

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

RICARDO FERREIRA DOMINGUES

**SILÍCIO NA INCIDÊNCIA DE PRAGAS E DOENÇAS, NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE  
SEMENTES E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DO SORGO FORRAGEIRO**

UBERLÂNDIA/MG

2026

RICARDO FERREIRA DOMINGUES

**SILÍCIO NA INCIDÊNCIA DE PRAGAS E DOENÇAS, NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE  
SEMENTES E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DO SORGO FORRAGEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de  
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de  
Pós-graduação em Agronomia, área de concentração  
em Fitotecnia, para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Marcus Vinicius Sampaio

Coorientador: Prof. Dr. Hugo César Rodrigues Moreira  
Catão

UBERLÂNDIA/MG

2026

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

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D671<br>2026 | <p>Domingues, Ricardo Ferreira, 1996-<br/>Silício na incidência de pragas e doenças, na qualidade fisiológica de sementes e composição bromatológica do sorgo forrageiro [recurso eletrônico] / Ricardo Ferreira Domingues. - 2026.</p> <p>Orientador: Marcus Vinicius Sampaio.<br/>Coorientador: Hugo César Rodrigues Moreira Catão.<br/>Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Agronomia.<br/>Modo de acesso: Internet.<br/>DOI <a href="http://doi.org/10.14393/ufu.te.2026.430">http://doi.org/10.14393/ufu.te.2026.430</a><br/>Inclui bibliografia.</p> <p>1. Agronomia. I. Sampaio, Marcus Vinicius, 1971-, (Orient.). II. Catão, Hugo César Rodrigues Moreira, 1983-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Agronomia. IV. Título.</p> <p>CDU: 631</p> |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

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

RICARDO FERREIRA DOMINGUES

**SILÍCIO NA INCIDÊNCIA DE PRAGAS E DOENÇAS, NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE  
SEMENTES E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DO SORGO FORRAGEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de  
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de  
Pós-graduação em Agronomia, área de concentração  
em Fitotecnia, para obtenção do título de Doutor.

Uberlândia, 03 de junho de 2026.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marcus Vinicius Sampaio  
ICIAG-UFU  
(Orientador)

Prof. Dr. Hugo César Rodrigues Moreira Catão  
ICIAG-UFU  
(Coorientador)

Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira  
ICIAG-UFU

Prof. Dr. Lúcio Vilela Carneiro Girão  
FMVZ-UFU

Prof. Dr. Anderson Barbosa Evaristo  
UFVJM

Dr. Diego Tolentino de Lima  
Cooperativa COMIGO

UBERLÂNDIA/MG

2026



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia  
Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP  
38400-902  
Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppgagro.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

|                               |                                                                                                                                |                 |       |                       |       |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------|-----------------------|-------|
| Programa de Pós-Graduação em: | Agronomia                                                                                                                      |                 |       |                       |       |
| Defesa de:                    | Tese, 012/2026, PPGAGRO                                                                                                        |                 |       |                       |       |
| Data:                         | Três de junho de dois mil e vinte e seis                                                                                       | Hora de início: | 13:30 | Hora de encerramento: | 17:50 |
| Matrícula do Discente:        | 12223AGR004                                                                                                                    |                 |       |                       |       |
| Nome do Discente:             | Ricardo Ferreira Domingues                                                                                                     |                 |       |                       |       |
| Título do Trabalho:           | SILÍCIO NA INCIDÊNCIA DE PRAGAS E DOENÇAS, NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DO SORGO FORRAGEIRO |                 |       |                       |       |
| Área de concentração:         | Produção Vegetal                                                                                                               |                 |       |                       |       |
| Linha de pesquisa:            | Produção Vegetal em Áreas de Cerrado                                                                                           |                 |       |                       |       |

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Hamilton Seron Pereira - UFU; Lúcio Vilela Carneiro Girão - UFU, Diego Tolentino de Lima - Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano, Anderson Barbosa Evaristo - UFVJM; Marcus Vinícius Sampaio - UFU orientador do candidato.

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

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

Aprovado.

Essa tese possui mérito para ser indicada como destaque do Programa? ( x ) SIM  
NÃO ( )

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

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos,

conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Marcus Vinicius Sampaio, Professor(a) do Magistério Superior**, em 03/06/2026, às 18:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Hamilton Seron Pereira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 04/06/2026, às 07:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Lucio Vilela Carneiro Girao, Professor(a) do Magistério Superior**, em 10/06/2026, às 06:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Anderson Barbosa Evaristo, Usuário Externo**, em 10/06/2026, às 09:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Diego Tolentino de Lima, Usuário Externo**, em 10/06/2026, às 11:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **7371541** e o código CRC **740C856F**.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por toda a jornada que tive o privilégio de seguir, por sempre me colocar nos lugares certos, com as pessoas certas, e me dar as ferramentas necessárias para cada prova.

Aos meus pais, Gustavo Luiz Batista Domingues e Sandra Ferreira de Mendonça Domingues, por me apoiarem sempre, acreditando nas escolhas que fiz, e por entenderem a minha ausência, muitas vezes, em todo esse tempo de dedicação à minha formação.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcus Vinicius Sampaio, por me ensinar tanto, sobre caráter, discernimento, senso crítico, ciência e todo o critério e atenção aos detalhes que espero ter um dia. Agradeço muito pela amizade e parceria, por acreditar em mim e apoiar a minha mudança de projeto de Tese, no meio do caminho, para a pesquisa que sugeri.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Hugo César Rodrigues Moreira Catão, por reavivar em mim a paixão pela área de sementes, por abrir as portas do laboratório e por me incluir em tantos projetos e tanto aprendizado. Sou muito grato pela amizade e por toda a confiança que deposita em mim, por ter topado entrar em conjunto nesse projeto e por todo o apoio.

Ao meu amigo Adílio de Sá Júnior, por estar ao meu lado em toda essa caminhada, desde que me ajudou a arrumar um equipamento que estragou por acaso no final do meu mestrado. Por todos os ensinamentos, por me fazer voltar a ser um pouco mais eu mesmo, sempre dando atenção às minhas curiosidades intermináveis e me ensinando tanto sobre diversos assuntos, científicos ou não. Pela grande amizade que construímos, pelas risadas, conversas, pelos almoços e pela parceria inabalável em todo esse projeto, sem o qual não teria dado certo.

Aos meus amigos Brenda Santos Pontes, Maurício Alves de Oliveira Filho, Ana Laura Costa Santos e Marcela Silva Barbosa, por me ajudarem tanto em todo o projeto, em diversas etapas, distribuindo silício no campo, desbastando as dez mil plantas por metro linear, ficando com a cara cheia de fungos e pulgões, ensacando o sorgo para evitar a revoada de maritacas, muito obrigado por fazerem o caos ficar suportável e divertido.

A toda a equipe do NEPSem, Núcleo de Estudos e Pesquisa em Sementes, onde aprendi tanto e do qual tenho orgulho de fazer parte, em especial ao Flávio Augusto de Souza, Marcella Mara Pereira Almeida, Gabriela Mariano Melazzo e Airson Vítor dos Santos Ludovino. Sem toda a equipe, com toda a certeza, não teria sido possível a realização deste trabalho.

Ao técnico da fazenda do Glória, Gabriel de Moura Dantas, por toda a ajuda durante a implantação e execução do experimento.

Ao Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira por disponibilizar o Laboratório de Fertilizantes para realização das análises de silício e a todos os alunos que me auxiliaram, em especial a Ana Laura de Mello Marinho, que foi extremamente prestativa e de grande ajuda durante toda essa etapa.

Ao Prof Dr. Lúcio Vilela Carneiro Girão e ao técnico Onacir Jorge da Costa, por disponibilizarem o Laboratório de Bromatologia e por me instruírem na realização das análises.

Ao Grupo Agronelli, e ao Rodrigo Campos, por disponibilizarem o silicato utilizado no experimento.

A todos os membros da banca, por aceitarem o convite e por se disponibilizarem para a avaliação de meu trabalho.

À Universidade Federal de Uberlândia e ao Instituto de Ciências Agrárias, onde realizei a minha graduação, mestrado e agora concluo meu doutorado, minha casa fora de casa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida durante os anos de curso.

Toda a sorte que tive me surpreende, por todo o aprendizado, por todas as pessoas que encontrei em meu caminho, pela pessoa que me tornei. Agradeço imensamente a todos que caminharam nessa jornada comigo, sou muito grato por ter todos em minha vida, MUITO OBRIGADO, esse trabalho não existiria sem todos vocês, a conquista é nossa.

Espero poder fazer jus a tudo isso nas próximas etapas que virão, independentemente de quais sejam.

## RESUMO GERAL

DOMINGUES, Ricardo Ferreira. **Silício na incidência de pragas e doenças, na qualidade fisiológica de sementes e composição bromatológica do sorgo forrageiro**. 92 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG. 2026.

O uso do silício (Si) no aumento da resistência para diferentes espécies pragas, doenças e condições abióticas como o estresse hídrico é amplamente estudado, porém, grande parte dos estudos não aborda as etapas subsequentes da produção das culturas, como a avaliação da qualidade das sementes ou nutricional do material vegetal produzido. A composição bromatológica e a qualidade das sementes são influenciadas por diversos fatores, sendo que protocolos distintos de adubação podem alterar as características da semente e da planta como um todo. Diante do exposto, este trabalho objetivou estudar o efeito do Si sobre todo o ciclo do sorgo forrageiro, desde o aumento da resistência a diferentes insetos praga e doenças, até a qualidade fisiológica das sementes produzidas e a composição bromatológica do material vegetal. Para avaliação do aumento da resistência e qualidade fisiológica das sementes foram realizados dois experimentos, um avaliou diferentes doses (0, 300, 600, 900 e 1200 kg ha<sup>-1</sup> de Si e um tratamento adicional apenas com a correção do solo) e o outro experimento avaliou a ausência e presença do Si (800 kg ha<sup>-1</sup> de Si) relacionada a ausência e presença do controle químico, em fatorial duplo. Já a composição bromatológica do sorgo foi avaliada no experimento com diferentes doses de Si. Os experimentos foram conduzidos em um campo experimental localizado na fazenda do Glória, onde o Si foi aplicado no solo na forma de silicato de Ca e Mg, 30 dias antes do plantio. O teor de Si foi avaliado no solo, no tecido foliar e nas sementes. As avaliações da porcentagem de plantas com sintomas de ataque de insetos praga (afídeos, lagartas e percevejos) foram realizadas aos 23, 42, 49 e 56 dias após a emergência (DAE) da cultura. Foram avaliados parâmetros relacionados à produção, como produtividade e peso de mil sementes, além da qualidade física e fisiológica das sementes, por meio do teor de água, germinação, condutividade elétrica, emergência, índice de velocidade de emergência, tempo médio de emergência, massa seca das plântulas e envelhecimento acelerado. As análises bromatológicas incluíram determinação de cinzas, extrato etéreo (lipídeos), proteína bruta e fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA). Houve aumento do teor de Si no solo e no tecido foliar com o aumento da dose de silicato aplicada no solo nos dois experimentos, porém, não foi observada diferença para esse teor na

semente de sorgo. O Si aumentou a resistência do sorgo ao ataque de percevejos do gênero *Diceraeus* Spinola no primeiro experimento e de *Diceraeus* e lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) no segundo experimento, reduzindo a porcentagem de plantas com sintomas. As diferentes doses de silicato aplicadas não influenciaram a produção e a qualidade fisiológica das sementes de sorgo. A utilização do controle químico gerou leve aumento na massa seca de raízes, independente do uso de Si, porém, não houve efeito do controle químico tanto para a população de insetos, como para a produção e qualidade das sementes. Em relação a composição bromatológica, não observou-se efeito do Si para a porcentagem de cinzas, extrato etéreo, proteína bruta e FDN. Quando comparado ao tratamento adicional, o qual não se aplicou Si e recebeu menores quantidades de Ca e Mg, observou-se um aumento de cinzas na dose de 900 kg ha<sup>-1</sup> e aumento de FDA na dose de 1200 kg ha<sup>-1</sup>. A redução do ataque de insetos, seja pelo uso do Si ou pelo controle químico, não interferiu na qualidade de sementes e altas doses de Si, Ca e Mg no solo podem reduzir a digestibilidade do sorgo. Os benefícios do Si no controle de pragas superam as possíveis desvantagens em relação a digestibilidade do sorgo forrageiro, sem causar efeito na produtividade e qualidade das sementes da cultura.

**Palavras-chave:** adubação silicatada; *Sorghum bicolor* (L.) Moench; germinação; vigor; qualidade nutricional.

## GENERAL ABSTRACT

DOMINGUES, Ricardo Ferreira. **Silicon in the incidence of pests and diseases, in the seed physiological quality and bromatological composition of forage sorghum.** 92 f. Thesis (Doctorate in Phytotechnics) – Instituto de Ciências Agrárias, Federal University of Uberlândia, Uberlândia, MG. 2026.

The use of silicon (Si) to increase resistance against different pest species, diseases, and abiotic conditions such as water stress has been widely studied. However, most studies do not address the subsequent stages of crop production, such as the evaluation of seed quality or the nutritional quality of the produced plant material. Bromatological composition and seed quality are influenced by several factors, and different fertilization protocols may alter the characteristics of the seed and the plant as a whole. Given the above, this study aimed to investigate the effect of Si throughout the entire forage sorghum cycle, from increasing resistance to different insect pests and diseases to the physiological quality of the produced seeds and the bromatological composition of the plant material. To evaluate the increase in resistance and the physiological quality of the seeds, two experiments were conducted. One experiment evaluated different doses of Si (0, 300, 600, 900, and 1200 kg ha<sup>-1</sup> of Si, plus an additional treatment consisting only of soil correction), while the other experiment evaluated the absence and presence of Si (800 kg ha<sup>-1</sup> of Si) in relation to the absence and presence of chemical control, in a two-factor factorial design. The bromatological composition of sorghum was evaluated in the experiment with different Si doses. The experiments were carried out in an experimental field located at Glória Farm, where Si was applied to the soil in the form of calcium and magnesium silicate 30 days before planting. Si content was evaluated in the soil, leaf tissue, and seeds. Assessments of the percentage of plants showing symptoms of insect pest attack (aphids, caterpillars, and stink bugs) were performed at 23, 42, 49, and 56 days after crop emergence (DAE). Parameters related to production, such as yield and thousand-seed weight, were evaluated, in addition to the physical and physiological quality of the seeds through water content, germination, electrical conductivity, emergence, emergence speed index, mean emergence time, seedling dry mass, and accelerated aging. Bromatological analyses included the determination of ash, ether extract (lipids), crude protein, and neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF). There was an increase in Si content in the soil and leaf tissue with increasing silicate doses applied to the soil in both experiments; however, no difference was observed in the Si content of sorghum seeds. Si increased

sorghum resistance to attacks by stink bugs of the genus *Diceraeus* Spinola in the first experiment and by *Diceraeus* spp. and caterpillars of *Spodoptera frugiperda* (Smith) in the second experiment, reducing the percentage of plants showing symptoms. The different silicate doses applied did not influence the production or physiological quality of sorghum seeds. The use of chemical control resulted in a slight increase in root dry mass regardless of Si use; however, chemical control had no effect on insect populations, seed production, or seed quality. Regarding bromatological composition, no effect of Si was observed on the percentages of ash, ether extract, crude protein, or NDF. When compared to the additional treatment, in which Si was not applied and lower amounts of Ca and Mg were supplied, an increase in ash content was observed at the dose of 900 kg ha<sup>-1</sup> and an increase in ADF at the dose of 1200 kg ha<sup>-1</sup>. The reduction in insect attack, whether through the use of Si or chemical control, did not interfere with seed quality, and high doses of Si, Ca, and Mg in the soil may reduce the digestibility of forage sorghum. The benefits of Si in pest control outweigh the possible disadvantages related to forage sorghum digestibility, without affecting crop yield or seed quality.

**Keywords:** silicate fertilization; *Sorghum bicolor* (L.) Moench; germination; vigor; nutritional quality.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Condições climáticas durante a realização do experimento em campo, de março a agosto de 2025, de precipitação e temperatura mínima e máxima.....                                                                                                                                                                                                                                                                    | 29 |
| Figura 2 - Silício (Si) presente no solo e na folha de plantas de sorgo, provenientes de cultivo em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo.....                                                                                                                                                                                                                                                           | 33 |
| Figura 3 - Detalhe de células de sílica sobre superfície foliar de sorgo (A) e silício depositado (estrutura indicada por seta vermelha) no limbo foliar de sorgo, cultivado sem a aplicação de Si (B e C) e cultivado com a aplicação de Si na dose de 1.200 kg ha <sup>-1</sup> (D e E), realizadas por meio de microscópio eletrônico de varredura (MEV, B e D) e de espectroscopia de energia dispersiva (EDS, C e E)..... | 35 |
| Figura 4 - Porcentagem de plantas com sintomas de ataque de percevejo aos 23 dias (A) e aos 42 dias (B) após a emergência, sob cultivo em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo (kg ha <sup>-1</sup> ).....                                                                                                                                                                                              | 38 |
| Figura 5 - Imagem de semente de sorgo, cultivado com a aplicação de Si na dose de 1200 kg ha <sup>-1</sup> , feita por meio de microscópio eletrônico de varredura (MEV, A) e mapa de concentração de elementos detectados por meio de espectroscopia de energia dispersiva (EDS, B).....                                                                                                                                      | 61 |
| Figura 6 - Teor de água de sementes de sorgo, provenientes de cultivo em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo (kg ha <sup>-1</sup> ) e de tratamento adicional com apenas correção do solo (Ad).....                                                                                                                                                                                                    | 62 |
| Figura 7 - Teor de água de sementes de sorgo, provenientes de cultivo com e sem a presença de silício (0 e 800 kg ha <sup>-1</sup> ) e com (CP) e sem (SP) manejo químico de pragas.....                                                                                                                                                                                                                                       | 65 |
| Figura 8 - Correlação de Pearson das variáveis avaliadas entre os experimentos.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 85 |
| Figura 9 - Análise de componentes principais demonstrando a projeção dos tratamentos adicional (Ad) e das dosagens de Si utilizadas (0, 300, 600, 900 e 1200 kg ha <sup>-1</sup> ) e das variáveis avaliadas nos diferentes experimentos.....                                                                                                                                                                                  | 86 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Tratamentos inseticidas para o controle de afídeos no sorgo.....                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 31 |
| Tabela 2 - Concentração de silício (Si) presente no solo, na folha e na semente de plantas de sorgo, provenientes de cultivo em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo.....                                                                                                                                                                 | 33 |
| Tabela 3 - Porcentagem de plantas com sintomas de antracnose e cercosporiose sob cultivo em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo e de tratamento adicional com apenas correção do solo (Ad).....                                                                                                                                          | 36 |
| Tabela 4 - Porcentagem de plantas com sintomas de ataque de pulgão ( <i>R. maidis</i> ), percevejo e lagarta, 23 dias após a emergência, sob cultivo em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo e de tratamento adicional com apenas correção do solo (Ad).....                                                                              | 37 |
| Tabela 5 - Porcentagem de plantas com sintomas de ataque de percevejo e lagarta, 42 dias após a emergência, sob cultivo em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo e de tratamento adicional com apenas correção do solo (Ad).....                                                                                                           | 38 |
| Tabela 6 - Número médio de pulgões ( <i>M. sorghi</i> ) em plantas de sorgo sob cultivo em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo e de tratamento adicional com apenas correção do solo (Ad), aos 49 e 56 dias após a emergência e porcentagem de plantas com a presença de pulgões ( <i>M. sorghi</i> ) aos 49 dias após a emergência..... | 39 |
| Tabela 7 - Produtividade de sementes e peso de mil sementes (PMS), provenientes de sementes obtidas pelo cultivo de plantas em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo e de tratamento adicional com apenas correção do solo (Ad).....                                                                                                       | 40 |
| Tabela 8 - Silício (Si) presente no solo e na folha de plantas de sorgo provenientes de cultivo com e sem a presença de silício (0 e 800 kg ha <sup>-1</sup> ) e com e sem controle químico de pragas (com e sem controle).....                                                                                                                                  | 40 |
| Tabela 9 - Porcentagem de plantas com sintomas de e cercosporiose sob cultivo com e sem a presença de silício (0 e 800 kg ha <sup>-1</sup> ) e com e sem controle químico de pragas (com e sem controle).....                                                                                                                                                    | 41 |
| Tabela 10 - Porcentagem de plantas com sintomas de ataque de pulgão ( <i>R. maidis</i> ), percevejo e lagarta, 23 dias após a emergência, sob cultivo com e sem a presença de silício (0 e 800 kg ha <sup>-1</sup> ) e com e sem controle químico de pragas (com e sem controle).....                                                                            | 42 |
| Tabela 11 - Porcentagem de plantas com sintomas de ataque de percevejo e lagarta, 39 dias após a emergência, sob cultivo com e sem a presença de silício (0 e 800 kg ha <sup>-1</sup> ) e com e sem controle químico de pragas (com e sem controle).....                                                                                                         | 43 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 12 - Produtividade e peso de mil sementes (PMS) provenientes de cultivo com e sem a presença de silício (0 e 800 kg ha <sup>-1</sup> ) e com e sem manejo químico de pragas (com e sem controle).....                                                                                                    | 43 |
| Tabela 13 - Concentração de silício (Si) presente nas sementes de sorgo, provenientes de cultivo em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo.....                                                                                                                                            | 60 |
| Tabela 14 - Germinação de sementes de sorgo, massa seca da parte aérea e da raiz de plantas de sorgo, provenientes de sementes obtidas pelo cultivo de plantas em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo e de tratamento adicional com apenas correção do solo (Ad).....                   | 63 |
| Tabela 15 - Emergência de plantas de sorgo, índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME), provenientes de sementes obtidas pelo cultivo de plantas em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo e de tratamento adicional com apenas correção do solo (Ad)..... | 63 |
| Tabela 16 - Germinação após envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, provenientes de sementes obtidas pelo cultivo de plantas em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo e de tratamento adicional com apenas correção do solo (Ad).....                                          | 64 |
| Tabela 17 - Germinação de sementes e emergência de plantas de sorgo provenientes de sementes obtidas de plantas cultivadas com e sem a presença de silício (0 e 800 kg ha <sup>-1</sup> ) e com e sem manejo químico de pragas (com e sem controle).....                                                        | 66 |
| Tabela 18 - Massa seca da parte aérea e massa seca da raiz de plantas de sorgo, provenientes de sementes obtidas de plantas cultivadas com e sem a presença de silício (0 e 800 kg ha <sup>-1</sup> ) e com e sem manejo químico de pragas (com e sem controle).....                                            | 66 |
| Tabela 19 - Índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME), provenientes de sementes obtidas de plantas cultivadas com e sem a presença de silício (0 e 800 kg ha <sup>-1</sup> ) e com e sem manejo químico de pragas (com e sem controle).....                                    | 67 |
| Tabela 20 - Envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, provenientes de sementes obtidas de plantas cultivadas com e sem a presença de silício (0 e 800 kg ha <sup>-1</sup> ) e com e sem manejo químico de pragas (com e sem controle).....                                                             | 67 |
| Tabela 21 - Matéria mineral (cinzas) de folhas e grãos e extrato etéreo de folhas e grãos provenientes do cultivo de plantas em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo e de tratamento adicional com apenas correção do solo (Ad).....                                                     | 82 |
| Tabela 22 - Fibra em detergente neutro (FDN) de folhas e grãos e fibra em detergente ácido (FDA) de folhas e grãos provenientes do cultivo de plantas em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo e de tratamento adicional com apenas correção do solo (Ad).....                            | 83 |

Tabela 23 - Proteína de folhas e grãos provenientes do cultivo de plantas em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo e de tratamento adicional com apenas correção do solo (Ad).....84

## SUMÁRIO

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUÇÃO GERAL .....                                                 | 18 |
| REFERÊNCIAS .....                                                      | 19 |
| CAPÍTULO 1 .....                                                       | 23 |
| RESUMO .....                                                           | 23 |
| ABSTRACT .....                                                         | 24 |
| 1 INTRODUÇÃO.....                                                      | 24 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS.....                                              | 27 |
| 2.1. Experimento 1: Doses de silício .....                             | 27 |
| 2.2. Experimento 2: Interação do uso do Si com o controle químico..... | 28 |
| 2.3. Preparo do solo, semeadura e condução .....                       | 28 |
| 2.4. Avaliações .....                                                  | 29 |
| 2.4.1. Incidência de insetos e doenças .....                           | 29 |
| 2.4.2. Teor de silício no solo e nos tecidos vegetais.....             | 31 |
| 2.4.3. Deposição de silício por meio da análise de imagens .....       | 31 |
| 2.4.4. Produtividade e Peso de mil sementes.....                       | 32 |
| 2.4.5. Análises estatísticas .....                                     | 32 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                         | 32 |
| 3.1 Experimento 1: Doses de silício .....                              | 32 |
| 3.2 Experimento 2: Interação do uso do Si com o controle químico.....  | 40 |
| 4 CONCLUSÃO.....                                                       | 44 |
| <u>REFERÊNCIAS</u> .....                                               | 45 |
| CAPÍTULO 2 .....                                                       | 53 |
| RESUMO .....                                                           | 53 |
| ABSTRACT .....                                                         | 54 |
| 1 INTRODUÇÃO.....                                                      | 55 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS.....                                              | 57 |
| 2.1 Experimento 1: Doses de silício .....                              | 57 |
| 2.2 Experimento 2: Interação do uso do Si com o controle químico.....  | 57 |
| 2.3. Semeadura .....                                                   | 57 |
| 2.4. Avaliações .....                                                  | 58 |
| 2.4.1. Teor de silício nas sementes .....                              | 58 |
| 2.4.2. Qualidade fisiológica de sementes de sorgo.....                 | 58 |
| 2.4.3 Análises estatísticas .....                                      | 60 |

|                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                                                                                    | 60 |
| 3.1. Experimento 1: Doses de silício .....                                                                                                        | 60 |
| 3.2. Experimento 2: Interação do uso do Si com o controle químico.....                                                                            | 64 |
| 4 CONCLUSÃO.....                                                                                                                                  | 68 |
| <u>REFERÊNCIAS</u> .....                                                                                                                          | 69 |
| CAPÍTULO 3 .....                                                                                                                                  | 75 |
| RESUMO .....                                                                                                                                      | 75 |
| ABSTRACT .....                                                                                                                                    | 76 |
| 1 INTRODUÇÃO.....                                                                                                                                 | 77 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS.....                                                                                                                         | 78 |
| 2.1 Preparo do solo, plantio e coleta do material.....                                                                                            | 78 |
| 2.2 Composição bromatológica de folhas e grãos de sorgo .....                                                                                     | 79 |
| 2.3 Análises estatísticas .....                                                                                                                   | 81 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                                                                                    | 81 |
| 3.1 Doses de Si na qualidade do sorgo forrageiro .....                                                                                            | 81 |
| 3.2 Correlação entre características fitotécnicas da cultura, qualidade fisiológica das sementes e qualidade nutricional do sorgo forrageiro..... | 84 |
| 4 CONCLUSÃO.....                                                                                                                                  | 87 |
| <u>REFERÊNCIAS</u> .....                                                                                                                          | 88 |

## INTRODUÇÃO GERAL

O silício (Si) é um elemento que pode ser benéfico de diversas maneiras para o desenvolvimento das culturas, sendo acumulado principalmente pelas gramíneas, e gerando aumento da resistência a fatores bióticos, como insetos praga, e abióticos, como estresse hídrico (Kvedaras *et al.*, 2009; Bakhat *et al.*, 2018; Islam *et al.*, 2020; Singh *et al.*, 2020; Rehman *et al.*, 2023). Apesar de o acúmulo ser estudado nos tecidos foliares, não se tem conhecimento sobre a sua deposição nas sementes (Kumar *et al.*, 2017; Sun *et al.*, 2021).

Grande parte dos estudos sobre o uso do Si são focados em seu efeito sobre o aumento da resistência das plantas a insetos (Alvarenga *et al.*, 2017; Abdollahi, 2021; Qi *et al.*, 2021; Bhavanam; Stout, 2022; Jiang *et al.*, 2023; Oliveira *et al.*, 2023; Coutinho *et al.*, 2024; Qi *et al.*, 2024; Rahman *et al.*, 2024), e sobre características de produção da cultura, como tamanho de plantas e produtividade (Liu *et al.*, 2020; Rezende *et al.*, 2020; Alam *et al.*, 2021; Chakma *et al.*, 2021; Rahman *et al.*, 2024), e não são encontrados trabalhos sobre a qualidade fisiológica de sementes e composição bromatológica do material vegetal produzido.

As características e qualidade do produto final das culturas agrícolas são fatores de extrema importância e que devem ser estudados, pois alterações na qualidade fisiológica de sementes podem levar a um desenvolvimento inicial distinto e até mesmo em alterações na sua capacidade de armazenamento (Capelin *et al.*, 2022; Marinho *et al.*, 2022; Sundareswaran *et al.*, 2023; Corbineau, 2024), e alterações na qualidade bromatológica podem modificar a escolha dos componentes a serem utilizados na dieta animal (Lisboa *et al.*, 2021). Diferentes práticas de manejo, como adubação, uso de bioestimulantes e irrigação podem gerar respostas distintas sobre essas características (Peres *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2019; Domingos *et al.*, 2021; Cardoso *et al.*, 2022; Dameto *et al.*, 2023; Pereira *et al.*, 2025), o que justifica o estudo do efeito de novos protocolos sobre todas as etapas de produção das culturas.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a influência da aplicação de silicato no solo sobre o teor de Si no tecido foliar e nas sementes de sorgo forrageiro, no aumento da resistência da planta a insetos praga e doenças, sobre a qualidade fisiológica de sementes produzidas e sobre a qualidade bromatológica do material vegetal final, possibilitando elucidar as respostas da planta de sorgo a adição deste nutriente durante todo o ciclo da cultura.

## REFERÊNCIAS

- ABDOLLAHI, R.; YARAHMADI, F.; ZANDI-SOHANI, N. Impact of silicon-based fertilizer and salicylic acid on the population density of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) and its parasitism by *diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Crop Protection*, v. 10, n. 3, p. 473–482, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1001.1.22519041.2021.10.3.5.3>
- ALAM, A.; HARIYANTO, B.; ULLAH, H.; SALIN, K. R.; DATTA, A. Effects of Silicon on Growth, Yield and Fruit Quality of Cantaloupe under Drought Stress. *Silicon*, v. 13, p. 3153–3162, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12633-020-00673-1>
- ALVARENGA, R.; MORAES, J. C.; AUAD, A. M.; COELHO, M.; NASCIMENTO, A. M. Induction of resistance of corn plants to *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) by application of silicon and gibberellic acid. *Bulletin of Entomological Research*, v. 107, n. 4, p. 527–533, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485316001176>
- BAKHAT, H. F.; BIBI, N.; ZIA, Z.; ABBAS, S.; HAMMAD, H. M.; FAHAD, S.; ASHRAF, M. R.; SHAH, G. M.; RABBANI, F.; SAEED, S. Silicon mitigates biotic stresses in crop plants: A review. *Crop Protection*, v. 104, p. 21–34, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.10.008>
- BHAVANAM, S.; STOUT, M. J. Varietal Resistance and Chemical Ecology of the Rice Stink Bug, *Oebalus pugnax*, on Rice, *Oryza sativa*. *Plants*, v. 11, n. 22, p. 3169, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11223169>
- CAPELIN, M. A.; MADELLA, L. A.; PANHO, M. C.; MEIRA, D.; BARRIONUEVO, F.; RODRIGUES, A. P. D. C.; BENIN, G. Physiological quality and seed chemical composition of soybean seeds under different altitude. *Bragantia*, v. 81, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20210244>
- CARDOSO, A. I. I.; COLOMBARI, L. F.; SILVA, G. F.; CHAVES, P. P. N.; NOGUEIRA, B. B.; PUTTI, F. F. Calcium and boron foliar application in the production and quality of sweet pepper seeds. *Hortic. Bras.*, v. 40, n. 4, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20220404>
- CHAKMA, R.; SAEKONG, P.; BISWAS, A.; ULLAH, H.; DATTA, A. Growth, fruit yield, quality, and water productivity of grape tomato as affected by seed priming and soil application of silicon under drought stress. *Agricultural Water Management*, v. 256, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107055>
- CORBINEAU, F.; The Effects of Storage Conditions on Seed Deterioration and Ageing: How to Improve Seed Longevity. *Seed*, v. 3, n. 1, p. 56–75, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/seeds3010005>
- COUTINHO, W. B. G.; SILVA, F. C.; BARRIGOSI, J. A. F.; ALMEIDA, A. C. S.; JESUS, F. G. Silicon applications in rice plants alter the stylet probing behaviors of *Glypheidemia spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Insect Science*, v. 24, n. 2, p. 23, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieae046>

DAMETO, L. S.; MORAES, L. A. C.; KRZYZANOWSKI, F. C.; MOREIRA, A. Boron sources and rates on soybean seed physiological quality and root system volume. *J. Seed Sci.*, v. 45, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v45262849>

DOMINGOS, C. S.; BESEN, M. R.; NETO, M. E.; COSTA, E. J. O.; SCAPIM, C. A.; INOUE, T. T.; BATISTA, M. A.; BRACCINI, A. L. Can calcium and boron leaf application increase soybean yield and seed quality?. *Acta Agriculturae Scandinavica*, v. 71, n. 3, p. 171-181, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2020.1869818>

ISLAM, W.; TAYYAB, M.; KHALIL, F.; HUA, Z.; HUANG, Z.; CHEN, H. Y. H. Silicon-mediated plant defense against pathogens and insect pests. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 168, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2020.104641>

JIANG, Y.; QI, XX.; WANG, Z-H; LIU, X-D; HAN, Y-L.; LI, H.; WANG, Y. Effect of Different Forms of Silicon Application on Wheat Aphid Resistance. *Agric Res*, v. 12, p. 179–188, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40003-022-00636-5>

KUMAR, S.; SOUKUP, M.; ELBAUM, R. Silicification in grasses: Variation between different cell types. *Frontiers in Plant Science*, v. 8, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00438>.

KVEDARAS, O. L.; BYRNE, M. J.; COOMBES, N. E.; KEEPING, M. G. Influence of plant silicon and sugarcane cultivar on mandibular wear in the stalk borer *Eldana saccharina*. *Agricultural and Forest Entomology*, v. 11, n. 3, p. 301–306, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2009.00430.x>

LISBOA, L. A. M.; VENTURA, G.; FERREIRA, L.; FIGUEIREDO, P. A. M. Bromatological and morphological characteristic of forage plants. *Investig. Agrar.*, v. 23, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2021.junio.2301602>

LIU, X.; HUANG, Z.; LI, Y.; XIE, W.; LI, W.; TANG, X.; ASHRAF, U.; KONG, L.; WU, L.; WANG, S.; MO, Z. Selenium-silicon (Se-Si) induced modulations in physio-biochemical responses, grain yield, quality, aroma formation and lodging in fragrant rice. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 196, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110525>

MARINHO, J. L.; SILVA, S. R.; FONSECA, I. C. B.; ZUCARELI, C. Nitrogen fertilization and sowing density on yield and physiological quality of wheat seeds. *J. Seed Sci.*, v. 44, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v44254717>

OLIVEIRA, R. S.; SAMPAIO, M. V.; CARVALHO, F. J.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; KORNDORFER, G. H. Silicon amendments reduce aphid numbers and improve yield of aphid-resistant and susceptible wheat cultivars in a dose-dependent manner. *Crop Protection*, v. 172, n. 106296, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106296>

PEREIRA, E. L. C.; NEUMANN, M.; BALDISSERA, E.; KALINOVSKI, V.; GIACOMET, J. A. A.; PASSARIN FILHO, A.; CESAR, P. V. P.; VENANCIO, L. C.; RAMPIM, L.; BUMBIERIS JUNIOR, V. H. Biomass production and chemical composition of corn for silage in different reproductive

stages. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 46, n. 3, p. 943-964, 2025. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2025v46n3p943>

PERES, A. R.; KAPPES, C.; PORTUGAL, J. R.; SA, M. E.; MEIRELLES, F. C. Physiological quality of soybean seeds coming from cultivation with application of biostimulant. *Australian Journal of Crop Science*, v. 11, n. 2, p. 162-168, 2017. DOI: <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/informit.821619311390264>

QI, X.; XUE, X.; WANG, Z.; LI, S.; ZHANG, Z.; HAN, Y.; WANG, Y.; JIANG, Y. Silicon application enhances wheat defence against *Sitobion avenae* F. by regulating plant physiological-biochemical responses. *Basic and Applied Ecology*, v. 74, p. 13–23, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2023.11.003>

QI, X-X.; LIU, Y-N.; WEI, C.; WANG, Y.; JIANG, Y.; HAN Y-L. Mechanism of silicon application to improve constitutive and inducible resistance to aphid during physiological metabolism of maize[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, v. 27, n. 9, p. 1506-1522, 2021. DOI: <https://dx.doi.org/10.11674/zwyf.2021086>

RAHMAN, A.; HUSSAIN, F.; MAJEED, S.; NAZEER, M. U.; SHARIF, R. M. S.; ASIF, M.; SATTAR, W. Silicon Applications on Yield Attributes of Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Biology of Wheat-Aphid (*Schizaphis graminum*). *Silicon*, v. 16, n. 7, p. 3165–3172, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12633-024-02909-w>

REHMAN, I. U.; SHEERGOJRI, I. A.; WAR, A. F.; NAZIR, A.; RASOOL, N.; RASHID, I. Silicon Supplementation as an Ameliorant of Stresses in Sorghum. *Silicon*, v. 15, p. 5877–5889, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12633-023-02500-9>

REZENDE, G. F.; SAMPAIO, M. V.; MACHADO, B. Q. V.; LIMA, D. T.; PERDOMO, D. N.; CELOTO, F. J.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; SILVA, E. J. M.; OLIVEIRA, R. S.; PEREIRA, H. S. Efeito do silício em populações de afídeos e produtividade de trigo em Minas Gerais, Brasil. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 41, n. 6, p. 2481–2494, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n6p2481>

SILVA, L. J.; MEDEIROS, A. D.; OLIVEIRA, A. M. S. SeedCalc, a new automated R software tool for germination and seedling length data processing. *Journal of Seed Science*, v. 41, n. 2, p. 250-257, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v42n2217267>

SINGH, A.; KUMAR, A.; HARTLEY, S.; SINGH, I. K. Silicon: Its ameliorative effect on plant defense against herbivory. *Journal of Experimental Botany*, v. 71, n. 21, p. 6730–6743, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa300>

SUN, Y.; XU, J.; MIAO, X.; LIN, X.; LIU, W.; REN, H. Effects of exogenous silicon on maize seed germination and seedling growth. *Scientific Reports*, v. 11, n. 1014, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79723-y>

SUNDARESWARAN, S.; CHOUDHURY, P. R.; VANITHA, C.; YADAVA, D. K. *Seed Quality: Variety Development to Planting—An Overview*. In: DADLANI, M., YADAVA, D.K. (ed.). *Seed Science*

and Technology. Singapore: Springer, 2023. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5_1)

## CAPÍTULO 1

### Doses de silício e sua relação com a aplicação de inseticidas no aumento da resistência do sorgo forrageiro a insetos e doenças

#### RESUMO

O aumento da resistência resultante da adubação com silício (Si) é uma ferramenta amplamente estudada, sendo demonstrada a sua eficácia para diferentes espécies praga, tanto sugadores como mastigadores; doenças, como antracnose; e em diferentes culturas como sorgo, trigo, milho e arroz. Dentre as pragas de importância para o sorgo se tem espécies importantes de lagartas, percevejos e afídeos, gerando perdas de até 50%, sendo necessário um melhor entendimento de seu manejo. Objetivou-se com este trabalho estudar o efeito do Si sobre o aumento de resistência do sorgo a seu complexo de pragas e doenças. O trabalho foi realizado em dois experimentos, no primeiro avaliando diferentes doses (0, 300, 600, 900 e 1200 kg ha<sup>-1</sup> de Si e um tratamento adicional apenas com a correção do solo) e no segundo a ausência e presença do Si (800 kg ha<sup>-1</sup> de Si) relacionada a ausência e presença do controle químico, em fatorial duplo. O experimento foi conduzido em um campo experimental de produção de sementes de sorgo, localizado na fazenda do Glória, onde o Si foi aplicado no solo na forma de silicato de cálcio e magnésio, 30 dias antes do plantio. O teor de silício foi avaliado no solo e no tecido foliar. As avaliações de incidência de insetos praga foram realizadas aos 23, 42, 49 e 56 dias após a emergência da cultura, sendo avaliada a porcentagem de plantas com sintomas de ataque de cada praga e avaliação do número de *M. sorghi* por planta. Houve aumento do teor de Si no solo e no tecido foliar com o aumento da dose de silicato aplicada no solo nos dois experimentos. De maneira análoga, o aumento do Si no solo reduziu a infestação de percevejos, *Diceraeus* spp., nas plantas de sorgo. No segundo experimento, o Si reduziu a porcentagem de plantas com sintomas de ataque de *Diceraeus* spp. e lagartas, *Spodoptera frugiperda* (Smith), independente do controle químico, porém, este efeito não foi observado para os afídeos, *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) e *Melanaphis sorghi* (Theobald). O uso de Si aumentou a resistência de plantas de sorgo ao ataque de insetos sugadores e mastigadores.

**Palavras-chave:** adubação silicatada; *Sorghum bicolor* (L.) Moench; controle biológico.

## ABSTRACT

The increase in resistance resulting from silicon (Si) fertilization is a widely studied tool, and its effectiveness has been demonstrated for different pest species, including both sucking and chewing insects; diseases such as anthracnose; and in different crops such as sorghum, wheat, maize, and rice. Among the pests of importance to sorghum are significant species of caterpillars, stink bugs, and aphids, which can cause losses of up to 50%, making a better understanding of their management necessary. The objective of this study was to investigate the effect of Si on increasing sorghum resistance to its complex of pests and diseases. The study was carried out in two experiments. In the first, different doses were evaluated (0, 300, 600, 900, and 1200 kg ha<sup>-1</sup> of Si, plus an additional treatment consisting only of soil correction). In the second experiment, the absence and presence of Si (800 kg ha<sup>-1</sup> of Si) were associated with the absence and presence of chemical control in a two-factor factorial design. The experiment was conducted in an experimental sorghum seed production field located at Glória Farm, where Si was applied to the soil in the form of calcium and magnesium silicate 30 days before planting. Silicon content was evaluated in both the soil and leaf tissue. Assessments of pest insect incidence were conducted at 23, 42, 49, and 56 days after crop emergence, evaluating the percentage of plants showing symptoms of attack by each pest species and the number of *M. sorghi* per plant. There was an increase in Si content in both the soil and leaf tissue with increasing doses of silicate applied to the soil in both experiments. Similarly, increased Si in the soil reduced the infestation of stink bugs, *Diceraeus* spp., on sorghum plants. In the second experiment, Si reduced the percentage of plants showing symptoms of attack by *Diceraeus* spp. and caterpillars, *Spodoptera frugiperda* (Smith), regardless of chemical control. However, this effect was not observed for the aphids *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) and *Melanaphis sorghi* (Theobald). The use of Si increased the resistance of sorghum plants to attacks by both sucking and chewing insects.

**Keywords:** silicate fertilization; *Sorghum bicolor* (L.) Moench; biological control.

## 1 INTRODUÇÃO

O silício (Si) é um elemento considerado não essencial para as plantas cultivadas, porém, ele pode ser benéfico de diversas maneiras para o desenvolvimento das culturas

(Singh *et al.*, 2020). Este elemento pode ser acumulado por culturas como as gramíneas, que o absorvem na forma de ácido ortosilícico ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ), sendo acumulado nas paredes celulares dos tecidos vegetais, gerando uma barreira física capaz de causar desgaste na mandíbula de insetos mastigadores (Kvedaras *et al.*, 2009; Bakhat *et al.*, 2018). Outro possível efeito é o aumento na produção de substâncias voláteis, como o ácido jasmônico e ácido salicílico, principais elicitores dos mecanismos de defesa induzida das plantas, aumentando a resistência a insetos praga e a atração de inimigos naturais (Hall *et al.*, 2019; Oliveira *et al.*, 2020).

A aplicação de Si tem se mostrado eficiente em reduzir o efeito de estresses bióticos e abióticos em plantas, por meio do aumento da resistência (Islam *et al.*, 2020; Rehman *et al.*, 2023). Dentre os estresses abióticos se tem como exemplo a redução de efeitos negativos do estresse hídrico e térmico sobre plantas (Liang *et al.*, 2015; Malik *et al.*, 2021; Kumar *et al.*, 2022), e dentre os estresses bióticos se tem a redução do efeito negativo de insetos praga, como afídeos e lagartas, tanto por meio da indução de resistência por antibiose, que gera efeitos negativos sobre a biologia dos insetos; por antixenose, que leva o inseto a não preferir plantas que tenham a presença do silício; ou por tolerância, quando a planta apresenta menos efeitos negativos gerados pela infestação do inseto quando comparado a uma planta não tolerante (Smith, 2005).

Dentre os insetos que pertencem ao complexo de pragas da cultura do sorgo se tem os afídeos, que geram danos diretos por meio da sucção de seiva e indiretos por meio da transmissão de vírus e pelo aparecimento de fumagina, como *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), *Schizaphis graminum* (Rondani) e *Melanaphis sorghi* (Theobald), espécie que foi introduzida no Brasil em 2019, e recebe destaque por causar perdas de até 50% na produção de sorgo (Costa *et al.*, 1972; Bowling *et al.*, 2016; Nibouche *et al.*, 2018; Mendes *et al.*, 2019; Nibouche *et al.*, 2021; Harris-Shultz *et al.*, 2022); as lagartas, que atacam as folhas e colmos da planta, podem gerar de 11 a 22% de perdas na produção, como *Spodoptera frugiperda* (Smith) e *Diatraea saccharalis* (Fabr.); e percevejos, que atacam no início do desenvolvimento, perfurando o cartucho, e também na fase reprodutiva, alimentando-se dos grãos em enchimento, como *Diceraeus melachantus* (Dallas) e *Nezara viridula* (L.) (Cruz *et al.*, 2013; Mendes *et al.*, 2014; Mendes *et al.*, 2020).

Em função da ocorrência de grandes populações de pragas na cultura do sorgo no Brasil, a avaliação de práticas de manejo eficientes se torna importante para garantir o cultivo bem-sucedido desta cultura, sendo o aumento de resistência por meio do uso do Si uma

potencial ferramenta para o manejo integrado. A avaliação do aumento da resistência das culturas aos insetos pode ser feita por meio do crescimento populacional da espécie praga, comparando plantas com e sem a aplicação de Si (Boer *et al.*, 2019; Oliveira *et al.*, 2023).

Os estudos sobre o uso do silício em culturas geralmente são focados em seu efeito sobre o aumento da resistência, com vários exemplos demonstrando a redução da infestação de espécies sugadoras e mastigadoras, como *Sitobion avenae* (Fabricius, 1794) e *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) na cultura do trigo, *Rhopalosiphum padi* (L., 1758) e *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) na cultura do milho, *Brevicoryne brassicae* (L., 1758) na cultura da canola e *Glypheidomyia spinosa* (Campos; Grazia, 1998) e *Oebalus pugnax* (Fabricius, 1775) na cultura do arroz (Alvarenga *et al.*, 2017; Abdollahi, 2021; Qi *et al.*, 2021; Bhavanam; Stout, 2022; Jiang *et al.*, 2023; Oliveira *et al.*, 2023; Coutinho *et al.*, 2024; Qi *et al.*, 2024; Rahman *et al.*, 2024). Porém, efeitos no aumento da resistência pela aplicação de Si não são sempre encontrados, variando de acordo com a espécie de inseto praga e da planta hospedeira avaliada (Oliveira *et al.*, 2020; Rowe *et al.*, 2020).

No sorgo o aumento da resistência pela aplicação de Si foi confirmado para *M. sorghi* em trabalhos em laboratório e casa de vegetação (Domingues *et al.*, 2025, Santos *et al.*, 2025a; Santos *et al.*, 2025b), e para indivíduos de *S. graminum* em casa de vegetação, mas não para colônias (Sampaio *et al.*, 2020), não se tendo estudos que comprovem a sua ação no campo para estas espécies.

A aplicação de Si também pode gerar aumento da resistência a doenças, podendo reduzir a frequência de infecção e o tamanho da lesão, por meio de uma penetração dificultada do patógeno por conta do acúmulo de Si nas paredes celulares da planta hospedeira (Rodrigues e Dallagnol, 2024). Patógenos como *Colletotrichum sublineolum* em sorgo, *Colletotrichum graminicola* em milho e *Sorghum mosaic virus* na cana-de-açúcar apresentaram redução em sua infecção em plantas com aplicação de Si (Resende *et al.*, 2012; Lima *et al.*, 2019; Mochko *et al.*, 2024; Chen *et al.*, 2025).

Além de todos os efeitos benéficos para o desenvolvimento das culturas, o silicato de cálcio atua na correção do pH do solo de forma similar ao calcário, sendo fonte de cálcio e magnésio, podendo substituir este insumo e apresentando um custo igualmente acessível ao produtor (Fortes *et al.*, 2008; Oliveira, 2022).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar em dois experimentos em condições de campo o efeito do Si no aumento da resistência de plantas de sorgo. No primeiro experimento foi

avaliado o efeito de diferentes doses de Si e no segundo experimento a interação da aplicação de Si e o uso de inseticidas, visando responder aos seguintes objetivos específicos:

Objetivo específico 1: avaliar o potencial de diferentes doses de Si sobre o aumento da resistência do sorgo a insetos praga e doenças.

Hipótese nula (H0): não há aumento da resistência do sorgo com o uso de Si no solo.

Hipótese alternativa (H1.1): há aumento da resistência do sorgo com o uso de Si no solo, independente da dose.

Hipótese alternativa (H1.2): há aumento da resistência do sorgo com o uso de Si no solo, dependendo da dose.

Objetivo específico 2: avaliar a interação do uso do Si com a aplicação de inseticidas no aumento da resistência do sorgo a insetos praga e doenças.

Hipótese nula (H0): não há diferenças no nível de infestação observado para as espécies avaliadas com a aplicação de Si e de inseticidas.

Hipótese alternativa (H1.1): há aumento da resistência do sorgo para as espécies avaliadas com o uso de Si independente da aplicação de inseticidas.

Hipótese alternativa (H1.2): há aumento da resistência do sorgo para as espécies avaliadas com o uso de Si dependendo da aplicação de inseticidas.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Experimento 1: Doses de silício**

O experimento foi conduzido na Fazenda do Glória, área experimental pertencente à Universidade Federal de Uberlândia (UFU), localizada nas coordenadas 18°57'14.5"S e 48°12'36.5"W. O clima da região é classificado como Aw, segundo a classificação de Köppen, caracterizado por inverno seco e verão chuvoso, com temperatura média anual de aproximadamente 23 °C e precipitação média de 1.500 mm (Alvares *et al.*, 2013). O solo do local é do tipo latossolo vermelho distrófico e teor de Si de 4,1 mg dm<sup>-3</sup> (Anexo A). O experimento foi composto por cinco tratamentos (0, 300, 600, 900 e 1200 kg ha<sup>-1</sup> de Si total) de aplicação de silicato de cálcio e magnésio (4,76% de Si solúvel, 10,50% de Si total, 34,90% de CaO e 9,50% de MgO) e um adicional, com a aplicação de calcário de acrodo com a análise

de solo, em delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições, totalizando 30 parcelas. Cada parcela foi composta por 12 linhas de semeadura, com espaçamento de 0,5 m e sete metros de comprimento, totalizando 42 m<sup>2</sup>, e um metro entre parcelas. Para a parcela útil foram descartadas duas linhas de cada lateral e 0,5 m de cada extremidade, totalizando 24 m<sup>2</sup>.

## **2.2. Experimento 2: Interação do uso do Si com o controle químico**

O experimento foi conduzido em esquema fatorial duplo 2 x 2, sendo os fatores a ausência e presença de silício e ausência e presença de controle químico. A dose utilizada para as parcelas com aplicação de silício foi de 800 kg ha<sup>-1</sup> de Si total. O experimento foi conduzido no mesmo campo experimental que o experimento 1, com fatorial duplo (2 x 2) em delineamento em blocos casualizados, com seis repetições para cada tratamento, totalizando 24 parcelas.

## **2.3. Preparo do solo, semeadura e condução**

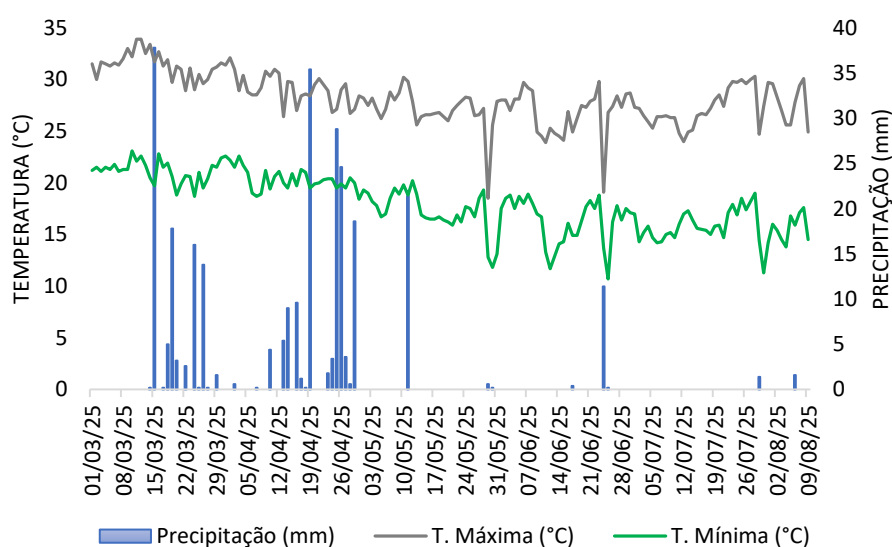
Em ambos os experimentos, para a testemunha e para os tratamentos que receberam doses menores de Si foi adicionado calcário dolomítico ao solo (43% de CaO e 8% de MgO), com a finalidade de igualar os teores de cálcio e magnésio ao aplicado sobre o tratamento com maior dose de Si. Desta forma, para o experimento 1, foi realizada a suplementação de 9.275,74, 6.956,81, 4.637,88 e 2.318,93 kg ha<sup>-1</sup> de calcário, respectivamente, para a testemunha e as doses de 300, 600 e 900 kg de Si ha<sup>-1</sup>. Para o adicional foi aplicada uma quantidade de 2.000 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, buscando se elevar a saturação por bases a 70%, baseada na análise de solo (Anexo A). Para as parcelas sem aplicação de Si do experimento 2 foi adicionado calcário dolomítico ao solo na quantidade de 6.183,84 kg ha<sup>-1</sup>, com a finalidade de igualar os teores de cálcio e magnésio ao aplicado sobre o tratamento com silício de 800 kg de Si ha<sup>-1</sup>.

A semeadura foi realizada no dia 21 de março de 2025 buscando se estabelecer uma população de 10 plantas por metro linear. A adubação de semeadura foi realizada com 300 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 4-14-8. O início da emergência ocorreu dia 24 de março, resultando em 200 mil plantas por hectare, utilizando a variedade de sorgo forrageiro BRS Ponta Negra, de

autopolinização e ciclo médio. A adubação de cobertura foi feita aos 25 dias após a emergência, com a aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de amônio.

As condições climáticas observadas durante o experimento estão expostas na Figura 1. A área foi irrigada por sistema de aspersores, com turno de rega de duas horas diárias, com uma lâmina média de 10 mm, realizado com intervalo de três dias, excluindo dias chuvosos, atendendo o requerimento de 380 a 600 mm da cultura (Albuquerque e Andrade, 2015), com 583 mm acumulados ao final do ciclo.

**Figura 1:** Condições climáticas durante a realização do experimento em campo, de março a agosto de 2025, de precipitação e temperatura mínima e máxima.



Fonte: o próprio autor.

## 2.4. Avaliações

### 2.4.1. Incidência de insetos e doenças

A primeira avaliação da incidência de insetos foi realizada no dia 16 de abril, 23 dias após a emergência (DAE), para ambos os experimentos, em estágio V4, assim que foi detectada a presença de afídeos na área, *R. maidis*, que se localiza no cartucho e não permite uma contagem do número de afídeos. A avaliação foi feita por meio da observação da presença de sintomas de ataque de afídeos (presença de insetos ou exúvias), lagartas (presença de insetos, danos no tecido foliar) e percevejos (presença de insetos, danos no tecido foliar) em 10 plantas por linha, de 10 linhas de cada parcela, sendo descartadas apenas

uma linha de cada extremidade da parcela. O cálculo da porcentagem de plantas com sintomas foi feito na sequência.

Após a primeira avaliação de insetos, foi realizado controle químico com inseticida e fungicida (Tabela 1), visando uma boa formação do stand de sorgo. Para isso, foi utilizado um pulverizador costal modelo Jacto Xp de 20 litros, com um bico de pulverização de tipo leque antideriva com indução de ar duplo da Magnojet, com volume de aplicação de 150 L ha<sup>-1</sup>, assim que foram detectados afídeos presentes nas plantas, *R. maidis*, não ultrapassando a nota de infestação 1,0 (colônia pequena, menos de 50 pulgões por folha), de acordo com a escala proposta por Fernandes *et al.* (2021). A primeira aplicação de inseticida, com a combinação de Closer SC e Ampligo, foi feita no dia 20 de abril, na área total do experimento 1 e nas parcelas com controle químico do experimento 2, com uma segunda aplicação dia 27 de abril. Foi feita uma aplicação de fungicida, Cercobin 875 WG, da mesma forma em cada experimento, feita no dia 29 de maio.

Foram realizadas mais duas avaliações (segunda e terceira avaliações) da população de insetos após a aplicação de inseticidas, utilizando a metodologia descrita para a primeira avaliação. A segunda avaliação da incidência de insetos foi realizada no dia 02 e 05 de maio, 39 e 42 DAE, em estágio V7, para os experimentos 1 e 2, respectivamente, em conjunto com a avaliação de sintomas de cercosporiose e antracnose, feitas de forma visual, contabilizando a porcentagem de plantas com sintomas. A terceira avaliação de insetos foi realizada no dia 12 de maio, 49 DAE, para verificar a incidência de afídeos, apenas para o experimento 1. Na terceira avaliação de incidência foi verificada a presença de *M. sorghi*, que se localiza na face abaxial da folha, permitindo a avaliação do número total número total de afídeos por folha, sendo avaliada uma folha de seis plantas por parcela, feita nos dias 12 e 19 de maio, 49 e 56 DAE, apenas para o experimento 1.

**Tabela 1.** Tratamento químico utilizado para o controle de insetos praga e doenças no sorgo, na área experimental do campus Glória, Uberlândia - MG.

| Tratamentos     | mL ou g produto comercial ha <sup>-1</sup> | Ingrediente ativo                      | Dose de ativo (g.ha <sup>-1</sup> ) |
|-----------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|
| Closer SC       | 75                                         | Sulfoxaflor + Propilenoglicol          | 18 + 3                              |
| Ampligo         | 100                                        | Lambda-Cialotrina + Clorantraniliprole | 5 + 4                               |
| Cercobin 875 WG | 700                                        | Tiofanato-Metilico                     | 612,5                               |

Fonte: o próprio autor.

#### 2.4.2. Teor de silício no solo e nos tecidos vegetais

Após a condução dos experimentos, a eficiência da aplicação das doses de Si foi avaliada por meio de amostra de solo e por meio do tecido foliar do sorgo produzido. A análise de solo foi realizada para todas as parcelas, com a coleta em quatro pontos, a 20 cm de profundidade, dentro da área útil de cada parcela, após a colheita do sorgo, que foi realizada no dia 02 de agosto, sendo feita a homogeneização na sequência (Silva *et al.*, 2009). Para a análise foliar as folhas foram coletadas também na área útil da parcela, sendo coletadas a quinta folha a partir do ápice, de 40 plantas por parcela, sendo cinco por linha, no dia 22 de julho, 124 dias após a emergência (Lima Filho, 2020).

Em seguida todas as amostras, solo e folhas foram secas em estufa a 65°C, por 72 horas, até atingir massa constante. Após este período as folhas foram trituradas em um moinho de facas até atingirem tamanho de partícula inferiores a 1mm. As amostras prontas foram encaminhadas para a determinação do teor de Si, de acordo com o método azul descrito por Korndörfer *et al.* (2004), feita no Laboratório de Tecnologia de Fertilizantes (LAFER) de Universidade Federal de Uberlândia.

#### 2.4.3. Deposição de silício por meio da análise de imagens

A avaliação da deposição de silício no tecido foliar também foi realizada por meio da análise de imagens por microscopia eletrônica de varredura (MEV), feita apenas para o experimento 1. Esta avaliação foi realizada no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura (LAMEV) da Rede de Laboratórios Multiusuários - RELAM, avaliando a presença de elementos específicos, como o silício, na superfície dos tecidos, sendo feita de forma visual pela observação de estruturas em forma de “X”, assim como descrito por Kumar *et al.* (2017),

e por conta da presença de um detector EDS (Energy Dispersive X-Ray Detector), confirmando se existe a deposição e acúmulo deste elemento sobre o tecido foliar.

#### **2.4.4. Produtividade e Peso de mil sementes**

As avaliações referentes a produção do sorgo foram avaliadas para ambos os experimentos pelas seguintes metodologias.

*Produtividade*: avaliada a partir da colheita de 30 plantas, escolhidas aleatoriamente na área útil de cada parcela, com o resultado em  $t.ha^{-1}$ , com umidade corrigida a 13% (Borém *et al.*, 2014).

*Peso de mil sementes*: foi calculada a partir de oito repetições de 100 sementes, em que o resultado é obtido a partir da multiplicação do peso médio obtido por 10, caso o coeficiente de variação não exceda a 6%, por ser uma semente considerada palhenta, seguindo as orientações encontradas nas Regras para Análise de Sementes - RAS (Brasil, 2025), com umidade corrigida a 13%.

#### **2.4.5. Análises estatísticas**

A estatística foi avaliada de acordo com o delineamento detalhado para cada experimento. Os dados foram testados para normalidade dos resíduos por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov corrigido por Lilliefors, homogeneidade das variâncias por O'Neill e Mathews e aditividade de blocos por Tukey a 5% de significância, utilizando o software R, versão 4.3.1 (R Core Team, 2024). As variáveis avaliadas atenderam as pressuposições, indicando a sua distribuição normal, homocedasticidade e ausência de diferença entre os blocos, não sendo necessária a transformação de dados e demonstrando a confiabilidade para as análises estatísticas. Os dados foram então submetidos à ANOVA e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Experimento 1: Doses de silício**

O teor de silício no solo e no tecido foliar apresentaram aumento linear significativo. Os teores de Si no solo e foliar foram menores no tratamento adicional, no qual foi realizado a calagem seguindo a recomendação baseada na análise de solo, portanto, sem o equilíbrio

de Ca e Mg, do que nas doses acima de 600 kg de Si ha<sup>-1</sup>. Ainda, no tratamento adicional, os teores de Si no solo e na folha foram semelhantes ao da testemunha e das doses de 300 kg de Si ha<sup>-1</sup> (Tabela 2). Desta forma, observou-se que o teor de Si não foi alterado no solo e nem houve influência no Si absorvido pelas plantas de sorgo mesmo com a aplicação de altas doses de calcário dolomítico para equilibrar os teores de Ca e Mg.

Tanto no solo como na folha o aumento do teor de Si se deu de forma linear crescente, sendo o pico a maior dose avaliada (Figura 2A, 2B). Este comportamento é similar ao observado por Resende *et al.* (2009) e Chen *et al.* (2025), onde o maior teor de Si no tecido foliar foram nas maiores doses, entre a faixa de 600 e 1200 kg ha<sup>-1</sup>.

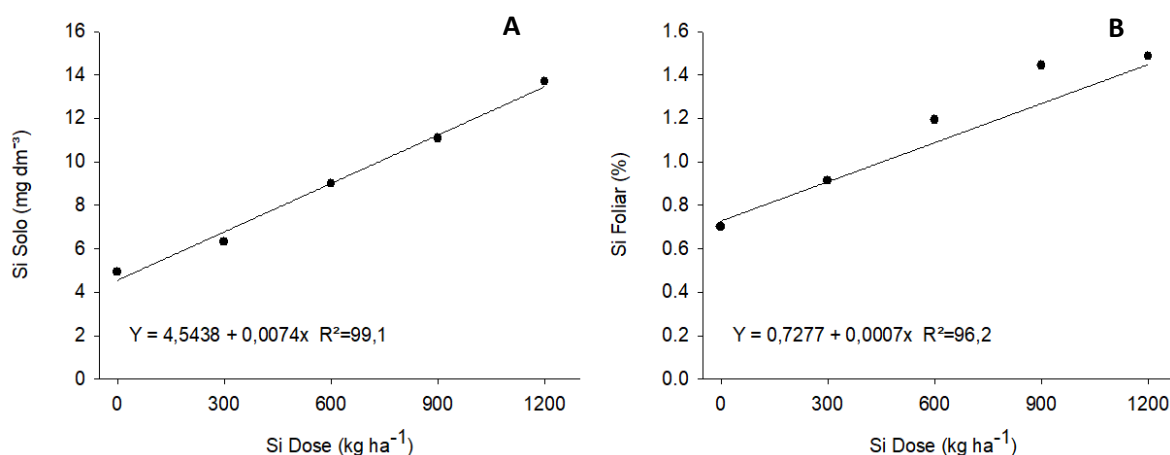
**Tabela 2:** Teor de silício (Si) no solo e na folha de plantas de sorgo, em função de doses de silicato de cálcio e magnésio e tratamento adicional, sem equilíbrio das quantidades de Ca e Mg.

| Dose (kg ha <sup>-1</sup> ) | Si Solo (mg.dm <sup>-3</sup> ) | Si Folha (%) |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------|
| 0                           | 4,93                           | 0,70         |
| 300                         | 6,31                           | 0,91         |
| 600                         | 8,99 *                         | 1,19 *       |
| 900                         | 11,07 *                        | 1,44 *       |
| 1200                        | 13,68 *                        | 1,49 *       |
| Adicional                   | 5,68                           | 0,74         |
| CV (%)                      | 14,71                          | 21,65        |

Médias seguidas pelo símbolo \* diferem do adicional sem equilíbrio de Ca e Mg pelo teste de Dunnet a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

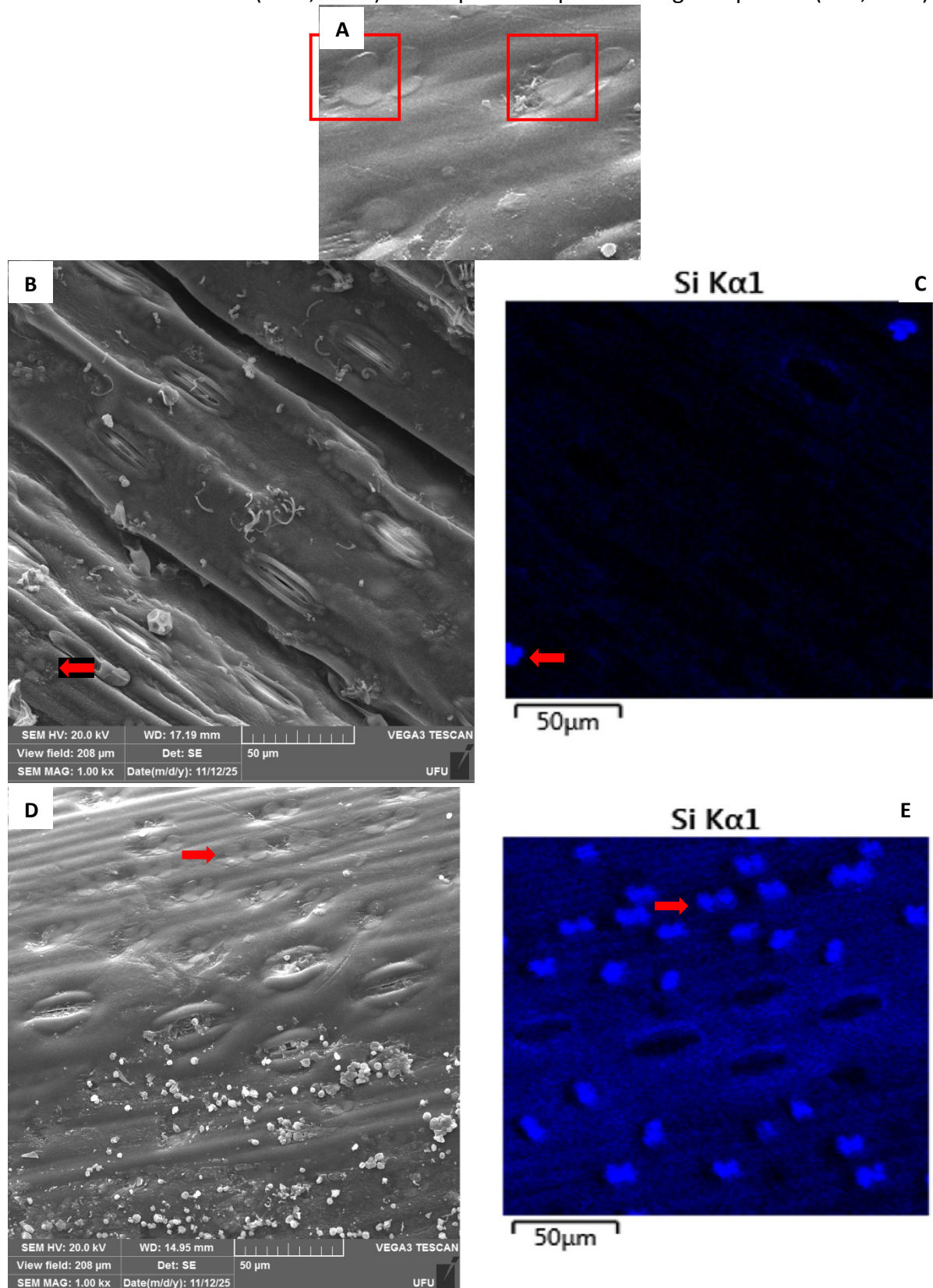
**Figura 2:** Teor de silício (Si) no solo (A) e na folha (B) de plantas de sorgo, provenientes de cultivo em diversas doses de silicato de cálcio e magnésio no campo.



Fonte: o próprio autor.

A avaliação por meio do microscópio eletrônico de varredura (MEV) permitiu a observação de células de Si depositadas sobre a superfície do tecido foliar (Figura 3A), que tem um formato que se assemelha a um trevo de quatro folhas. Por meio das imagens também é perceptível a diferença na deposição de Si entre as plantas cultivadas sem a aplicação de Si (Figura 3B) e das plantas cultivadas com a dose de 1.200 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 3D). A aplicação da espectroscopia de energia dispersiva (EDS) auxilia na visualização dos elementos, destacando a deposição das células de Si na superfície foliar (Figura 3C e 3E). A maneira em que ocorre esta deposição e o formato das células observadas (Figura 3A) está de acordo com o observado em outros trabalhos, como os feitos por Kumar *et al.* (2017) e Alhousari e Greger (2018).

**Figura 3:** Células de sílica sobre superfície foliar de sorgo (A) e silício depositado (indicada por seta vermelha) no limbo foliar de sorgo, cultivado sem a aplicação de Si (B e C) e cultivado com a aplicação de Si na dose de 1.200 kg ha<sup>-1</sup> (D e E), realizadas por meio de microscópio eletrônico de varredura (MEV, B e D) e de espectroscopia de energia dispersiva (EDS, C e E).



Fonte: o próprio autor.

A avaliação de porcentagem de plantas com sintomas de antracnose e cercosporiose apresentaram resultados similares para todos os tratamentos, não sendo observada o aumento da resistência para estes patógenos (Tabela 3). O aumento da resistência do sorgo à antracnose por meio da aplicação de silício já foi observado em diversos genótipos (Lima *et al.*, 2019) e em variedade suscetível (BR009), em trabalho realizado por Resende *et al.* (2009), porém, o seu efeito positivo não foi presente em variedade resistente (BR005), assim como é o caso da BRS Ponta Negra, utilizada neste trabalho (Santos *et al.*, 2007).

**Tabela 3:** Porcentagem de plantas de sorgo com sintomas de antracnose e cercosporiose sob cultivo em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo e de tratamento adicional sem equilíbrio de Ca e Mg.

| Dose (kg ha <sup>-1</sup> ) | Antracnose (%) | Cercosporiose (%) |
|-----------------------------|----------------|-------------------|
| 0                           | 4,33           | 19,33             |
| 300                         | 4,17           | 13,00             |
| 600                         | 5,17           | 14,67             |
| 900                         | 5,50           | 24,67             |
| 1200                        | 4,17           | 24,00             |
| Adicional                   | 3,50           | 22,50             |
| CV (%)                      | 80,19          | 76,87             |

Médias não seguidas por letras, na linha ou na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Médias seguidas pelo símbolo \* diferem do adicional com correção de solo pelo teste de Dunnet a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

Para as avaliações do aumento da resistência pelo uso do Si a insetos aos 23 e 42 DAE, foi observada *S. frugiperda*, pulgões e danos de percevejo do gênero *Diceraeus* Spinola. Quanto às espécies de afídeo, *R. maidis* foi observada aos 23 DAE e *M. sorghi* aos 42 DAE. Não se observou diminuição na porcentagem de plantas com sintomas de ataque para os pulgões e lagartas nesta fase da cultura do sorgo, independente da dose de Si utilizada. Chama a atenção a alta taxa de plantas infestadas com *R. maidis* (mais de 90% das plantas) aos 23 DAE (Tabelas 4 e 5). Mesmo que o aumento da resistência pelo uso de Si não seja observado por uma redução no ataque de pragas, esta também pode ser estudada por meio de outras variáveis, como o período de desenvolvimento, fecundidade de adultos, mortalidade e preferência de oviposição (Alvarenga *et al.*, 2017; Haq *et al.*, 2021).

**Tabela 4:** Porcentagem de plantas com sintomas de ataque de pulgão (*R. maidis*), percevejo e lagarta, 23 dias após a emergência, sob cultivo em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo e de tratamento adicional sem equilíbrio de Ca e Mg.

| Dose (kg ha <sup>-1</sup> ) | Pulgão (%) | Percevejo (%) | Lagarta (%) |
|-----------------------------|------------|---------------|-------------|
| 0                           | 97,4 A     | 7,0 A         | 4,6 A       |
| 300                         | 94,8 A     | 4,2 AB        | 2,6 A       |
| 600                         | 98,2 A     | 5,4 AB        | 3,4 A       |
| 900                         | 93,4 A     | 5,4 AB        | 2,2 A       |
| 1200                        | 98,4 A     | 3,0 B         | 3,6 A       |
| Adicional                   | 9,44       | 5,3           | 3,4         |
| CV (%)                      | 12,55      | 19,8          | 182,53      |

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Médias seguidas pelo símbolo \* diferem do adicional com correção de solo pelo teste de Dunnet a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

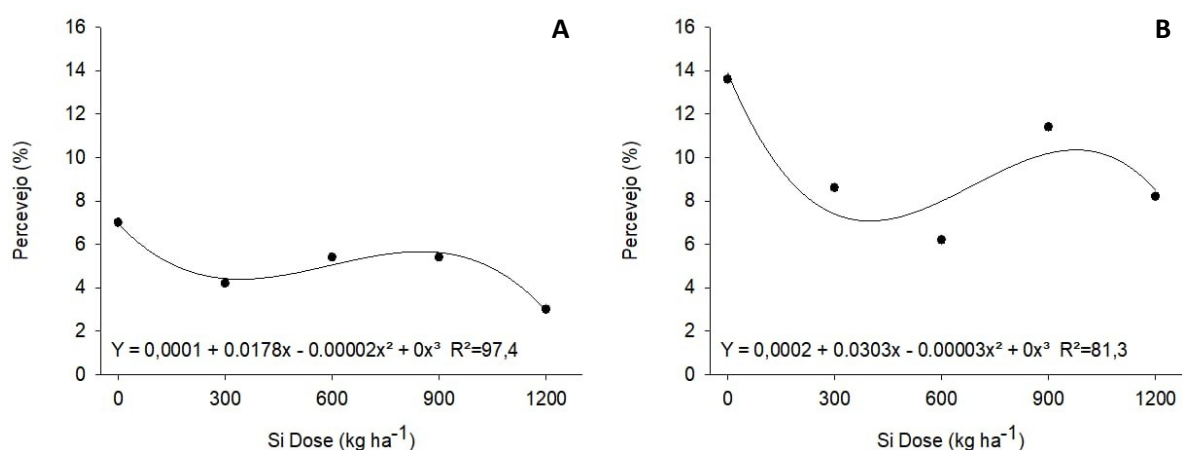
O aumento da resistência foi observado para percevejos, com a redução de plantas atacadas em ambos os períodos avaliados (23 e 42 DAE), de 17 a 55%, quando comparadas a dose 0 (Tabelas 4 e 5), apresentando um comportamento cúbico, onde há uma redução inicial e estabilização nas doses intermediárias e uma posterior redução na maior dose (Figura 4A e 4B). A redução de plantas atacadas pode indicar uma resistência por antibiose, onde se afeta a biologia do inseto, como seu período de desenvolvimento e até a sua morte, ou por antixenose, em que os insetos são repelidos pelas plantas resistentes, muitas vezes por meio da produção de voláteis (Reynolds *et al.*, 2016; Hall *et al.*, 2019; Oliveira *et al.*, 2020; Singh *et al.*, 2020).

O aumento da resistência a percevejos pelo uso de Si foi observado para *Glypheidon spinosa* (Campos & Grazia, 1998), com períodos mais longos sem ingestão e menos tempo realizando a maceração de células de plantas de arroz, e para *Oebalus pugnax* (Fabricius, 1775), com aumento do tempo de desenvolvimento das ninfas e redução na sobrevivência em 40%, também na cultura do arroz (Bhavanam; Stout, 2022; Coutinho *et al.*, 2024). Estes trabalhos foram realizados em condição de laboratório e casa de vegetação, respectivamente, sendo o aumento da resistência pelo uso de Si no sorgo observada neste experimento, o primeiro registro em condição de campo para percevejos.

A aplicação de silício gera o aumento da resistência a insetos pelo aumento da produção dos mesmos elicitores ativados quando ocorre o ataque das pragas (Hassan *et al.*, 2023; Qi *et al.*, 2024), sendo que para os insetos sugadores de seiva, como os afídeos, o elicitador relacionado ao aumento da resistência é o ácido salicílico, ativado por compostos moleculares presentes na saliva dos insetos, gerando acúmulo de calose e espécies reativas de oxigênio

(Silva-Sanzana, *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2023), e para mastigadores, como as lagartas, o elicitor é o ácido jasmônico (Liu *et al.*, 2024; Liu *et al.*, 2025). Para insetos sugadores que se alimentam do conteúdo celular, como os percevejos, o mecanismo relacionado ao aumento da resistência ainda não foi estudado, podendo estar relacionado a sua estratégia de alimentação, que consiste na formação de uma bainha salivar que facilita a inserção do estilete no tecido vegetal, macerando as células e gerando a degradação por meio de enzimas digestivas presentes na saliva (Panizzi; Lucini, 2019).

**Figura 4:** Porcentagem de plantas com sintomas de ataque de percevejo aos 23 (A) e aos 42 (B) dias após a emergência, sob cultivo em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo.



Fonte: o próprio autor.

**Tabela 5:** Porcentagem de plantas com sintomas de ataque percevejo e lagarta, 42 dias após a emergência, sob cultivo em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo (kg ha<sup>-1</sup>) e de tratamento adicional sem equilíbrio de Ca e Mg.

| Dose (kg ha <sup>-1</sup> ) | Percevejo (%) | Lagarta (%) |
|-----------------------------|---------------|-------------|
| 0                           | 13,6 A*       | 2,4 A       |
| 300                         | 8,6 AB        | 2,2 A       |
| 600                         | 6,2 B         | 1,0 A       |
| 900                         | 11,4 AB       | 2,2 A       |
| 1200                        | 8,2 AB        | 1,6 A       |
| Adicional                   | 5,8           | 0,8         |
| CV (%)                      | 118,94        | 223,28      |

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Médias seguidas pelo símbolo \* diferem do adicional com correção de solo pelo teste de Dunnet a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

A porcentagem de plantas com sintomas de ataque de afídeos e o número médio de indivíduos por planta permaneceu similar entre todas as doses avaliadas desde a primeira avaliação aos 23 dias até aos 49 dias após a emergência (Tabelas 4 e 6). Porém, aos 56 dias após a

emergência se observou uma diferença na média de indivíduos entre as doses avaliadas, sendo as menores populações observadas nas doses de 0, 600 e 1200 kg ha<sup>-1</sup>, quando comparadas à dose de 900 kg ha<sup>-1</sup>. Esse comportamento desuniforme pode indicar a influência de outros fatores além da aplicação de Si, como a qualidade das plantas de cada parcela e o microclima presente (Sampaio *et al.*, 2017; Yin *et al.*, 2021).

**Tabela 6:** Número médio de pulgões (*M. sorghi*) em plantas de sorgo sob cultivo em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo e de tratamento adicional sem equilíbrio de Ca e Mg, aos 49 e 56 dias após a emergência (DAE) e porcentagem de plantas com a presença de pulgões (*M. sorghi*) aos 49 dias após a emergência.

| Dose (kg ha <sup>-1</sup> ) | Pulgão 49 DAE (nº) | Pulgão 56 DAE (nº) | Presença 49 DAE (%) |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 0                           | 12,36 A            | 15,46 B            | 72,67 A             |
| 300                         | 12,24 A            | 20,28 AB           | 77,33 A             |
| 600                         | 13,23 A            | 9,96 B             | 79,33 A             |
| 900                         | 9,95 A             | 31,11 A            | 76,00 A             |
| 1200                        | 14,94 A            | 12,84 B            | 74,67 A             |
| Adicional                   | 10,73              | 16,84              | 70,67               |
| CV (%)                      | 68,86              | 37,08              | 15,29               |

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Médias seguidas pelo símbolo \* diferem do adicional com correção de solo pelo teste de Dunnet a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

A produtividade do sorgo variou de 11,25 a 14,01 t ha<sup>-1</sup>, não havendo influência da dose de Si aplicada no solo (Tabela 7). Também, não houve diferença para a produtividade quando se comparou o sorgo produzido em diferentes doses de Si com o do tratamento adicional. A quantidade de Ca e Mg do tratamento adicional foi três vezes menor do que nos tratamentos com Si e na testemunha. Altas doses de Ca e Mg aplicadas no solo poderiam gerar problemas de alcalinização, prejudicando a produção da cultura (Veloso, 2020), porém, isso não foi observado comparando o adicional, que recebeu as quantidades recomendadas de Ca e Mg para a cultura do sorgo (Carneiro *et al.*, 2018), com o restante dos tratamentos, que receberam a mesma quantidade desses elementos que a maior dose de silicato. Segundo Olego *et al.* (2021), altas doses de Ca podem ser benéficas em solos ácidos como os de regiões de Cerrado, mesmo em doses de super calagem com 36 toneladas por hectare. A aplicação de cálcio pode gerar aumentos na produtividade, como na cultura da couve-flor, sem alterar a sua qualidade fisiológica (Nakada-Freitas *et al.*, 2021).

**Tabela 7:** Produtividade de sementes e peso de mil sementes (PMS), corrigidos a 13% de umidade, de sementes provenientes do cultivo de plantas em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo e de tratamento adicional sem equilíbrio das quantidades de Ca e Mg.

| Dose (kg ha <sup>-1</sup> ) | Produtividade* (t ha <sup>-1</sup> ) | PMS* (g) |
|-----------------------------|--------------------------------------|----------|
| 0                           | 12,02                                | 33,50    |
| 300                         | 14,01                                | 33,09    |
| 600                         | 12,60                                | 33,71    |
| 900                         | 14,00                                | 34,29    |
| 1200                        | 11,25                                | 32,91    |
| Adicional                   | 12,50                                | 32,74    |
| CV (%)                      | 15,43                                | 2,42     |

\*Médias na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância e nem do tratamento adicional (sem equilíbrio das quantidades de Ca e Mg) pelo teste de Dunnet a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

Um dos fatores que pode ter influenciado na resposta observada na cultura do sorgo no presente trabalho é a fonte de silício utilizada. Por exemplo, na cultura do trigo a aplicação de silicato de cálcio não resultou em ganhos de produtividade (Rezende *et al.*, 2020), porém, o aumento da produtividade desta cultura foi observado com a utilização de silicato de potássio (Oliveira *et al.*, 2023).

### 3.2 Experimento 2: Interação do uso do Si com o controle químico

De maneira análoga ao primeiro experimento, foi observado maior teor de Si no solo e no tecido foliar nos tratamentos com a aplicação de Si (Tabela 8). A aplicação de produtos químicos (inseticidas e fungicida) não influenciou na absorção de Si pela planta.

**Tabela 8:** Silício (Si) presente no solo e na folha de plantas de sorgo provenientes de cultivo com e sem a presença de silício (0 e 800 kg ha<sup>-1</sup>) e com e sem controle químico de pragas.

| Dose (kg ha <sup>-1</sup> ) | Si Solo (mg dm <sup>-3</sup> ) |              |        | Si Folha (%) |              |        |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------|--------|--------------|--------------|--------|
|                             | Sem Controle                   | Com Controle | Média  | Sem Controle | Com Controle | Média  |
| 0                           | 5,07                           | 6,01         | 5,54 B | 0,46         | 0,50         | 0,48 B |
| 800                         | 9,04                           | 8,56         | 8,80 A | 0,72         | 0,75         | 0,73 A |
| Média                       | 7,05 a                         | 7,28 a       |        | 0,59 a       | 0,62 a       |        |
| CV (%)                      | 19,31                          |              |        | 28,44        |              |        |

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

A adubação com Si não aumentou a resistência do sorgo à cercosporiose, podendo ser explicada por uma baixa ocorrência do fungo em geral, também não sendo observada

diferenças para os tratamentos com e sem controle químico, já que a avaliação foi realizada antes da aplicação de fungicidas (Tabela 9).

**Tabela 9:** Porcentagem de plantas com sintomas de cercosporiose sob cultivo com e sem a presença de silício (0 e 800 kg ha<sup>-1</sup>) e com e sem controle químico de pragas.

| Dose (kg ha <sup>-1</sup> ) | Cercosporiose (%) |              |       |
|-----------------------------|-------------------|--------------|-------|
|                             | Sem Controle      | Com Controle | Média |
| 0                           | 3,33              | 4,86         | 4,09  |
| 800                         | 4,72              | 2,78         | 3,75  |
| Média                       | 4,03              | 3,82         |       |
| CV (%)                      | 111,11            |              |       |

Médias não seguidas por letras, na linha ou na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

Na primeira avaliação, realizada aos 23 dias após a emergência, não se observou diferenças entre os tratamentos com e sem Si e com e sem o controle químico de pragas sobre a porcentagem de plantas com sintomas (Tabela 10), porém, com o aumento da porcentagem para lagartas e percevejos, aos 39 dias após a emergência, foi possível observar uma menor incidência nos tratamentos com a aplicação de Si, independente do controle químico realizado (Tabela 11). Este resultado é a primeira confirmação de aumento da resistência a percevejos com o uso de Si em campo, já para a lagarta, está de acordo com outros trabalhos, em que a aplicação de Si auxiliou na resistência a *S. frugiperda* em campo (Haq *et al.*, 2021; Perdomo *et al.*, 2022; Nagaratna *et al.*, 2023).

**Tabela 10:** Porcentagem de plantas com sintomas de ataque de pulgão (*R. maidis*), percevejo e lagarta, 23 dias após a emergência, sob cultivo com e sem a presença de silício (0 e 800 kg ha<sup>-1</sup>) e com e sem controle químico de pragas.

| 7,0 com e sem controle químico de pragas |              |              |              |               |              |       |
|------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|-------|
| Dose (kg ha <sup>-1</sup> )              | Pulgão (%)   |              |              | Percevejo (%) |              |       |
|                                          | Sem Controle | Com Controle | Média        | Sem Controle  | Com Controle | Média |
| 0                                        | 95,5         | 91,8         | 93,7         | 5,2           | 5,3          | 5,2   |
| 800                                      | 92,5         | 94,5         | 93,5         | 6,0           | 5,5          | 5,7   |
| Média                                    | 94,0         | 93,2         |              | 5,6           | 5,4          |       |
| CV (%)                                   | 15,86        |              |              | 125,82        |              |       |
| Lagarta (%)                              |              |              |              |               |              |       |
| Dose (kg ha <sup>-1</sup> )              | Sem Controle |              | Com Controle |               | Média        |       |
| 0                                        | 6,7          |              | 6,7          |               | 6,7          |       |
| 800                                      | 3,5          |              | 6,3          |               | 4,9          |       |
| Média                                    | 5,1          |              | 6,5          |               |              |       |
| CV (%)                                   | 174,84       |              |              |               |              |       |

Médias não seguidas por letras, na linha ou na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

A ausência do efeito do Si sobre o aumento da resistência do sorgo aos afídeos pode ser por conta da espécie avaliada e da dose utilizada. Para o principal afídeo praga da cultura do sorgo observado neste estudo e nas lavouras em geral, *M. sorghi*, já se foi observada o aumento da resistência por meio da redução na taxa de infestação e nível de danos quando aplicadas doses maiores de Si do que as utilizadas neste estudo, na faixa de 4000 a 6000 kg ha<sup>-1</sup>, reduzindo a infestação de 90 a 100% no controle para 40 a 50% na maior dose, porém, estes trabalhos foram realizados em condições de casa de vegetação (Santos *et al.*, 2025a; Santos *et al.*, 2025b). Outras espécies, como *Sitobion avenae* (L.), podem apresentar uma redução expressiva de sua população em doses menores, a partir de 100 kg ha<sup>-1</sup> (Oliveira *et al.*, 2023).

Além disso, em condição de laboratório, o controle dos afídeos pelo uso do Si pode ocorrer afetando diretamente o desenvolvimento do inseto praga e de seus inimigos naturais, como em estudo realizado por Domingues *et al.* (2025), onde, utilizando a dose de 800 kg ha<sup>-1</sup> de Si, se obteve uma inversão da taxa intrínseca de crescimento de *M. sorghi* e de seu inimigo natural, *Aphidius platensis* (Bréthes), com uma menor taxa para o afídeo após a aplicação de Si, podendo assim facilitar o seu controle.

**Tabela 11:** Porcentagem de plantas com sintomas de ataque de percevejo e lagarta, 39 dias após a emergência, sob cultivo com e sem a presença de silício (0 e 800 kg ha<sup>-1</sup>) e com e sem controle químico de pragas.

| Dose (kg ha <sup>-1</sup> ) | Lagarta (%)  |              |       | Percevejo (%) |              |        |
|-----------------------------|--------------|--------------|-------|---------------|--------------|--------|
|                             | Sem Controle | Com Controle | Média | Sem Controle  | Com Controle | Média  |
| 0                           | 9,8          | 9,8          | 9,8 A | 11,3          | 12,8         | 12,1 A |
| 800                         | 5,3          | 7,5          | 6,4 B | 9,0           | 9,0          | 9,0 B  |
| Média                       | 7,6 a        | 8,7 a        |       | 10,2 a        | 10,9 a       |        |
| CV (%)                      | 121,97       |              |       | 103,05        |              |        |

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

A aplicação de Si não gerou diferenças na produtividade e no peso de mil sementes dos diferentes tratamentos (Tabela 12), assim como observado para o experimento com as diferentes doses. Os níveis de infestação não apresentaram diferenças entre os tratamentos com e sem controle químico, podendo explicar a similaridade observada na produtividade. A aplicação de inseticidas e fungicidas podem ser benéficas para a produtividade das culturas, principalmente quando se tem altos níveis populacionais da praga (Uyi *et al.*, 2022), porém, alguns trabalhos demonstram que ganhos em produtividade podem ser observados mesmo quando utilizados em ocasiões em que os níveis populacionais se encontram abaixo do nível de controle indicado (Henry *et al.*, 2011; Kandel *et al.*, 2018), o que não foi o caso para este experimento.

**Tabela 12:** Produtividade de sementes e peso de mil sementes (PMS) provenientes de cultivo com e sem a presença de silício (0 e 800 kg ha<sup>-1</sup>) e com e sem controle químico de pragas e doenças.

| Dose (kg ha <sup>-1</sup> ) | Produtividade (t ha <sup>-1</sup> ) |              |       | PMS (g)      |              |       |
|-----------------------------|-------------------------------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|
|                             | Sem Controle                        | Com Controle | Média | Sem Controle | Com Controle | Média |
| 0                           | 8,72                                | 8,34         | 8,53  | 32,00        | 33,30        | 32,65 |
| 800                         | 8,52                                | 8,83         | 8,67  | 32,58        | 32,91        | 32,75 |
| Média                       | 8,62                                | 8,59         |       | 32,29        | 33,11        |       |
| CV (%)                      | 12,73                               |              |       | 3,2          |              |       |

Médias não seguidas por letras, na linha ou na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

#### **4 CONCLUSÃO**

A aplicação de Si gerou um aumento na concentração do elemento no tecido foliar e na resistência do sorgo a percevejos e lagartas nas maiores doses avaliadas, não sendo observado diferenças para os pulgões e doenças. O controle químico não influenciou na porcentagem de plantas atacadas.

## REFERÊNCIAS

- ABDOLLAHI, R.; YARAHMADI, F.; ZANDI-SOHANI, N. Impact of silicon-based fertilizer and salicylic acid on the population density of brevicoryn brassicae (Hemiptera: Aphididae) and its parasitism by diaeretiella rapae (hymenoptera: Braconidae). *Journal of Crop Protection*, v. 10, n. 3, p. 473–482, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1001.1.22519041.2021.10.3.5.3>.
- ALBUQUERQUE, P. E. P.; ANDRADE, C. L. T. Irrigação. In: PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. *Sorgo, o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 52-61, Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1015596/1/Irrigacao.pdf>.
- ALHOUSARI, F.; GREGER, M. Silicon and Mechanisms of plant resistance to insect pests. *Plants*, v. 7, n. 2, p. 33, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants7020033>.
- ALVARENGA, R.; MORAES, J. C.; AUAD, A. M.; COELHO, M.; NASCIMENTO, A. M. Induction of resistance of corn plants to Spodoptera frugiperda (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) by application of silicon and gibberellic acid. *Bulletin of Entomological Research*, v. 107, n. 4, p. 527-533, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485316001176>.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- BAKHAT, H. F.; BIBI, N.; ZIA, Z.; ABBAS, S.; HAMMAD, H. M.; FAHAD, S.; ASHRAF, M. R.; SHAH, G. M.; RABBANI, F.; SAEED, S. Silicon mitigates biotic stresses in crop plants: A review. *Crop Protection*, v. 104, p. 21–34, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.10.008>.
- BHAVANAM, S.; STOUT, M. J. Varietal Resistance and Chemical Ecology of the Rice Stink Bug, Oebalus pugnax, on Rice, Oryza sativa. *Plants*, v. 11, n. 22, p. 3169, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11223169>.
- BOER, C. A.; SAMPAIO, M. V.; PEREIRA, H. S. Silicon-mediated and constitutive resistance to Rhopalosiphum maidis (Hemiptera: Aphididae) in corn hybrids. *Bulletin of Entomological Research*, v. 109, n. 3, p. 356–364, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485318000585>.
- BOWLING, R. D.; BREWER, M. J.; KERNS, D. L.; GORDY, J.; SEITER, N.; ELLIOTT, N. R.; BUNTIN, G. D.; WAY, M. O.; ROYER, T. A.; BILES, S.; MAXSON, E. Sugarcane Aphid (Hemiptera: Aphididae): A New Pest on Sorghum in North America. *Journal of Integrated Pest Management*, v. 7, n. 1, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1093/iipm/pmw011>.
- CHEN, J.; ZENG, Z.; CHEN, J.; LI, Y.; ZHANG, Y.; MAQSOOD, A.; CHEN, J.; SHEN, W. Silicon application enhances resistance against sorghum mosaic virus infection in sugarcane. *Physiologia Plantarum*, v. 177, n. 1, e70127, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppl.70127>.

COSTA, C. L.; EASTOP, V. F.; COSTA, A. S. A list of the aphid species (Homoptera: Aphidoidea), Collected in São Paulo, Brazil. *Revista Peruana de Entomologia*; Lima, Peru, v. 15, n. 1, p. 131-134, 1972.

COUTINHO, W. B. G.; SILVA, F. C.; BARRIGOSI, J. A. F.; ALMEIDA, A. C. S.; JESUS, F. G. Silicon applications in rice plants alter the stylet probing behaviors of *Glypheidon spinosa* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Insect Science*, v. 24, n. 2, p. 23, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieae046>.

CRUZ, I.; VALICENTE, F. H.; VIANA, P. A.; MENDES, S. M. Risco potencial das pragas de milho e de sorgo no Brasil. Embrapa Milho e Sorgo, *Documentos*, n. 150, 40 p., 2013. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Valicente/publication/301637725\\_Risco\\_Potencial\\_das\\_Pragas\\_de\\_Milho\\_e\\_de\\_Sorgo\\_no\\_Brasil/links/571f57a808aead26e71b5fa5/Risco-Potencial-das-Pragas-de-Milho-e-de-Sorgo-no-Brasil.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Valicente/publication/301637725_Risco_Potencial_das_Pragas_de_Milho_e_de_Sorgo_no_Brasil/links/571f57a808aead26e71b5fa5/Risco-Potencial-das-Pragas-de-Milho-e-de-Sorgo-no-Brasil.pdf).

DOMINGUES, R. F.; BARBOSA, M. S.; SAMPAIO, M. V. Silicon amendment to the crop increases the potential of *Aphidius platensis* to control the invasive pest aphid *Melanaphis sorghi*. *Pest Management Science*, v. 81, n.7, p. 3933-3942, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.8762>.

FERNANDES, F. O.; SOUZA, C. S. F.; AVELLAR, G. S.; NASCIMENTO, P. T.; DAMASCENO, N. C. R.; SANTOS, N. M.; LIMA, P. F.; SANTOS, V. M. C.; SIMEONE, M. L. F.; PARRELLA, R. A. C.; MENEZES, C. B.; OLIVEIRA, I. R.; MENDES, S. M. *Manejo do pulgão da cana-de-açúcar (Melanaphis sacchari/ sorghi) na cultura do sorgo*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. 24 p. (Comunicado Técnico, 249). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1131566/1/COT-249.pdf>.

FORTES, C. A.; PINTO, J. C.; FURTINI NETO, A. E.; MORAIS, A. R.; EVANGELISTA, A. R.; SOUZA, R. M. Níveis de silicato de cálcio e magnésio na produção das gramíneas Marandu e Tanzânia cultivadas em um Neossolo Quartzarênico. *Ciênc. Agrotec.*, v. 32, n. 1, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000100038>.

HALL, C. R.; WATERMAN, J. M.; VANDEGEER, R. K.; HARTLEY, S. E.; JOHNSON, S. N. The Role of Silicon in Antiherbivore Phytohormonal Signalling. *Frontiers in Plant Science*, v. 10, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01132>.

HAQ, I. U.; KURSHID, A.; INAYAT, R.; ZHANG, K.; LIU, C.; ALI, S.; ZUAN, A. T. K.; AL-HASHIMI, A.; ABBASI, A. M. Silicon-based induced resistance in maize against fall armyworm [*Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)]. *Plos One*, v. 16, n. 11, e0259749, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259749>.

HARRIS-SHULTZ, K.; ARMSTRONG, J. S.; CARVALHO, G., JR.; SEGUNDO, J. P.; NI, X. *Melanaphis sorghi* (Hemiptera: Aphididae) clonal diversity in the United States and Brazil. *Insects*, v. 13 n. 5, p. 1-8, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects13050416>.

HASSAN, A. A.; GABR, W. E.; KALBOUSH, Z. A. Biogenic silica: A promoter of cell wall strengthening and induced resistance against sheath blight disease in rice via salicylic acid signaling and phenolic metabolism. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, v. 128, n. 102152, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2023.102152>.

ISLAM, W.; TAYYAB, M.; KHALIL, F.; HUA, Z.; HUANG, Z.; CHEN, H. Y. H. Silicon-mediated plant defense against pathogens and insect pests. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 168, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2020.104641>.

JIANG, Y.; QI, XX.; WANG, Z-H; LIU, X-D; HAN, Y-L.; LI, H.; WANG, Y. Effect of Different Forms of Silicon Application on Wheat Aphid Resistance. *Agric Res*, v. 12, p. 179–188, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40003-022-00636-5>.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. *Análise de silício: Solo, planta e fertilizante*. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 34 p., 2004. Disponível em: [http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/bt2\\_gps.pdf](http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/bt2_gps.pdf).

KUMAR, S.; SOUKUP, M.; ELBAUM, R. Silicification in grasses: Variation between different cell types. *Frontiers in Plant Science*, v. 8, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00438>.

KUMAR, R. R.; AHUJA, S.; RAI, G. K.; KUMAR, S.; MISHRA, D.; KUMAR, S. N.; RAI, A.; SINGH, B.; CHINNUSAMY, V.; PRAVEEN, S. Silicon triggers the signalling molecules and stress-associated genes for alleviating the adverse effect of terminal heat stress in wheat with improved grain quality. *Acta Physiol Plant*, v. 44, n. 30, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-022-03365-y>.

KVEDARAS, O. L.; BYRNE, M. J.; COOMBES, N. E.; KEEPING, M. G. Influence of plant silicon and sugarcane cultivar on mandibular wear in the stalk borer *Eldana saccharina*. *Agricultural and Forest Entomology*, v. 11, n. 3, p. 301–306, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2009.00430.x>

LIANG, Y.; NIKOLIC, M.; BELANGER, R.; GONG, H.; SONG, A. Silicon-mediated tolerance to drought and low-temperature stress. In: LIANG, Y.; NIKOLIC, M.; BÉLANGER, R.; GONG, H.; SONG, A. *Silicon in agriculture: from theory to practice*. Dordrecht: Springer. p. 143-149, 2015. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9978-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9978-2_7).

LIMA, D. T.; SAMPAIO, M. V.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; PEREIRA, H. S.; MARTINS, W. G. Silicon accumulation and its effect on agricultural traits and anthracnose incidence in lignocellulosic sorghum. *Pesq. Agropec. Trop.*, v. 49, p. 54201, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/54201>.

LIMA FILHO, O. F. Indicação de folha índice para diagnose foliar em sorgo-sacarino. *Circular Técnica Embrapa*, n. 50, p. 1- 9, 2020. Disponível em: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/86332098/CT-50-2020-1-libre.pdf?1653290335=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DIndicacao de folha indice para diagnose.pdf&Expires](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/86332098/CT-50-2020-1-libre.pdf?1653290335=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DIndicacao+de+folha+indice+para+diagnose.pdf&Expires)

=1772135724&Signature=CO61iRhIchwIq8TIUfU2s8SM9jZSySsjMzRTPXAHfNRAX4TTMLI4Bs1Jp4JJ~8S-P6~ONWih~94jaza3w5xJlM5Ql9s0v-wL371~RE7oJxhPVViiy0PgHICFE3hq1mO7cW3gMj0OktkcSqdyGhIOYLAIVeWN2hkd7D~UkNfADFTBkAgyQgdKQDzjpKQ-9Bihr0DXn1H2o3OpMYpctNSyuxOf-kEwwvk63u-XONNmqqYJOsAMT438pWQRRR0WynAoLiTEJFrSN8ckHqvP6t6dfUbBz3PMXcp4KThMlfE9FSdJJo6-0bPKu2F9kcg8wZ5UuGiZ4e5Zyrk-DXvaVRVACA &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA.

LIU, Y.-X.; HAN, W.-H.; WANG, J.-X.; ZHANG, F.-B.; JI, S.-X.; ZHONG, Y.-W.; LIU, S.-S.; WANG, X.-W. Differential induction of JA/SA determines plant defense against successive leaf-chewing and phloem-feeding insects. *Journal of Pest Science*, v. 98, p. 1085-1100, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-024-01821-x>.

LIU, Z.; ZHU, B.; DENG, C.; DUAN, G.; LI, J.; FAN, G. Jasmonic Acid and Salicylic Acid Crosstalk Mediates Asymmetric Interactions Between *Aphis gossypii* and *Lema decempunctata* in *Lycium barbarum*. *Insects*, v. 16, n. 9, p. 876, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects16090876>.

MALIK, M. A.; WANI, A. H.; MIR, S. H.; REHMAN, I. U.; TAHIR, I.; AHMAD, P.; RASHID, I. Elucidating the role of silicon in drought stress tolerance in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 165, p. 187–195, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.04.021>.

MENDES, S. M.; SOUZA, C. S. F.; VIANA, P. A.; SIMEONE, M. L. F.; OLIVEIRA, I. R.; PARRELLA, R. A. C. Manejo de pragas na cultura do sorgo sacarino: etapa crítica para o sucesso da lavoura. *Comunicado técnico*, n. 244, 28 p., 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1125164/1/COT-244.pdf>.

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

MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M.; RODRIGUES, J. A. S.; SAMPAIO, M. V.; VIANA, P. A. Manejo de pragas na cultura do sorgo. *Informe agropecuário*, v. 35, n. 278, p. 73-81, 2014. Disponível em: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50383455/art\\_9-libre.pdf?1479421485=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DManejo\\_de\\_pragas\\_na\\_cultura\\_do\\_sorgo.pdf&Expires=1778869867&Signature=FkKw31p0LrczLuGalknqqQC33-tTnzDkeMZEZq-sR84g1pqHvj-0HzQRpQscCAIXBTTO4DTBsipx-sGmv91KJEDlt9q56Q~Se3~9K4BAMz8BCVvwLBvCaLxcosblFmWe1QlVibK0gbC4O48rXzL5ITxlrnT0dA3M-XFK1h5HcNiE7jIIEAHKaWvYJAgpJLiWNuJgopI27RO3AsTWh4RJgVvT6GVHEz75T4iVJoUqqV2U702lx1Ha-5diz2rv3k8xazQpyl-hu2~Dgk0CdYVdicGrNCsAMTyRPAcFCDbPG--niRamHeW5~l-cr-H7rYE4gl3nhpoax6iljYPfDtoMsEQ &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50383455/art_9-libre.pdf?1479421485=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DManejo_de_pragas_na_cultura_do_sorgo.pdf&Expires=1778869867&Signature=FkKw31p0LrczLuGalknqqQC33-tTnzDkeMZEZq-sR84g1pqHvj-0HzQRpQscCAIXBTTO4DTBsipx-sGmv91KJEDlt9q56Q~Se3~9K4BAMz8BCVvwLBvCaLxcosblFmWe1QlVibK0gbC4O48rXzL5ITxlrnT0dA3M-XFK1h5HcNiE7jIIEAHKaWvYJAgpJLiWNuJgopI27RO3AsTWh4RJgVvT6GVHEz75T4iVJoUqqV2U702lx1Ha-5diz2rv3k8xazQpyl-hu2~Dgk0CdYVdicGrNCsAMTyRPAcFCDbPG--niRamHeW5~l-cr-H7rYE4gl3nhpoax6iljYPfDtoMsEQ &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA).

MOCHKO, A. C. R.; SILVA, B. N.; OLIVEIRA, L. M.; SILVA, L. C.; RODRIGUES, F. A. Silicon-mediated resistance in maize against infection by *Colletotrichum graminicola*. *Plant and Soil*, v. 503, p. 295-312, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-024-06586-x>.

NAGARATNA, W.; KALLESHWARASWAMY, C. M.; DHANANJAYA, B. C.; PRAKASH, N. B.; DESHMUKH, S. S.; SUNIL, C.; HOSSAIN, M. A.; MALLIKARJUNA, H. B. Silicon Accumulation in Leaves Reduces the Herbivory by Invasive Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* and Enhances the Yield of Maize. *Int. J. Plant Biol.*, v. 14, n. 3, p. 701-713, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijpb14030052>.

NIBOUCHE, S.; COSTET, L.; HOLT, J. R.; JACOBSON, A.; PEKARCIK, A.; SADEYEN, J.; ARMSTRONG, J. S.; PETERSON, G. C.; MCLAREN, N.; MEDINA, R. F. Invasion of sorghum in the Americas by a new sugarcane aphid (*Melanaphis sacchari*) superclone. *PLoS ONE*, v. 13, n. 4, April 2018. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196124>.

NIBOUCHE, S.; COSTET, L.; MEDINA, R. F.; HOLT, J. R.; SADEYEN, J.; ZOOGONES, A. S.; BROWN, P.; BLACKMAN, R. L. Morphometric and molecular discrimination of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari*, (Zehntner, 1897) and the sorghum aphid *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904). *PLoS ONE*, v. 16, n. 3, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241881>.

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

OLIVEIRA, F. M. S. *Silicato na correção da acidez e disponibilização de cálcio e magnésio no solo*. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Agrícola) - Instituto Federal Goiano, Urutaí, 15 p., 2022. Disponível em: [https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/3419/1/tcc\\_Fernando%20Marcelo%20da%20Silva%20Oliveira.pdf](https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/3419/1/tcc_Fernando%20Marcelo%20da%20Silva%20Oliveira.pdf).

OLIVEIRA, R. S.; SAMPAIO, M. V.; CARVALHO, F. J.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; KORNDORFER, G. H. Silicon amendments reduce aphid numbers and improve yield of aphid-resistant and susceptible wheat cultivars in a dose-dependent manner. *Crop Protection*, v. 172, n. 106296, 2023, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106296>.

PANIZZI, A. R.; LUCINI, T. Determinação do comportamento alimentar de percevejos pentatomídeos por meio da técnica de EPG (Gráfico de Penetração Elétrica). *Documentos*, Embrapa Trigo, n. 115, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1115432/determinacao-do-comportamento-alimentar-de-percevejos-pentatomideos-por-meio-da-tecnica-de-epg-grafico-de-penetracao-eletrica>.

PERDOMO, D. N.; RODRIGUES, A. A. R.; SAMPAIO, M. V.; CELOTTO, F. J.; MENDES, S. M.; PEREIRA, H. S.; LIMA, D. T.; REZENDE, G. F. Increase in foliar silicon content reduces

defoliation by *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. *Bragantia*, v. 81, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20210147>.

QI, X.; XUE, X.; WANG, Z.; LI, S.; ZHANG, Z.; HAN, Y.; WANG, Y.; JIANG, Y. Silicon application enhances wheat defence against *Sitobion avenae* F. by regulating plant physiological-biochemical responses. *Basic and Applied Ecology*, v. 74, p. 13–23, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2023.11.003>.

QI, X-X.; LIU, Y-N.; WEI, C.; WANG, Y.; JIANG, Y.; HAN Y-I. Mechanism of silicon application to improve constitutive and inducible resistance to aphid during physiological metabolism of maize[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, v. 27, n. 9, p. 1506-1522, 2021. DOI: <https://dx.doi.org/10.11674/zwylf.2021086>.

R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2024.

RAHMAN, A.; HUSSAIN, F.; MAJEED, S.; NAZEER, M. U.; SHARIF, R. M. S.; ASIF, M.; SATTAR, W. Silicon Applications on Yield Attributes of Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Biology of Wheat-Aphid (*Schizaphis Graminum*). *Silicon*, v. 16, n. 7, p. 3165–3172, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12633-024-02909-w>.

REHMAN, I. U.; SHEERGOJRI, I. A.; WAR, A. F.; NAZIR, A.; RASOOL, N.; RASHID, I. Silicon Supplementation as an Ameliorant of Stresses in Sorghum. *Silicon*, v. 15, p. 5877–5889, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12633-023-02500-9>.

RESENDE, R. S.; RODRIGUES, F. A.; COSTA, R. V.; SILVA, D. D. Silicon and Fungicide Effects on Anthracnose in Moderately Resistant and Susceptible Sorghum Lines. *Journal of Phytopathology*, v. 161, n. 1, p. 11-17, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/jph.12020>.

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

REZENDE, G. F.; SAMPAIO, M. V.; MACHADO, B. Q. V.; LIMA, D. T.; PERDOMO, D. N.; CELOTO, F. J.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; SILVA, E. J. M.; OLIVEIRA, R. S.; PEREIRA, H. S. Efeito do silício em populações de afídeos e produtividade de trigo em Minas Gerais, Brasil. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 41, n. 6, p. 2481–2494, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n6p2481>.

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. 17, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00744>.

RODRIGUES, F. A.; DALLAGNOL, L. J. *Silicon and Plant Disease Control*. In: MELLO, P. R.; ETESAMI, H.; SRIVASTAVA, A. K. *Silicon Advances for sustainable agriculture and human health*, Springer, p. 381-413, 2024. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-69876-7\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-031-69876-7_19)

ROWE, R. C.; TRĘBICKI, P.; GHERLEND, A. N.; JOHNSON, S. N. Cereal aphid performance and feeding behaviour largely unaffected by silicon enrichment of host plants. *Journal of Pest Science*, v. 93, n. 1, p. 41–48, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01144-2>.

SAMPAIO, M. V.; FRANCO, G. M.; LIMA, D. T.; OLIVEIRA, A. R. C.; SILVA, P. F.; SANTOS, A. L. Z.; RESENDE, A. V. M.; SANTOS, F. A. A.; GIRÃO, L. V. C. Plant Silicon Amendment Does Not Reduce Population Growth of *Schizaphis graminum* or Host Quality for the Parasitoid *Lysiphlebus testaceipes*. *Pest Management*, v. 49, p. 745-757, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00775-w>.

SAMPAIO, M. V.; KORNDÖRFER, A. P.; PUJADE-VILLAR, J.; HUBAIDE, J. E. A.; FERREIRA, S. E.; ARANTES, S. O.; BORTOLETTO, D. M.; GUIMARÃES, C. M.; SÁNCHEZ-ESPIGARES, J. A.; CABALLERO-LÓPEZ, B. Brassica aphid (Hemiptera: Aphididae) populations are conditioned by climatic variables and parasitism level: a study case of Triângulo Mineiro, Brazil. *Bulletin of Entomological Research*, v. 107, n. 3, p. 410-418, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485317000220>.

SANTOS, D. G.; DIAS, L. L. C.; AVELLAR, G. S.; SIMEONE, M. L. F.; OLIVEIRA, I. R.; MENEZES, C. B.; SANTOS, N. M.; MENDES, S. M. Effect of silicon on *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae) infesting grain sorghum (*Sorghum bicolor*). *International Journal of Pest Management*, p. 1-10, 2025b. DOI: <https://doi.org/10.1080/09670874.2025.2453838>.

SANTOS, D. G.; DIAS, L. L. C.; AVELLAR, G. S.; SIMEONE, M. L. F.; PARRELLA, R. A. C.; SANTOS, N. M.; SILVA, T. F.; NETO, A. A.; MENDES, S. M. Biomass Sorghum (*Sorghum bicolor*) Agronomic Response to *Melanaphis sorghi* (Hemiptera: Aphididae) Infestation and Silicon Application. *Insects*, v. 16, n. 6, p. 566, 2025a. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects16060566>.

SANTOS, F. G.; RODRIGUES, J. A. S.; SCHAFFERT, R. E.; LIMA, J. M. P.; PITTA, G. V. E.; CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S. BRS Ponta Negra Variedade de Sorgo Forrageiro. *Comunicado Técnico* 145, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/474346/1/Com145.pdf>.

SILVA, F. C. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, 2ª edição, 627 p., 2009. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/330496/manual-de-analises-quimicas-de-solos-plantas-e-fertilizantes>.

SILVA-SANZANA, C.; ZAVALA, D.; MORAGA, F.; HERRERA-VÁSQUEZ, A.; BLANCO-HERRERA, F. Oligogalacturonides Enhance Resistance against Aphids through Pattern-Triggered Immunity and Activation of Salicylic Acid Signaling. *Int. J. Mol. Sci.*, v. 23, n. 17, p. 9753, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms23179753>.

SINGH, A.; KUMAR, A.; HARTLEY, S.; SINGH, I. K. Silicon: Its ameliorative effect on plant defense against herbivory. *Journal of Experimental Botany*, v. 71, n. 21, p. 6730–6743, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa300>

SMITH, C. M. *Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches*. Springer Press, Dordrecht, The Netherlands, 413 p., 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/1-4020-3702-3>.

YIN, W.; XUE, Q.; SU, L.; FENG, X.; FENG, X.; ZHENG, Y.; HOFFMANN, A. A. Microhabitat separation between the pest aphids *Rhopalosiphum padi* and *Sitobion avenae*: food resource or microclimate selection? *Journal of Pest Science*, v. 94, p. 795-804, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01298-4>.

ZHANG, Y.; FU, Y.; LIU, X.; FRANCIS, F.; FAN, J.; LIU, H.; WANG, Q.; SUN, Y.; ZHANG, Y.; CHEN, J. SmCSP4 from aphid saliva stimulates salicylic acid-mediated defence responses in wheat by interacting with transcription factor TaWKRY76. *Plant Biotechnology Journal*, v. 21, n. 11, p. 2389-2407, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/pbi.14139>

## CAPÍTULO 2

### Silício sobre a qualidade fisiológica de sementes de sorgo forrageiro

#### RESUMO

A produção de sementes de qualidade é influenciada por diversos fatores, como condições ambientais, manejo da cultura, disponibilidade de nutrientes e presença de pragas e patógenos, sendo importante o estudo do efeito de cada prática de manejo sobre a qualidade final. Dentre as práticas de manejo, uma que vem recebendo destaque é o uso de silício (Si) na adubação, que tem sido amplamente estudado por sua capacidade de aumentar a resistência das plantas a estresses bióticos e abióticos, sendo pouco conhecido o seu efeito sobre a produção e a qualidade fisiológica das sementes. O controle químico é amplamente utilizado para a produção de sementes, sendo os efeitos positivos desta prática esperados por conta do controle de doenças e insetos, desta forma, o efeito isolado da aplicação em campo não é conhecido. Desta forma, este estudo objetivou avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de Si e do controle químico na produção de sementes de sorgo, no teor desse nutriente nas sementes e na qualidade fisiológica do material produzido. O trabalho foi realizado em duas etapas, sendo na primeira avaliada diferentes doses (0, 300, 600, 900 e 1200 kg ha<sup>-1</sup> de Si e um tratamento adicional com a correção do solo baseada na recomendação pela análise de solo) e na segunda a presença e ausência do Si (800 kg ha<sup>-1</sup> de Si) relacionada a presença e ausência do controle químico, em fatorial duplo. O plantio do sorgo foi realizado em março de 2025, em campo experimental na fazenda do Glória, e a colheita ocorreu após a maturidade fisiológica das sementes. Foram avaliados o teor de silício nas sementes e a qualidade física e fisiológica das sementes, por meio do teor de água, germinação, condutividade elétrica, emergência, índice de velocidade de emergência, tempo médio de emergência, massa seca das plântulas e envelhecimento acelerado. Não houve aumento significativo da concentração de Si nas sementes, sugerindo baixa translocação do nutriente para esse órgão. As diferentes doses de Si e o controle químico aplicados também não influenciaram significativamente a produção e a qualidade fisiológica das sementes, exceto por uma redução na massa seca de raízes quando não houve uso de inseticidas e fungicidas. O controle químico gerou um aumento na qualidade fisiológica das sementes produzidas, independente da aplicação de Si.

**Palavras-chave:** adubação silicatada; *Sorghum bicolor* (L.) Moench; germinação; vigor.

### ABSTRACT

The production of high-quality seeds is influenced by several factors, such as environmental conditions, crop management, nutrient availability, and the presence of pests and pathogens, making it important to study the effect of each management practice on final seed quality. Among the management practices that have gained prominence is the application of silicon (Si) in fertilization, which has been widely studied for its ability to increase plant resistance to biotic and abiotic stresses; however, its effect on seed production and physiological seed quality remains poorly understood. Chemical control is widely used in seed production, and the positive effects of this practice are expected due to the control of diseases and insects; therefore, the isolated effect of field application is not yet known. Thus, this study aimed to evaluate the effect of applying different doses of Si and chemical control on sorghum seed production, the accumulation of this nutrient in the seeds, and the physiological quality of the produced material. The study was carried out in two stages: in the first stage, different doses were evaluated (0, 300, 600, 900, and 1200 kg.ha<sup>-1</sup> of Si, plus an additional treatment with soil correction based on soil analysis recommendations), and in the second stage, the presence and absence of Si (800 kg.ha<sup>-1</sup> of Si) were associated with the presence and absence of chemical control in a double factorial design. Sorghum planting was carried out in March 2025 in an experimental field at Glória Farm, and harvest occurred after the physiological maturity of the seeds. The following variables were evaluated: silicon accumulation in the seeds as well as the physical and physiological quality of the seeds through water content, germination, electrical conductivity, seedling emergence, emergence speed index, mean emergence time, seedling dry mass, and accelerated aging. There was no significant increase in Si concentration in the seeds, suggesting low translocation of the nutrient to this organ. The different Si doses and the applied chemical control also did not significantly influence seed production or physiological seed quality, except for a reduction in root dry mass when insecticides and fungicides were not used. Chemical control resulted in an increase in the physiological quality of the produced seeds, regardless of Si application.

**Keywords:** silicate fertilization; *Sorghum bicolor* (L.) Moench; germination; vigor.

## 1 INTRODUÇÃO

A qualidade fisiológica de sementes é um fator de extrema importância para a produção de qualquer cultura, sendo necessária uma qualidade mínima para o estabelecimento em campo e desenvolvimento de plantas normais que irão completar o seu ciclo (Sundareswaran *et al.*, 2023). Esta qualidade inicial é consolidada no campo, sendo influenciada pelas condições presentes durante o desenvolvimento da cultura e maturação das sementes, como época de plantio e colheita, regime hídrico, temperatura, altitude, qualidade nutricional do solo e ocorrência de patógenos e pragas (Warraich *et al.*, 2002; Villela, *et al.*, 2010; Wen *et al.*, 2018; Capelin *et al.*, 2022; Marinho *et al.*, 2022). Após a produção de sementes a manutenção desta qualidade também depende de diversos fatores, como a integridade da semente, temperatura, umidade e presença de patógenos, que irão determinar a velocidade de deterioração do material (Ranganathan; Groot, 2023; Corbineau, 2024).

Por ser uma característica complexa e que interage com diversos outros fatores, antes e após a sua produção, fica clara a importância de se estudar os possíveis efeitos de qualquer prática de manejo sobre a qualidade fisiológica de sementes. Entre essas práticas destacam-se diferentes formas, doses e composições de adubação, além do uso de bioestimulantes e outros compostos químicos (Peres *et al.*, 2017; Basal; Szabó, 2020; Domingos *et al.*, 2021; Cardoso *et al.*, 2022; Dameto *et al.*, 2023).

Grande parte dos estudos encontrados com silício (Si) tem como foco a avaliação da sua capacidade de aumentar a resistência da planta aos estresses bióticos ou abióticos e sobre características de produção da cultura, como tamanho de plantas e produtividade (Liu *et al.*, 2020; Rezende *et al.*, 2020; Alam *et al.*, 2021; Chakma *et al.*, 2021; Rahman *et al.*, 2024). Além disso, existem poucos registros na literatura sobre estudos que avaliem o efeito desse nutriente na qualidade fisiológica das sementes produzidas por plantas adubadas com Si, evidenciando uma lacuna de conhecimento que necessita ser explorada (Toledo *et al.*, 2011; Segalin *et al.*, 2013; Gama *et al.*, 2021). De maneira análoga, o uso de produtos fitossanitários, como fungicidas e inseticidas, são amplamente utilizados para o controle de pragas nas culturas, sendo o seu efeito sobre a qualidade de sementes produzidas pouco estudado, com exemplos que demonstram o aumento do desempenho das sementes por uma melhoria na

qualidade sanitária de sementes de arroz e trigo (Sofiatti; Shuch, 2005; Kekalo; Nemchenko, 2025).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar com este trabalho o efeito da aplicação de diferentes doses de Si e do uso do controle químico com fungicidas e inseticidas sobre o teor de Si nas sementes, sobre a produção em campo e sobre a qualidade fisiológica das sementes obtidas, possibilitando elucidar a resposta do nutriente durante o ciclo reprodutivo da cultura, de acordo com os seguintes objetivos específicos:

Objetivo específico 1: Avaliar o potencial de diferentes doses de silício sobre produção de sementes de sorgo e a sua qualidade fisiológica.

Hipótese nula (H0): não há efeito do Si na produção de sementes de sorgo e na sua qualidade fisiológica.

Hipótese alternativa (H1.1): há efeito do Si na produção de sementes de sorgo e na sua qualidade fisiológica dependendo da dose de Si.

Hipótese alternativa (H1.2): há efeito do Si na produção de sementes de sorgo e na sua qualidade fisiológica independente da dose de Si.

Objetivo específico 2: avaliar a interação do uso do Si com a aplicação de inseticidas e fungicidas na produção de sementes de sorgo e na sua qualidade fisiológica.

Hipótese nula (H0): não há diferenças na produção de sementes de sorgo e na sua qualidade fisiológica com aplicação de silício e com o uso de controle químico.

Hipótese alternativa (H1.1): há influência da aplicação de Si na produção de sementes de sorgo e na sua qualidade fisiológica independente do uso de controle químico.

Hipótese alternativa (H1.2): há influência da aplicação de Si na produção de sementes de sorgo e na sua qualidade fisiológica dependendo do uso de controle químico.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Experimento 1: Doses de silício**

O preparo do solo, com as cinco doses (0, 300, 600, 900 e 1200 kg ha<sup>-1</sup> de Si total) e um adicional com a aplicação de calcário de acordo com a análise do solo (Anexo A) foi realizada assim como descrito no tópico 2.1 do Capítulo 1.

### **2.2 Experimento 2: Interação do uso do Si com o controle químico**

O experimento foi conduzido em esquema fatorial duplo 2 x 2, sendo os fatores a ausência e presença de silício e ausência e presença de controle químico. A dose utilizada para as parcelas com aplicação de silício foi de 800 kg ha<sup>-1</sup> de Si total. Parte das parcelas que receberam Si e parte das parcelas testemunha receberam aplicação de inseticidas e fungicidas, com a aplicação feita após a detecção inicial de insetos na área, aos 23 DAE, para reduzir ao máximo o ataque de pragas e doenças e se avaliar o efeito de Si em conjunto com a aplicação de controle químico. A primeira aplicação de inseticida, com a combinação de Closer SC e Ampligo, foi feita no dia 20 de abril (27 DAE), na área total do experimento, com uma segunda aplicação dia 27 de abril (34 DAE). Foi feita uma aplicação de fungicida, Cercobin 875 WG, também em área total, feita no dia 29 de maio (64 DAE) (Tabela 1).

O teste de emergência deste experimento foi realizado em uma sala climatizada a 25°C no Laboratório de Sementes da Universidade de Uberlândia.

### **2.3. Semeadura**

A semeadura dos experimentos foi realizada no dia 21 de março de 2025, com o início da emergência ocorrendo dia 24 de março. No dia 12 de abril, 19 dias após a emergência, foi realizada uma operação de desbaste, para que a população não ultrapassasse a densidade 10 plantas por metro linear. Foram realizadas duas aplicações de inseticidas e fungicida assim como descrito anteriormente (Tabela 1). As sementes de sorgo foram colhidas após atingirem a maturidade fisiológica, no dia 02 de agosto, 135 dias após a emergência, com umidade de 15%. O processo de debulha foi realizado com o auxílio de uma bateadeira de cereais, modelo BC-30, e a limpeza realizada de forma manual. Após a debulha as sementes foram fumigadas com o uso de pastilhas de fosfeto de alumínio, eliminando qualquer possível efeito da contaminação por insetos.

## 2.4. Avaliações

### 2.4.1. Teor de silício nas sementes

Após a condução do experimento 1, o teor do Si nas sementes foi avaliado por meio de amostras coletadas de todas as parcelas do experimento, feitas após atingirem a sua maturidade fisiológica.

O mesmo procedimento realizado para as amostras foliares, descrito no tópico 2.4.2 do Capítulo 1, foi feito para as sementes, com determinação pelo método azul descrito por Korndörfer *et al.* (2004), feita no Laboratório de Tecnologia de Fertilizantes (LAFER) de Universidade Federal de Uberlândia. A avaliação de imagens por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e por EDS (Energy Dispersive X-Ray Detector) também foi realizada, descrito no tópico 2.4.3 do Capítulo 1, confirmando se existe a deposição e acúmulo deste elemento sobre as sementes.

### 2.4.2. Qualidade fisiológica de sementes de sorgo

Após a colheita das sementes produzidas, a sua qualidade inicial foi avaliada, para ambos os experimentos, por meio de testes físicos e fisiológicos:

*Teor de água:* foi feito por meio do método de estufa, utilizando duas repetições com  $4,5 \pm 0,5$  gramas, deixadas por um período de 24 horas a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ . Com o auxílio de balança analítica a cápsula de alumínio com sua tampa foi pesada separadamente da amostra úmida, e ao final se pesou a amostra seca, de acordo com as Regras para Análise de Sementes - RAS (Brasil, 2025), calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{Teor de água} = \frac{100 * (P - p)}{P - t}$$

P = Peso inicial do recipiente mais semente úmida; p = peso final do recipiente mais semente seca; t = peso do recipiente

*Condutividade elétrica:* foi feita a partir de quatro repetições de 50 sementes, que foram pesadas e adicionadas em copos plásticos (200 mL) contendo 25 mL de água deionizada. Os copos foram distribuídos em uma câmara de demanda bioquímica de oxigênio (B.O.D.) a  $30^\circ\text{C}$  por 16 horas. Após esse período a condutividade foi avaliada por meio de um condutímetro modelo mCA 150, após a calibragem com uma solução padrão de

condutividade, sendo os resultados expressos em  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$  de semente (Marques e Dutra, 2018).

*Teste de germinação:* a porcentagem de germinação foi determinada a partir de quatro repetições de 50 sementes, distribuídas entre papel de germinação embebido com água destilada a 2,5 vezes o seu peso seco, organizados em rolos e dispostos em uma câmara climática tipo B.O.D. (Demanda Bioquímica de Oxigênio), com a temperatura alternada entre 20 e  $30 \pm 1^\circ\text{C}$  e fotoperíodo de 12 horas, avaliado ao décimo dia pela contagem de plântulas normais, de acordo com a RAS (Brasil, 2025).

*Massa seca de plântulas:* determinada a partir das plantas normais obtidas no teste de germinação, sendo separada a parte aérea da raiz. O material foi seco a  $65^\circ\text{C}$  por 72 horas, em uma estufa com circulação forçada de ar, e em seguida pesadas com uma balança de precisão de quatro casas decimais. Os resultados foram expressos em miligramas por planta (Krzyzanowski *et al.*, 2020).

*Emergência:* realizada em casa de vegetação, por meio de quatro repetições de 50 sementes, com o substrato de areia em bandejas plásticas, com a quantidade de água referente a 60% da capacidade de campo. As bandejas foram irrigadas em dias alternados com o auxílio de uma pisseta, na quantidade de 200 mL por bandeja, para manutenção da umidade. A avaliação foi feita ao décimo dia após a semeadura, com a classificação de plântulas normais (Krzyzanowski *et al.*, 2020).

*Tempo médio de emergência (TME):* Feito em conjunto com o teste de emergência, sendo as bandejas avaliadas todos os dias, quanto ao número de plantas emergidas, consideradas aquelas com no mínimo dois centímetros de parte aérea, até o tempo final da avaliação da emergência, de dez dias. Calculado pela fórmula proposta por Edmond e Drapala (1958).

$$TME = \frac{E1 * T1 + E2 * T2 + \dots + Ei * Ti}{E1 + E2 + \dots + Ei}$$

E: número de plântulas emergidas por dia; T: tempo em dias.

*Índice de velocidade de emergência (IVE):* Foram feitas contagens diárias assim como para o teste de TME, e calculado por meio da fórmula proposta por Maguire (1962).

$$IVG = \left(\frac{E1}{T1}\right) + \left(\frac{E2}{T2}\right) + \dots + \left(\frac{Ei}{Ti}\right)$$

*Envelhecimento Acelerado:* o envelhecimento das sementes foi feito utilizando caixas acrílicas (Gerbox) com telas metálicas, contendo uma camada única de 200 sementes de sorgo e 40 mL de água destilada. As caixas tampadas foram dispostas em câmara B.O.D. a 43°C por 72 horas (Association of Official Seed Analysts, 2002; Marcos-Filho, 2020). Após este processo as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme descrito anteriormente, e avaliadas ao quarto dia após a semeadura, obtendo a porcentagem de plântulas normais.

### 2.4.3 Análises estatísticas

A estatística foi avaliada de acordo com o delineamento detalhado para cada experimento, feito assim como descrito no tópico 2.4.5 do Capítulo 1.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Experimento 1: Doses de silício

O aumento da dose de silicato aplicada no solo não gerou um maior teor de Si nas sementes de sorgo (Tabela 13), podendo indicar que este nutriente é absorvido pela planta, mas não translocado e acumulado nas sementes. O teor de Si nas sementes pode ter uma alta variabilidade, como indicado pelo coeficiente de variação de 66,26%, necessitando de mais estudos para comprovar este comportamento. O acúmulo de Si nas plantas é bem documentado, sendo conhecido a sua forma de absorção e deposição nos tecidos vegetais, porém, o seu acúmulo e subsequente efeito sobre as sementes produzidas não é bem conhecido (Ma; Yamaji, 2006; Mandlik *et al.*, 2020; Sun *et al.*, 2021).

**Tabela 13:** Teor de silício (Si) presente nas sementes de sorgo, provenientes de cultivo em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo.

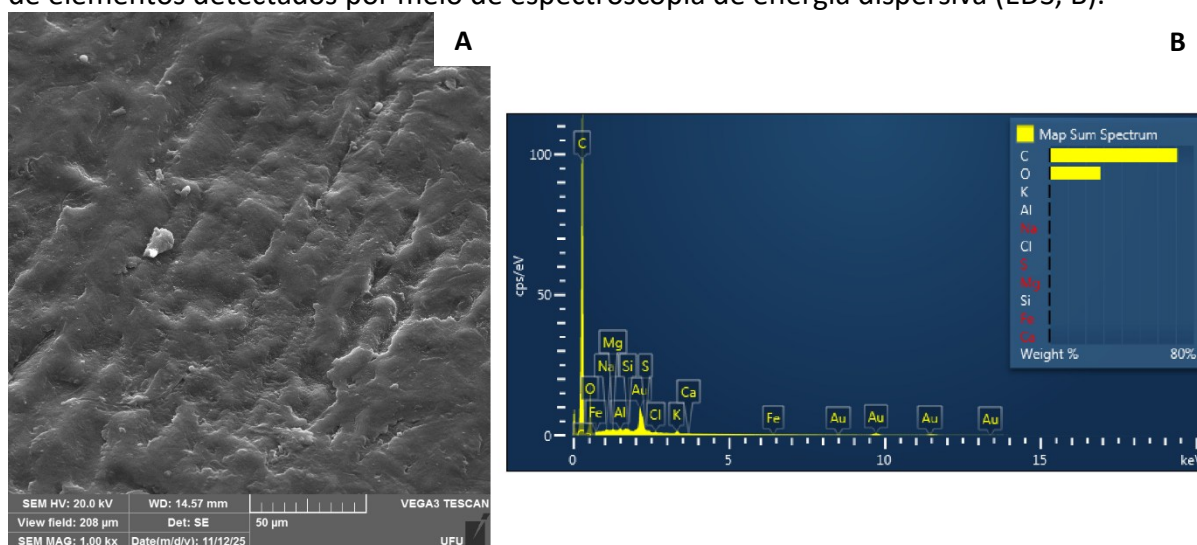
| Dose (kg ha <sup>-1</sup> ) | Si Semente* (%) |
|-----------------------------|-----------------|
| 0                           | 0,08            |
| 300                         | 0,05            |
| 600                         | 0,06            |
| 900                         | 0,07            |
| 1200                        | 0,10            |
| Adicional                   | 0,08            |
| CV (%)                      | 66,26           |

\*Médias na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância e nem do tratamento adicional (sem equilíbrio das quantidades de Ca e Mg) pelo teste de Dunnet a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

Este comportamento foi corroborado pelas imagens geradas a partir do MEV, não se constatando a formação de células de Si sobre a superfície de seus tecidos (Figura 5A). Assim como pelo método azul, o Si foi detectado em concentrações abaixo de 0,05% pela EDS, sendo apenas um elemento traço na análise (Figura 5B).

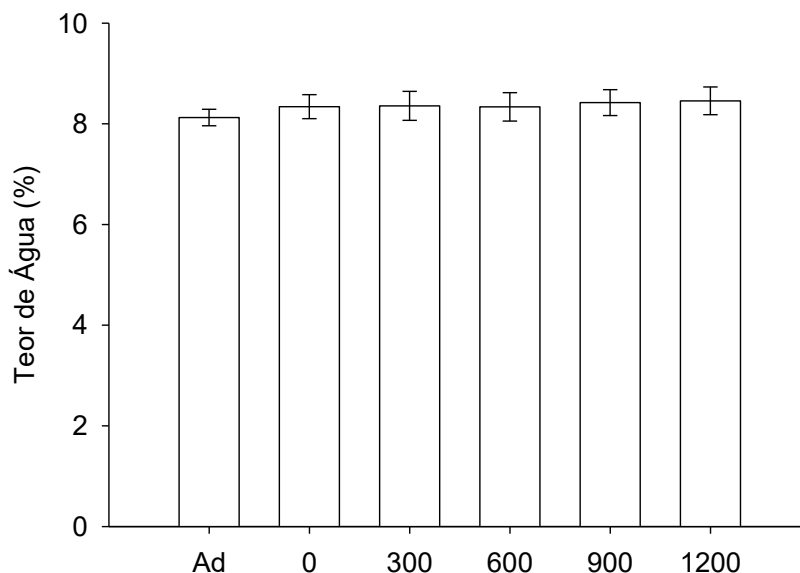
**Figura 5:** Imagem de semente de sorgo, cultivado com a aplicação de Si na dose de 1200 kg ha<sup>-1</sup>, feita por meio de microscópio eletrônico de varredura (MEV, A) e mapa de concentração de elementos detectados por meio de espectroscopia de energia dispersiva (EDS, B).



Fonte: o próprio autor.

O teor de água das sementes de todos os tratamentos se encontrava em uma faixa muito próxima, de 8,1 a 8,5% (Figura 6), com variações abaixo de 2%, sendo considerado uma condição adequada e confiável para a avaliação e comparação do potencial fisiológico das sementes (Marcos-Filho, 2015).

**Figura 6:** Teor de água de sementes de sorgo, provenientes de cultivo em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e de tratamento adicional sem equilíbrio das quantidades de Ca e Mg (Ad).



Fonte: o próprio autor.

A germinação das sementes dos diferentes tratamentos não apresentou diferenças significativas, sendo o desenvolvimento das plantas, observado pela massa seca da parte aérea e da raiz, também similar (Tabela 14). Este comportamento demonstra que a presença de Si no desenvolvimento da planta mãe não resultou em uma influência na germinação e desenvolvimento inicial das sementes quando avaliadas em condições ideais. As condições presentes durante o desenvolvimento da planta mãe podem gerar influências sobre a qualidade de sementes produzida, como em alface, onde sementes produzidas no inverno, com menores temperaturas, foram mais vigorosas que as produzidas no verão, na região de Lavras – MG (Villela *et al.*, 2010).

**Tabela 14:** Germinação de sementes de sorgo, massa seca da parte aérea e da raiz de plântulas de sorgo, de sementes provenientes do cultivo de plantas em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo e de tratamento adicional sem o equilíbrio das quantidades de Ca e Mg.

| Dose (kg ha <sup>-1</sup> ) | Germinação* (%) | Parte aérea* (mg planta <sup>-1</sup> ) | Raiz* (mg planta <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------------|-----------------|-----------------------------------------|----------------------------------|
| 0                           | 88              | 8,30                                    | 2,87                             |
| 300                         | 89              | 8,41                                    | 2,88                             |
| 600                         | 88              | 8,29                                    | 2,94                             |
| 900                         | 90              | 8,42                                    | 3,10                             |
| 1200                        | 90              | 8,04                                    | 2,73                             |
| Adicional                   | 90              | 8,11                                    | 2,91                             |
| CV (%)                      | 3,46            | 5,89                                    | 10,52                            |

\*Médias na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância e nem do tratamento adicional (sem equilíbrio das quantidades de Ca e Mg) pelo teste de Dunnet a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

A fonte e a forma de aplicação também podem influenciar na qualidade das sementes produzidas, onde a aplicação de silicato de potássio no solo gerou sementes de aveia com maior germinação, mas sua aplicação de forma foliar não gerou diferenças em sementes de trigo (Toledo *et al.*, 2011; Segalin *et al.*, 2013; Gama *et al.*, 2021).

Um comportamento similar à germinação foi observado para a emergência e a velocidade de emergência, observada pelo índice de velocidade de emergência e o tempo médio de emergência (Tabela 15), indicando que o Si também não gerou diferenças no desenvolvimento inicial das sementes quando avaliadas fora das condições ideais.

**Tabela 15:** Emergência de plântulas de sorgo, índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME), de sementes provenientes do cultivo de plantas em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo e de tratamento adicional sem equilíbrio de Ca e Mg.

| Dose (kg ha <sup>-1</sup> ) | Emergência* (%) | IVE*  | TME* (dias) |
|-----------------------------|-----------------|-------|-------------|
| 0                           | 88              | 12,38 | 3,76        |
| 300                         | 91              | 12,37 | 3,86        |
| 600                         | 92              | 12,29 | 3,94        |
| 900                         | 90              | 11,86 | 3,98        |
| 1200                        | 90              | 12,39 | 3,84        |
| Adicional                   | 90              | 11,96 | 3,99        |
| CV (%)                      | 3,06            | 6,11  | 6,52        |

\*Médias na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância e nem do tratamento adicional (sem equilíbrio das quantidades de Ca e Mg) pelo teste de Dunnet a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

As diferentes doses de Si utilizadas não geraram diferença no envelhecimento acelerado e na condutividade elétrica das sementes, indicando uma resistência a deterioração

semelhante e uma organização de membranas uniforme, não se observando uma maior lixiviação de solutos em tratamentos distintos (Tabela 16). Um comportamento diferente pode ser observado por conta da adubação na planta mãe, se tendo como exemplo maiores aplicações de nitrogênio, que geraram uma menor condutividade elétrica de sementes de *Brassica napus* L. e *Glycine max* L. (Oskouie; Divsalar, 2011; Zuffo *et al.*, 2018).

**Tabela 16:** Envelhecimento acelerado (%) e condutividade elétrica, de sementes provenientes do cultivo de plantas em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo e de tratamento adicional sem o equilíbrio de Ca e Mg.

| Dose (kg ha <sup>-1</sup> ) | Envelhecimento Acelerado* (%) | Condutividade Elétrica* (μS.cm <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 0                           | 76                            | 96,61                                                          |
| 300                         | 78                            | 91,03                                                          |
| 600                         | 81                            | 94,33                                                          |
| 900                         | 75                            | 91,34                                                          |
| 1200                        | 75                            | 90,42                                                          |
| Adicional                   | 75                            | 99,43                                                          |
| CV (%)                      | 8,98                          | 8,03                                                           |

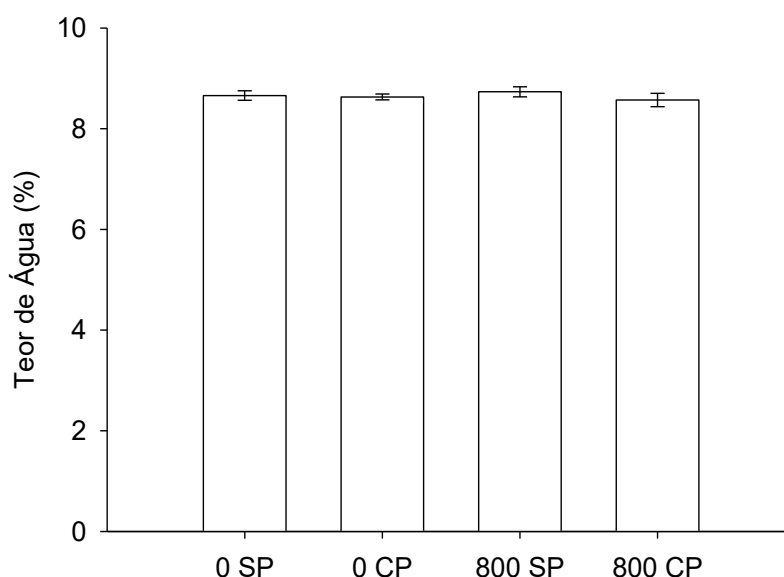
\*Médias na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância e nem do tratamento adicional (sem equilíbrio das quantidades de Ca e Mg) pelo teste de Dunnet a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

### 3.2. Experimento 2: Interação do uso do Si com o controle químico

Assim como observado no experimento anterior, a faixa de teor de água permaneceu abaixo dos 2% de diferença entre tratamentos, variando entre 8,5 e 8,7%, garantindo a confiabilidade das comparações subsequentes (Figura 7).

**Figura 7:** Teor de água de sementes de sorgo, provenientes de cultivo com e sem a presença de silício (0 e 800 kg ha<sup>-1</sup>) e com (CP) e sem (SP) controle químico de pragas e doenças.



Fonte: o próprio autor.

A germinação e emergência das sementes de sorgo dos diferentes tratamentos não apresentaram diferenças significativas (Tabela 17), indicando uma ausência do efeito da aplicação do Si ou do controle químico sobre a qualidade fisiológica inicial das sementes.

A aplicação de inseticidas pode causar efeitos negativos no desenvolvimento das culturas, como a redução de concentração de ácido abscísico e ácido jasmônico em milho com a aplicação de clotianidina, redução da germinação de cebola pela aplicação de Attack e de feijão-mungo pela aplicação de forato, sem a avaliação do seu efeito residual sobre as sementes produzidas (Szczepaniec *et al.*, 2013; Bragança *et al.*, 2018). De forma análoga, efeitos negativos sobre a qualidade fisiológica de sementes são mais comumente relatados quando inseticidas e fungicidas são utilizados no tratamento de sementes, causando efeitos negativos a longo prazo, com diferenças sendo observadas ao longo do armazenamento, por redução de sua germinação ou vigor (Abati *et al.*, 2014; Moraes *et al.*, 2022; Rocha *et al.*, 2025).

**Tabela 17:** Germinação de sementes e emergência de plantas de sorgo de sementes provenientes do cultivo de plantas com e sem a presença de silício (0 e 800 kg ha<sup>-1</sup>) e com e sem controle químico de pragas e doenças.

| Dose (kg ha <sup>-1</sup> ) | Germinação (%) |              |       | Emergência (%) |              |       |
|-----------------------------|----------------|--------------|-------|----------------|--------------|-------|
|                             | Sem Controle   | Com Controle | Média | Sem Controle   | Com Controle | Média |
| 0                           | 86,83          | 86,50        | 86,67 | 88,67          | 86,42        | 87,54 |
| 800                         | 88,00          | 88,33        | 88,17 | 86,50          | 85,42        | 85,96 |
| Média                       | 87,42          | 87,42        |       | 87,58          | 85,92        |       |
| CV (%)                      |                | 4,55         |       |                | 4,2          |       |

Médias não seguidas por letras, na linha ou na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

O desenvolvimento inicial das plântulas, avaliado por meio da massa seca, não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos para a massa da parte aérea. Porém, a massa seca de raiz foi menor quando não se realizou o controle químico, independente da aplicação de Si (Tabela 18), indicando redução do desenvolvimento das raízes devido ao ataque de pragas e/ou doenças. O impacto do ataque de insetos no campo, sobre a qualidade fisiológica de sementes, é mais estudado quando este ocorre diretamente sobre a semente, como o ataque de pragas de armazenamento ou de percevejos sobre sementes de soja, podendo causar danos diretos no seu eixo embrionário e impedir o seu desenvolvimento, detectado pelo teste de tetrazólio (Corrêa-Ferreira; Azevedo, 2002; Gebregergis *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2025). Quando o ataque ocorre sobre a planta mãe, os impactos reportados são em sua maioria sobre a produtividade da cultura e sobre a qualidade nutricional do material produzido, com poucos estudos demonstrando o seu impacto sobre a qualidade fisiológica de sementes (Schutze *et al.*, 2022; Ouaraous *et al.*, 2025).

**Tabela 18:** Massa seca da parte aérea e massa seca da raiz de plântulas de sorgo, de sementes provenientes do cultivo de plantas com e sem a presença de silício (0 e 800 kg ha<sup>-1</sup>) e com e sem controle químico de pragas e doenças.

| Dose (kg ha <sup>-1</sup> ) | Parte Aérea (mg.planta <sup>-1</sup> ) |              |       | Raiz (mg.planta <sup>-1</sup> ) |              |        |
|-----------------------------|----------------------------------------|--------------|-------|---------------------------------|--------------|--------|
|                             | Sem Controle                           | Com Controle | Média | Sem Controle                    | Com Controle | Média  |
| 0                           | 7,87                                   | 8,02         | 7,94  | 2,66                            | 2,78         | 2,72 A |
| 800                         | 7,81                                   | 7,96         | 7,88  | 2,54                            | 2,76         | 2,65 A |
| Média                       | 7,84                                   | 7,99         |       | 2,60 b                          | 2,77 a       |        |
| CV (%)                      |                                        | 6,37         |       |                                 | 7,59         |        |

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

O vigor das sementes, observado pela velocidade de emergência, a partir do IVE e TME, não apresentou diferenças significativas por conta da aplicação de Si ou pelo controle químico (Tabela 19).

**Tabela 19:** Índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME) de plântulas, de sementes provenientes do cultivo de plantas com e sem a presença de silício (0 e 800 kg ha<sup>-1</sup>) e com e sem controle químico de pragas e doenças.

| Dose (kg ha <sup>-1</sup> ) | IVE          |              |       | TME (dias)   |              |       |
|-----------------------------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|
|                             | Sem Controle | Com Controle | Média | Sem Controle | Com Controle | Média |
| 0                           | 9,06         | 8,66         | 8,86  | 5,01         | 5,09         | 5,05  |
| 800                         | 8,59         | 8,65         | 8,62  | 5,15         | 5,04         | 5,09  |
| Média                       | 8,82         | 8,66         |       | 5,08         | 5,07         |       |
| CV (%)                      |              | 5,38         |       |              | 2,34         |       |

Médias não seguidas por letras, na linha ou na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

Assim como no experimento anterior, também não se foi observado diferenças no envelhecimento acelerado e na condutividade elétrica das sementes (Tabela 20), indicando que não houve alteração no potencial de armazenamento das sementes produzidas por conta da adubação silicatada ou aplicação do controle químico.

**Tabela 20:** Envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, de sementes provenientes do cultivo de plantas com e sem a presença de silício (0 e 800 kg ha<sup>-1</sup>) e com e sem controle químico de pragas e doenças.

| Dose (kg ha <sup>-1</sup> ) | Envelhecimento Acelerado (%) |              |       | Condutividade Elétrica (μS.cm <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> ) |              |        |
|-----------------------------|------------------------------|--------------|-------|---------------------------------------------------------------|--------------|--------|
|                             | Sem Controle                 | Com Controle | Média | Sem Controle                                                  | Com Controle | Média  |
| 0                           | 81,0                         | 79,0         | 80,0  | 107,71                                                        | 107,63       | 107,67 |
| 800                         | 79,0                         | 81,0         | 80,0  | 110,75                                                        | 104,50       | 107,62 |
| Média                       | 80,0                         | 80,0         |       | 109,23                                                        | 106,06       |        |
| CV (%)                      |                              | 8,16         |       |                                                               | 6,41         |        |

Médias não seguidas por letras, na linha ou na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

Como observado em ambos os experimentos, o uso do Si não gerou efeitos negativos para a qualidade fisiológica de sementes, podendo ser utilizado como uma ferramenta visando reduzir os danos de pragas e doenças na cultura do sorgo, com efeitos positivos observados para *M. sorghi*, *R. maidis* e *S. frugiperda* (Sampaio *et al.*, 2020; Haq *et al.*, 2021; Domingues *et al.*, 2025, Santos *et al.*, 2025).

#### **4 CONCLUSÃO**

O Si não foi acumulado nas sementes nas doses avaliadas e não resultou em diferenças na produção e na qualidade fisiológica de sementes de sorgo. A ausência do controle químico resultou em uma redução na massa seca das raízes de plântulas.

## REFERÊNCIAS

- ABATI, J.; ZUCARELI, C.; FOLONI, J. S. S.; HENNING, F. A.; BRZEZINSKI, C. R.; HENNING, A. A. Treatment with fungicides and insecticides on the physiological quality and health of wheat seeds. *J. Seed Sci.*, v. 36, n. 4, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v36n41006>.
- ALAM, A.; HARIYANTO, B.; ULLAH, H.; SALIN, K. R.; DATTA, A. Effects of Silicon on Growth, Yield and Fruit Quality of Cantaloupe under Drought Stress. *Silicon*, v. 13, p. 3153–3162, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12633-020-00673-1>.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. *Seed vigor testing handbook*. Lincoln: AOSA, 2002. 105p.
- BASAL, O.; SZABÓ, A. The Combined Effect of Drought Stress and Nitrogen Fertilization on Soybean. *Agronomy*, v. 10, n. 3, p. 384, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10030384>.
- BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELLA, R. *Sorgo: Do plantio à colheita*. Jaboticabal: Editora UFV, 2014. 275p.
- BRAGANÇA, I.; GROSSO, C.; REDE, D.; SOUSA, S. R.; LEMOS, P. C.; DOMINGUES, V. F.; DELERUE-MATOS, C. Ecotoxicological Effects of Insecticides in Plants Assessed by Germination and Other Phytotoxicity Tools. In: VATS, S. (ed.). *Biotic and Abiotic Stress Tolerance in Plants*. Singapore: Springer, 2018. p. 47-76. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-10-9029-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-10-9029-5_3).
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para Análise de Sementes*. Brasília: MAPA/ACS, 2025. Disponível em: [https://wikisda.agricultura.gov.br/pt-br/Laborat%C3%B3rios/Metodologia/Sementes/RAS\\_2025/cap\\_4\\_Germinacao\\_rev\\_1](https://wikisda.agricultura.gov.br/pt-br/Laborat%C3%B3rios/Metodologia/Sementes/RAS_2025/cap_4_Germinacao_rev_1).
- CAPELIN, M. A.; MADELLA, L. A.; PANHO, M. C.; MEIRA, D.; BARRIONUEVO, F.; RODRIGUES, A. P. D. C.; BENIN, G. Physiological quality and seed chemical composition of soybean seeds under different altitude. *Bragantia*, v. 81, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20210244>.
- CARDOSO, A. I. I.; COLOMBARI, L. F.; SILVA, G. F.; CHAVES, P. P. N.; NOGUEIRA, B. B.; PUTTI, F. F. Calcium and boron foliar application in the production and quality of sweet pepper seeds. *Hortic. Bras.*, v. 40, n. 4, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20220404>.
- CARNEIRO, J. S. S.; SOUSA, S. A.; NIKKEL, M.; DEUSDARÁ, T. T.; MACHADO, A. F.; SILVA, R. R. Supercalagem: alterações em atributos químicos de um Latossolo Vermelho amarelo distrófico. *Revista de Ciências Agroambientais*, v. 16, n. 1, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5327/rcaa.v16i1.1522>.
- CHAKMA, R.; SAEKONG, P.; BISWAS, A.; ULLAH, H.; DATTA, A. Growth, fruit yield, quality, and water productivity of grape tomato as affected by seed priming and soil application of silicon

under drought stress. *Agricultural Water Management*, v. 256, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107055>.

CORBINEAU, F. The Effects of Storage Conditions on Seed Deterioration and Ageing: How to Improve Seed Longevity. *Seed*, v. 3, n. 1, p. 56-75, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/seeds3010005>.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; AZEVEDO, J. Soybean seed damage by different species of stink bugs. *Agricultural and Forest Entomology*, v. 4, n. 2, p. 145-150, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1461-9563.2002.00136.x>.

DAMETO, L. S.; MORAES, L. A. C.; KRZYZANOWSKI, F. C.; MOREIRA, A. Boron sources and rates on soybean seed physiological quality and root system volume. *J. Seed Sci.*, v. 45, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v45262849>.

DOMINGOS, C. S.; BESEN, M. R.; NETO, M. E.; COSTA, E. J. O.; SCAPIM, C. A.; INOUE, T. T.; BATISTA, M. A.; BRACCINI, A. L. Can calcium and boron leaf application increase soybean yield and seed quality?. *Acta Agriculturae Scandinavica*, v. 71, n. 3, p. 171-181, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2020.1869818>.

DOMINGUES, R. F.; BARBOSA, M. S.; SAMPAIO, M. V. Silicon amendment to the crop increases the potential of *Aphis platensis* to control the invasive pest aphid *Melanaphis sorghi*. *Pest Management Science*, v. 81, n.7, p. 3933-3942, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.8762>.

EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. J. The Effects of Temperature, Sand and Soil, and Acetone on Germination of Okra Seed. *Proceedings of the American Society Horticultural Science*, v. 71, p. 428-434, 1958.

GAMA, G. F. V.; OLIVEIRA, R. M.; PINHEIRO, D. T.; SILVA, L. J.; DIAS, D. C. F. S. Yield and physiological quality of wheat seeds produced under different irrigation depths and leaf silicon. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 43, n. 4, p. 2233-2252, 2021. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/42168>.

GEBREGERGIS, Z.; BARAKI, F.; FISESEHA, D. Effects of environmental factors and storage periods on sesame seed quality and longevity. *CABI Agriculture and Bioscience*, v. 5, n. 47, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s43170-024-00247-w>.

HAQ, I. U.; KURSHID, A.; INAYAT, R.; ZHANG, K.; LIU, C.; ALI, S.; ZUAN, A. T. K.; AL-HASHIMI, A.; ABBASI, A. M. Silicon-based induced resistance in maize against fall armyworm [*Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)]. *Plos One*, v. 16, n. 11, e0259749, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259749>.

HENRY, R. S.; JOHNSON, W. G.; WISE, K. A. The impact of a fungicide and an insecticide on soybean growth, yield, and profitability. *Crop Protection*, v. 30, n. 12, p. 162901634, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.08.014>

KANDEL, Y. R.; MUELLER, D. S.; HART, C. E.; BESTOR, N. R. C.; BRADLEY, C. A.; AMES, K. A.; GIESLER, L. J.; WISE, K. A. Analyses of Yield and Economic Response from Foliar Fungicide and Insecticide Applications to Soybean in the North Central United States. *Plant Health Progress*, v. 17, n. 4, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHP-RS-16-0038>.

KEKALO, A. Y.; NEMCHENKO, V. V. Effect of Foliar Fungicide Protection on the Plant Pathogen Infection and Seed Quality of Spring Wheat. *Russian Agricultural Sciences*, v. 51, p. 654-660, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3103/S106836742570137X>.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. *Análise de silício: Solo, planta e fertilizante*. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 34 p., 2004. Disponível em: [http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/downloads/bt2\\_gpsi.pdf](http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/downloads/bt2_gpsi.pdf).

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B.; MARCOS-FILHO, J. *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Abrates, 2020. 601p.

LIU, X.; HUANG, Z.; LI, Y.; XIE, W.; LI, W.; TANG, X.; ASHRAF, U.; KONG, L.; WU, L.; WANG, S.; MO, Z. Selenium-silicon (Se-Si) induced modulations in physio-biochemical responses, grain yield, quality, aroma formation and lodging in fragrant rice. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 196, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110525>.

MA, J. F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends in Plant Science*, v. 11, n. 8, p 392-397, 2006. Disponível em: [https://www.cell.com/ajhg/fulltext/S1360-1385\(06\)00163-4](https://www.cell.com/ajhg/fulltext/S1360-1385(06)00163-4).

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>.

MANDLIK, R.; THAKRAL, V.; RATURI, G.; SHINDE, S.; NIKOLIC, M.; TRIPATHI, D. K.; SONAH, H.; DESHMUKH, R. Significance of silicon uptake, transport, and deposition in plants. *Journal of Experimental Botany*, v. 71, n. 21, p. 6703-6718, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa301>.

MARCOS-FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Londrina: Abrates, 2015. 659p.

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B.; MARCOS-FILHO, J. (Eds.) *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Abrates, 2020. p.185-246.

MARINHO, J. L.; SILVA, S. R.; FONSECA, I. C. B.; ZUCARELI, C. Nitrogen fertilization and sowing density on yield and physiological quality of wheat seeds. *J. Seed Sci.*, v. 44, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v44254717>.

MARQUES, A.R.; DUTRA, A.S. Metodologia do teste de condutividade elétrica em sementes de sorgo granífero. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 17, n.1, p.147-156, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v17n1p147-156>.

MORAES, L. F. S.; CARVALHO, E. R.; LIMA, J. M. E.; COSSA, N. H. S.; MEDEIROS, J. C. Physiological quality of corn seeds treated with insecticides and stored at different temperatures. *Pesq. agropec. bras.*, v. 57, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.02665>.

NAKADA-FREITAS, P. G.; SANTOS, J. T.; HIDALGO, G. F.; ANJOS, L. V. S.; SOUZA, E. P.; MARTINS, I. R.; CARDOSO, A. I. I.; BARDIVIESSO, E. M.; LANNA, N. B. L.; CATÃO, H. C. R. M.; HEINRICHS, R. Calcium in the production and quality of cauliflower seeds. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12763>.

OLEGO, M. Á.; QUIROGA, M. J.; SÁNCHEZ-GARCÍA, M.; CUESTA, M.; CARA-JIMÉNEZ, J.; GARZÓN-JIMENO, J. E. Effects of overliming on the nutritional status of grapevines with special reference to micronutrient content. *Oeno One*, v. 55, n. 2, p. 57–73, 2021. DOI: <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.2.4081>.

OLIVEIRA, R. S.; SAMPAIO, M. V.; CARVALHO, F. J.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; KORNDORFER, G. H. Silicon amendments reduce aphid numbers and improve yield of aphid-resistant and susceptible wheat cultivars in a dose-dependent manner. *Crop Protection*, v. 172, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106296>.

OSKOUIE, B.; DIVSALAR, M. The effect of mother plant nitrogen on seed vigour and germination in rapeseed. *Journal of Agricultural and Biological Science*, v. 6, n. 5, p. 49-56, 2011. DOI: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20113319471>.

OUAAROUS, M.; FAKHOURI, K. R.; TAARJI, N.; BAOUCHI, A.; AMRI, M.; RAMDANI, C.; SOBEH, M.; MESFIOUI, A.; BOUHSSINI, M. E. Impact of Field Insect Pests on Seed and Nutritional Quality of Some Important Crops: A Comprehensive Review. *ACS Omega*, v. 10, n. 9, p. 8778-8792, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c08982>.

PERES, A. R.; KAPPES, C.; PORTUGAL, J. R.; SA, M. E.; MEIRELLES, F. C. Physiological quality of soybean seeds coming from cultivation with application of biostimulant. *Australian Journal of Crop Science*, v. 11, n. 2, p. 162-168, 2017. Disponível em: <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/informit.821619311390264>.

RAHMAN, A.; HUSSAIN, F.; MAJEED, S.; NAZEER, M. U.; SHARIF, R. M. S.; ASIF, M.; SATTAR, W. Silicon Applications on Yield Attributes of Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Biology of Wheat-Aphid (*Schizaphis Graminum*). *Silicon*, v. 16, n. 7, p. 3165–3172, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12633-024-02909-w>.

RANGANATHAN, U.; GROOT, S. P. C. Seed Longevity and Deterioration. In: DADLANI, M.; YADAVA, D. K. (ed.) *Seed Science and Technology*. Singapore: Springer, 2023. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5_5)

REZENDE, G. F.; SAMPAIO, M. V.; MACHADO, B. Q. V.; LIMA, D. T.; PERDOMO, D. N.; CELOTO, F. J.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; SILVA, E. J. M.; OLIVEIRA, R. S.; PEREIRA, H. S. Efeito do silício em populações de afídeos e produtividade de trigo em Minas Gerais, Brasil. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 41, n. 6, p. 2481–2494, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n6p2481>.

ROCHA, D. K.; REIS, V. U. V.; CARVALHO, E. R.; NARDELLI, A. C. P.; MORAIS, G. M.; REIS, L. V. How do the components used in chemical seed treatment affect physiological quality over the storage period?. *Bragantia*, v. 84, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20240131>.

SAMPAIO, M. V.; FRANCO, G. M.; LIMA, D. T.; OLIVEIRA, A. R. C.; SILVA, P. F.; SANTOS, A. L. Z.; RESENDE, A. V. M.; SANTOS, F. A. A.; GIRÃO, L. V. C. Plant Silicon Amendment Does Not Reduce Population Growth of Schizaphis graminum or Host Quality for the Parasitoid Lysiphlebus testaceipes. *Pest Management*, v. 49, p. 745-757, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00775-w>.

SANTOS, D. G.; DIAS, L. L. C.; AVELLAR, G. S.; SIMEONE, M. L. F.; PARRELLA, R. A. C.; SANTOS, N. M.; SILVA, T. F.; NETO, A. A.; MENDES, S. M. Biomass Sorghum (*Sorghum bicolor*) Agronomic Response to *Melanaphis sorghi* (Hemiptera: Aphididae) Infestation and Silicon Application. *Insects*, v. 16, n. 6, p. 566, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects16060566>.

SCHUTZE, I. X.; NARANJO, S. E.; YAMAMOTO, P. T. Impact of Bemisia tabaci MEAM1 (Hemiptera: Aleyrodidae) on Soybean Yield and Quality Under Field Conditions. *Journal of Economic Entomology*, v. 115, n. 3, p. 757-766, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toac026>.

SEGALIN, S. R.; HUTH, C.; ROSA, T. D.; PAHINS, D. B.; MERTZ, L. M.; NUNES, U. R.; MARTIN, T. N. Foliar application of silicon and the effect on wheat seed yield and quality. *Journal of Seed Science*, v. 35, n. 1, p. 86-91, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jss/a/mvHfYLfdYPBgQKbsytJ8vYC/?lang=en>.

SILVA, M. L. C. L.; LIMA, I. S.; BRAGA, B. C.; BRIGHENTI, C. R. G. Vigor and damage of soybean seeds estimated by sequential Bayesian techniques in the tetrazolium test. *Acta Sci. Agron.*, v. 47, n. e72116, p. 1-12, 2025. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v47i1.72116>.

SOFIATTI, V.; SCHUCH, L. O. B. Efeitos de regulador de crescimento e controle químico de doenças na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de arroz. *Rev. bras. Sementes*, v. 27, n. 2, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222005000200015>.

SUN, Y.; XU, J.; MIAO, X.; LIN, X.; LIU, W.; REN, H. Effects of exogenous silicon on maize seed germination and seedling growth. *Scientific Reports*, v. 11, n. 1014, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79723-y>.

SUNDARESWARAN, S.; CHOUDHURY, P. R.; VANITHA, C.; YADAVA, D. K. Seed Quality: Variety Development to Planting—An Overview. In: Dadlani, M., Yadava, D.K. (ed.) *Seed Science and Technology*. Singapore: Springer, 2023. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5_1).

SZCZEPANIEC, A.; RAUPP, M. J.; PARKER, R. D.; KERNS, D.; EUBANKS, M. D. Neonicotinoid Insecticides Alter Induced Defenses and Increase Susceptibility to Spider Mites in Distantly Related Crop Plants. *PLoS One*, v. 8, n. 3, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062620>.

TOLEDO, M. Z.; GARCIA, R. A.; MERLIN, A.; FERNANDES, D. M. Qualidade fisiológica de sementes de aveia-branca em função da adubação com silício e fósforo. *Scientia Agrícola*, v. 68, n. 1, p. 18-23, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162011000100003>.

UYI, O.; REAY-JONES, F. P. F.; NI, X.; BUNTIN, D.; JACOBSON, A.; PUNNURI, S.; TOEWS, M. D. Impact of Planting Date and Insecticide Application Methods on *Melanaphis sorghi* (Hemiptera: Aphididae) Infestation and Forage Type Sorghum Yield. *Insects*, v. 12, n. 11, p. 1038, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects13111038>.

VELOSO, C. A. C. *Sorgo granífero e forrageiro*. Recomendações de calagem e adubação para culturas anuais, p. 263-264, 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1127267/1/LV-RecomendacaoSolo-2020-265-266.pdf>.

VILLELA, R. P.; SOUZA, R. J.; GUIMARÃES, R. M.; NASCIMENTO, W. M.; GOMES, L. A. A.; CARVALHO, B. O.; BUENO, A. C. R. Produção e desempenho de sementes de cultivares de alface em duas épocas de plantio. *Rev. Bras. Sementes*, v. 32, n. 1, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000100018>.

WARRAICH, E. A.; BASRA, S. M. A.; AHMAD, N.; AHMED, R.; AFTAB, M. Effect of Nitrogen on Grain Quality and Vigour in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Agriculture & Biology*, v. 4, n. 4, p. 571-520, 2002. Disponível em: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/75063472/Effect\\_of\\_Nitrogen\\_on\\_Grain\\_Quality\\_and\\_20211123-32443-14tygo3.pdf?1738450654=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEffect\\_of\\_Nitrogen\\_on\\_Grain\\_Quality\\_and.pdf&Expires=1772827578&Signature=Ei3MJ2NTXOtBd07BXWYEFcaTGHO30erQp5iXURcCFfmQjQEhw~qarXaEUQdm4CASH59uyU1Zhw0cqPFV49hdJ2q8kw6xwDO9fIGRurGSYhcHQRdu7ydLoZh9CYvkHjRBxL0akk9TPGCsiS0vYfl-BWi5qWpemJ1hdB~dwGaSRtuzDcHNem8tbs-gcMse9Aeb3y~Qj2Jf24she37OxdhT2y9gLkg7CeTvGDxy5C~ZP5WN-OuXNBwWlZgYjoS7q~GNHw96QvVrj1J~hMRocm7zT4ZIsLKlc00rOJgj4-w1gLHwJwSbY3Jy~vK2ZSBB2HtiuCZC5NAAuPJSf77AsWrag\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/75063472/Effect_of_Nitrogen_on_Grain_Quality_and_20211123-32443-14tygo3.pdf?1738450654=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEffect_of_Nitrogen_on_Grain_Quality_and.pdf&Expires=1772827578&Signature=Ei3MJ2NTXOtBd07BXWYEFcaTGHO30erQp5iXURcCFfmQjQEhw~qarXaEUQdm4CASH59uyU1Zhw0cqPFV49hdJ2q8kw6xwDO9fIGRurGSYhcHQRdu7ydLoZh9CYvkHjRBxL0akk9TPGCsiS0vYfl-BWi5qWpemJ1hdB~dwGaSRtuzDcHNem8tbs-gcMse9Aeb3y~Qj2Jf24she37OxdhT2y9gLkg7CeTvGDxy5C~ZP5WN-OuXNBwWlZgYjoS7q~GNHw96QvVrj1J~hMRocm7zT4ZIsLKlc00rOJgj4-w1gLHwJwSbY3Jy~vK2ZSBB2HtiuCZC5NAAuPJSf77AsWrag_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA).

WEN, D.; XU, H.; XIE, L.; HE, M.; HOU, H.; WU, C.; LI, Y.; ZHANG, C. Effects of Nitrogen Level during Seed Production on Wheat Seed Vigor and Seedling Establishment at the Transcriptome Level. *Int. J. Mol. Sci.*, v. 19, n. 11, p. 3417, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms19113417>.

ZUFFO, A. M.; STEINER, F.; BUSCH, A.; ZUFFO JÚNIOR, J. C.; MENDES, A. E. S.; OLIVEIRA, N. T.; ZAMBIAZZI, E. V. Quality of soybean seeds in response to nitrogen fertilization and inoculation with *Bradyrhizobium japonicum*. *Pesqui. Agropecu. Trop.*, v. 48, n. 3, p. 261-270, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632018v4851638>.

### CAPÍTULO 3

#### Silício na qualidade bromatológica do sorgo forrageiro

##### RESUMO

As análises bromatológicas são fundamentais para avaliar a qualidade nutricional de materiais vegetais destinados à alimentação animal, auxiliando na formulação de dietas equilibradas, considerando componentes como fibras, lipídeos e proteínas, que influenciam diretamente a digestibilidade e o desempenho animal. Diferentes práticas de manejo, adubação e condições ambientais podem alterar a composição bromatológica das plantas. O silício (Si), embora não essencial, aumenta a resistência das plantas a estresses bióticos e abióticos, porém, o seu efeito sobre a qualidade nutricional é pouco conhecido. Objetivou-se com este estudo avaliar a influência de diferentes doses de silício na qualidade bromatológica de folhas e grãos de sorgo e realizar uma análise de componentes principais (PCA) correlacionando as variáveis avaliadas em todos os capítulos da Tese. O experimento foi conduzido em campo, com cinco doses de silício (0, 300, 600, 900 e 1200 kg ha<sup>-1</sup>), além de um adicional sem o equilíbrio das quantidades de Ca e Mg. As análises bromatológicas incluíram a determinação de cinzas, extrato etéreo (lipídeos), proteína bruta e fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA). Houve aumento da porcentagem de cinzas na dose de 900 kg de Si.ha<sup>-1</sup> quando comparado ao tratamento adicional, que, além de não receber Si também recebeu menores quantidades de Ca e Mg aplicados no solo. Os teores de extrato etéreo, proteína bruta e FDN não apresentaram diferenças estatísticas entre as doses avaliadas e sem diferenças com o adicional. Para FDA observou uma maior porcentagem na dose de 1200 kg ha<sup>-1</sup> quando comparada ao adicional. Por meio das correlações e PCA, as características nutricionais foram correlacionadas com as características fitotécnicas, permitindo a visualização do aumento da porcentagem de cinzas com o aumento do teor de Si foliar, e a qualidade fisiológica das sementes, com um maior FDA demonstrando um menor peso de mil sementes, que se correlaciona com uma menor massa da parte aérea. O uso de Si não afetou a maior parte dos indicadores nutricionais do sorgo como alimento animal, porém, a aplicação de doses altas de silicato, o qual contém Ca e Mg, além de Si, indica uma menor digestibilidade do material produzido.

**Palavras-chave:** adubação silicatada; *Sorghum bicolor* (L.) Moench; qualidade nutricional.

## ABSTRACT

Bromatological analyses are essential for evaluating the nutritional quality of plant materials intended for animal feed, assisting in the formulation of balanced diets by considering components such as fibers, lipids, and proteins, which directly influence digestibility and animal performance. Different management practices, fertilization strategies, and environmental conditions can alter the bromatological composition of plants. Silicon (Si), although not considered an essential element, increases plant resistance to biotic and abiotic stresses; however, its effect on nutritional quality is still poorly understood. The objective of this study was to evaluate the influence of different silicon doses on the bromatological quality of sorghum leaves and grains and make a principal component analysis (PCA) correlating the variables evaluated in all of the chapters of the Thesis. The experiment was conducted under field conditions using five silicon doses (0, 300, 600, 900, and 1200 kg.ha<sup>-1</sup>), in addition to an extra treatment without balancing Ca and Mg quantities. Bromatological analyses included the determination of ash content, ether extract (lipids), crude protein, and neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF). An increase in ash percentage was observed at the dose of 900 kg Si ha<sup>-1</sup> when compared to the additional treatment, which, besides not receiving Si, also received lower amounts of Ca and Mg applied to the soil. Ether extract, crude protein, and NDF contents did not show statistical differences among the evaluated doses, nor differences in relation to the additional treatment. For ADF, a higher percentage was observed at the dose of 1200 kg.ha<sup>-1</sup> when compared to the additional treatment. Through the correlations and the PCA, the nutritional characteristics were correlated with agronomic traits, allowing the observation of an increase in ash percentage with increasing foliar Si content, as well as seed physiological quality, where higher ADF values were associated with lower thousand-seed weight, which in turn correlated with lower shoot biomass. The use of Si did not affect most of the nutritional indicators of sorghum as animal feed. However, the application of high silicate doses, which contain Ca and Mg in addition to Si, indicated lower digestibility of the produced material.

**Keywords:** silicate fertilization; *Sorghum bicolor* (L.) Moench; nutritional quality.

## 1 INTRODUÇÃO

As análises bromatológicas permitem o conhecimento da qualidade nutricional do material vegetal avaliado, possibilitando uma melhor escolha dos componentes que podem ser utilizados na dieta animal (Lisboa *et al.*, 2021). O controle da qualidade nutricional do material também permite a avaliação da influência de diferentes práticas de manejo sobre a produção (Reis *et al.*, 2016).

As características avaliadas incluem: a massa seca do material, com o intuito de descontar a influência da água nos cálculos de formulação; a porcentagem de fibras, que pode ser avaliada em detergente neutro ou ácido, fração que é digestível apenas pela microbiota do rúmen; a porcentagem de lipídeos, avaliada por meio do extrato etéreo, que inclui porções digestíveis e não digestíveis; e proteínas, que pode ser estimada a partir da quantidade de nitrogênio do material (Hall, 2014). O conhecimento destas frações é importante para a tomada de decisão sobre o material utilizado na composição da dieta animal, como por exemplo uma menor digestibilidade de materiais ricos em fibras, quando comparados com os ricos em carboidratos não fibrosos (Xu *et al.*, 2023).

A composição é variável de acordo com a matéria prima e até mesmo com a parte do material, como uma maior porcentagem de proteína bruta em folhas de *Medicago sativa* L., com valores entre 27 e 30%, do que nas suas hastes, com 10 a 12% (Sheaffer *et al.*, 2000). Uma dieta balanceada depende da finalidade de produção, sendo concentrações de 20 a 22% de proteína, 20% de gorduras e 23 a 35% de fibras consideradas quantidades adequadas para criação de novilhas, o que muda para vacas em lactação, em que a quantidade de proteína recomendada é menor e a de carboidratos é maior (Erickson; Kalscheur, 2020).

O manejo utilizado sobre a produção da forragem, ou de qualquer material vegetal, como diferentes protocolos de adubação, irrigação, condições ambientais e época de colheita influenciam sobre a qualidade nutricional e a digestibilidade obtida (Avelino *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2019; Pereira *et al.*, 2025; Plodoviski *et al.*, 2025). Como exemplos temos a utilização de maiores doses de  $K_2O$ , que gerou reduções lineares nos teores de fibras em detergente neutro e ácido e aumento no teor de proteína bruta quando avaliada em *Zea mays* (L.), resultando em uma maior qualidade bromatológica do material produzido (Cruz *et al.*, 2013), e o uso de bioestimulante em *Triticum aestivum* (L.), que resultou em maiores teores de proteína e amido (Maksoud *et al.*, 2023).

O silício (Si) é um elemento benéfico ao desenvolvimento das plantas, amplamente utilizado para a indução de resistência a estresses bióticos e abióticos, principalmente em culturas acumuladoras como as gramíneas (Liu *et al.*, 2020; Rezende *et al.*, 2020; Alam *et al.*, 2021; Chakma *et al.*, 2021; Rahman *et al.*, 2024). O acúmulo ocorre nas paredes celulares dos tecidos vegetais, gerando uma barreira física capaz de causar desgaste na mandíbula de insetos mastigadores (Kvedaras *et al.*, 2009; Bakhat *et al.*, 2018). Para o sorgo, o uso de Si resultou em redução do ataque de pragas como *Melanaphis sorghi* (Theobald), *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), *Spodoptera frugiperda* (Smith) e doenças como a antracnose (*Colletotrichum sublineolum*) (Lima *et al.*, 2019; Sampaio *et al.*, 2020; Domingues *et al.*, 2025, Santos *et al.*, 2025). Atualmente não se encontram registros que avaliem o efeito do uso de Si sobre a qualidade nutricional do material vegetal produzido.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar com este trabalho o efeito da aplicação de diferentes doses de Si sobre a qualidade bromatológica do material vegetal produzido, por meio da avaliação de folhas e grãos de sorgo forrageiro, visando testar as seguintes hipóteses:

Hipótese nula (H0): não há influência da aplicação de Si na qualidade nutricional de folhas e grãos de sorgo.

Hipótese alternativa (H1.1): há influência da aplicação de Si na qualidade nutricional de folhas e grãos de sorgo, independente da dose de silicato aplicada no solo.

Hipótese alternativa (H1.2): há influência da aplicação de Si na qualidade nutricional de folhas e grãos de sorgo, dependendo da dose de silicato aplicada no solo.

Também, neste capítulo, se objetivou avaliar a relação entre as características fitotécnicas da cultura (Capítulos 1 e 2) nas características de qualidade fisiológica das sementes (Capítulo 2) produzidas e da qualidade nutricional do sorgo (Capítulo 3) por meio de análise dos componentes principais, visando relacionar todas as variáveis avaliadas em uma análise final deste trabalho de Tese.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Preparo do solo, plantio e coleta do material**

O preparo de solo, com as cinco doses (0, 300, 600, 900 e 1.200 kg ha<sup>-1</sup> de Si total) e um adicional com a aplicação de calcário de acordo com a análise do solo foi realizada assim como descrito no tópico 2.1 do Capítulo 1. O plantio foi realizado no dia 21 de março de 2025,

com o início da emergência ocorrendo dia 24 de março. As folhas foram coletadas em conjunto com as utilizadas para a análise do teor de Si, no dia 22 de julho, 124 dias após a emergência. Os grãos de sorgo foram colhidos em conjunto com o material utilizado no Capítulo 2, após atingirem a maturidade fisiológica, no dia 02 de agosto, 135 dias após a emergência. A secagem e preparo do material foi realizada assim como descrita no tópico 2.4.2 do Capítulo 1.

## 2.2 Composição bromatológica de folhas e grãos de sorgo

Apesar de não ser uma prática comum para um material cultivado com a finalidade de uso para sementes, esses testes são justificados pois o sorgo é uma cultura com grande utilização na nutrição animal, sendo a maior parte de sua produção destinada para uso como grão (Pereira Filho e Rodrigues, 2015).

Após o preparo das amostras as análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal, no bloco 2B, da Universidade Federal de Uberlândia, por meio dos seguintes testes:

*Cinzas*: para cada amostra foram pesados uma grama de folha e grão macerados em um cadinho de porcelana e colocados em uma mufla a 600°C, por um período de 4 horas. Após esse período a cubeta foi transferida para um dessecador, evitando o ganho de umidade, e pesada após o resfriamento (AOAC, 1990). O resultado é expresso em porcentagem, de acordo com a fórmula:

$$\%cinzas = \left( \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso perdido na Mufla}}{\text{Peso inicial}} \right) * 100$$

*Extrato Etéreo (EE)*: foi pesado uma grama de amostra em papel filtro, dobradas em cápsulas, e posteriormente colocadas no tubo extrator de Soxhlet, que é conectado a um balão de fundo chato, previamente seco em estufa a 105°C por uma hora e com o peso conhecido. Éter de petróleo foi adicionado em quantidade suficiente para que a amostra ficasse submersa e o conjunto então conectado ao aparelho extrator.

O conjunto permaneceu no processo de extração por aproximadamente três horas, sendo os lipídios extraídos e transferidos para o balão de fundo chato. Após esse período o excesso de éter de petróleo foi destilado, sendo removido da amostra, e a amostra com os lipídios extraídos foi retirada e seca em estufa a 105°C por 24 horas (AOAC, 1990; SINDIRAÇÕES, 2013).

A porcentagem de extrato etéreo foi calculada pela seguinte fórmula:

$$\%EE = \left( \frac{\text{Peso inicial do conjunto} - \text{Peso final do conjunto}}{\text{Peso da amostra}} \right) * 100$$

*Proteína Bruta (PB)*: determinado pelo método de Kjeldahl. As amostras foram pesadas, com 0,15 gramas cada, e colocadas em tubo de digestão com 0,8 gramas de mistura catalítica (0,7 g de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e 0,1 g de CuSO<sub>4</sub>) e 5 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Os frascos foram então colocados em bloco de digestão, aquecido inicialmente até 150°C, elevando a temperatura em 50°C a cada meia hora, até atingir 450°C, sendo fervidas até o clareamento, por aproximadamente três horas, e mantidas em fervura por mais uma hora.

Após o resfriamento das amostras, foi adicionado 5 mL de água destilada e então misturada com um agitador de tubos. Em sequência, com o tubo já conectado ao destilador de nitrogênio, foi adicionado 20 mL de NaOH a amostra, e levada à fervura para a destilação. A amônia evaporada foi condensada através do sistema e transportada para um frasco receptor conectado (Erlenmeyer), com a ponta imersa em 20 mL de ácido bórico (2%) e 5 a 7 gotas de indicador misto.

Após a destilação de NH<sub>3</sub> (≈ 100 mL), o frasco receptor foi retirado e a ponta do condensador lavada. A amostra resultante foi titulada com HCl e a porcentagem de nitrogênio (%N) calculada de acordo com a seguinte fórmula (AOAC, 1990; SINDIRAÇÕES, 2013):

$$\%N = \frac{[(VA - VB) * Nd * meqN]}{\text{Peso da amostra}} * 100$$

VA: volume de ácido gasto na titulação da amostra; VB: volume do ácido gasto na titulação do branco; Nd: normalidade do ácido (0,1); meqN: miliequivalente-grama do nitrogênio (0,014).

O cálculo da porcentagem de proteína bruta é feito pela multiplicação da porcentagem de nitrogênio por um fator de correção, de 6,25.

$$\%PB = \%N * 6,25$$

*Teor de Fibra em Detergente Neutro (FDN)*: meio grama de cada amostra foi pesado e adicionado a sacos feitos de TNT (tecido não tecido), com peso conhecido, selados com o auxílio de uma seladora térmica. Os sacos foram identificados com lápis, para que não se perdesse a identificação em meio líquido, adicionados em um béquer com a solução de detergente neutro, tampado com papel alumínio, e então colocados em uma autoclave digital, regulado para um ciclo de 60 minutos a 121°C.

Após a digestão, a solução de detergente neutro foi escoada e se procedeu o processo de lavagem com água destilada, de dois a quatro ciclos, por cinco minutos cada, a 100°C. Na sequência da lavagem com água foi realizada um último processo com acetona, sendo então as amostras secas com papel toalha, para se retirar o excesso de solução, e colocadas em estufa a 105°C por 24 horas. A quantidade de fibra em detergente neutro (celulose, hemicelulose e lignina) foi então calculada pela seguinte fórmula (AOAC, 1990; SINDIRAÇÕES, 2013):

$$\%FDN = \frac{B - A}{\text{Massa inicial da amostra}} * 100$$

A: massa do saquinho de TNT; B: massa do saquinho mais amostra após a digestão.

*Teor de Fibra em Detergente Ácido (FDA)*: para a determinação de fibra em detergente ácido foram utilizadas as mesmas amostras após a digestão de FDN, sendo realizado o mesmo processo, porém com a adição da solução de detergente ácido. A quantidade de fibra em detergente ácido (celulose e lignina) foi então calculada pela seguinte fórmula (AOAC, 1990; SINDIRAÇÕES, 2013):

$$\%FDA = \frac{B - A}{\text{Massa inicial da amostra}} * 100$$

### 2.3 Análises estatísticas

A estatística foi avaliada de acordo com o delineamento detalhado para cada experimento, feito assim como descrito no tópico 2.4.5 do Capítulo 1.

A correlação entre as diferentes variáveis avaliadas, do Capítulo 1 ao 3, foi feita por meio do método de Pearson e por meio de uma análise de componentes principais (PCA), verificando se as características fitotécnicas da cultura apresentam interação com as características de qualidade fisiológica das sementes produzidas e da qualidade nutricional do sorgo.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Doses de Si na qualidade do sorgo forrageiro

Não se observou diferenças no teor de cinzas para folhas de sorgo produzidas com diferentes doses de silicato aplicado ao solo. Porém, na dose de 900 kg ha<sup>-1</sup> de Si a porcentagem de cinzas foi maior do que a observada no tratamento adicional, o qual foi

conduzido sem a aplicação de silicato no solo e sem o equilíbrio das quantidades de Ca e Mg fornecidas pelo silicato (Tabela 21). A porcentagem de cinzas é uma das variáveis que pode indicar o maior acúmulo de Si no material vegetal, já que representa a quantidade de diversos minerais, incluindo a sílica que cobre a superfície celular das plantas (Hall, 2014). Porém, como a diferença foi encontrada para uma das doses de Si e o tratamento adicional, no qual não foi aplicado silicato e recebeu menores doses de Ca e Mg, é mais provável que esse maior teor de cinzas represente a maior quantidade desses três elementos (Si, Ca e Mg) em conjunto.

**Tabela 21:** Matéria mineral (cinzas) de folhas e grãos e extrato etéreo de folhas e grãos, provenientes do cultivo de plantas em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo e de tratamento adicional com apenas correção do solo (Ad).

| Dose (kg ha <sup>-1</sup> ) | Cinzas Folha (%) | Cinzas Grão (%) | EE Folha (%) | EE Grão (%) |
|-----------------------------|------------------|-----------------|--------------|-------------|
| 0                           | 8,83             | 2,09            | 2,45         | 1,51        |
| 300                         | 9,24             | 1,75            | 1,76         | 1,80        |
| 600                         | 9,64             | 1,81            | 2,23         | 1,48        |
| 900                         | 10,78 *          | 2,08            | 2,91         | 1,34        |
| 1200                        | 9,79             | 1,80            | 2,11         | 1,37        |
| Ad                          | 8,62             | 1,93            | 3,26         | 1,48        |
| CV (%)                      | 11,35            | 15,14           | 39,61        | 57,07       |

Médias não seguidas por letras, na linha ou na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Médias seguidas pelo símbolo \* diferem do adicional com correção de solo pelo teste de Dunnet a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor.

Neste experimento, as doses avaliadas de silício não resultaram em diferenças significativas na matéria mineral dos grãos de sorgo, observada pela porcentagem de cinzas, e na concentração de lipídios das folhas e grãos, observado pela porcentagem de extrato etéreo (Tabela 21). A aplicação foliar de Si gerou um incremento na produção de óleo em grãos de canola, quando aplicado sobre plantas em condições de estresse hídrico, demonstrando a indução de resistência a estresse abiótico e um melhor desempenho da cultura (Moghadam *et al.*, 2022), diferente deste experimento, em que a cultura não foi conduzida em situação de estresse.

Os teores médios de FDN de 62,16% e de FDA de 34,03% das folhas (Tabela 22), com a coleta sendo feita aos 127 dias após o plantio, se apresentam dentro do observado em diversos outros trabalhos, com uma faixa de 53,41 a 67% de FDN e de 31,5 a 38,5% de FDA, com colheitas de 100 a 120 dias após o plantio (Albuquerque *et al.*, 2013; Ortiz *et al.*, 2021; Marinho *et al.*, 2023; Unamuzaga *et al.*, 2024; Furlan, 2025).

A colheita em estádios reprodutivos mais avançados pode resultar em um material vegetal com menor digestibilidade, por maior acúmulo de fibras como a lignina nas folhas e hastes, porém, a participação de grãos na formação da silagem, material de maior digestibilidade, com menores teores de FDN e FDA (Tabela 22), pode gerar uma diluição destes componentes, reduzindo o teor de fibras observado na silagem final (Pereira *et al.*, 2025). A porcentagem de FDA foi maior na folha nos tratamentos de 300 e 1.200 kg de Si ha<sup>-1</sup>, quando comparado ao tratamento de 600 kg ha<sup>-1</sup>, sendo 1.200 kg ha<sup>-1</sup> a única dose que se diferiu do tratamento adicional, podendo indicar uma menor digestibilidade deste tratamento, tanto em função da alta adição de Si nesta dose, como pelas menores quantidades de Ca e Mg aplicadas no tratamento adicional, ou por ambos os fatores em conjunto.

**Tabela 22:** Fibra em detergente neutro (FDN) de folhas e grãos e fibra em detergente ácido (FDA) de folhas e grãos, provenientes do cultivo de plantas em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo e de tratamento adicional com apenas correção do solo (Ad).

| Dose (kg ha <sup>-1</sup> ) | FDN Folha (%) | FDN Grão (%) | FDA Folha (%) | FDA Grão (%) |
|-----------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| 0                           | 63,58 A       | 44,07 A      | 33,66 AB      | 7,52 A       |
| 300                         | 62,38 A       | 42,31 A      | 35,91 A       | 9,75 A       |
| 600                         | 61,57 A       | 43,18 A      | 30,79 B       | 7,95 A       |
| 900                         | 61,48 A       | 42,71 A      | 35,35 AB      | 9,32 A       |
| 1200                        | 62,38 A       | 43,91 A      | 37,10 A*      | 8,33 A       |
| Ad                          | 61,57         | 45,96        | 31,39         | 7,36         |
| CV (%)                      | 4,42          | 14,3         | 7,3           | 20,3         |

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Médias seguidas pelo símbolo \* diferem do adicional com correção de solo pelo teste de Dunnet a 5% de significância.  
Fonte: o próprio autor.

O aumento das doses de silício também não gerou diferenças significativas entre os tratamentos para a porcentagem de proteínas nas folhas e grãos de sorgo (Tabela 23). As concentrações médias de proteína bruta, de 11,97% e extrato etéreo de 2,45%, observada nas folhas de sorgo, são similares ao observado em silagem de milho, com 10,8% e 2,65%, respectivamente (Faria *et al.*, 2021). A menor porcentagem de fibra em detergente ácido média de 34,03%, quando comparada a silagem de girassol com 42,7%, indica uma maior digestibilidade do sorgo, com menores concentrações de celulose e lignina (Possenti *et al.*, 2005).

**Tabela 23:** Proteína de folhas e grãos, provenientes do cultivo de plantas em diversas dosagens de silicato de cálcio e magnésio no campo e de tratamento adicional com apenas correção do solo (Ad).

| Dose (kg ha <sup>-1</sup> ) | Proteína Folha (%) | Proteína Grão (%) |
|-----------------------------|--------------------|-------------------|
| 0                           | 12,65              | 9,76              |
| 300                         | 11,44              | 9,70              |
| 600                         | 11,66              | 9,82              |
| 900                         | 12,41              | 9,79              |
| 1200                        | 12,07              | 9,75              |
| Ad                          | 11,62              | 9,79              |
| CV (%)                      | 11,92              | 5,87              |

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Médias seguidas pelo símbolo \* diferem do adicional com correção de solo pelo teste de Dunnet a 5% de significância.

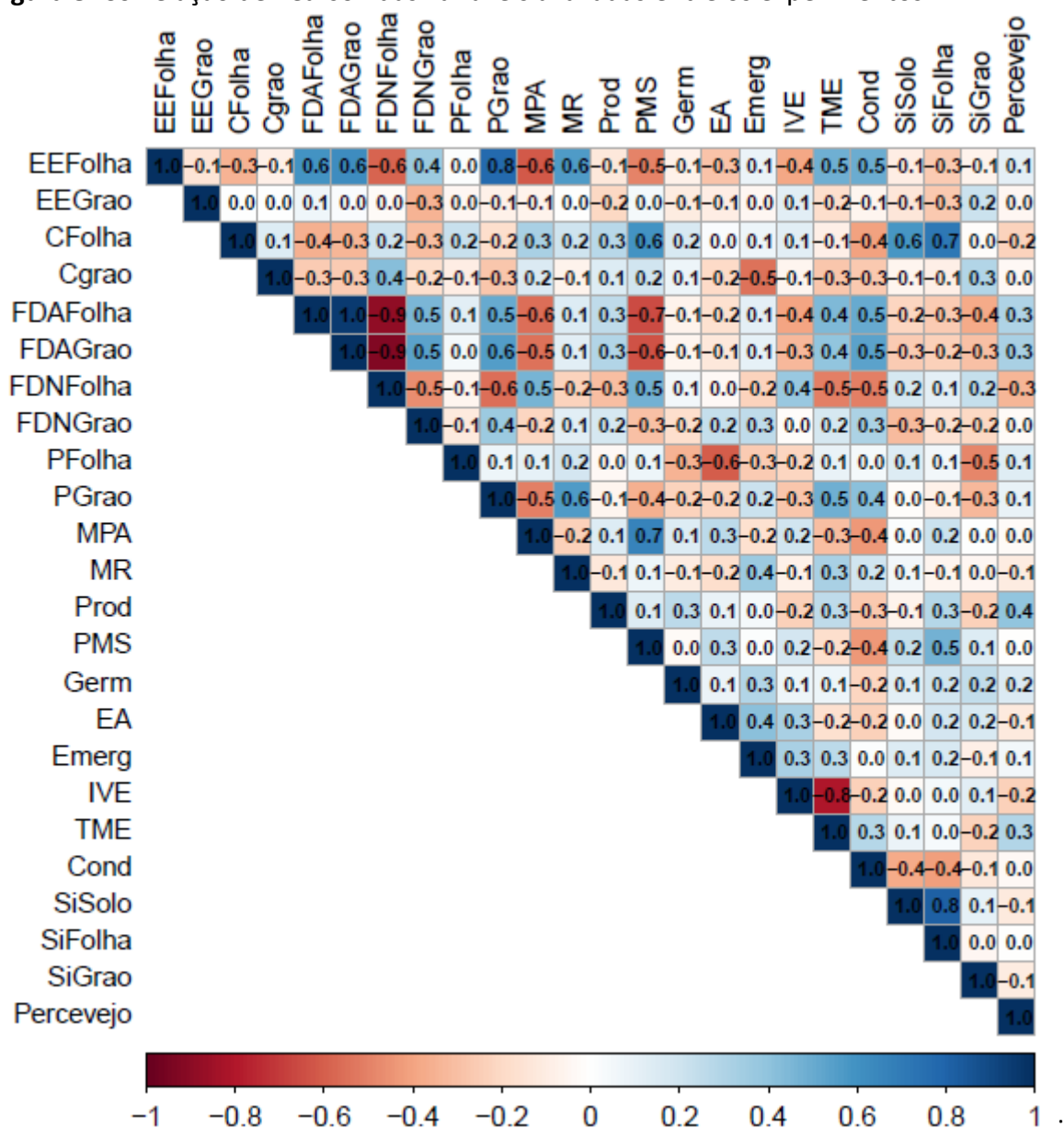
Fonte: o próprio autor.

O Si pode ser utilizado como uma ferramenta visando reduzir os danos de pragas e doenças na cultura do sorgo, com efeitos positivos observados para *M. sorghi*, *R. maidis* e *S. frugiperda* (Sampaio *et al.*, 2020; Haq *et al.*, 2021; Domingues *et al.*, 2025, Santos *et al.*, 2025), sem grandes efeitos maléficos sobre a qualidade do sorgo forrageiro na alimentação animal.

### 3.2 Correlação entre características fitotécnicas da cultura, qualidade fisiológica das sementes e qualidade nutricional do sorgo forrageiro

A avaliação das variáveis por meio da correlação de Pearson demonstrou uma correlação positiva, de 0,6 e 0,7, entre as cinzas da folha e a porcentagem de Si no solo e nas folhas, respectivamente, reforçando a relação do teor de Si com o aumento das cinzas do material vegetal (Figura 8). Uma maior porcentagem de fibra em detergente ácido da folha e do grão, coincidiram com a ocorrência de um menor peso de mil sementes (PMS), com correlações negativas de 0,7 e 0,6, respectivamente, sugerindo uma menor densidade dessa fração do material vegetal. Quando as sementes apresentaram um maior PMS, se teve uma correlação positiva de 0,7 com a massa de parte aérea, podendo indicar um maior vigor das sementes com maior massa, o que já foi observado para sorgo e milho (Maranville e Clegg, 1977; Gaspar e Nakagawa, 2002).

**Figura 8:** Correlação de Pearson das variáveis avaliadas entre os experimentos.



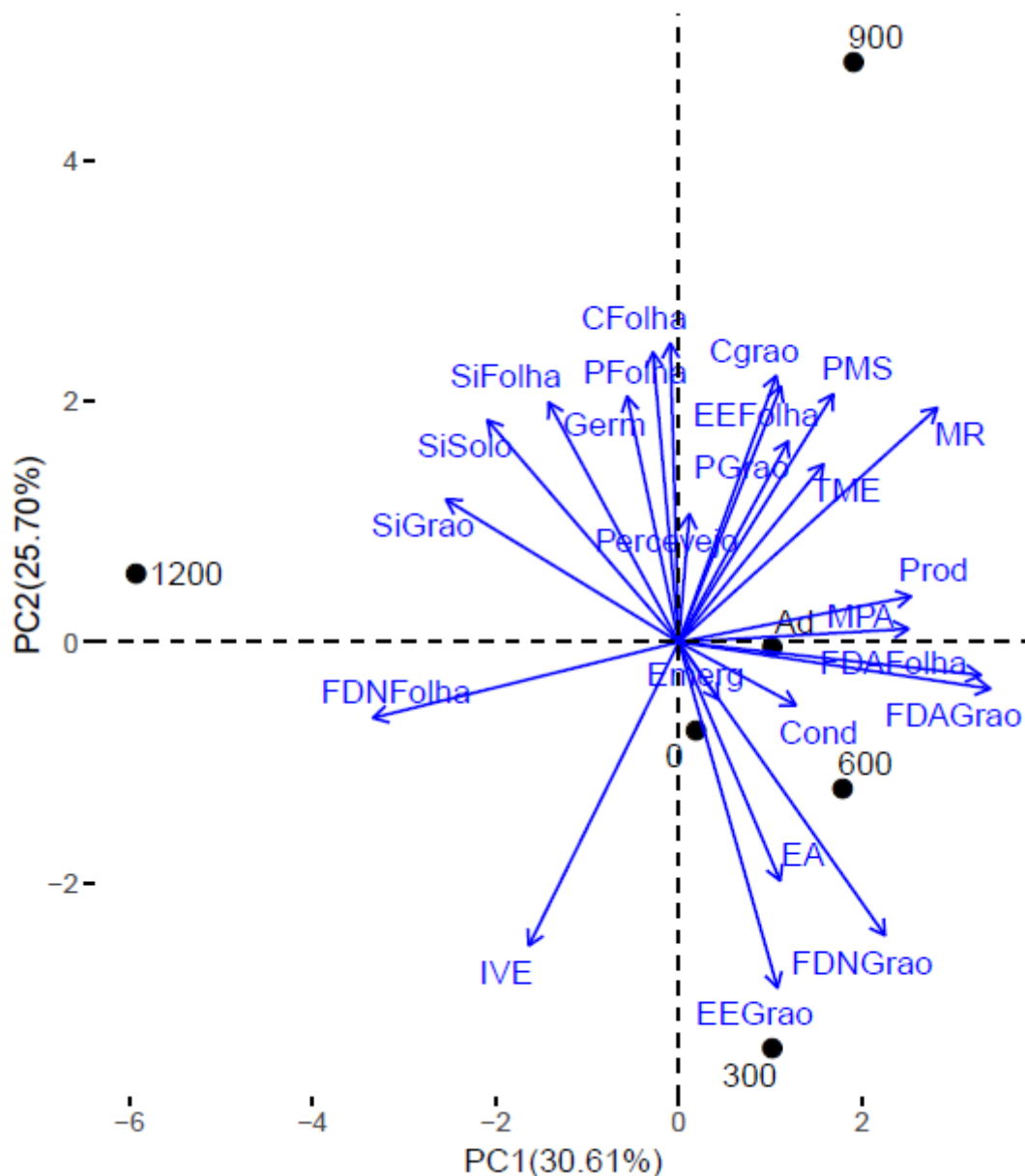
Legenda: Extrato etéreo das folhas (EEFolha), extrato etéreo dos grãos (EEGrao), cinzas das folhas (CFolha), cinzas dos grãos (CGrao), fibras em detergente ácido das folhas (FDAFolha), fibras em detergente ácido dos grãos (FDAGrao), fibras em detergente neutro das folhas (FDNFolha), fibras em detergente neutro dos grãos (FDNGrao), proteína bruta das folhas (PFolha), proteína bruta dos grãos (PGrao), massa seca de parte aérea (MPA), massa seca de raízes (MR), produtividade (Prod), peso de mil sementes (PMS), germinação (Germ), envelhecimento acelerado (EA), emergência (Emerg), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME), condutividade elétrica (Cond), porcentagem de silício solo (SiSolo), no tecido foliar (SiFolha) e nas sementes (SiGrao) e porcentagem de plantas com sintomas de ataque de percevejo (Percevejo).

Fonte: o próprio autor.

A análise de componentes principais permite visualizar o agrupamento dos tratamentos de 0, 300 e 600 kg ha<sup>-1</sup> de Si e o adicional no mesmo quadrante, demonstrando a similaridade entre eles para as variáveis avaliadas (Figura 9). O tratamento de 1.200 kg ha<sup>-1</sup>

se encontra na mesma direção dos vetores de Si do solo e Si da folha, sendo o maior teor gerado pela maior dose também sendo demonstrado desta forma.

**Figura 9:** Análise de componentes principais demonstrando a projeção dos tratamentos adicional (Ad) e das dosagens de Si utilizadas (0, 300, 600, 900 e 1200 kg ha<sup>-1</sup>) e das variáveis avaliadas nos diferentes experimentos.



Legenda: Extrato etéreo das folhas (EEFolha), extrato etéreo dos grãos (EEGrao), cinzas das folhas (CFolha), cinzas dos grãos (CGrao), fibras em detergente ácido das folhas (FDAFolha), fibras em detergente ácido dos grãos (FDAGrao), fibras em detergente neutro das folhas (FDNFolha), fibras em detergente neutro dos grãos (FDNGrao), proteína bruta das folhas (PFolha), proteína bruta dos grãos (PGrao), massa seca de parte aérea (MPA), massa seca de raízes (MR), produtividade (Prod), peso de mil sementes (PMS), germinação (Germ), envelhecimento acelerado (EA), emergência (Emerg), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME), condutividade elétrica (Cond), porcentagem de silício solo (SiSolo), no tecido foliar (SiFolha) e nas sementes (SiGrao) e porcentagem de plantas com sintomas de ataque de percevejo (Percevejo).

Fonte: o próprio autor.

#### **4 CONCLUSÃO**

A aplicação de Si, para as doses avaliadas neste experimento, gerou uma possível menor digestibilidade do material, indicada por um aumento de cinzas e FDA quando comparado ao adicional.

A correlação entre as variáveis demonstrou a influência entre as características fitotécnicas, a qualidade fisiológica das sementes e a qualidade nutricional do sorgo, como entre o teor de Si e porcentagem de cinzas, e peso de mil sementes e massa de parte aérea.

## REFERÊNCIAS

- ALAM, A.; HARIYANTO, B.; ULLAH, H.; SALIN, K. R.; DATTA, A. Effects of Silicon on Growth, Yield and Fruit Quality of Cantaloupe under Drought Stress. *Silicon*, v. 13, p. 3153–3162, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12633-020-00673-1>.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; JARDIM, R. R.; ALVES, D. D.; GUIMARÃES, A. S.; PORTO, E. M. V. Características agronômicas e bromatológicas dos componentes vegetativos de genótipos de sorgo forrageiro em Minas Gerais. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 12, n. 2, p. 164-182, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v12n2p164-182>.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). *Official methods of analysis of AOAC International* 15. Ed. Arlington: AOAC International, 1990.
- AVELINO, A. C. D.; FARIA, D. A.; PENSO, S.; LIMA, D. O. S.; RODRIGUES, R. C.; ABREU, J. G.; CABRAL, L. S.; PEIXOTO, W. M. Agronomic and Bromatological Traits of *Brachiaria brizantha* cv. Piatã as Affected by Nitrogen Rates and Cutting Heights. *Journal of Experimental Agriculture International*, v. 36, n. 6, p. 1-11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v36i630253>.
- BAKHAT, H. F.; BIBI, N.; ZIA, Z.; ABBAS, S.; HAMMAD, H. M.; FAHAD, S.; ASHRAF, M. R.; SHAH, G. M.; RABBANI, F.; SAEED, S. Silicon mitigates biotic stresses in crop plants: A review. *Crop Protection*, v. 104, p. 21–34, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.10.008>.
- CHAKMA, R.; SAEKONG, P.; BISWAS, A.; ULLAH, H.; DATTA, A. Growth, fruit yield, quality, and water productivity of grape tomato as affected by seed priming and soil application of silicon under drought stress. *Agricultural Water Management*, v. 256, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107055>.
- CRUZ, S. C. S.; BICUDO, S. J.; MACHADO, C. G.; PEREIRA, F. R. S.; BRACHTVOGEL, E. L. Bromatologia e nutrição do milho submetido à doses de potássio em sistema de integração lavoura-pecuária. *Revista Agrotecnologia*, v. 4, n. 1, p. 1-16, 2013. Disponível em: [https://www.revista.ueg.br/index.php/agrotecnologia/pt\\_BR/article/view/1434](https://www.revista.ueg.br/index.php/agrotecnologia/pt_BR/article/view/1434).
- DOMINGUES, R. F.; BARBOSA, M. S.; SAMPAIO, M. V. Silicon amendment to the crop increases the potential of *Aphidius platensis* to control the invasive pest aphid *Melanaphis sorghi*. *Pest Management Science*, v. 81, n.7, p. 3933-3942, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.8762>.
- ERICKSON, P. S.; KALSCHUR, K. F. Nutrition and feeding of dairy cattle. In: BAZER, F. W.; LAMB, G. C.; WU, G. *Animal Agriculture*, Academic Press, p. 157-180, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00009-4>.
- FARIA, T. F. R.; PINESE, F.; GIMENES, F. M. A.; DEMARCHI, J. J. A. A.; CAMPOS, F. P.; PREMAZZI, L. M.; MATTOS, W. T.; GERDES, L. Composição bromatológica de silagens de milho comerciais produzidas no Brasil. *Archivos de Zootecnia*, v. 70, n. 269, 2021. DOI: <https://doi.org/10.21071/az.v70i269.5414>

FURLAN, L. B. *Produção e composição bromatológica do sorgo AGRI 001E em três idades e alturas de corte para silagem*. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 66 p., 2025. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/c9d696aa-256f-4048-ac93-c7ee22bfa7f5>.

GASPAR, C. M.; NAKAWA, J. Influência do tamanho na germinação e no vigor de sementes de milho (Pennisetum americanum (L.) Leeke). *Rev. bras. sementes*, v. 24, n. 1, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222002000100046>.

HALL, M. B. Feed Analyses and their interpretation. *Vet Clin Food Anim*, v. 30, p. 487-505, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2014.07.001>.

HAQ, I. U.; KURSHID, A.; INAYAT, R.; ZHANG, K.; LIU, C.; ALI, S.; ZUAN, A. T. K.; AL-HASHIMI, A.; ABBASI, A. M. Silicon-based induced resistance in maize against fall armyworm [Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae)]. *Plos One*, v. 16, n. 11, e0259749, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259749>.

KVEDARAS, O. L.; BYRNE, M. J.; COOMBES, N. E.; KEEPING, M. G. Influence of plant silicon and sugarcane cultivar on mandibular wear in the stalk borer Eldana saccharina. *Agricultural and Forest Entomology*, v. 11, n. 3, p. 301–306, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2009.00430.x>.

LISBOA, L. A. M.; VENTURA, G.; FERREIRA, L.; FIGUEIREDO, P. A. M. Bromatological and morphological characteristic of forage plants. *Investig. Agrar.*, v. 23, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2021.junio.2301602>.

LIU, X.; HUANG, Z.; LI, Y.; XIE, W.; LI, W.; TANG, X.; ASHRAF, U.; KONG, L.; WU, L.; WANG, S.; MO, Z. Selenium-silicon (Se-Si) induced modulations in physio-biochemical responses, grain yield, quality, aroma formation and lodging in fragrant rice. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 196, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110525>.

LIMA, D. T.; SAMPAIO, M. V.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; PEREIRA, H. S.; MARTINS, W. G. Silicon accumulation and its effect on agricultural traits and anthracnose incidence in lignocellulosic sorghum. *Pesq. Agropec. Trop.*, v. 49, p. 54201, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/54201>.

MAKSOD, S. A.; GAD, K. I.; HAMED, E. Y. M. The potentiality of biostimulant (*Lawsonia inermis* L.) on some morpho-physiological, biochemical traits, productivity and grain quality of Triticum aestivum L.. *BMC Plant Biology*, v. 23, n. 95, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04083-4>.

MARANVILLE, J. W.; CLEGG, M. D. Influence of seed size and density on germination, seedling, emergence, and yield of grain sorghum. *Agronomy Journal*, v. 69, n. 2, 1977. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1977.00021962006900020032x>.

MARINHO, J. V. N.; DIB, K. S.; GUIMARÃES, A. K.; CUNHA, R. N.; LIMA, R. F. Composição químico-bromatológica e estabilidade de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) moench) com adição de inoculante comercial. *Vet. E Zootec.*, v. 30, p. 1-12, 2023. DOI: <https://doi.org/10.35172/rvz.2023.v30.1536>.

MOGHADAM, M. S. K.; RAD, A. H. S.; KHODABIN, G.; JALILIAN, A.; BAKHSHANDEH, E. Application of Silicon for Improving Some Physiological Characteristics, Seed Yield, and Oil Quality of Rapeseed Genotypes Under Late-Season Drought Stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v. 22, p. 2872-2890, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42729-022-00852-6>

ORTIZ, S.; MARTIN, T.; FULANETI, F. S.; VALDOVINO, V. C. Silos experimentais e a composição bromatológica de silagem de milho e sorgo. *Vivências*, v. 17, n. 33, p. 229-242, 2021. DOI: <https://doi.org/10.31512/vivencias.v17i33.462>.

PEREIRA, E. L. C.; NEUMANN, M.; BALDISSERA, E.; KALINOVSKI, V.; GIACOMET, J. A. A.; PASSARIN FILHO, A.; CESAR, P. V. P.; VENANCIO, L. C.; RAMPIM, L.; BUMBIERIS JUNIOR, V. H. Biomass production and chemical composition of corn for silage in different reproductive stages. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 46, n. 3, p. 943-964, 2025. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2025v46n3p943>.

PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. *Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília: Embrapa, 2015. 327p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215310/1/500-perguntas-sorgo.pdf>.

PLODOVISKI, D. C.; PEREIRA, E. L. C.; SIDOR, F. S.; SOUZA, A. M.; BALDISSERA, E.; HUÇALO, L.; PINTO, D. R. S.; NEUMANN, M. Production and bromatological quality of cool-season intercropped forage. *Cienc. Rural*, v. 55, n. 11, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20240065>.

POSSENTI, R. A.; FERRARI JUNIOR, E.; BUENO, M. S.; BIANCHINI, D.; LEINZ, F. F.; RODRIGUES, C. F. Parâmetros bromatológicos e fermentativos das silagens de milho e girassol. *Ciência Rural*, v. 35, n. 5, p. 1185-1189, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000500031>.

RAHMAN, A.; HUSSAIN, F.; MAJEED, S.; NAZEER, M. U.; SHARIF, R. M. S.; ASIF, M.; SATTAR, W. Silicon Applications on Yield Attributes of Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Biology of Wheat-Aphid (*Schizaphis Graminum*). *Silicon*, v. 16, n. 7, p. 3165–3172, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12633-024-02909-w>.

REIS, R. A.; BARBERO, R. P.; HOFFMANN, A. Impactos da qualidade da forragem em sistemas de produção de bovinos de corte. *Informe Agropecuário*, v. 37, n. 292, p. 36-53, 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Rondineli-Barbero/publication/312655380\\_Impacts\\_of\\_forage\\_quality\\_on\\_beef\\_cattle\\_production\\_systems/links/5887879ca6fdcc6b791ec1fd/Impacts-of-forage-quality-on-beef-cattle-production-systems.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rondineli-Barbero/publication/312655380_Impacts_of_forage_quality_on_beef_cattle_production_systems/links/5887879ca6fdcc6b791ec1fd/Impacts-of-forage-quality-on-beef-cattle-production-systems.pdf).

REZENDE, G. F.; SAMPAIO, M. V.; MACHADO, B. Q. V.; LIMA, D. T.; PERDOMO, D. N.; CELOTO, F. J.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; SILVA, E. J. M.; OLIVEIRA, R. S.; PEREIRA, H. S. Efeito do silício em populações de afídeos e produtividade de trigo em Minas Gerais, Brasil. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 41, n. 6, p. 2481–2494, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n6p2481>.

SAMPAIO, M. V.; FRANCO, G. M.; LIMA, D. T.; OLIVEIRA, A. R. C.; SILVA, P. F.; SANTOS, A. L. Z.; RESENDE, A. V. M.; SANTOS, F. A. A.; GIRÃO, L. V. C. Plant Silicon Amendment Does Not Reduce Population Growth of Schizaphis graminum or Host Quality for the Parasitoid Lysiphlebus testaceipes. *Pest Management*, v. 49, p. 745-757, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00775-w>.

SANTOS, D. G.; DIAS, L. L. C.; AVELLAR, G. S.; SIMEONE, M. L. F.; PARRELLA, R. A. C.; SANTOS, N. M.; SILVA, T. F.; NETO, A. A.; MENDES, S. M. Biomass Sorghum (*Sorghum bicolor*) Agronomic Response to Melanaphis sorghi (Hemiptera: Aphididae) Infestation and Silicon Application. *Insects*, v. 16, n. 6, p. 566, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects16060566>.

SHEAFER, C. C.; MARTIN, N. P.; LAMB, J. F. S.; CUOMO, G. R.; JEWETT, J. G.; QUERING, S. T. Leaf and Stem Properties of Alfalfa Entries. *Agronomy Journal*, v. 92, n. 4, p. 733-739, 2000. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2000.924733x>.

SILVA, F. L.; CARVALHO, I. R.; SZARESKEI, V. J.; PIMENTEL, J. R.; TROYJACK, C.; LAUTENCHLEGER, F.; CONTE, G. G.; FERREIRA, L. L.; SILVA, J. A. G.; MATTER, E. M.; PEREIRA, E. A.; INHAQUITTI, A. V. S.; SOUZA, V. Q. Forage bromatology is affected by sowing density and cutting management in dual purpose wheat. *Genetics and Molecular Research*, v. 18, n. 4, p. 1-14., 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.4238/gmr18211>.

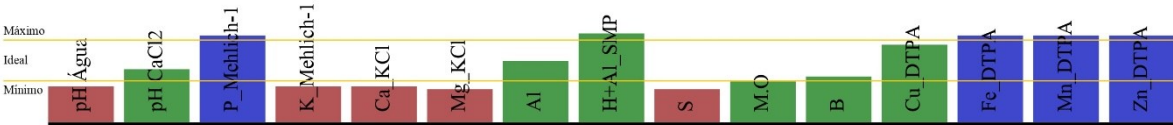
SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL (SINDIRAÇÕES). *Compêndio brasileiro de alimentação animal*. São Paulo: Sindirações, 2013.

UNAMUZAGA, L. V. G.; BRAGANÇA, L. F.; SCHNEIDER, C. R.; GARCEZ, K. F.; ZAMBOM, M. A.; NERES, M. A.; KROLOW, R. H.; MATTEI, E.; CASTAGNARA, D. D. Aspectos nutricionais de silagens de híbridos comerciais de milho e sorgo. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, v. 22, n. 7, p. 1-15, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv22n7-060>.

XU, Z.; HEUSCHELE, D. J.; LAMB, J. F. S.; JUNG, H. G.; SAMAC, D. A. Improved Forage Quality in Alfalfa (*Medicago sativa* L.) via Selection for Increased Stem Fiber Digestibility. *Agronomy*, v. 12, n. 3, p. 770, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13030770>

ANEXO A - Análise de solo da área de realização dos experimentos, localizado na fazenda do Glória, Uberlândia- MG.

|                                                                                   |                            |                                                                                   |             |                                                                                                                                                                                  |                      |         |        |                                                                                     |                     |             |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------|----------|
|  |                            |  |             | Confiança e Credibilidade ao Seu Alcance<br>AVENIDA ATLANTA, 558 - NOVO MUNDO - Uberlândia-MG<br>38407-710<br>Fone: (34)3211-3060<br>Email: atendimento.uberlândia@safrar.agr.br |                      |         |        |  |                     |             |          |
| Solicitante:                                                                      | RICARDO FERREIRA DOMINGUES |                                                                                   |             | Cultura:                                                                                                                                                                         | Geral Solo           |         |        | Nº Laudo:                                                                           | 29090               |             |          |
| Proprietário:                                                                     | RICARDO FERREIRA DOMINGUES |                                                                                   |             | Cidade/UF:                                                                                                                                                                       | Uberlândia-MG        |         |        | Nº Pedido:                                                                          | 20441/2024          |             |          |
| Propriedade:                                                                      | FAZENDA DO GLORIA          |                                                                                   |             | Matricula:                                                                                                                                                                       | N/I                  |         |        | Data Entrada:                                                                       | 17/12/2024 17:02:37 |             |          |
| Talhão:                                                                           | -                          |                                                                                   |             | Amostra:                                                                                                                                                                         | 259014/2024   AREA 1 |         |        | Data Emissão:                                                                       | 20/12/2024 15:47:34 |             |          |
| Laudo:                                                                            | Fertigrama                 |                                                                                   |             | Profundidade:                                                                                                                                                                    | 0-20                 |         |        |                                                                                     |                     |             |          |
| Elemento                                                                          | pH Água                    | pH CaCl2                                                                          | P_Mehlich-1 | K_Mehlich-1                                                                                                                                                                      | K                    | Ca_KCl  | Mg_KCl | Al                                                                                  | H+Al_SMP            | S           | C.O      |
| Unidade                                                                           | 1: 2,5                     | 1: 2,5                                                                            | mg/dm³      | mg/dm³                                                                                                                                                                           | cmolc                | cmolc   | cmolc  | cmolc                                                                               | cmolc               | mg/dm³      | %        |
| Resultado                                                                         | 5,44                       | 5,20                                                                              | 43,36       | 50,06                                                                                                                                                                            | 0,12                 | 2,13    | 0,59   | 0,00                                                                                | 3,71                | 6,21        | 1,21     |
| Máximo                                                                            | 6,5                        | 5,9                                                                               | 12          | 117                                                                                                                                                                              |                      | 4       | 1,5    | 1                                                                                   | 5                   | 30          |          |
| Mínimo                                                                            | 5,5                        | 4,9                                                                               | 8           | 63                                                                                                                                                                               |                      | 2,4     | 0,95   | 0                                                                                   | 1                   | 10          |          |
| Elemento                                                                          | M.O                        | B                                                                                 | Cu_DTPA     | Fe_DTPA                                                                                                                                                                          | Mn_DTPA              | Zn_DTPA | Si     | Argila                                                                              | Silte               | Areia Total | SB       |
| Unidade                                                                           | %                          | mg/dm³                                                                            | mg/dm³      | mg/dm³                                                                                                                                                                           | mg/dm³               | mg/dm³  | mg/dm³ | g/kg                                                                                | g/kg                | g/kg        | cmolc    |
| Resultado                                                                         | 2,10                       | 0,24                                                                              | 0,75        | 44,48                                                                                                                                                                            | 16,32                | 2,36    | 4,10   | 250,00                                                                              | 60,00               | 690,00      | 2,84     |
| Máximo                                                                            | 4,5                        | 0,91                                                                              | 0,81        | 12                                                                                                                                                                               | 5                    | 2       |        |                                                                                     |                     |             |          |
| Mínimo                                                                            | 2,1                        | 0,15                                                                              | 0,2         | 4                                                                                                                                                                                | 1,2                  | 0,6     |        |                                                                                     |                     |             |          |
| Elemento                                                                          | CTC pH7,0                  | CTC efetiva                                                                       | Sat. Base   | Sat. Al m%                                                                                                                                                                       | Ca/Mg                | Ca/K    | Mg/K   | Ca+Mg/K                                                                             | Ca na CTC           | Mg na CTC   | K na CTC |
| Unidade                                                                           | cmolc                      | cmolc                                                                             | %           | %                                                                                                                                                                                |                      |         |        |                                                                                     | %                   | %           | %        |
| Resultado                                                                         | 6,55                       | 2,84                                                                              | 43,00       | 0,00                                                                                                                                                                             | 3,61                 | 16,63   | 4,60   | 6,73                                                                                | 32,47               | 8,99        | 1,95     |
| Máximo                                                                            |                            |                                                                                   |             |                                                                                                                                                                                  |                      |         |        |                                                                                     |                     |             |          |
| Mínimo                                                                            |                            |                                                                                   |             |                                                                                                                                                                                  |                      |         |        |                                                                                     |                     |             |          |



Referência de Cultura: Níveis ideais de nutrientes no solo segundo Boletim de recomendação CFSEMG(1999) . Obs: S-SO , B, Cu, Fe, Mn, Zn fonte: Boletim Técnico 100, IAC (1997).

Extratores: H+Al - SMP a pH 7,5;  
Ca, Mg, Al - KCl 1mol L<sup>-1</sup>; LCF (Limite Crítico Fósforo)  
P\_Meh-1, K\_Meh -1l P\_res-Resina; l P\_rem-Remanescente;  
M.O/C.O - NIR - Espectroscopia;  
Cu, Fe, Mn e Zn - DTPA/Meh-1; ICP-OES;  
S - Acetato de Amônio + Ácido Acético; ICP-OES;  
B - Extrator Mehlich-1; ICP-OES;  
Textura - Densímetro.

- O laboratório não responsabiliza por interpretações dos resultados das análises.  
- Este laudo não tem fins jurídicos.  
- Após 30 dias todas as amostras serão descartadas.

Documento Assinado Digitalmente  
ALEX RIBEIRO DA SILVA:09358911611  
CRQ/MG - 02413312  
Certificadora: AC SOLUTI Multipla v5  
Data: 20/12/2024 15:47:37