995). Adubação com silício: Uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. *Informações Agronômicas.*, 70.
- LOPES DA SILVA, M., Rocha, D. A., & da Silva, K. T. B. (2014). Potential population growth of *Melanaphis sacchari* (Zethner) reared on sugarcane and sweet sorghum. *Current Agricultural Science and Technology*, 20(1).
- MAXSON, E. L., BREWER, M. J., ROONEY, W. L., & WOOLLEY, J. B. (2019). Species composition and abundance of the natural enemies of sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehnter)(Hemiptera: Aphididae), on sorghum in Texas. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 121(4), 657-680. <https://doi.org/10.4289/0013-8797.121.4.657>
- MENDES, S., VIANA, P., de OLIVEIRA, I. R., de MENEZES, C. B., TOMPSON, W., & WAQUIL, J. (2019). Pulgão-da-cana-de-açúcar no sorgo: um velho conhecido, mas um novo problema!. *Embrapa Milho e Sorgo-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E)*.
- NIBOUCHE, S., COSTET, L., HOLT, J. R., JACOBSON, A., PEKARCIK, A., SADEYEN, J., ... & MEDINA, R. F. (2018). Invasion of sorghum in the Americas by a new sugarcane aphid (*Melanaphis sacchari*) superclone. *PLoS One*, 13(4), e0196124. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196124>
- PAUDYAL, S., ARMSTRONG, J. S., GILES, K. L., PAYTON, M. E., OPIT, G. P., & LIMAJE, A. (2019). Categories of resistance to sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae) among sorghum genotypes. *Journal of economic entomology*, 112(4), 1932-1940. <https://doi.org/10.1093/jee/toz077>
- PEDIGO, L. P., & ZEISS, M. R. (1996). Effect of soybean planting date on bean leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) abundance and pod injury. *Journal of economic entomology*, 89(1), 183-188. <https://doi.org/10.1093/jee/89.1.183>
- ROWE, R. C., TRĘBICKI, P., GHERLENDIA, A. N., & JOHNSON, S. N. (2020). Cereal aphid performance and feeding behaviour largely unaffected by silicon enrichment of host plants. *Journal of Pest Science*, 93(1), 41-48. <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01144-2>
- SAMUELS, A. L., GLASS, A. D. M., EHRET, D. L., & MENZIES, J. G. (1993). The effects of silicon supplementation on cucumber fruit: changes in surface characteristics. *Annals of Botany*, 72(5), 433-440. <https://doi.org/10.1006/anbo.1993.1129>

- SCHENCK, S. & LEHRER, A. T. (2000). Factors affecting the transmission and spread of sugarcane yellow leaf virus. *Plant Disease*, 84 (10), 1085-1088. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.10.1085>
- SCOTT ARMSTRONG, J., ROONEY, W. L., PETERSON, G. C., VILLENUEVA, R. T., BREWER, M. J., & SEKULA-ORTIZ, D. (2015). Sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae): host range and sorghum resistance including cross-resistance from greenbug sources. *Journal of Economic Entomology*, 108(2), 576-582. <https://doi.org/10.1093/jee/tou065>
- SETOKUCHI, O., & MUTA, T. (1993). Ecology of aphids on sugarcane III. Relationship between alighting of aphid vectors of sugarcane mosaic virus and infecting in fields. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 37(1), 11-16. DOI: 10.1303/jjaez.37.11
- SHARMA, H. C., & NWANZE, K. F. (1997). Insect pests of sorghum: biology, extent of losses, and economic thresholds. *Plant Resistance to Insects in Sorghum* (edited by HC Sharma, F. Singh and KF Nwanze). *International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics*, Patancheru, Andhra Pradesh, 9-23.
- SOUZA, M. F., & DAVIS, J. A. (2021). Characterizing host plant resistance to *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) in selected sorghum plant introductions. *Journal of Economic Entomology*, 114(2), 959-969. <https://doi.org/10.1093/jee/toab003>
- SOUZA, M. F., & DAVIS, J. A. (2019). Determining potential hosts of *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) in the Louisiana agroecoscape. *Environmental entomology*, 48(4), 929-934. <https://doi.org/10.1093/ee/nvz072>
- THEOBALD, F. (1904). The 'Dura' Aphis or 'Asal Fly'. *Report of the Wellcome Research Laboratories at the Gordon Memorial College, Khartoum*, 43-45.
- TONET, G. L., & DA SILVA, R. F. P. (1994). Antibiosis of wheat genotypes to C biotypes of *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852)(Hemiptera: Aphididae). *Pesquisa Agropecuaria Brasileira (Brazil)*.
- ULUSOY, S., ATAKAN, E., & DINÇER, S. (2018). Neonicotinoid resistance of *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) in cotton fields of Çukurova region, Turkey. *Turkish journal of entomology*, 42(1), 23-31. <https://doi.org/10.16970/entoted.380010>
- YOSHIDA, S., OHNISHI, Y., & KITAGISHI, K. (1962). Chemical forms, mobility and deposition of silicon in rice plant. *Soil Science and Plant Nutrition*, 8(3), 15-21.

FIGURAS E TABELAS

Tabela 1. Resumo da análise de variância, valores de F para taxa de sobrevivência, de *Melanaphis sorghi*, avaliados em genótipos de sorgo e diferentes doses de silício.

Fv	GL	Sobrevivência de ninfas (%)
Genótipos	3	4,58*
Doses de Silício	3	8,49**
Classe	1	3,21 ^{NS}
Genótipo*Silício	9	7,89**
Classe*Silício	3	15,94**
Resíduo	60	
Média		62,25
CV(%)		19,97

ns, * e **: não significativo, significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 2. Resumo da análise de variância, valores de F para Período Pré-reprodutivo (PPR), para Fecundidade (FC), para Número de ninfas, para Período reprodutivo e para Longevidade de *Melanaphis sorghi*, em cinco genótipos de sorgo em diferentes doses de Silício.

Fv	GL	PPR (dias)	FC (N° de ninfas)	N° de Ninfas /dia	Período Reprodutivo (dias)	Longevidade (dias)
Genótipos	3	7,14**	18,92**	21,40**	15,63**	13,61**
Doses de Silício	3	1,95 ^{NS}	4,38**	3,86**	5,71**	3,56*
Classe	1	2,35 ^{NS}	37,83**	5,75*	43,45**	36,29**
Genótipo*Silício	9	2,16*	3,58**	9,91**	5,27**	4,48**
Classe*Silício	3	2,60 ^{NS}	5,95**	20,42**	12,00**	8,02**
Resíduo	479					
Média		4,23	47,07	4,70	9,74	15,04
Cv(%)		15,32	51,09	29,65	46,74	38,51

ns, * e **: não significativo, significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 3. Percentual de sobrevivência (\pm ep) de *Melanaphis sorghi*, em genótipos de sorgo e doses de silício. As médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si nas colunas, e as médias com a mesma letra minúscula, não diferem na linha entre classes e genótipos, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Taxa de sobrevivência (%)					
Genótipo/dose silício(t ha⁻¹)	0	2	4	6	Média Geral
Classe granífero	68,00ab	66,00Aab	74,00Bb	54,67a	64,44
AG1090	68 \pm 3,74Aab	58 \pm 6,63Aa	82 \pm 5,83Bb	72 \pm 8,60Bab	70,00 B
BRS373	68 \pm 10,20Ab	74 \pm 2,45ABb	66 \pm 11,66Bb	38 \pm 7,35Aa	61,55AB
Classe Forrageiro	60,00b	80,00BC	38,00Aa	60,00b	59,43
BRS658	62 \pm 7,35Aa	88 \pm 7,35Bb	44 \pm 4,00Aa	54 \pm 4,00ABa	62,00AB
Ponta Negra	58 \pm 6,63Ab	72 \pm 8,00ABb	32 \pm 7,35Aa	60 \pm 9,49Bb	55,50A
Média Geral	64,00ab	73,00b	56,00a	56,00a	

Tabela 4. Fecundidade (\pm ep) de *Melanaphis sorghi*, em genótipos de sorgo e doses de silício. As médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si nas colunas, e as médias com a mesma letra minúscula, não diferem na linha entre classes e genótipos, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Fecundidade - Número total de ninfas					
Genótipo/dose silício	0	2	4	6	Média Geral
Classe granífero	56,85Bbc	61,72Bc	49,41Bab	44,20a	53,32B
AG1090	62,65 \pm 4,70Ba	64,59 \pm 3,94Ba	57,56 \pm 4,23Ca	51,33 \pm 3,96Ba	58,65C
BRS373	51,06 \pm 4,66ABbc	59,49 \pm 3,60Bc	39,59 \pm 4,60Bab	30,68 \pm 5,12Aa	47,31B
Classe Forrageiro	42,03Ab	42,41Ab	27,92Aa	42,75b	40,06A
BRS658	42,26 \pm 5,36Aab	43,77 \pm 4,12Aab	33,68 \pm 5,27ABa	50,81 \pm 3,81Bb	43,14AB
Ponta Negra	41,79 \pm 5,07Ab	40,78 \pm 4,63Ab	20,00 \pm 4,99Aa	35,50 \pm 5,07Aab	36,61A
Média Geral	49,91ab	51,14b	42,18a	43,46ab	

Tabela 5. Número de ninfas/dia (\pm ep) de *Melanaphis sorghi*, em genótipos de sorgo e doses de silício. As médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si nas colunas, e as médias com a mesma letra minúscula, não diferem na linha entre classes e genótipos, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Número de ninfas/dia					
Genótipo/dose silício(t ha⁻¹)	0	2	4	6	Média Geral
Classe granífero	5,56Bb	4,41Aa	4,89Ba	4,39a	4,84B
AG1090	6,19 \pm 1,16Cb	4,69 \pm 0,24ABa	6,02 \pm 0,27Bb	4,57 \pm 0,21Aa	5,41C
BRS373	4,93 \pm 0,19Bb	4,19 \pm 0,20Aab	3,55 \pm 0,21Aa	4,08 \pm 0,35Aab	4,20A
Classe Forrageiro	4,20Aab	5,24Bc	3,56Aa	4,57bc	4,54A
BRS658	4,39 \pm 0,28ABa	5,52 \pm 0,26Bb	3,99 \pm 0,38Aa	4,75 \pm 0,16Aab	4,80B
Ponta Negra	4,00 \pm 0,32Ab	4,90 \pm 0,27ABb	2,98 \pm 0,39Aa	4,42 \pm 0,34Ab	4,26A
Média Geral	4,93b	4,86ab	4,45a	4,49ab	

Tabela 6. Período reprodutivo (dias) ($\pm ep$) de *Melanaphis sorghi*, em genótipos de sorgo e doses de silício. As médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si nas colunas, e as médias com a mesma letra minúscula, não diferem na linha entre classes e genótipos, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Período Reprodutivo (dias)					
Genótipo/dose silício(t ha⁻¹)	0	2	4	6	Média Geral
Classe granífero	10,40a	14,57Bb	9,74a	9,58a	11,01B
AG1090	10,50 \pm 2,11Aa	13,83 \pm 0,81Bb	9,37 \pm 0,69Ba	10,95 \pm 0,75Ba	10,97B
BRS373	10,29 \pm 0,94Ab	14,62 \pm 0,83Bc	10,21 \pm 0,99Bb	7,00 \pm 1,06Aa	11,05B
Classe Forrageiro	9,10b	8,16Aab	6,76Aa	8,75ab	8,32A
BRS658	8,55 \pm 0,95Aa	8,32 \pm 0,82Aa	7,82 \pm 1,09ABa	10,85 \pm 0,81Ba	8,84A
Ponta Negra	9,69 \pm 1,01Ab	7,97 \pm 0,82Aab	5,31 \pm 0,91Aa	6,87 \pm 0,77Aab	7,74A
Média geral	9,78ab	10,92b	8,74a	9,16a	

Tabela 7. Longevidade (dias) ($\pm ep$) de *Melanaphis sorghi*, em genótipos de sorgo e doses de silício. As médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si nas colunas, e as médias com a mesma letra minúscula, não diferem na linha entre classes e genótipos, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Longevidade (dias)					
Genótipo/dose silício(t ha⁻¹)	0	2	4	6	Média Geral
Classe granífero	15,85a	19,68Bb	15,07Ba	15,49a	16,51B
AG1090	16,00 \pm 2,43Aab	19,10 \pm 1,05Bb	15,02 \pm 0,92Ba	17,28 \pm 1,10Bab	16,69B
BRS373	15,71 \pm 1,20Aa	20,14 \pm 0,91Bb	15,12 \pm 1,05Ba	12,16 \pm 1,20Aa	16,31B
Classe Forrageiro	14,72b	13,13Aab	11,45Aa	13,63ab	13,38A
BRS658	14,48 \pm 1,33Aa	13,52 \pm 1,03Aa	12,77 \pm 1,37ABa	15,78 \pm 0,96ABa	14,12A
Ponta Negra	14,97 \pm 1,29b	12,64 \pm 0,93Aab	9,63 \pm 0,96Aa	11,70 \pm 0,98Aab	12,56A
Média Geral	15,32ab	16,09b	13,89a	14,54ab	

Tabela 8. Período pré-reprodutivo (dias) ($\pm ep$) de *Melanaphis sorghi*, em genótipos de sorgo e doses de silício. As médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si nas colunas, e as médias com a mesma letra minúscula, não diferem na linha entre classes e genótipos, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Período Pré-reprodutivo (dias)					
Genótipo/dose silício(t ha⁻¹)	0	2	4	6	Média Geral
Classe granífero	4,13a	4,29ab	4,23ab	4,51Bb	4,28
AG1090	4,09 \pm 0,79Aab	3,93 \pm 0,16Aa	4,00 \pm 0,00Aa	4,42 \pm 0,16ABb	4,11A
BRS373	4,18 \pm 0,09Aa	4,57 \pm 0,11Bab	4,50 \pm 0,15Bab	4,68 \pm 0,25Bb	4,46B
Classe Forrageiro	4,13	4,17	4,34	4,15A	4,19
BRS658	4,13 \pm 0,09Aa	4,09 \pm 0,04Aa	4,36 \pm 0,18ABa	4,15 \pm 0,10Aa	4,16A
Ponta Negra	4,14 \pm 0,10Aa	4,28 \pm 0,09ABa	4,31 \pm 0,18ABa	4,17A \pm 0,10	4,21A
Média Geral	4,13	4,23	4,27	4,33	

Tabela 9. Parâmetros da tabela de vida - R0 - Taxa de reprodução (fêmeas) de *Melanaphis sorghi*, em quatro genótipos de sorgo, em doses de silício.

R0 - Taxa de reprodução (fêmeas)				
Genótipo/dose silício	0	2	4	6
AG1090	44,5	36,96	46,84	36,94
BRS373	34,3	43,48	27,02	11,72
BRS658	26,02	37,78	14,82	27,60
Ponta Negra	24,12	28,66	6,24	21,22

Tabela 10. Parâmetros da tabela de vida - T - Intervalo entre gerações (dias) de *Melanaphis sorghi*, em quatro genótipos de sorgo, em doses de silício.

T - Intervalo entre gerações (dias)				
Genótipo/dose silício	0	2	4	6
AG1090	10,05	11,25	9,75	11,34
BRS373	10,78	12,29	12,03	9,98
BRS658	10,39	9,49	10,72	10,68
Ponta Negra	10,83	10,11	9,46	9,88

Tabela 11. Parâmetros da tabela de vida - Rm - Taxa de crescimento intrínseca (fêmeas/dia) de *Melanaphis sorghi*, em quatro genótipos de sorgo, em doses de silício.

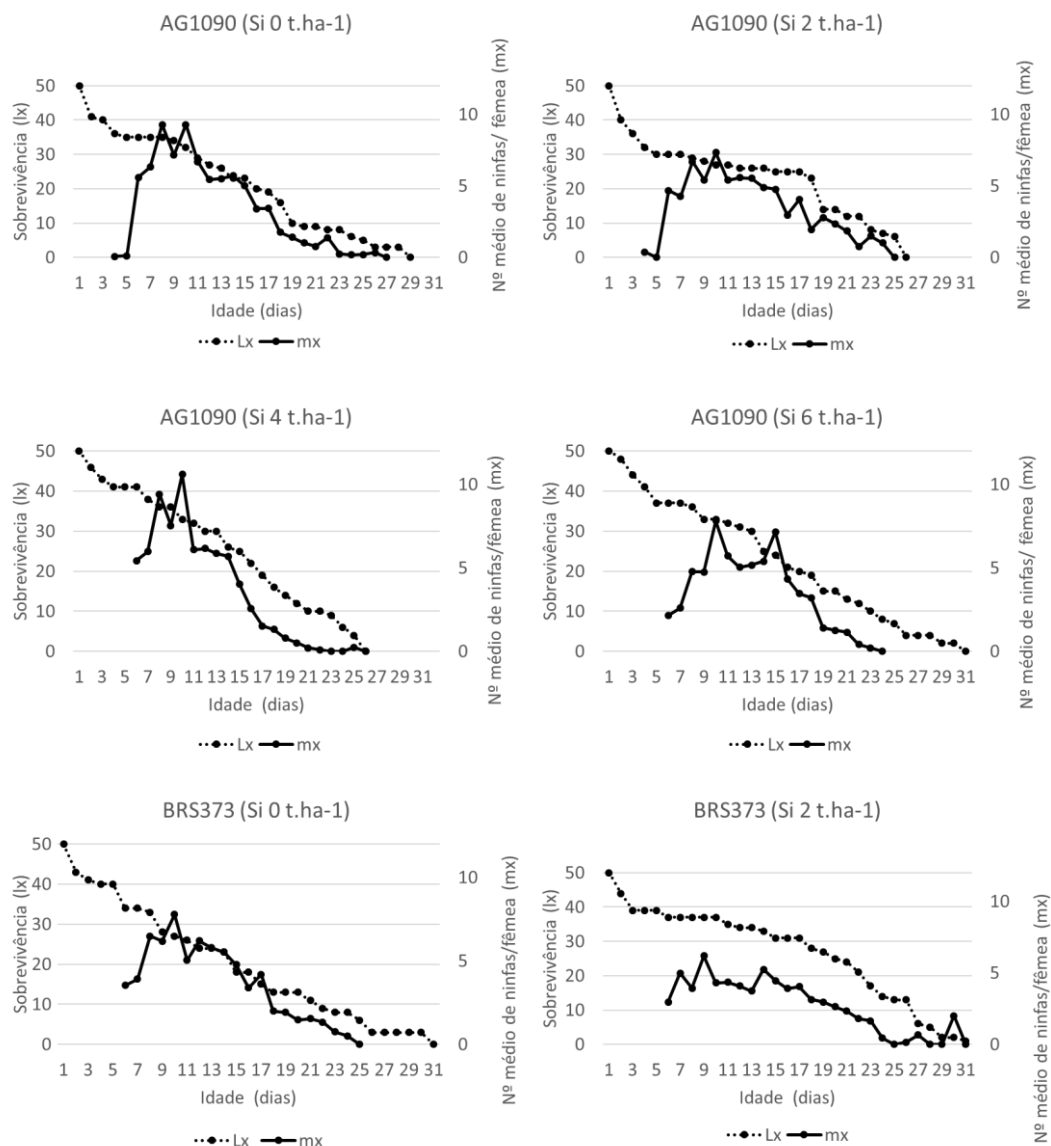
Rm - Taxa de crescimento intrínseca (fêmeas/dia)				
Genótipo/dose silício	0	2	4	6
AG1090	0,38	0,32	0,39	0,32
BRS373	0,33	0,31	0,27	0,25
BRS658	0,31	0,38	0,25	0,31
Ponta Negra	0,29	0,33	0,19	0,31

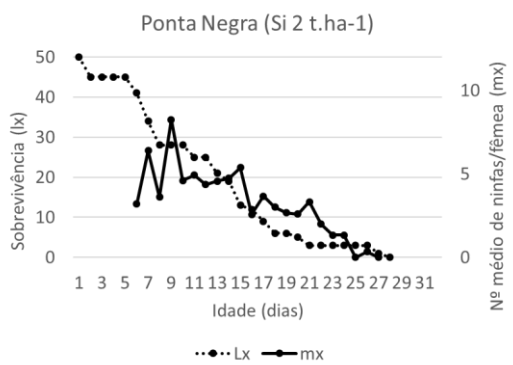
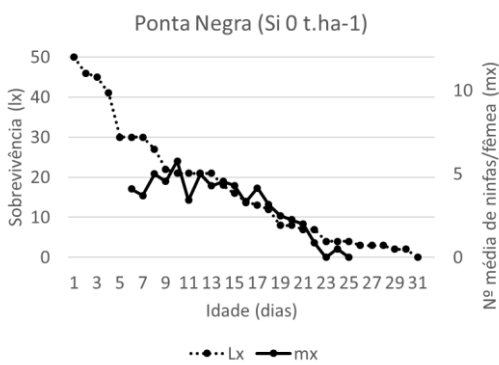
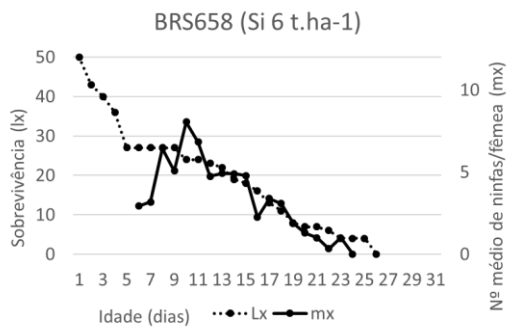
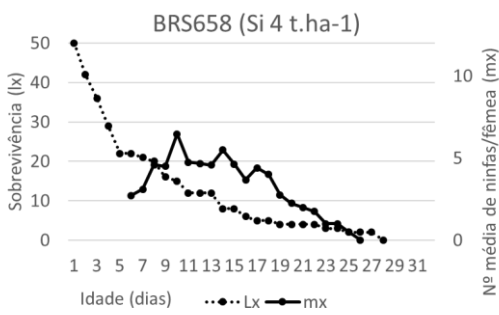
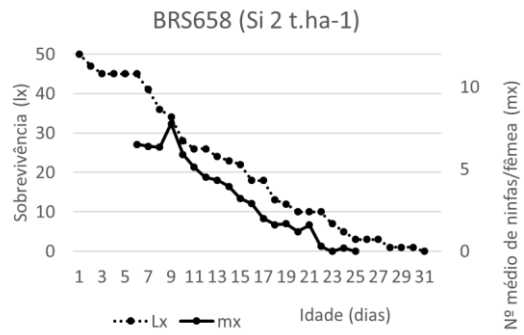
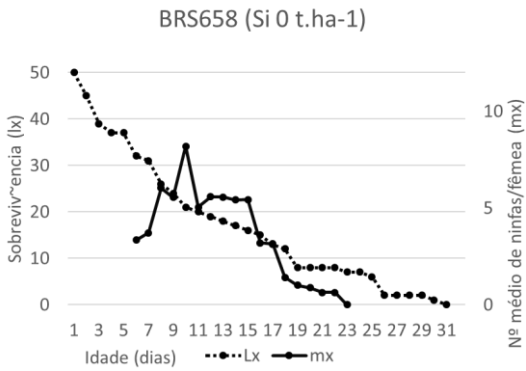
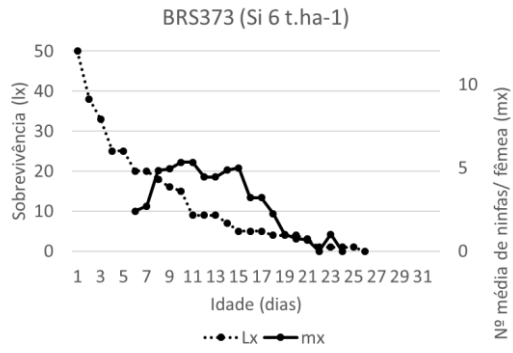
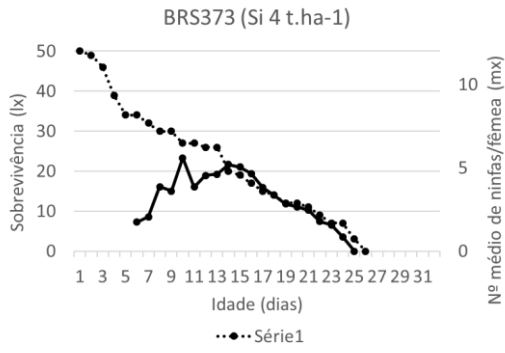
Tabela 12. Parâmetros da tabela de vida - λ - Taxa de aumento finita Rm de *Melanaphis sorghi*, em quatro genótipos de sorgo, em doses de silício.

λ - Taxa de aumento finita				
Genótipo/dose silício	0	2	4	6
AG1090	1,46	1,38	1,48	1,37
BRS373	1,39	1,36	1,32	1,28
BRS658	1,37	1,47	1,29	1,36
Ponta Negra	1,34	1,39	1,21	1,36

Tabela 13. Parâmetros da tabela de vida - TD - Tempo para dobrar a população (dias) de *Melanaphis sorghi*, em quatro genótipos de sorgo, em doses de silício.

TD - Tempo para dobrar a população (dias)				
Genótipo/dose silício	0	2	4	6
AG1090	1,84	2,16	1,76	2,18
BRS373	2,11	2,26	2,53	2,81
BRS658	2,21	1,81	2,76	2,23
Ponta Negra	2,36	2,09	3,58	2,24





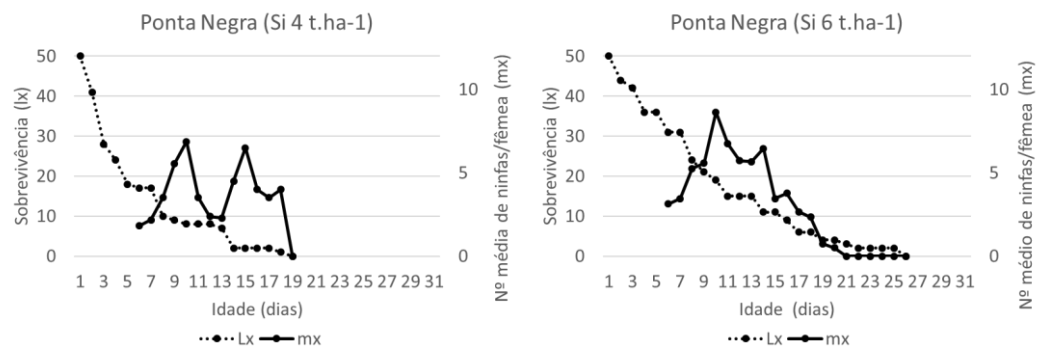


Figura 1. Taxa de sobrevivência (lx) e número médio de ninfas/fêmea (mx), do pulgão *Melanaphis sorghi*, em quatro genótipos de sorgo, em quatro diferentes doses de Sílicio. Sete Lagoas (2023)

RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE SORGO COM INFESTAÇÃO DE *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) SOB DOSES DE ÁCIDO SILÍCICO

RESUMO - *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae) é a principal praga do sorgo no Brasil, atualmente, causa injúrias que podem levar a 100% de perda de rendimento em algumas situações. Assim, estudos visando aprimorar estratégias para melhorar o controle dessas pragas são cruciais. Nesta pesquisa foi investigada o impacto da dose de ácido silícico com a interação dos genótipos, com a infestação *M. sorghi* nas características fitotécnicas e na composição das plantas de sorgo. O trabalho foi realizado em casa-de-vegetação, com as doses 0, 2, 4 e 6 t. ha⁻¹ de ácido silícico precipitado, em cinco genótipos, sendo estes AG1090 e BRS373 (graníferos), BRS658 e Ponta Negra (forrageiros) e BRS716 (biomassa). As doses de ácido silícico foram parceladas, em duas aplicações no solo, sendo a metade aplicada no plantio e a segunda metade, aplicada quando a planta apresentou cinco folhas completas. As avaliações de injúria e de infestação foram feitas semanalmente, através da porcentagem da planta afetada, comparando os cinco genótipos. Foram avaliados os seguintes parâmetros fitotécnicos: o peso de massa verde e de massa seca, junto a parâmetros agronômicos; número de folhas, altura e colmo; assim como a composição das plantas com a: porcentagem de FDN (fibra em detergente neutro) e FDA (fibra em detergente ácido), lignina, celulose, hemicelulose, poder calorífico, macronutrientes e micronutrientes, em plantas com e sem Si, e com ou sem ataque de pulgões. O Genótipo BRS716 apresentou maior suscetibilidade à infestação e à injúria comparado aos demais; as plantas suplementadas, com a dose 4 e 6 t.ha⁻¹ de ácido silícico, apresentaram maior porte, número de folhas na planta, assim como maior porcentagem de celulose e de hemicelulose e além de maior quantidade de fósforo, de cálcio, de boro, de cobre, de zinco, de manganês e de Si. A infestação de *M. sorghi* reduz o número de folhas, as porcentagens de FDN, de FDA, de lignina, de hemicelulose e de poder calorífico (MJ/Kg), e as quantidade de nitrogênio, de fósforo e de Si nas plantas de sorgo.

Palavras chaves: *Sorghum bicolor*. Pulgão do sorgo. Resistência varietal. Resistência induzida.

GENOTYPE RESISTANCE OF SORGHUM TO *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) INFESTATION UNDER SILICIC ACID DOSES

ABSTRACT - *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae) is currently the major pest of sorghum production in Brazil, causing injuries that can lead to yield losses up to 100%. Therefore, studies aiming to improve strategies to control these pests are crucial. In this study, we investigated the impact of silicic acid doses and genotype interaction with *M. sorghi* infestation upon phytotechnical characteristics and composition of sorghum plants. We conducted the study in a greenhouse, administering doses of 0, 2, 4, and 6 t. ha⁻¹ precipitated silicic acid to five genotypes, namely AG1090 and BRS373 (grain sorghum), BRS658 and Ponta Negra (forage sorghum), and BRS716 (biomass sorghum). We split silicic acid doses into two soil applications, half delivered at planting and the second half when the plant already had five whole leaves. We performed weekly evaluations of both injury and infestation by comparing the percentage of the genotypes of the five affected plants. We evaluated the following phytotechnical parameters: green and dry mass weight, along with agronomic parameters such as leaf number, height, and stem diameter. We also assessed the plant composition regarding neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin, cellulose, hemicellulose, calorific power, macronutrients, and micronutrients in plants with and without Si, and with and without aphid attack. The BRS716 genotype showed greater susceptibility to infestation and injury than others. Plants supplemented with 4 and 6 t.ha⁻¹ of silicic acid had greater size, leaf number, and percentage of cellulose and hemicellulose, as well as higher levels of phosphorus, calcium, boron, copper, zinc, manganese, and Si. Infestation by *M. sorghi* reduced the number of leaves, NDF and ADF percentages, lignin, hemicellulose, calorific power (MJ/kg), and the amounts of nitrogen, phosphorus, and Si in sorghum plants.

Keywords: *Sorghum bicolor*. Sorghum aphid. Varietal resistance. Induced resistance.

1. INTRODUÇÃO

O uso de estratégias sustentáveis de controle de pragas é uma tendência mundial, que objetiva sobretudo, a redução da dependência de insumos agrícolas. Nesse cenário, o uso de plantas com maior nível de resistência a insetos pragas é considerado estratégia essencial, uma vez que essa estratégia de controle é compatível com todas as outras.

Uma possível abordagem, visando a expressão da resistência de plantas, é a estratégia de controle via a suplementação com o silício (Si), o qual tem sido citado como um exemplo de indutor de resistência (Cassel et al. 2021). Além dos efeitos benéficos relatados em diversas culturas, o Si também está envolvido no aumento da resistência ao ataque de insetos, sendo uma estratégia já avaliada para resistência de pulgões em sorgo (Carvalho & Moraes, 1999; Lima, 2018; Rodrigues, 2020).

O Si fornece proteção as plantas contra herbívoros, melhorando aspectos morfológicos, bioquímicos e moleculares, sendo a mais conhecida, a proteção mecânica (Reynolds et al. 2016; Golubkina et al.2022; Wagner 1940). Isso ocorre com o fortalecimento da parede celular, devido ao acúmulo de Si, nas células da epiderme, tornando-as rígidas e estimulando a formação adicional de tricomas e o acúmulo de cera nas superfícies das folhas, além da biossíntese de lignina, assim reduzindo a ruptura do tecido vegetal, por fungos e por insetos, interferindo na intensidade de crescimento e na sobrevivência dos mesmos (Yang et al. 2018; Golubkina et al.2022).

Outro benefício do Si é que ele funciona como um elicitador, impulsionando mecanismos de sinalização para resposta de defesa das plantas (Rasoolizadeh et al. 2018; Kvedaras et al. 2010), como por exemplo: biossíntese de pigmentos fotossintéticos, aumentando da produção de antioxidantes, de proteínas anti-stress e de fitohormônios vegetais (etileno, ácido salicílico e jasmônico) (Golubkina et al.2022). Além de efeitos de defesa direta, a suplementação de Si pode promover a atração de predadores naturais e parasitoides, devido à emissão de voláteis induzidos, cuja a quantidade aumenta em plantas tratadas com Si (Luyckx et al. 2017).

Quando a resistência induzida é combinada à resistência constitutiva, as capacidades defensivas das plantas, contra pragas, podem ser aumentadas, devido à ativação de mecanismos latentes de resistência, que são caracterizados pela defesa intrínseca das plantas que dificultam a herbivoria (De Freitas et al. 2018).

O pulgão do sorgo, *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae,) é uma espécie que vem causando prejuízos à cultura do sorgo, nas Américas em geral,

desde 2013. No Brasil, as primeiras infestações foram observadas em 2019/2020 (Mendes et al 2019), e se tornaram o principal problema fitossanitário na cultura (Nibouche et al. 2018).

O uso de resistência genética tem sido a tática chave para o manejo da praga nos EUA (Armstrong et al 2015). Avellar et al (2022), registraram diferenças para infestação dessa espécie, em híbridos comerciais de sorgo, no Brasil, indicando a possibilidade de associação dos dois mecanismos de resistência, para o manejo dessa praga em sorgo.

Assim, esse estudo avaliou o uso associado da resistência constitutiva das plantas e da resistência induzida, com aplicação de ácido silícico, para o manejo do pulgão do sorgo. Objetivou-se avaliar os parâmetros fitotécnicos do uso de doses de ácido silícico e a infestação do *M. sorghi*, em cinco genótipos de sorgo. Avaliou-se também o crescimento das infestações e das colônias em cada planta, os parâmetros fitotécnicos, nutricionais e composição bromatológica com doses de Si, com ou sem ataque de pulgões.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação da Empresa Brasileira de Pesquisa Milho e Sorgo, EMBRAPA, no município de Sete Lagoas, MG, coordenadas 19°28'30''S, 44°15'08''W e 732 m de altitude. Os pulgões utilizados, no experimento, foram criados em plantas de sorgo em casa-de-vegetação, sendo a colônia iniciada com adultos coletados no campo.

2.1. Caracterização, Preparação e Fertilização do Solo

Foi usado solo, com textura argilosa (67 dag.kg⁻¹ de argila, 23 dag.kg⁻¹ de silte e 10 dag.kg⁻¹ de areia), pH 6,1 em água, e baixo teor de Si (12,12 mg.kg⁻¹ solo), o que favoreceu as respostas à adubação silicatada (Korndörfer et al. 1999).

O solo foi colocado em vasos com volume de 20 L, em casa-de-vegetação, após plantio e germinação, as plantas foram desbastadas e manteve-se três plantas por vaso. O Si foi aplicado manualmente, para ambos os experimentos, sendo a metade da dose aplicada na semeadura e a outra metade, durante a adubação de cobertura, utilizando ácido silícico precipitado, da empresa Merck KGaA- EMD Millipore Corporation (SiO₂*x H₂O Massa Molar = 60,08g.mol⁻¹). Assim, o valor total ácido silícico precipitado foi de 0, 1, 2 e 3 t.ha⁻¹, na semeadura, e a doze foi repetida quando as plantas apresentaram cinco folhas totalmente desenvolvidas.

Para a adubação de plantio foi usado 80kg.ha⁻¹ de N-P-K 8-28-16, e a adubação de cobertura foi feita quando as plantas apresentaram cinco folhas totalmente desenvolvidas, com 40kg.ha⁻¹ de ureia.

2.2. Delineamento e Experimentos

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação, de abril a junho de 2022, com temperatura média de 30,1°C, máxima de 36,6°C e mínima de 14,1°C, e UR de 73%. Em esquema fatorial 4 × 2 × 5 (com quatro doses de ácido silício (0, 2, 4 e 6 t.ha⁻¹) × plantas com ou sem infestação do *M. sorghi* × cinco genótipos de sorgo, sendo dois genótipos de sorgo granífero (BRS 373 e Ag 1090), dois genótipos de sorgo forrageiros (BRS 658 e BRS Ponta Negra) e um genótipo de sorgo biomassa (BRS 716)), totalizando 160 parcelas, sendo cada parcela um vaso com três plantas. O delineamento foi em parcelas subdivididas, com demonstrado na Figura 1, sendo a parcela plantas de sorgo com e sem infestação, e as subparcelas, suplementação com Si e os genótipos.

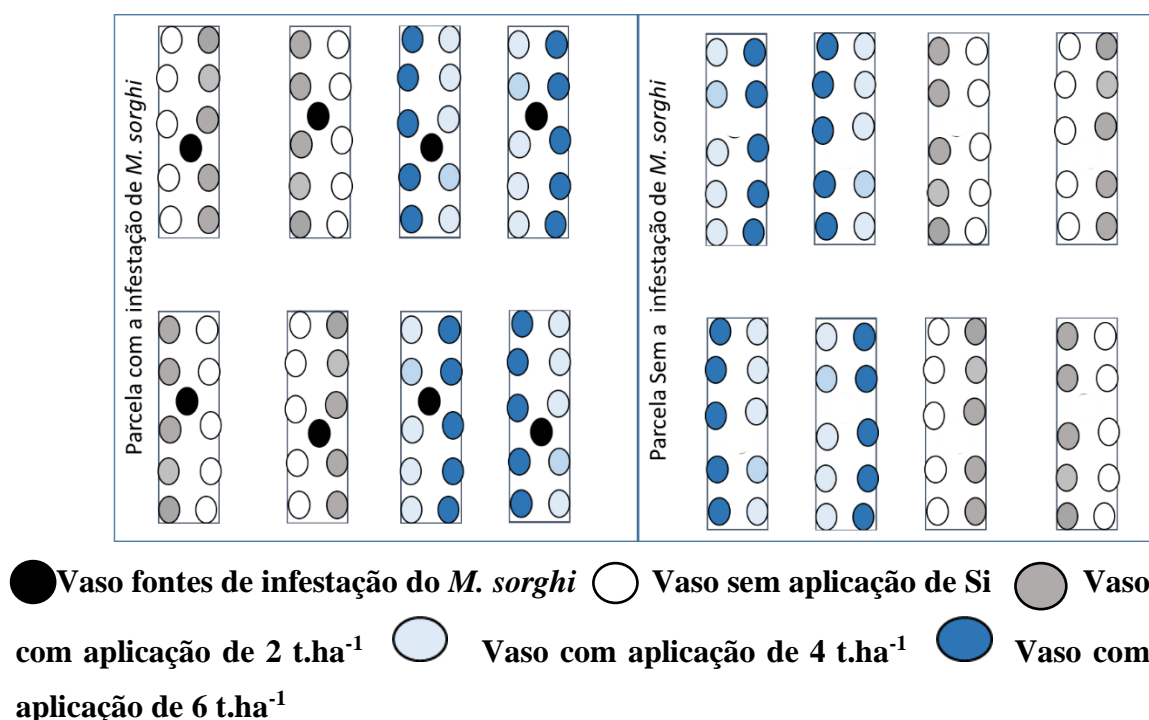


Figura 1. Arranjo experimental em casa-de-vegetação para avaliação do uso de genótipos de sorgo e dose de Si na resistência ao pulgão *Melanaphis sorghi*.

Para a parcela sem infestação foi feita a aplicação de sulfoxaflor (0,5 ml/L), via pulverização foliar, a cada 20 dias, mantendo assim, as plantas sem a presença de pulgões, assim este tratamento se manteve isolado, do tratamento com infestação.

2.3. Avaliação de Infestação e Injúria

Quando as plantas atingiram duas folhas totalmente desenvolvidas, os tratamentos designados foram infestados, com uma planta com colônias de *M. sorghi*, deixada próxima ao tratamento. A cada 7 dias, as plantas de cada tratamento foram avaliadas para: nível de injúria (porcentagem da planta atacada) e infestação (porcentagem de colônias infestando as plantas), de acordo com metodologia proposta por Fernandes et al (2021).

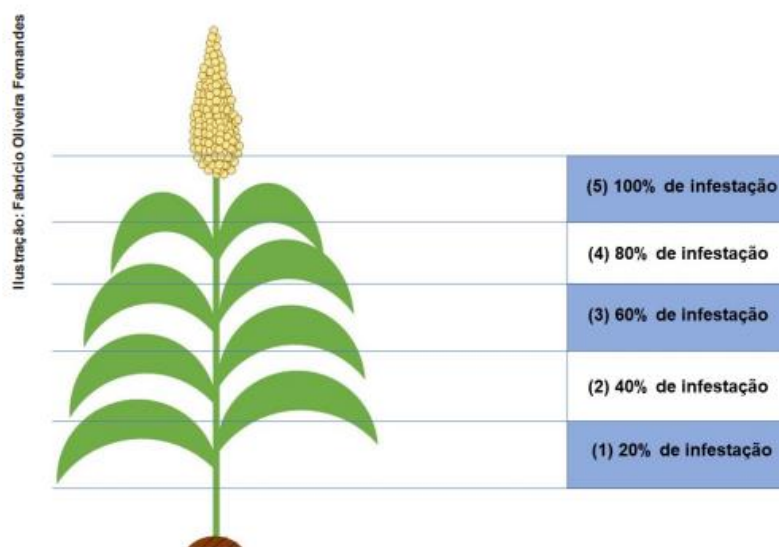


Figura 2. Adaptação de Fernandes, 2021. Porcentagem de infestação do pulgão *Melanaphis sorghi* em sorgo.

2.4. Avaliação de Parâmetros Fitotécnicos

Após 56 dias do plantio, foi medida a altura de cada planta com régua (1 m), as medidas de colmo foram feitas com paquímetro digital e as folhas que não estavam totalmente secas, contadas. Realizou-se a pesagem de massa fresca em balança digital, e as plantas foram levadas para a estufa com ar forçado, e postas para secar por 96h a 65°. Após serem secas, as amostras foram pesadas em balança digital.

2.5. Análise Bromatológica

Após a secagem das amostras, as mesmas foram moídas em um moinho de facas. As amostras foram levadas até o laboratório, para análise bromatológica de espectroscopia no infravermelho próximo - NIRS (Near-Infrared Spectroscopy), onde foi possível determinar: porcentagem de FDN (fibra em detergente neutro) e FDA (fibra em detergente ácido), de lignina, de celulose, de hemicelulose e de poder calorífico.

No emprego da técnica NIRS, o algoritmo para o desenvolvimento (obtenção) da equação de calibração, usou-se o banco de dados gerados pelas análises de laboratório e os valores de comprimento de ondas, vindos da leitura das amostras no aparelho NIRS. A validação dos dados foi feita dentro do próprio arquivo de calibração, sem que fosse necessária amostragem adicional, procedimento conhecido como validação cruzada (Shenck e Westerhaus, 1993).

2.6. Quantificação de Macronutrientes e Micronutrientes

As amostras foram enviadas para o Laboratório Brasileiro de Análises Ambientais e Agrícolas - Labras, e as análises feitas segundo a metodologia de Avaliação do Estado Nutricional das Plantas.

2.7. Análises Estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância, e quando ocorreram diferenças significativas, a comparação de média foi realizada pelo teste Scott Knott ($P < 0,05$), com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2003). Já os resultados de infestação e de injúria foram submetidos à análise de regressão linear.

3. RESULTADOS

*3.1. Infestação de *Melanaphis sorghi*, em Genótipos de Sorgo*

Os resultados estão apresentados para o crescimento da infestação e da injúria (porcentagem de infestação por planta), na Figura 2, em cada genótipo. Quando suplementado com doses de ácido silícico, em ambos os experimentos, através das equações de regressão linear ($\alpha=5\%$), foi possível estimar o tempo, em semanas, para cada dose (0, 2, 4, 6t. ha⁻¹), para o nível de controle 20% de infestação, que, de acordo com o proposto por Fernandes et al (2021), deve ser considerado o nível de controle (NC) para essa praga.

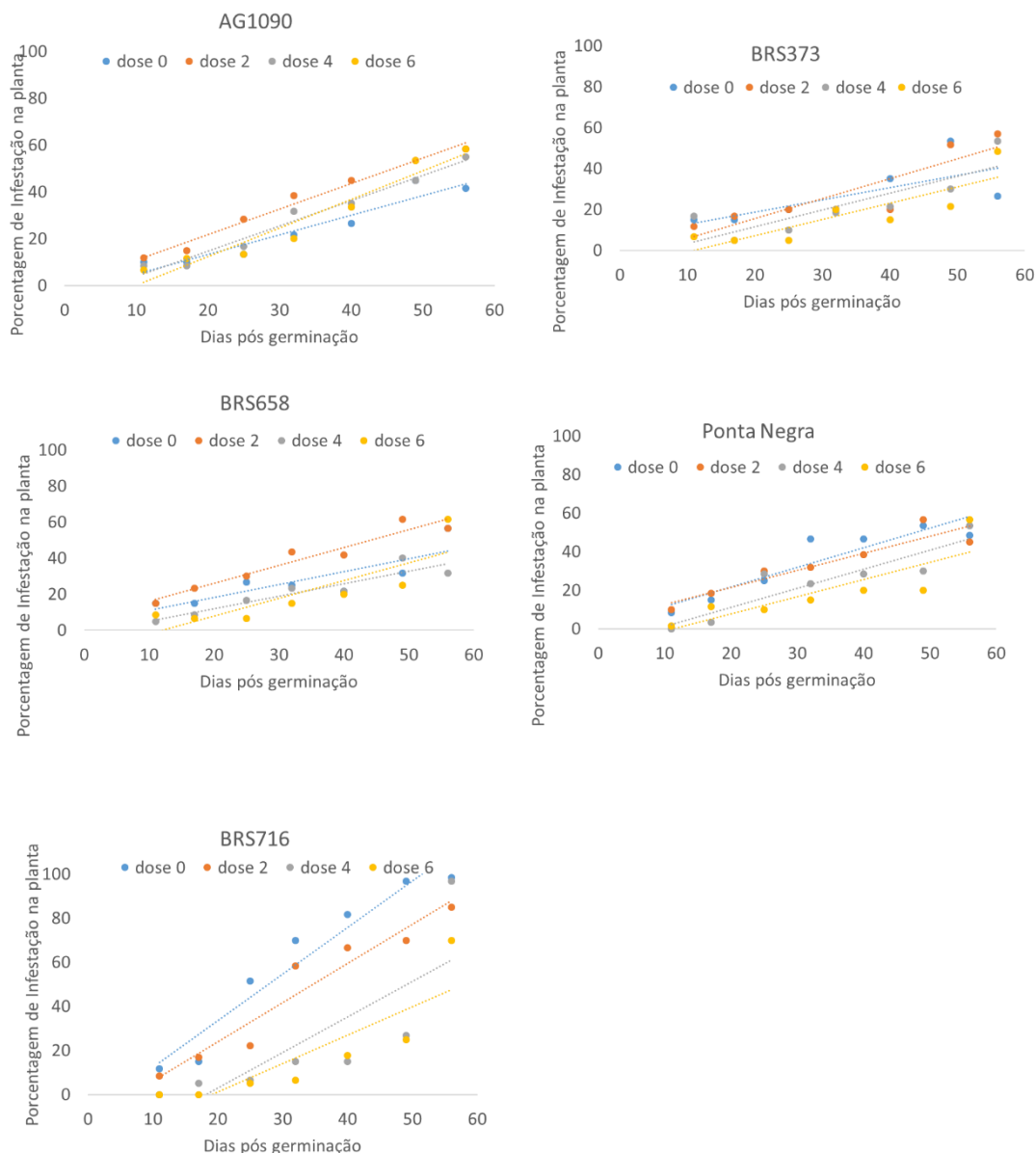


Figura 3. Evolução semanal, porcentagem de infestação do pulgão *Melanaphis sorghi*, em cinco genótipos de sorgo, em quatro doses de Silício.

No experimento, a dose 0 apresentou o tempo de 10,36 (Híbrido BRS716) a 23,59 (AG1090) dias, para atingir o nível de controle; enquanto a dose 2 t.ha⁻¹, apresentou o tempo de 10,71 (BRS658) a 20,23 (BRS373) dias, para chegar no nível de controle; a dose 4 t.ha⁻¹ resultou em um tempo entre 20,72 (AG1090) a 26,74 (BRS658) dias, para chegar nível de controle; enquanto a dose 6 t.ha⁻¹ apresentou o tempo de 21,84 (AG1090) a 31,08 (BRS373) semanas.

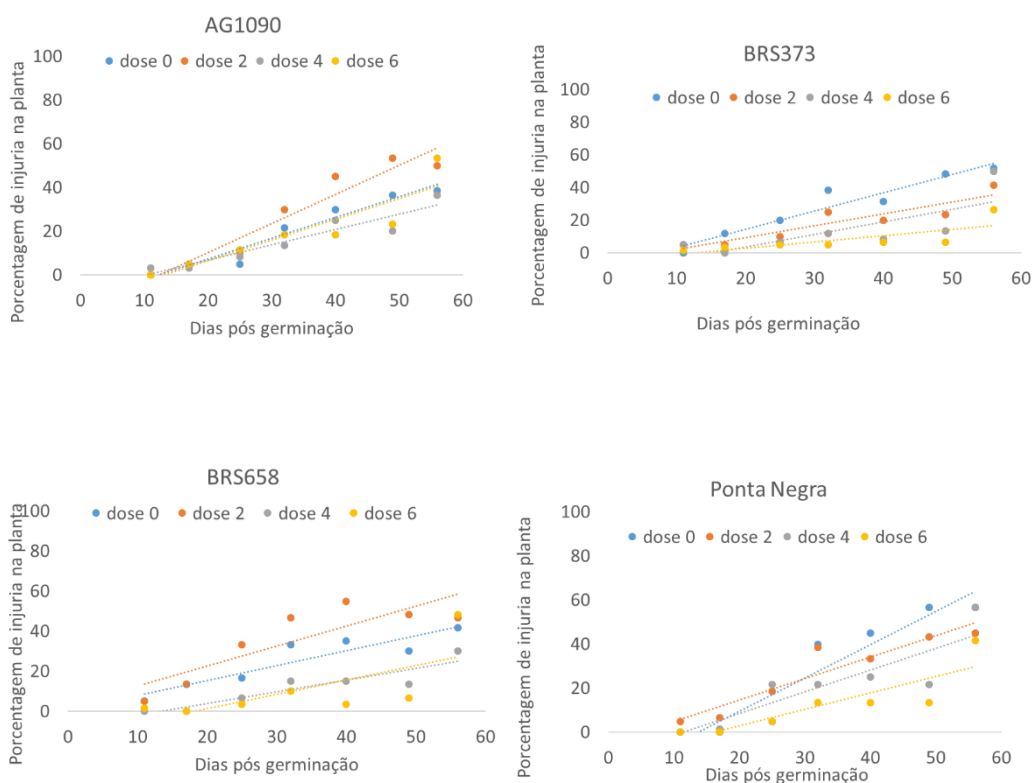
Dos cinco genótipos estudados, foi observado que quatro destes apresentaram o

maior tempo para chegar ao nível de controle de 20% (Pekarcik 2016), com a dose 6 t.ha⁻¹, sendo estes BRS373 (31,08 dias), BRS658 (27,58 dias), Ponta Negra (28,77 dias) e BRS716 (29,61 dias). O genótipo AG1090 com a dose 0, obteve o tempo de 23,59 dias e com a dose 6 t.ha⁻¹, o tempo 21,84 dias.

O híbrido BRS716 com aptidão biomassa, foi o que obteve maior distância entre a dose 0 e 6 t.ha⁻¹ entre os genótipos, para se alcançar o NC, sendo que a dose 6 t.ha⁻¹, apresentou o tempo 19,25 dias maior que a dose 0.

3.2. Injúria causada pela alimentação do pulgão *M. sorghi* em Genótipos de Sorgo

Através de cálculo de regressão linear foi possível estimar, a injúria de 100% da planta. Deste modo, os resultados apresentados foram: com a dose 0 os genótipos variaram de 47,95 (BRS716) a 119,07 (BRS658) dias, já com a dose 2 t.ha⁻¹ a variação foi de 62,93 (BRS716) a 129,92 (BRS373) dias considerando o parâmetro de evolução da injúria no tempo (Figura 3). Para a dose 4 t.ha⁻¹ esta variação foi de 87,08 (BRS716) a 166,67 (BRS658) dias, e com a dose 6 t.ha⁻¹ variou de 104,72 (BRS716) a 245,63 (BRS373) dias, dependendo do genótipo (Figura 3).



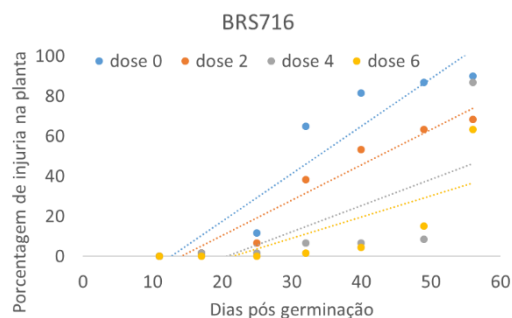


Figura 4. Evolução semanal da porcentagem de injúria, do pulgão *Melanaphis sorghi*, em cinco genótipos de sorgo, em quatro doses de Silício.

Os genótipos AG1090 e BRS658 apresentaram o maior tempo para chegar ao nível de injúria de 100% com a dose 4 t.ha⁻¹, com o tempo de 137,90 e 167,09 dias. Os demais, apresentaram o mesmo resultado com a dose 6 t.ha⁻¹, sendo estes BRS373 (245,63 dias), Ponta Negra (135,31 dias) e BRS716 (104,72 dias).

O híbrido BRS716 com aptidão biomassa, na comparação entre as doses para se alcançar o nível de 100% de injúria, foi o que obteve maior distância entre a dose 0 e 6 t.ha⁻¹, entre os genótipos, sendo que a dose 6 t.ha⁻¹, apresentou o tempo 71,75 dias maior que a dose 0.

3.3. Parâmetros Fitotécnicos de Genótipos de Sorgo

Para altura de planta observou-se diferença significativa entre os genótipos em que a média dos BRS658, Ponta Negra e BRS 716, foram superiores as médias de altura dos genótipos AG1090 e BRS373 (Tabela 1), como esperado, por se tratar de genótipos com a aptidões diferentes. Assim como as plantas suplementadas, com as doses 4 e 6 t.ha⁻¹ de Si, apresentaram em sua fenologia maior porte e maior número de folhas, quando comparado as doses 0 e 2 t.ha⁻¹ de Si (Tabela 2).

Tabela 1. Teste de médias para Altura (cm) de plantas de sorgo, para genótipos. As médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si na coluna, pelo teste de Scott Knott ($P < 0,05$).

Genótipo	Altura (cm)
AG1090	92,09A
BRS373	88,97A
BRS658	132,73B
PONTA NEGRA	124,16B
BRS716	137,73B

Tabela 2. Teste de médias para Altura (cm) e para número de folhas de plantas de sorgo, para doses de ácido silícico. As médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si na coluna, pelo teste de Scott Knott ($P < 0,05$).

Dose t.ha ⁻¹	Altura (cm)	Número de Folhas
0	101,59A	8,20A
2	103,06A	8,55A
4	126,80B	9,31B
6	127,79B	9,52B

Tabela 3. Teste de médias para número de folhas de plantas de sorgo, para doses de ácido silícico. As médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si na coluna, pelo teste de Scott Knott ($P < 0,05$).

Infestação	Número de Folhas
Com	8,36A
Sem	9,22B

As demais características morfológicas, como diâmetro de colmo, peso fresco e seco, não apresentaram respostas significativas na comparação entre as médias pelo teste Scott Knott ($P < 0,05$).

3.4. Composição Bromatológica em Genótipos de Sorgo

O genótipo BRS658, apresentou a maior porcentagem de FDN, de FDA, de lignina e de hemicelulose, assim como maior poder calorífico (MJ/Kg), comparado aos demais genótipos (Tabela 4).

Tabela 4. Teste de médias para porcentagem de FDN (fibra em detergente neutro), de FDA (fibra em detergente ácido), de Lignina, de Hemicelulose e de Poder Calorífico (MJ/Kg) de plantas de sorgo, para genótipos. As médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si na coluna, pelo teste de Scott Knott ($P < 0,05$).

Genótipo	FDN (%)	FDA (%)	Lignina (%)	Hemicelulose (%)	Poder Calorífico(MJ/Kg)
AG1090	58,41A	28,37A	3,39A	27,29A	15,91A
BRS373	61,94B	30,57A	3,90B	28,59A	16,03A
BRS658	67,96C	35,28C	4,68C	31,40B	16,32B
PONTA NEGRA	59,80A	29,31A	3,26A	27,92A	16,02A
BRS716	63,02B	32,34B	3,97B	29,16A	16,04A

As plantas, quando infestadas com *M. sorghi*, apresentaram menor porcentagem de FDN, de FDA, de lignina e de hemicelulose, como também de poder calorífico (MJ/Kg) (Tabela 5).

Tabela 5. Teste de médias para porcentagem de FDN (fibra em detergente neutro), de FDA (fibra em detergente ácido), de Lignina, de Hemicelulose e de Poder Calorífico (MJ/Kg), de plantas de sorgo, para infestação de *Melanaphis sorghi*. As médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si na coluna, pelo teste de F ($P < 0,05$).

Infestação	FDN (%)	FDA (%)	Lignina (%)	Hemicelulose (%)	Poder Calorífico(MJ/Kg)
Com	59,48A	29,83A	3,50A	27,25A	15,99A
Sem	64,92B	32,50B	4,18B	30,46B	16,14B

A porcentagem de lignina foi maior nos genótipos suplementados, com a dose 0 e 2 t.ha⁻¹ de ácido silícico, enquanto a porcentagem de hemicelulose foi maior nos genótipos suplementados, com a dose 4 e 6 t.ha⁻¹ (Tabela 6).

Tabela 6. Teste de médias para porcentagem de Lignina e de Hemicelulose de plantas de sorgo, para doses de ácido silícico. As médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si na coluna, pelo teste de Scott Knott ($P < 0,05$).

Dose t.ha ⁻¹	Lignina (%)	Hemicelulose (%)
0	4,13B	27,16A
2	4,06B	27,08
4	3,63A	30,44
6	3,57A	30,73

Com exceção do genótipo BRS658, os demais genótipos apresentaram maior porcentagem de celulose, quando suplementados com as doses 4 e 6 t.ha⁻¹ de ácido silícico, e quando suplementados, com as mesmas doses os genótipos AG1090 e Ponta Negra, apresentaram em sua composição maior porcentagem de celulose, quando comparado aos demais genótipos (Tabela 7). Quando infestados, com *M. sorghi*, os genótipos apresentaram redução da porcentagem de celulose, quando suplementados com a dose 0 e 2 t.ha⁻¹ de ácido silícico, enquanto nos genótipos suplementados com as doses 4 e 6 t.ha⁻¹, observou-se maior porcentagem (Tabela 8).

Tabela 7. Teste de médias para porcentagem de Celulose de plantas de sorgo, para interação doses de ácido silícico e genótipos. As médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si na coluna, e as médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, não diferem entre si nas linhas, pelo teste de Scott Knott (P<0,05).

Genótipo/ Dose t.ha ⁻¹	0	2	4	6
AG1090	31,14Aa	29,60Aa	41,62Bb	42,52Db
BRS373	31,90Aa	31,59Aa	37,37Ab	38,85Cb
BRS658	34,08Aa	32,98Aa	34,50Aa	32,61Aa
PONTA NEGRA	30,89Aa	31,51Aa	41,32Bb	40,82Db
BRS716	30,80Aa	30,65Aa	36,67Ab	36,40Bb

Tabela 8. Teste de médias para porcentagem de Celulose de plantas de sorgo, para interação doses de ácido silícico e infestação de *Melanaphis sorghi*. As médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si nas colunas, e as médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si nas linhas, pelo teste de Scott Knott (P<0,05).

Infestação/Dose t.ha ⁻¹	0	2	4	6
Com	30,68Aa	30,66Aa	41,25Bb	41,26Bb
Sem	32,84Ba	31,88Aa	35,34Ab	35,22Ab

3.5. Quantidade de Macronutrientes e Micronutrientes em Genótipos de Sorgo

Quando suplementados, com a dose 0 e 2 t.ha⁻¹ de ácido silícico, os genótipos apresentaram maior quantidade de nitrogênio, de potássio e de boro no tecido da planta, enquanto quando suplementados, com a dose 4 e 6 t.ha⁻¹, apresentaram maior quantidade de fósforo, de cálcio, de cobre e de manganês (Tabela 9 e 10).

Tabela 9. Teste de médias para quantidade (g.Kg⁻¹) de Nitrogênio (N), de Fósforo (P), de Potássio (k) e de Cálcio (Ca) em plantas de sorgo, para doses de ácido silícico e infestação de *Melanaphis sorghi*. As médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si na coluna, pelo teste de Scott Knott (P<0,05).

Dose t.ha ⁻¹	N (g.Kg ⁻¹)	P (g.Kg ⁻¹)	K (g.Kg ⁻¹)	Ca (g.Kg ⁻¹)
0	24,85B	1,55A	21,49B	3,61A
2	24,48B	1,57A	21,18B	3,62A
4	19,18A	2,53B	14,93A	6,01B
6	19,16A	2,59B	13,52A	6,39B

Tabela 10. Teste de médias para quantidade (mg.Kg⁻¹) de Boro (B), de Cobre (Cu), de Manganês (Mn) em plantas de sorgo, para doses de ácido silícico. As médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si na coluna, pelo teste de Scott Knott (P<0,05).

Dose t.ha ⁻¹	B (mg.Kg ⁻¹)	Cu (mg.Kg ⁻¹)	Mn (mg.Kg ⁻¹)
0	10,97A	2,04A	70,07A
2	10,88A	2,77A	69,66A
4	19,57B	3,79B	90,27B
6	18,82B	4,69C	85,02B

Quando infestados com o *M. sorghi*, os genótipos apresentaram menor quantidade de nitrogênio e de fosforo (Tabela 11).

Tabela 11. Teste de médias para quantidade (g.Kg⁻¹) de Nitrogênio (N) e Fósforo (P) em plantas de sorgo, para doses de ácido silícico. As médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si na coluna, pelo teste F (P<0,05).

Infestação	N	P
Com	20,77A	1,93A
Sem	22,95B	2,19B

As plantas suplementadas com a dose 4 e 6 t.ha⁻¹, apresentaram maior quantidade de zinco, e este mesmo tratamento, quando infestado pelo pulgão, apresentou menor quantidade de zinco (Tabela 12).

Tabela 12. Teste de médias para quantidade (g.Kg⁻¹) de Zinco (Zn) em plantas de sorgo, para interação doses de ácido silícico e infestação de *Melanaphis sorghi*. As médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si nas colunas, e as médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, não diferem entre si nas linhas, pelo teste de Scott Knott (P<0,05).

Infestação/Dose t.ha ⁻¹	0	2	4	6
Com	15,89Aa	18,50Aa	20,54Ab	21,69Ab
Sem	16,87Aa	19,19Aa	27,71Bb	27,90Bb

Houve uma tendência do aumento da quantidade Si, no tecido das plantas, com o aumento da suplementação de ácido silícico, assim como as plantas não infestadas, quando suplementadas com as doses 4 e 6 t.ha⁻¹, acumularam mais Si. O genótipo BRS373 teve maior quantidade de Si, quando suplementadas com a dose 4 t.ha⁻¹, enquanto o genótipo Ponta Negra com a dose 6 t.ha⁻¹, apresentou a menor quantidade no tecido da planta (Tabelas 13, 14 e 15).

Tabela 13. Teste de médias para quantidade (mg.Kg⁻¹) de Silício (Si) em plantas de sorgo, para interação doses de ácido silícico e genótipos. As médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si nas colunas, e as médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, não diferem entre si nas linhas, pelo teste de Scott Knott (P<0,05).

Genótipo	0	2	4	6
AG1090	51,73Aa	43,31Aa	633,38Aa	2688,58Bb
BRS373	53,18Aa	71,37Aa	4392,20Bb	2625,76Ba
BRS658	62,50Aa	72,09Aa	756,92Aa	1909,66Bb
PONTA NEGRA	56,76Aa	103,24Aa	598,32Aa	674,64Aa
BRS716	85,55Aa	187,44Aa	740,31Aa	4500,98Bb

Tabela 14. Teste de médias para quantidade (mg.Kg⁻¹) de Silício (Si) em plantas de sorgo, para interação de genótipos e infestação de *Melanaphis sorghi*. As médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si nas colunas, e as médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, não diferem entre si nas linhas, pelo teste de Scott Knott (P<0,05).

Genótipo	Com	Sem
AG1090	287,64Aa	1420,86Ab
BRS373	312,96Aa	3258,29Bb
BRS658	315,47Aa	1085,11Aa
PONTA NEGRA	336,51Aa	397,46Aa
BRS716	844,17Aa	1960,39Ab

Tabela 15. Teste de médias para quantidade (mg.Kg⁻¹) de Silício (Si) em plantas de sorgo, para interação doses de ácido silícico e *Melanaphis sorghi*. As médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si nas colunas, e as médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, não diferem entre si nas linhas, pelo teste de Scott Knott (P<0,05).

Infestação/Dose t.ha ⁻¹	0	2	4	6
Com	62,55Aa	93,68Aa	549,60Aa	918,68Aa
Sem	60,35Aa	97,31Aa	2298,85Bb	4041,17Bc

As quantidades de magnésio, de enxofre e de ferro não apresentaram efeito significativo para os tratamentos.

4 DISCUSSÃO

De maneira geral, observamos um aumento significativo da população começou aos 25 dias, pós germinação (18 dias após infestação) (Figura 3), quando ultrapassou o nível de controle de 20% de infestação.

Dentre os genótipos, o BRS716, foi o genótipo mais suscetível à infestação e à injúria, chegando a 100% de infestação na planta com a dose 0 de Si (Figuras 3 e 4). Esses dados corroboram com os encontrados por Fonseca et al. (2004) para *Rhopalosiphum maidis*, onde os genótipos biomassa também foram mais suscetíveis comparado aos demais, evidenciando maior suscetibilidade desse tipo de sorgo, contudo ainda precisam ser elucidados quais os motivos para que isso ocorra.

Com exceção do genótipo AG1090, os demais genótipos apresentaram menor porcentagem de infestação e de injúria, quando suplementados com as doses 4 e 6 t.ha⁻¹ de ácido silícico (Figuras 3 e 4). A quantidade de injúria está ligada à fase de infestação, à quantidade de pulgões e a à quantidade de lesões que podem ser toleradas pelo genótipo (Singh, et al. 2004). As lesões no sorgo incluem folhas roxas, com descoloração por clorose e por necrose (Carvalho et al. 1999). Os estresses causados pela infestação do pulgão podem alcançar perdas no rendimento de até 100%, na cultura, dependendo do genótipo utilizado (Carranza et al. 2017).

Assim, podemos inferir que o uso do ácido silícico, contribuiu para retardar os efeitos causados pela infestação da praga na planta. Além disso, o aumento da dose de Si também teve reflexos na quantidade das injúrias, causadas pela praga. Tais dados corroboram com os encontrados por Gomes et al. 2008; Basagli et al. 2003; Goussain et al. 2005; Costa et al. 2011, que demonstraram o silício atuando como um elicitador no sistema de defesa da planta, ao ataque de pragas, seja pela defesa química e também pelo espessamento e pela rigidez (defesa mecânica).

Houve também redução do número de folhas, nas plantas infestadas pelo *M. sorghi*, quando comparado às plantas sem a praga. Rodríguez-Del-Bosque e Terán (2015) e Knutson et al. (2016), mostraram que a infestação de *M. sorghi*, em plantas de sorgo, pode afetar o crescimento e a produtividade da cultura. Esses pulgões se alimentam da seiva das plantas, retirando nutrientes importantes para o crescimento e para o desenvolvimento das folhas. Armstrong et al. (2017), observaram que a redução do número de folhas, em plantas de sorgo, pode ter um impacto negativo na produção da cultura, pois as folhas são importantes para a fotossíntese e para a produção de energia.

A infestação do *Melanaphis*, no sorgo, é associada com a redução da qualidade da forragem (Setokuchi, 1979), com a diminuição de proteína bruta e com o aumento da fibra neutra em detergente (FDN), semelhante ao efeito do pulgão, *Sipha flava* (Forbes) (Hemiptera: Aphididae) (Fukumoto e Mau, 1989). Enquanto Van den Berg et al. 2003, observaram um aumento do conteúdo bruto de fibra e do teor de carboidratos, em plantas infestadas por *Melanaphis*, Balikai, (2001), observou uma perda de 10% e de 7,0% de proteína bruta e de conteúdo de fibra bruta, em sorgo para forragem.

Um estudo realizado por Armstrong et al. (2017), mostrou que a infestação de *Melanaphis*, em plantas de sorgo, pode afetar significativamente os teores de FDN e de FDA, bem como aumentar os teores de lignina. Os autores ainda afirmaram, que a presença de pulgões pode levar a uma redução na disponibilidade de nutrientes para a planta, o que pode resultar em uma maior concentração de fibras na forragem.

Além disso, a infestação de pulgões também pode afetar os teores de celulose e de hemicelulose na forragem de sorgo. Mbulwe (2017), mostraram que a infestação de *M. sorghi*, em plantas de sorgo, pode levar a uma diminuição nos teores de celulose e de hemicelulose na forragem.

Já Bell et al. (2021), mostraram que a infestação de *Melanaphis* pode levar a uma diminuição significativa nos teores de proteína bruta e de lignina na forragem de sorgo. De acordo com eles, a sucção da seiva pelas pragas, pode reduzir a produção de proteínas na planta, o que pode levar a uma redução nos teores de proteína bruta na forragem. Ressaltaram também, que a sucção da seiva pelas pragas pode levar a uma maior concentração de fibras na forragem, o que pode afetar a digestibilidade.

Em nossa pesquisa, foi observado a redução da porcentagem de FDN, de FDA, de lignina, de hemicelulose e de poder calorífico (MJ/Kg), nas plantas infestadas pelo *M. sorghi*. Na interação doses de Si e infestação, notou-se que nas plantas suplementadas com a dose 0, houve redução da porcentagem de celulose nas plantas infestadas, enquanto que nas plantas suplementadas com as doses 4 e 6 t.ha⁻¹ de ácido silícico. Diversos estudos têm demonstrado que o silício pode estimular a produção de compostos de defesa nas plantas (Ma et al., 2004; Rodrigues et al., 2005).

Quando as plantas são suplementadas com silício, elas podem responder produzindo mais celulose. A celulose é um polissacarídeo estrutural que forma a parede celular das células das plantas, fornecendo rigidez e resistência mecânica. Vários estudos relatam que o silício pode estimular a produção de celulose, bem como outros componentes da parede celular, como lignina e suberina, tornando a parede celular mais

forte e resistente a danos externos (Ma e Yamaji, 2006; Mitani et al., 2009).

Quando uma planta é atacada por um pulgão, ela pode produzir mais celulose para fortalecer a parede celular e proteger as células das danificações, causadas pelos insetos. Portanto, a suplementação de silício pode ajudar as plantas a aumentar sua resistência às pragas e às doenças, por meio de uma resposta celular mais forte e robusta (Savvas e Ntatsi, 2015).

Além disso, há trabalhos que relatam uma redução significativa de nitrogênio, de fósforo, de potássio, de açúcares totais, e conteúdo de clorofila em sorgo, devido à infestação *Melanaphis* (Balikai, 2001). Neste estudo houve redução significativa para o nitrogênio, para fósforo e para zinco quando atacado por pulgões. Os pulgões podem causar efeitos indiretos na planta, que afetam a disponibilidade de nutrientes. Por exemplo, a saliva dos pulgões pode induzir mudanças na fisiologia da planta, como a redução da taxa fotossintética e a inibição da atividade das enzimas envolvidas na fixação de nitrogênio (Dampc et al., 2020). Essas alterações podem afetar a capacidade da planta de acumular nutrientes, levando a uma redução no teor de fósforo e de nitrogênio na matéria seca. Estudos também relatam, que a interação entre plantas e pulgões pode afetar a composição química da seiva, tornando-a menos nutritiva para os pulgões e reduzindo assim, o impacto do ataque sobre a planta (Tjallingii, 2006).

O Si pode facilitar o acúmulo de macronutrientes e de micronutrientes (Cuong et al. 2017; Greger et al. 2018), e a sua suplementação no solo, por silicatos naturais, tem o potencial de mitigar estresses ambientais e depleção de nutrientes, por sua capacidade de regular a absorção de nutrientes do solo, em diferentes culturas (Guntzer et al. 2012). Nos resultados apresentados, as plantas suplementadas com as doses 4 e 6 t.ha⁻¹ de ácido silícico, apresentaram maior porte e maior número de folhas, e nas suas características fitotécnicas, maior teor de celulose e de hemicelulose, mas menor teor de lignina em sua composição, além do maior acúmulo de nutrientes como fósforo, cálcio, boro, cobre, manganês e Si, enquanto as doses 0 e 2 t.ha⁻¹, apresentaram maior teor de potássio e de nitrogênio.

Em conjunto, os resultados indicam que a aplicação de ácido silícico pode ser uma estratégia promissora, para o manejo de infestações pelo pulgão *M. sorghi*, em plantas de sorgo, conferindo resistência aos genótipos avaliados sem comprometer a qualidade nutricional das plantas. No entanto, é importante salientar que o efeito do ácido silícico pode variar entre genótipos, pois os mecanismos ainda não estão totalmente elucidados. A compreensão dos efeitos do ácido silícico, em diferentes doses e sua interação com a

infestação de pulgões, pode ser útil para orientar a escolha de genótipos mais resistentes e otimizar a aplicação do ácido silícico, como parte de um programa de manejo integrado de pragas.

5 CONCLUSÃO

- O genótipo BRS716 apresentou maior suscetibilidade à infestação e à injúria, comparado aos demais;
- A dose 6 t.ha⁻¹ de ácido silícico, foi a mais eficiente para redução da injúria e da infestação para os genótipos BRS373, BRS658, Ponta Negra e BRS716;
- As plantas suplementadas com a dose 4 e 6 t.ha⁻¹ de ácido silícico apresentam maior porte, maior número de folhas na planta, assim como, maior porcentagem de celulose e de hemicelulose e maior quantidade de fosforo, de cálcio, de boro, de cobre, de zinco, de manganês e de Si.
- A infestação de *M. sorghi* reduz o número de folhas, a porcentagem de FDN, de FDA, de lignina, de hemicelulose e de poder calorífico (MJ/Kg), bem como as quantidade de nitrogênio, de fosforo e de Si, nas plantas de sorgo.

6 REFERÊNCIAS

- ARMSTRONG, J. S., MBULWE, L., SEKULA-ORTIZ, D., VILLANUEVA, R. T., & ROONEY, W. L.. Resistance to *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) in forage and grain sorghums. *Journal of economic entomology*, v. 110, n. 1, p. 259-265, 2017.
- AVELLAR, G. S., MENDES, S. M., MARRIEL, I. E., MENEZES, C. B., PARRELLA, R. D. C., & SANTOS, D. G.. Resistance of sorghum hybrids to sorghum aphid. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, 2022.
- BALIKAI, R. A.. Bioecology and management of the sorghum aphid, *Melanaphis sacchari*. 2001. 203 f. Tese (Doutorado) - **University of Agricultural Sciences, Karnataka**, 2001.
- BASAGLI, M. A., MORAES, J. C., CARVALHO, G. A., ECOLE, C. C., & GONÇALVES-GERVÁSIO, R. D. C.. Efeito da aplicação de silicato de sódio na resistência de plantas de trigo ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.)(Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, v. 32, p. 659-663, 2003.
- BELL, J. M.; BYNUM, E. d; PORTER, P.. Impact of mid-season sugarcane aphid infestation from blooming to harvest on forage sorghum yield and silage nutritive value. **Agronomy Journal**, v. 113, n. 5, p. 4252-4270, 2021.
- CARRANZA, J. A. Q.; QUINTERO, V. P.; UMÑIZ, R. B.; JARILLO, A. M.; LÓPEZ, R. Y.. Guía 2017 para el manejo del pulgón amarillo del sorgo. Celaya: **Fundación Guanajuato Produce A.C.**, 42 p. (Folleto para produtores, n. 1). 2017.
- 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**, v. 28, p. 505-510, 1999.
- CASSEL, J. L., GYSI, T., ROTHER, G. M., PIMENTA, B. D., LUDWIG, R. L., & DOS SANTOS, D. B.. Benefícios da aplicação de silício em plantas. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 4, p. 6601-6615, 2021.
- COSTA, R. R.; MORAES, J. C.; DA COSTA, R. R.. Feeding behaviour of the greenbug *Schizaphis graminum* on wheat plants treated with imidacloprid and/or silicon. **Journal of applied entomology**, v. 135, n. 1-2, p. 115-120, 2011
- CUONG, T. X., ULLAH, H., DATTA, A., & HANH, T. C.. Effects of silicon-based fertilizer on growth, yield and nutrient uptake of rice in tropical zone of Vietnam. **Rice Science**, v. 24, n. 5, p. 283-290, 2017.
- DAMPC, J., KULA-MAXIMENKO, M., MOLON, M., & DURAK, R.. Enzymatic defense response of apple aphid *Aphis pomi* to increased temperature. **Insects**, v. 11, n. 7, p. 436, 2020.
- DE FREITAS, M. M., DE SOUZA, B. H. S., NOGUEIRA, L., DI BELLO, M. M., & BOIÇA JÚNIOR, A. L.. Soybean defense induction to *Spodoptera cosmioides* herbivory is dependent on plant genotype and leaf position. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 12, n. 1, p. 85-96, 2018.
- FERNANDES, F. O., SOUZA, C. D. S. F., DE AVELLAR, G. S., NASCIMENTO, P. T., DAMASCENO, N. C. R., DOS SANTOS, N. M., ... & MENDES, S. M.. Manejo do

pulgão da cana-de-açúcar (*Melanaphis sacchari/sorghii*) na cultura do sorgo. **Embrapa Milho e Sorgo-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**. 2021.

FONSECA, A. R., CRUZ, I., CARVALHO, C. F., & SOUZA, B.. Resistência de genótipos de sorgo ao pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856)(Hemiptera: Aphididae): III. Efeito no desenvolvimento da planta. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, p. 585-592, 2004.

FUKUMOTO, G.; MAU, R.. Yellow sugarcane aphid in Hawayan pastures. **HITAHR BR EF**, p. 081-11, 1989.

GOLUBKINA, N., ZAYACHKOVSKY, V., SHESHNITSAN, S., SKRYPNIK, L., ANTOSHKINA, M., SMIRNOVA, A., ... & CARUSO, G.. Prospects of the Application of Garlic Extracts and Selenium and Silicon Compounds for Plant Protection against Herbivorous Pests: A Review. **Agriculture**, v. 12, n. 1, p. 64, 2022.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; ASSIS, G. A.. Silicon and imidacloprid on plants colonized by *Myzus persicae* and on vegetative development of potato. **Ci. Rural**, p. 1209-1213, 2008.

GOUSSAIN, M. M.; PRADO, E.; MORAES, J. C.. Effect of silicon applied to wheat plants on the biology and probing behavior of the greenbug *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 807-813. 2005.

GREGER, M., LANDBERG, T., & VACULÍK, M.. Silicon influences soil availability and accumulation of mineral nutrients in various plant species. **Plants**, v. 7, n. 2, p. 41, 2018.

GUNTZER, F.; KELLER, C.; MEUNIER, J.D.. Benefits of plant silicon for crops: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 32, n. 1, p. 201-213, 2012.

KNUTSON, A., BOWLING, R., BREWER, M., BYNUM, E., & PORTER, P.. The sugarcane aphid: management guidelines for grain and forage sorghum in Texas. **NTO-035, Texas A&M AgriLife Extension, College Station, TX**, 2016.

KVEDARAS, O. L., AN, M., CHOI, Y. S., & GURR, G. M.. Silicon enhances natural enemy attraction and biological control through induced plant defences. **Bulletin of entomological research**, v. 100, n. 3, p. 367-371, 2010.

LIMA, D. T.. Silício na produtividade e na indução de resistência direta e indireta do sorgo aos pulgões. 2018. 75 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

LUYCKX, M., HAUSMAN, J. F., LUTTS, S., & GUERRIERO, G.. Silicon and plants: current knowledge and technological perspectives. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 411, 2017.

MA, J. F., MITANI, N., NAGAO, S., KONISHI, S., TAMAI, K., IWASHITA, T., & YANO, M.. Characterization of the silicon uptake system and molecular mapping of the silicon transporter gene in rice. **Plant physiology**, v. 136, n. 2, p. 3284-3289, 2004.

MA, J. F., & YAMAJI, N.. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in plant science**, v. 11, n. 8, p. 392-397, 2006.

MENDES, S., VIANA, P., de OLIVEIRA, I. R., de MENEZES, C. B., TOMPSON, W., & WAQUIL, J. (2019). Pulgão-da-cana-de-açúcar no sorgo: um velho conhecido, mas um novo problema!. *Embrapa Milho e Sorgo-Artigo de divulgação na mídia* (INFOTECA-E).

MITANI, N., CHIBA, Y., YAMAJI, N., MA, J.F.. Identification and characterization of maize and barley Lsi2-like silicon efflux transporters reveals a distinct silicon uptake system from that in rice. **Plant Cell**, 21, 2133–2142, 2009.

MBULWE, L. Evaluating Host-Plant Resistance against Sugarcane Aphid (*Melanaphis sacchari* (Zehntner)) in Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Texas A&M University's Office of Graduate and Professional Studies (OGAPS)**. 2017. Tese de Doutorado.

NIBOUCHE, S., COSTET, L., HOLT, J. R., JACOBSON, A., PEKARCIK, A., SADEYEN, J., ... & MEDINA, R. F.. Invasion of sorghum in the Americas by a new sugarcane aphid (*Melanaphis sacchari*) superclone. **PLoS One**, v. 13, n. 4, p. e0196124, 2018.

PEKARCIK, A. J.. Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner), a new pest of sorghum, *Sorghum bicolor* (L.), in Alabama. 2016. **Tese de Doutorado. Auburn University**.

RASOOLIZADEH, A., LABBÉ, C., SONAH, H., DESHMUKH, R. K., BELZILE, F., MENZIES, J. G., & BÉLANGER, R. R.. Silicon protects soybean plants against *Phytophthora sojae* by interfering with effector-receptor expression. **BMC plant biology**, v. 18, n. 1, p. 1-13, 2018.

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**, v. 7, p. 744, 2016.

RODRIGUES, A. A. R.. Silício e herbivoria no metabolismo e resistência induzida em milho e sorgo. 2020. 96 f. **Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia**, Uberlândia, 2020.

RODRIGUES, F. Á., JURICK II, W. M., DATNOFF, L. E., JONES, J. B., & ROLLINS, J. A.. Silicon influences cytological and molecular events in compatible and incompatible rice-Magnaporthe grisea interactions. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 66, n. 4, p. 144-159, 2005.

RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE, L. A.; TERÁN, A. P. *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae): A new sorghum insect pest in Mexico. **Southwestern Entomologist**, v. 40, n. 2, p. 433-434, 2015.

SAVVAS, D., NTATSI, G.. Biostimulant activity of silicon in horticulture. **Scientia Horticulturae**, 196, 66–81, 2015.

SETOKUCHI, O.. Damage to forage sorghum by *Longiunguis sacchari* (Zehntner) (Aphididae). **Proceedings of the Association of Plant Protection of Kyushu**.. p. 66-70. 1979

SINGH, B. U.; PADMAJA, P. G.; SEETHARAMA, N.. Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner)(Hemiptera: Aphididae), in sorghum: a review. **Crop Protection**, v. 23, n. 9, p. 739-755, 2004.

TJALLINGII, W. F.. Salivary secretions by aphids interacting with proteins of phloem wound responses. *Journal of Experimental Botany*, 57, 739-745, 2006.

VAN DEN BERG, J., PRETORIUS, AJ & VAN LOGGERENBERG, M. Effect of leaf feeding by *Melanaphis sacchari* (Zehntner)(Homoptera: Aphididae), on sorghum grain quality. **South African Journal of Plant and Soil**, v. 20, n. 1, p. 41-43, 2003.

WAGNER, F.. The importance of silicic acid for the growth of some cultivated plants, their metabolism, and their susceptibility to true mildews. **Phytopathologische Zeitschrift**, v. 12, n. 5, 1940.M131/30.

YANG, L., LI, P., LI, F., ALI, S., SUN, X., & HOU, M.. Silicon amendment to rice plants contributes to reduced feeding in a phloem-sucking insect through modulation of callose deposition. **Ecology and Evolution**, v. 8, n. 1, p. 631-637, 2018.

YIN, L., WANG, S., LIU, P., WANG, W., CAO, D., DENG, X., & ZHANG, S.. Silicon-mediated changes in polyamine and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid are involved in silicon-induced drought resistance in *Sorghum bicolor* L. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 80, p. 268-277, 2014.

ANEXOS

Anexo 1. Equações de Regressão Linear, para genótipos de sorgo, em doses diferentes de ácido silícico para infestação (Figura 2) e para injúria (Figura 3):

Infestação ***AG1090***

$$\begin{aligned} \text{Dose 0- } y &= 6,3571x - 1,4 \quad R^2 = 0,8927 \\ \text{Dose 2- } y &= 8,3286x + 2,4571 \quad R^2 = 0,9832 \\ \text{Dose 4- } y &= 8,2571x - 4,4286 \quad R^2 = 0,9685 \\ \text{Dose 6- } y &= 9,2286x - 8,8286 \quad R^2 = 0,9206 \end{aligned}$$

BRS373

$$\begin{aligned} \text{Dose 0- } y &= 4,5214x + 8,3429 \quad R^2 = 0,5 \\ \text{Dose 2- } y &= 7,3071x - 1,0857 \quad R^2 = 0,7604 \\ \text{Dose 4- } y &= 6,1429x - 2,4286 \quad R^2 = 0,6928 \\ \text{Dose 6- } y &= 6,0214x - 6,7143 \quad R^2 = 0,7173 \end{aligned}$$

BRS658

$$\begin{aligned} \text{Dose 0- } y &= 5,4643x + 5,4857 \quad R^2 = 0,6865 \\ \text{Dose 2- } y &= 7,6x + 8,4 \quad R^2 = 0,9259 \\ \text{Dose 4- } y &= 5,2857x - 0,2 \quad R^2 = 0,8563 \\ \text{Dose 6- } y &= 7,4929x - 9,5143 \quad R^2 = 0,6917 \end{aligned}$$

PONTA NEGRA

$$\begin{aligned} \text{Dose 0- } y &= 7,8x + 3,5714 \quad R^2 = 0,8541 \\ \text{Dose 2- } y &= 6,7786x + 5,7714 \quad R^2 = 0,8678 \\ \text{Dose 4- } y &= 7,6214x - 6,6286 \quad R^2 = 0,8385 \\ \text{Dose 6- } y &= 6,85x - 8,1429 \quad R^2 = 0,7027 \end{aligned}$$

BRS716

$$\begin{aligned} \text{Dose 0- } y &= 16,193x - 4,0286 \quad R^2 = 0,94 \\ \text{Dose 2- } y &= 13,593x - 7,6 \quad R^2 = 0,94 \\ \text{Dose 4- } y &= 12,229x - 25,314 \quad R^2 = 0,6242 \\ \text{Dose 6- } y &= 9,7429x - 21,2 \quad R^2 = 0,7184 \end{aligned}$$

Injúria ***Ag1090***

$$\begin{aligned} \text{Dose 0- } y &= 7,2643x - 9,5429 \quad R^2 = 0,9441 \\ \text{Dose 2- } y &= 10,179x - 13,314 \quad R^2 = 0,926 \\ \text{Dose 4- } y &= 5,3714x - 5,8 \quad R^2 = 0,885 \\ \text{Dose 6- } y &= 7,2643x - 10,486 \quad R^2 = 0,8153 \end{aligned}$$

BRS373

$$\begin{aligned} \text{Dose 0- } y &= 8,5786x - 5,4571 \quad R^2 = 0,9328 \\ \text{Dose 2- } y &= 5,5929x - 3,8 \quad R^2 = 0,8431 \\ \text{Dose 4- } y &= 5,8429x - 9,7714 \quad R^2 = 0,5747 \\ \text{Dose 6- } y &= 2,9643x - 4,0286 \quad R^2 = 0,5724 \end{aligned}$$

BRS658

$$\begin{aligned} \text{Dose 0- } y &= 5,7643x + 1,9429 \quad R^2 = 0,8645 \\ \text{Dose 2- } y &= 7,7286x + 4,5714 \quad R^2 = 0,7547 \\ \text{Dose 4- } y &= 4,4714x - 6,4571 \quad R^2 = 0,8497 \\ \text{Dose 6- } y &= 5,4857x - 11,457 \quad R^2 = 0,4837 \end{aligned}$$

PONTA NEGRA

$$\begin{aligned} \text{Dose 0- } y &= 11,536x - 17,114 \quad R^2 = 0,896 \\ \text{Dose 2- } y &= 7,45x - 2,6286 \quad R^2 = 0,8943 \\ \text{Dose 4- } y &= 7,6143x - 9,3143 \quad R^2 = 0,7724 \\ \text{Dose 6- } y &= 5,7143x - 10,457 \quad R^2 = 0,7507 \end{aligned}$$

BRS716

$$\begin{aligned} \text{Dose 0- } y &= 18,229x - 24,829 \quad R^2 = 0,8887 \\ \text{Dose 2- } y &= 13,414x - 20,571 \quad R^2 = 0,9344 \\ \text{Dose 4- } y &= 9,9643x - 23,914 \quad R^2 = 0,4698 \\ \text{Dose 6- } y &= 8x - 19,971 \quad R^2 = 0,5551 \end{aligned}$$

Anexo 2. Resumo da análise de variância para Biometria de cinco genótipos de sorgo, com a adubação com a dose 0 e 2t.ha⁻¹ de silício, e com e sem infestação do pulgão *Melanaphis sorghi*.

FV	GL	Altura (cm)	Colmo (mm)	Nº de folhas	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Genótipo	4	16,28**	4,09 ^{NS}	0,33 ^{NS}	1,82 ^{NS}	1,50 ^{NS}
Silício	3	7,94*	0,53 ^{NS}	5,36**	0,90 ^{NS}	0,19 ^{NS}
Infestação	1	3,29 ^{NS}	0,11 ^{NS}	5,71*	0,26 ^{NS}	0,01 ^{NS}
Genótipo*Silício	12	0,31 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,71 ^{NS}	0,22 ^{NS}	0,15 ^{NS}
Genótipo*Infestação	3	1,03 ^{NS}	0,40 ^{NS}	0,36 ^{NS}	0,58 ^{NS}	0,44 ^{NS}
Silício*Infestação	3	0,45 ^{NS}	0,21 ^{NS}	0,34 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,15 ^{NS}
Genótipo*Silício*Infestação	12	0,21 ^{NS}	0,25 ^{NS}	0,23 ^{NS}	0,22 ^{NS}	0,28 ^{NS}
erro 1	6					
erro 2	112					
Média		114,98	11,01	18,95	84,87	12,34
CV1(%)		27,98	28,16	10,21	79,04	81,77
CV2(%)		16,86	15,69	8,90	35,73	12,34

ns, * e **: não significativo, significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Anexo 3. Resumo da análise de variância para composição bromatológica, de cinco genótipos de sorgo, com a adubação com a dose 0 e 2t.ha⁻¹ de silício, e com e sem infestação do pulgão *Melanaphis sorghi*.

FV	GL	FDN (%)	FDA (%)	Lignina (%)	Poder calorífico (MJ/Kg)	Celulose (%)	Hemicelulose (%)
Genótipo	4	24,50**	44,81**	32,50**	7,86**	4,13*	17,12**
Silício	3	0,95 ^{NS}	0,11 ^{NS}	10,62**	0,35 ^{NS}	45,34**	34,20**
Infestação	1	66,42**	53,23**	60,90**	8,53*	15,53**	88,18**
Genótipo*silício	12	0,52 ^{NS}	0,85 ^{NS}	0,23 ^{NS}	1,62 ^{NS}	4,28*	1,83 ^{NS}
Genótipo*Infestação	4	0,97 ^{NS}	1,80 ^{NS}	1,14 ^{NS}	2,67 ^{NS}	1,09 ^{NS}	1,25 ^{NS}
Silício*Infestação	3	0,36 ^{NS}	1,07 ^{NS}	1,95 ^{NS}	0,46 ^{NS}	14,32**	1,98 ^{NS}
Genótipo*Silício*Infestação	12	1,10 ^{NS}	1,42 ^{NS}	0,78 ^{NS}	1,66 ^{NS}	0,36 ^{NS}	1,42 ^{NS}
erro 1	6						
erro 2	112						
Média		62,23	31,18	3,84	16,06	34,94	28,88
CV1(%)		6,74	7,39	14,37	1,95	10,40	7,46
CV2(%)		5,57	6,82	12,65	1,75	7,44	5,84

ns, * e **: não significativo, significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Anexo 4. Resumo da análise de variância para quantidade de macronutrientes, em cinco genótipos de sorgo, com a adubação com a dose 0 e 2t.ha⁻¹ de silício, e com e sem infestação do pulgão *Melanaphis sorghi*.

FV	GL	N(g.Kg ⁻¹)	P(g.Kg ⁻¹)	K(g.Kg ⁻¹)	Ca(g.Kg ⁻¹)	Mg(g.Kg ⁻¹)	S(g.Kg ⁻¹)
Genótipo	4	3,24 ^{NS}	3,41 ^{NS}	1,19 ^{NS}	2,21 ^{ns}	0,19 ^{NS}	5,03 ^{NS}
Silício	3	65,21 ^{**}	44,51 ^{**}	16,96 ^{**}	30,14 ^{**}	1,51 ^{NS}	0,45 ^{NS}
Infestação	1	30,73 ^{**}	9,40 [*]	0,051 ^{NS}	0,56 ^{NS}	3,18 ^{NS}	0,00 ^{NS}
Genótipo*Silício	12	1,46 ^{NS}	0,89 ^{NS}	0,247 ^{NS}	0,22 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,59 ^{NS}
Genótipo*Infestação	4	1,31 ^{NS}	1,13 ^{NS}	0,292 ^{NS}	0,21 ^{NS}	0,34 ^{NS}	0,74 ^{NS}
Silício*Infestação	3	0,40 ^{NS}	1,59 ^{NS}	1,28 ^{NS}	0,26 ^{NS}	0,26 ^{NS}	1,64 ^{NS}
Genótipo*Silício*Infestação	12	0,44 ^{NS}	0,51 ^{NS}	0,28 ^{NS}	0,25 ^{NS}	0,17 ^{NS}	0,43 ^{NS}
erro 1	6						
erro 2	112						
édia		21,88	2,07	17,73	4,93	2,62	1,24
CV1(%)		11,29	26,35	35,70	34,88	59,02	17,43
CV2(%)		10,09	19,18	19,73	14,89	25,88	13,61

ns, * e **: não significativo, significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Anexo 5. Resumo da análise de variância para quantidade de micronutrientes, em cinco genótipos de sorgo, com a adubação com a dose 0 e 2 t.ha⁻¹ de silício, e com e sem infestação do pulgão *Melanaphis sorghi*.

FV	GL	B(mg.Kg ⁻¹)	Cu(mg.Kg ⁻¹)	Fe(mg.Kg ⁻¹)	Mn(mg.Kg ⁻¹)	Zn(mg.Kg ⁻¹)	Si(mg.Kg ⁻¹)
Genótipo	4	0,06 ^{NS}	0,75 ^{NS}	0,71 ^{NS}	1,77 ^{NS}	6,57 ^{NS}	5,79 [*]
Silício	3	11,25 ^{**}	28,65 ^{**}	1,65 ^{NS}	5,83 [*]	30,22 ^{**}	30,26 ^{**}
Infestação	1	5,64 ^{NS}	4,04 ^{NS}	3,02 ^{NS}	2,63 ^{NS}	24,85 ^{**}	32,60 ^{**}
Genótipo*silício	12	0,29 ^{NS}	1,79 ^{NS}	0,67 ^{NS}	0,67 ^{NS}	1,51 ^{NS}	5,13 [*]
Genótipo*Infestação	4	0,38 ^{NS}	4,34 ^{NS}	1,53 ^{NS}	0,78 ^{NS}	0,19 ^{NS}	5,12 [*]
Silício*Infestação	3	3,33 ^{NS}	2,33 ^{NS}	1,50 ^{NS}	3,59 ^{NS}	5,87 [*]	13,23 ^{**}
Genótipo*Silício*Infestação	12	0,30 ^{NS}	2,17 ^{NS}	0,90 ^{NS}	0,76 ^{NS}	0,52 ^{NS}	3,47 ^{NS}
erro 1	6						
erro 2	112						
Média		15,11	3,38	103,31	78,87	21,11	1027,35
CV1(%)		59,31	40,60	100,07	34,63	21,98	129,58
CV2(%)		29,96	56,13	103,31	21,78	19,11	147,60

ns, * e **: não significativo, significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.