

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

VINICIUS SILVA TRINDADE

**EFEITO DE FUNGICIDAS E SILÍCIO NO CONTROLE DE MANCHA FOLIAR E NA
PRODUÇÃO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS EM *MEGATHYRSUS MAXIMUS***

CAMPO GRANDE – MATO GROSSO DO SUL

2025

VINICIUS SILVA TRINDADE

**EFEITO DE FUNGICIDAS E SILÍCIO NO CONTROLE DE MANCHA FOLIAR E NA
PRODUÇÃO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS EM *MEGATHYRSUS MAXIMUS***

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal de
Mato Grosso do Sul, como parte das
exigências para obtenção do título de
bacharel em Zootecnia.

Orientador(a): Gustavo de Faria Theodoro

Coorientador(a): Marcio Martinello

Sanches

CAMPO GRANDE - MATO GROSSO DO SUL

2025

VINICIUS SILVA TRINDADE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 10 de novembro de 2025, e aprovado pela Banca Examinadora:

EFEITO DE FUNGICIDAS E SILÍCIO NO CONTROLE DE MANCHA FOLIAR E NA PRODUÇÃO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS EM *MEGATHYRSUS MAXIMUS*

Documento assinado digitalmente
 **GUSTAVO DE FARIA THEODORO**
Data: 10/11/2025 16:13:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr Gustavo de Faria Theodoro
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Presidente

Documento assinado digitalmente
 **VANESSA ZIRONDI LONGHINI**
Data: 10/11/2025 12:03:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Vanessa Zironi Longhini
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Membro da Banca

Documento assinado digitalmente
 **MARCIO MARTINELLO SANCHES**
Data: 10/11/2025 16:01:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Márcio Martinello Sanches
Embrapa Gado de Corte
Membro da Banca

Dedico este trabalho de conclusão de curso aos meus pais, Joaquim e Vera, por todo o apoio que sempre me deram.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelo apoio incondicional desde o início desse sonho que foi cursar Zootecnia, mesmo distante de casa e em outro estado. Sem a confiança, o incentivo e o amor de vocês, nada disso seria possível.

À minha namorada, que esteve ao meu lado desde o começo dessa jornada, compartilhando desafios, conquistas e contribuindo diretamente para a realização deste sonho.

Agradeço a todos os meus colegas de turma, que tornaram a graduação mais tranquila, divertida e repleta de aprendizados, seja nas atividades em grupo, nos trabalhos acadêmicos ou nos momentos de descontração ao longo desses anos.

Ao Mateus Masselane, amigo e companheiro de graduação, agradeço pela caminhada conjunta desde o início e pela parceria constante ao longo de toda a graduação.

A todos os professores que fizeram parte da minha formação acadêmica, pela dedicação e pelos ensinamentos que foram fundamentais não apenas para o meu desenvolvimento profissional, mas também pessoal.

Ao professor Dr. Gustavo de Faria Theodoro, por me proporcionar a valiosa experiência de atuar como bolsista PIBIC na área de Fitopatologia na Embrapa Gado de Corte, pela orientação comprometida e pelos constantes incentivos à pesquisa. Ao Dr. Márcio Martinello Sanches, meu coorientador, pelo apoio essencial e pelas orientações precisas que contribuíram diretamente para a condução deste experimento. Estendo também meus agradecimentos ao Dr. Celso Dornelas Fernandes, pelas importantes contribuições ao trabalho.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e à Embrapa Gado de Corte, pelo suporte institucional e pela infraestrutura disponibilizada para o desenvolvimento deste projeto.

Por fim, ao CNPq, pelo incentivo à ciência e pela concessão da bolsa de iniciação científica, que possibilitou a realização deste trabalho e contribuiu significativamente para minha formação acadêmica.

RESUMO

O Brasil possui extensa área de pastagens destinada ao consumo bovino, mas apresenta vulnerabilidade a patógenos, como a mancha foliar causada por *Bipolaris maydis* em *Megathyrsus maximus* (syn. *Panicum maximum*). As pesquisas sobre controle químico em forrageiras são limitadas, o que motiva a busca por alternativas sustentáveis, como o silício, que reforça a barreira física da parede celular e pode modular a síntese de metabólitos secundários. O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do silício e de fungicidas na severidade da mancha foliar e na indução de isoflavonas, compostos associados à defesa vegetal contra patógenos, em *M. maximus* cv. Tanzânia, cultivar reconhecida por sua suscetibilidade a *B. maydis*. O experimento foi conduzido a campo, na Embrapa Gado de Corte, com delineamento em blocos ao acaso, quatro repetições e seis tratamentos, iniciando-se as aplicações quando a doença atingiu média de 5% da área foliar. Os tratamentos foram: (T1) Água (testemunha); (T2) Piraclostrobina + Epoxiconazole; (T3) Azoxistrobina + Ciproconazol; (T4) Trifloxistrobina + Ciproconazol; (T5) Mancozebe; (T6) Si comercial. A severidade foi monitorada e calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), além da produção de massa de forragem e metabólitos secundários. Os fungicidas reduziram significativamente a AACPD em relação à testemunha (T1), enquanto o silício (T6) apresentou efeito positivo, comparável ao fungicida T2. O T4 e T3 aumentaram isoflavonas totais; T5 e T4 elevaram genistein; T3, T4 e T5 induziram daidzein; e T4 aumentou daidzin. O T6 não induziu isoflavonas, indicando que sua ação em *Megathyrsus maximus* é predominantemente como barreira física e modulador indireto do estresse. Os resultados indicam que os fungicidas não apenas contribuem para o controle da doença, mas também estimulam a produção de metabólitos secundários. O silício (T6) apresentou desempenho semelhante ao tratamento T2, mostrando-se uma alternativa promissora para um manejo fitossanitário mais sustentável.

Palavras-chave: *Megathyrsus maximus*; Silício; Metabólitos secundários; Manejo fitossanitário.

ABSTRACT

Brazil has an extensive pasture area dedicated to cattle feeding but remains vulnerable to pathogens such as leaf spot caused by *Bipolaris maydis* in *Megathyrsus maximus* (syn. *Panicum maximum*). Research on chemical control in forage grasses is still limited, which encourages the search for sustainable alternatives such as silicon, a beneficial element that strengthens the physical barrier of the cell wall and can modulate the synthesis of secondary metabolites. This study aimed to evaluate the effect of silicon and fungicides on leaf spot severity and on the induction of isoflavones, compounds involved in plant defense responses against pathogens, in *M. maximus* cv. Tanzania, a cultivar known for its susceptibility to *B. maydis*. The field experiment was carried out at Embrapa Gado de Corte, using a randomized block design with four replications and six treatments, and applications started when the disease reached an average of 5% of the leaf area. The treatments were: (T1) Water (control); (T2) Pyraclostrobin + Epoxiconazole; (T3) Azoxystrobin + Cyproconazole; (T4) Trifloxystrobin + Cyproconazole; (T5) Mancozeb; and (T6) Commercial Si. Disease severity was monitored, and the area under the disease progress curve (AUDPC), forage mass production, and secondary metabolites were evaluated. Fungicides significantly reduced AUDPC compared with the control (T1), while silicon (T6) showed a positive effect, comparable to fungicide T2. Treatments T4 and T3 increased total isoflavones, T5 and T4 enhanced genistein, T3, T4, and T5 induced daidzein, and T4 increased daidzin. T6 did not induce isoflavones, indicating that its effect on *Megathyrsus maximus* is mainly as a physical barrier and an indirect stress modulator. The results indicate that fungicides not only contribute to disease control but also stimulate the production of secondary metabolites. Silicon (T6) showed performance similar to treatment T2, representing a promising alternative for more sustainable phytosanitary management.

Keywords: *Megathyrsus maximus*; Silicon; Secondary metabolites; Phytosanitary management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Fachada Embrapa Gado de Corte.....	12
Figura 2. Escala diagramática para avaliação de mancha foliar causada por <i>Bipolaris maydis</i> (Martinez, 2006, adaptada por Fernandes et al., 2011).....	14
Figura 3. Pulverização dos tratamentos - Embrapa Gado de Corte - Campo Grande - MS, 2024.....	14
Figura 4. Dados médios de temperaturas e umidades relativas máximas e mínimas, e precipitação do período de 07/03/24 a 05/05/24, da estação meteorológica da Embrapa Gado de Corte.....	17
Figura 5. Avaliação da severidade de <i>Bipolaris maydis</i> em capim-Tanzânia, de 07/03/24 a 02/05/24.....	18
Figura 6. Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença em diferentes tratamentos aplicados em parte aérea das plantas para o controle da mancha das folhas em <i>Megathyrsus maximus</i>	19
Figura 7. Dados de massa de forragem seca analisados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tratamentos aplicados em <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Tanzânia e suas respectivas doses. Campo Grande, MS, 2024.....	13
Tabela 2. Isoflavonóides de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Tanzânia. UFMS - Chapadão do Sul, 2024.....	23

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
2.1. LOCAL DO EXPERIMENTO.....	12
2.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	12
2.3. APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS E AVALIAÇÃO DA SEVERIDADE DA DOENÇA.....	13
2.4. AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E ANÁLISE DE ISOFLAVONAS.....	15
2.5. COLETA DE DADOS METEOROLÓGICOS.....	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
3.1. DADOS METEOROLÓGICOS.....	16
3.2. SILÍCIO E FUNGICIDAS.....	18
3.3. METABÓLITOS SECUNDÁRIOS.....	23
4. CONCLUSÃO.....	26
5. REFERÊNCIA.....	26

1. INTRODUÇÃO

As pastagens ocupam atualmente cerca de 161 milhões de hectares no Brasil, de acordo com as estimativas da Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (Abiec, 2024) e representam a principal fonte de alimento para o rebanho bovino. O país possui o maior rebanho comercial do mundo, com mais de 197 milhões de cabeças, sendo o segundo maior produtor de carne do mundo, com 13,6% do mercado e o maior exportador mundial de carne bovina (Abiec, 2024).

Devido a limitada quantidade de cultivares de forrageiras, compreende-se que há vulnerabilidade das plantas destinadas à produção animal aos agentes bióticos e abióticos (Valle; Jank; Resende, 2009). Este fato acarreta um sério risco ao equilíbrio agroecossistema em que se encontram, pois exerce grande pressão de seleção sobre os agentes fitopatogênicos, que facilita a ocorrência e propagação de doenças (Verzignassi; Fernandes, 2001). Problemas relacionados a pragas e doenças das forrageiras têm sido cada vez mais recorrentes, exigindo da pesquisa ações concretas e sustentáveis para seu controle.

Em *Megathyrsus maximus* (Syn. *Panicum maximum*), o aumento da incidência das lesões foliares provocadas por *Bipolaris maydis* vem interferindo negativamente na produtividade e na qualidade dessa forrageira (Marchi et al., 2011). O patógeno representa um importante problema para os produtores, pois causa lesões nas folhas que comprometem a parte aérea da planta, reduzindo a qualidade e a quantidade da forragem produzida.

A mancha foliar provocada por *B. maydis* pode se manifestar em qualquer estágio de desenvolvimento da planta, sendo de maior relevância durante a fase de formação da pastagem, período em que as condições ambientais favorecem o desenvolvimento do patógeno, com temperaturas entre 25 e 30 °C e umidade relativa de 80 a 100%. O fungo sobrevive em restos culturais, sementes ou hospedeiros alternativos, sendo os principais mecanismos de dispersão as correntes de ar, as gotas de chuva e a própria semente (Marchi et al., 2011).

O controle químico das doenças em áreas de pastagens ainda é incipiente, devido a fatores como baixo nível tecnológico das propriedades voltadas exclusivamente à atividade pecuária, necessidade de retirar os animais nas áreas de

pasto pulverizadas, a falta de conhecimento sobre o número e época de pulverização, a baixa quantidade de moléculas registradas para pastagens (Mapa, 2023) e o impacto ambiental que estes produtos podem causar na cadeia produtiva.

Nesse contexto, busca-se o uso de alternativas sustentáveis que contribuam para o manejo fitossanitário das forrageiras sem comprometer o equilíbrio ambiental. Uma alternativa que tem sido estudada é a aplicação de silício, que contribui para aumentar a resistência das plantas a patógenos, promovendo maior rigidez celular e reforço das defesas naturais (Pereira et al., 2009). O silício não apresenta toxicidade conhecida para os animais, permitindo maior segurança na aplicação em áreas de pastagem em comparação a defensivos químicos.

Além de seu potencial no controle de doenças, o silício também tem sido associado à modulação do metabolismo vegetal, incluindo a síntese de metabólitos secundários, compostos que desempenham papel crucial na defesa das plantas frente a estresses bióticos e abióticos. Ademais, o silício (Si) é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre (Dos Santos et al., 2021), e vale ressaltar que não é considerado um nutriente essencial, porém é benéfico para as plantas (Frew et al., 2018).

Nas plantas, o metabolismo é dividido em duas grandes categorias: o primário e o secundário. Os metabólitos primários são compostos essenciais para a sobrevivência, participando de processos como crescimento, respiração e reprodução, e incluem açúcares, aminoácidos, lipídios e ácidos nucleicos. Já os metabólitos secundários, embora não sejam vitais ao desenvolvimento básico, desempenham papéis fundamentais na defesa, sinalização e adaptação das plantas ao ambiente, incluindo fenóis, terpenoides e alcaloides (Elshafie; Camele; Mohamed, 2023). A comparação entre os perfis metabólicos de plantas saudáveis e infectadas pode evidenciar a ativação de vias metabólicas específicas, revelando alterações relacionadas à resistência ou suscetibilidade das plantas (Castro-Moretti et al., 2020).

A análise desses compostos fornece uma importante ferramenta para entender os mecanismos de defesa ativados pelas plantas frente à presença de patógenos e ao uso de indutores de resistência.

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da pulverização foliar de silício (Si comercial), em comparação com fungicidas comerciais, no controle da

mancha de *Bipolaris maydis* em *Megathyrsus maximus* cv. Tanzânia, bem como na indução de metabólitos secundários pela planta em resposta a esses tratamentos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido em condições de campo, em solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico, com aproximadamente 60% de argila, na Embrapa Gado de Corte (Figura 1), que está localizada na Av. Rádio Maia, nº 830, Vila Popular, na região rural da cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, sob coordenadas geográficas (20° 26' 44" S, 54° 43' 18" O, altitude de 541m). O clima da região é Aw, caracterizado como tropical, com estação seca bem definida nos meses frios e chuvosa temporada durante o verão segundo a classificação de Köppen (Kottek et al., 2006).



Figura 1: Fachada da Embrapa Gado de Corte. Fonte: Arquivo pessoal.

2.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

As parcelas foram de 30 m² (6 m x 5 m) com espaçamento entre linhas de 1 m e espaçamento de 2,5 m entre parcelas e blocos. Foi realizada a uniformização e as

adubações de manutenção do capim-Tanzânia. O delineamento utilizado foi o em blocos ao acaso (DBC), composto por seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em pulverizações realizadas na parte aérea de *M. maximus* cv. Tanzânia, iniciadas quando a severidade média da mancha das folhas era de 5% da área foliar lesionada, e repetidas em quatro aplicações nas mesmas datas para todos os tratamentos. A descrição detalhada de cada tratamento, incluindo produtos utilizados, composições, doses e forma de aplicação, encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1: Tratamentos aplicados em *Megathyrus maximus* cv. Tanzânia e suas respectivas doses. Campo Grande , MS, 2024.

Tratamento	Princípio Ativo	Produto comercial	Dose e modo de aplicação
T1	Água	Água	Pulverização com água (200 L/ha)
T2	Piraclostrobina (133 g/L) + Epoxiconazole (50 g/L)	Ópera	1 L pc/ha
T3	Azoxistrobina (200 g/L) + Ciproconazol (80 g/L)	Priori Xtra	300 mL pc/ha + Assist 1% v/v
T4	Trifloxistrobina (375 g/L) + Ciproconazol (160 g/L)	Sphere Max	300 mL pc/ha + Assist 1% v/v
T5	Mancozebe (750 g/kg)	Manzate WG	3 kg pc/ha + Assist 1% v/v
T6	Si comercial (429 g Si/kg pc)	Sifol Powder	3 g Si/L de calda → 600 g Si para 200 L/ha (≈1,4 kg pc/ha)

Descrição dos tratamentos: produtos comerciais e seus princípios ativos utilizados. Aplicações realizadas em: 07/03/2024, 01/04/2024, 18/04/2024 e 02/05/2024.

*pc = produto comercial; ha = hectare.

2.3. APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS E AVALIAÇÃO DA SEVERIDADE DA DOENÇA

Um dia antes de cada aplicação dos tratamentos realizaram-se avaliações da severidade da doença, sob infecção natural. Para tanto, utilizou-se escala diagramática elaborada por Martinez-Franzener (2006) modificada por Fernandes et al. (2011), com notas de 0 a 8 (0= ausência de sintomas e 8= severidade superior a

50% de área foliar lesionada; Figura 2). Para aplicação foi utilizado pulverizador costal CO₂ (Figura 3).

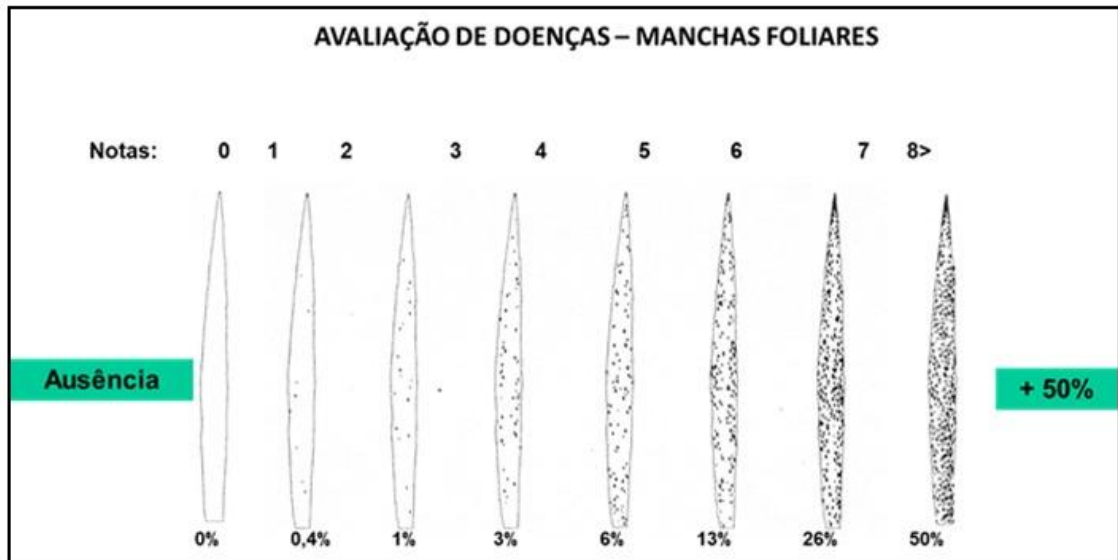


Figura 2. Escala diagramática para avaliação de mancha foliar causada por *Bipolaris maydis* (Martinez, 2006, adaptada por Fernandes et al., 2011).



Figura 3: Pulverização dos tratamentos - Embrapa Gado de Corte - Campo Grande - MS, 2024. Fonte: Arquivo pessoal.

Para fins de análise estatística, os dados de severidade (sev) da doença, obtidos nas repetições de cada tratamento, foram transformados para $\sqrt{(\text{sev}+0,01)}$. Posteriormente, calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (Shaner; Finney 1977), pela fórmula:

$$\text{AACPD} = \sum_{i=1}^{n-1} [(X_i + X_{i+1}) \times 0,5] \times [t_{i+1} - t_i]$$

Onde, n é o número de avaliações, x é a severidade da doença e $[t_{i+1} - t_i]$ é o intervalo de avaliações consecutivas.

Tais dados foram submetidos à análise de variância e, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.4. AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO MATÉRIA SECA E ANÁLISE DE ISOFLAVONAS

Após a conclusão das avaliações e aplicações dos tratamentos, foi realizado o corte das parcelas experimentais, utilizando o método do quadrado de ferro de 1 m x 1 m (1 m²), com o objetivo de determinar a produção de matéria seca (MS) e verificar possíveis efeitos dos diferentes tratamentos sobre esse parâmetro. As amostras colhidas foram secas a 55 °C por 5 dias e posteriormente moídas em moinho.

Em seguida, as amostras foram encaminhadas à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Câmpus de Chapadão do Sul, para análise dos teores de isoflavonas totais e seus derivados específicos (genistin, genistein, daidzin e daidzein).

Para a extração das isoflavonas, 50 mg das amostras foram adicionadas em tubos tipo Eppendorf de 2 mL, nos quais foram acrescidos 1,5 mL de metanol 70% contendo ácido acético (0,1%). A mistura foi agitada brevemente e incubada por 2 horas em ultrassom. Posteriormente, realizou-se a centrifugação a 3.000 rpm por 20 min, e o sobrenadante obtido foi filtrado por meio de seringa com filtro de 0,2 µm e transferido para vials de 1,5 mL antes da injeção no sistema de cromatografia líquida de ultra performance (UPLC).

Cada amostra teve três repetições de análise. A detecção das isoflavonas foi realizada utilizando um detector de arranjo de fotodiodo da marca Waters, ajustado para o comprimento de onda de 254 nm. Para a detecção, foram utilizados padrões

comerciais de daidzeína, daidzina, genisteína e genistina, solubilizados em metanol 70%, nas seguintes concentrações: 0,000125; 0,0002; 0,0005; 0,001; 0,01 e 0,02 mg mL⁻¹.

A identidade qualitativa e quantitativa dos picos foi confirmada comparando-se os tempos de retenção e os espectros de UV dos compostos individuais pelo método de adição padrão.

Tais dados foram analisados pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

2.5. COLETA DE DADOS METEOROLÓGICOS

Os dados meteorológicos foram obtidos do site da CEMTEC-MS (Centro de Monitoramento do Tempo e do Clima de Mato Grosso do Sul), considerando informações de temperaturas e umidades relativas máximas e mínimas, e precipitação da estação meteorológica localizada na Embrapa Gado de Corte, Campo Grande - MS. Esses dados foram filtrados para o período correspondente à condução do experimento, de 07/03/24 a 05/05/24.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. DADOS METEOROLÓGICOS

As temperaturas apresentaram oscilações ao longo do experimento, com valores médios máximos de 32,30 °C e mínimos de 22,14 °C. A umidade relativa do ar aumentou até 17/04/2024, seguida de queda até a última avaliação, em 02/05/2024. Nesse período (17/04 a 02/05), não houve registro de precipitação (Figura 4).

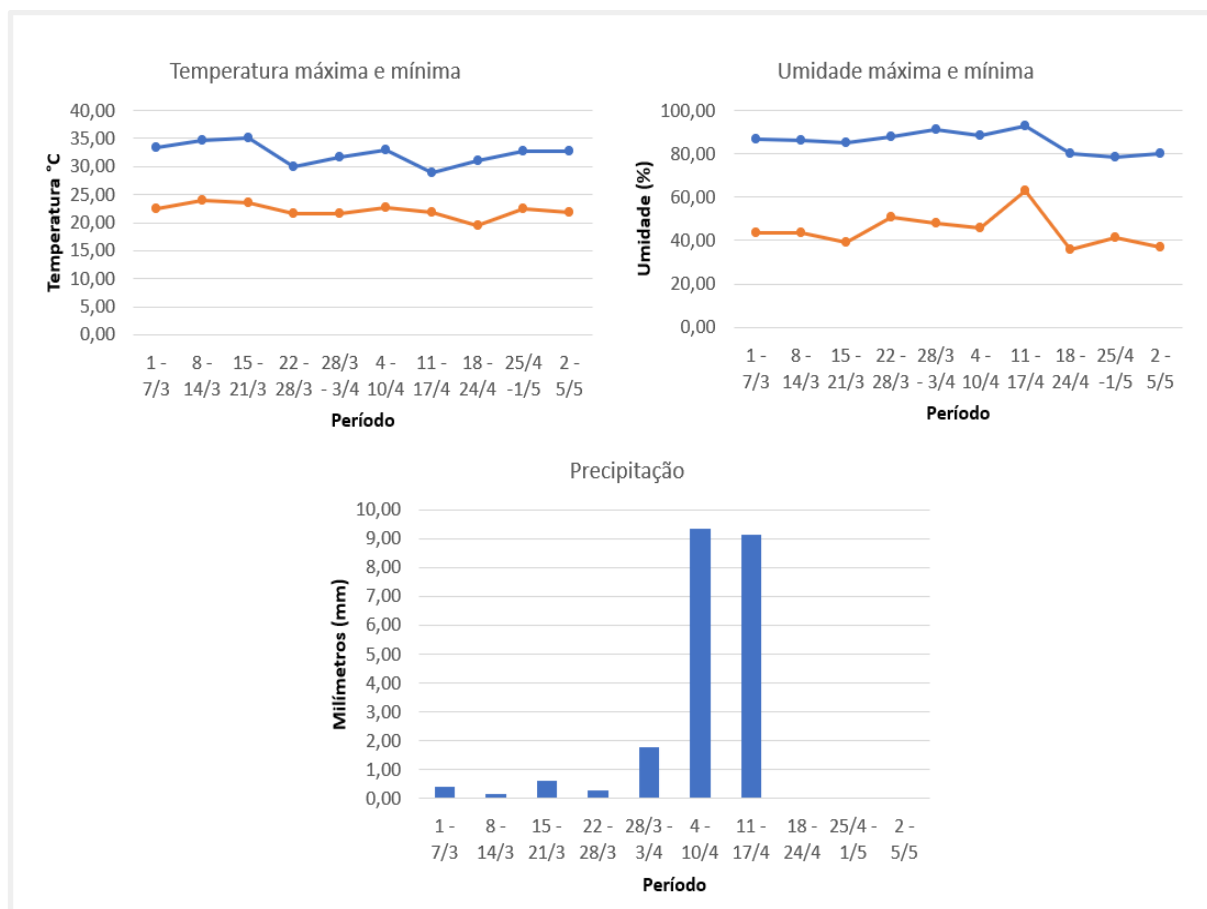


Figura 4. Dados médios de temperaturas e umidades relativas máximas e mínimas, e precipitação do período de 07/03/24 a 05/05/24, da estação meteorológica da Embrapa Gado de Corte. Fonte: <https://www.cemtec.ms.gov.br/>.

Condições climáticas adversas, como déficit hídrico e altas temperaturas, podem interferir na resposta fisiológica e na suscetibilidade das plantas a patógenos, influenciando a expressão de sintomas e a eficiência de tratamentos (Churchill et al., 2022).

Estudos com diferentes cultivares de *Panicum* demonstram que a temperatura é um dos principais fatores que regulam a produção de forragem, influenciando processos metabólicos como fotossíntese, respiração e expansão foliar (Rodrigues; Rodrigues, 1987; Bauer et al., 198). No estudo de referência analisado, verificou-se que o acúmulo de forragem e a taxa média de acúmulo apresentaram correlações mais elevadas com as temperaturas médias, máximas e mínimas do que com unidades fototérmicas acumuladas ou fotoperíodo, indicando o efeito predominante da temperatura sobre o crescimento das plantas.

3.2. SILÍCIO E FUNGICIDAS

Os maiores valores de severidade da mancha foliar por *B. maydis* foram observados nos tratamentos T1 (água) e T6 (silício comercial), enquanto os tratamentos com fungicidas (T2, T3, T4 e T5) apresentaram menor severidade (Figura 5).

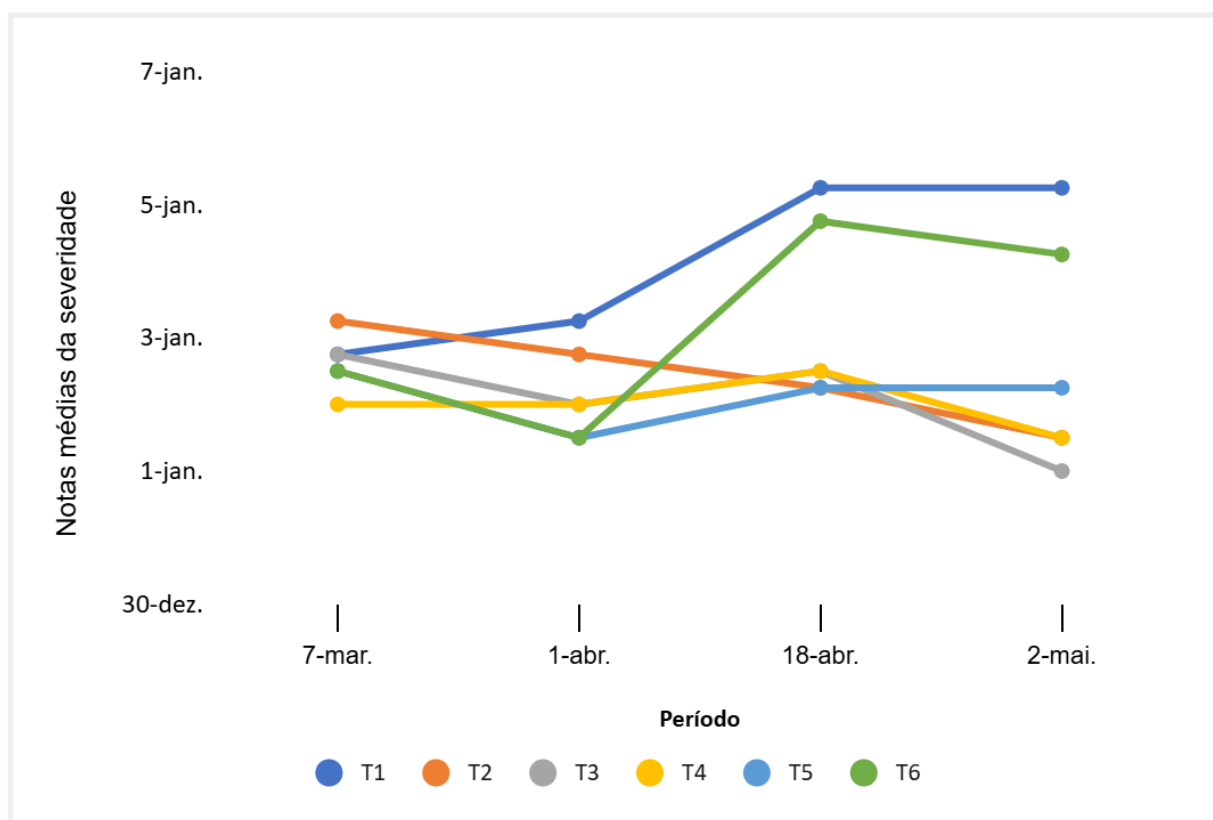


Figura 5. Severidade de *Bipolaris maydis* em capim-Tanzânia, de 07/03/24 a 02/05/24.

*T1: Água (testemunha); T2: Piraclostrobina + Epoxiconazole; T3: Azoxistrobina + Ciproconazol; T4: Trifloxistrobina + Ciproconazol; T5: Mancozebe; T6: Silício comercial.

Os resultados indicam que os tratamentos com fungicidas (T2, T3, T4 e T5) foram eficazes em reduzir a severidade da mancha foliar causada por *Bipolaris maydis* em comparação à testemunha (T1) e ao silício comercial (T6). A menor severidade observada nos tratamentos químicos evidencia a ação direta dos fungicidas na inibição do desenvolvimento do patógeno, corroborando com estudos que relatam efeitos significativos no controle de doenças fúngicas em gramíneas e outras culturas quando aplicados produtos fitossanitários adequados (Bortolini et al., 2012). Por outro

lado, a severidade mais elevada em T6 sugere que o silício, apesar de ter efeitos benéficos na indução de mecanismos de defesa das plantas, pode não ser tão eficiente quanto os fungicidas convencionais para o controle direto de *B. maydis* em condições de campo.

Todos os tratamentos diferiram da testemunha, que apresentou a maior AACPD ($p < 0,05$). O tratamento T6 foi estatisticamente semelhante ao T2, enquanto os tratamentos T2, T3, T4 e T5 apresentaram áreas abaixo da curva do progresso da doença semelhantes entre si, conforme observado na Figura 6.

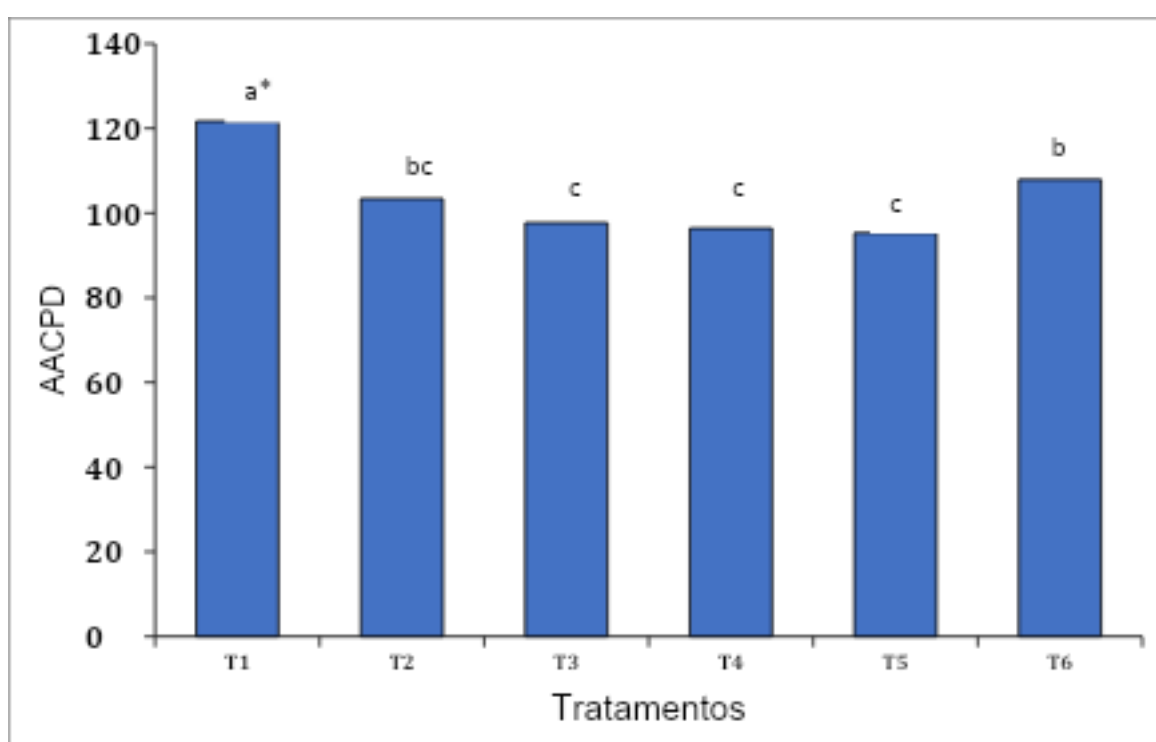


Figura 6. Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença em diferentes tratamentos aplicados em parte aérea das plantas para o controle da mancha das folhas em *Megathyrus maximus*.

*Médias seguidas pela mesma letra na barra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*T1: Água (testemunha); T2: Piraclostrobina + Epoxiconazole; T3: Azoxistrobina + Ciproconazol; T4: Trifloxistrobina + Ciproconazol; T5: Mancozebe; T6: Silício comercial.

O silício (T6) demonstrou resultado positivo para a redução da AACPD, quando comparado à testemunha (T1) e, igual estatisticamente ($p < 0,05$), ao T2. Alguns trabalhos demonstraram redução na incidência da doença utilizando-se silício (Si) (Pozza, Pozza; Botelho, 2015; Teixeira et al., 2008; Zanão et al., 2009).

Os dados obtidos neste experimento, que demonstraram redução na severidade da mancha foliar e maior eficiência no controle da doença com o uso de fungicidas, corroboram com os resultados encontrados por Fernandes et al. (2017).

Esses autores avaliaram fungicidas semelhantes, como a combinação de trifloxistrobina + ciproconazol, na pulverização da parte aérea de plantas e no controle de *Bipolaris spp.*, *Fusarium spp.* e *Phoma spp.* em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés. Verificaram que o uso desse fungicida reduziu a ocorrência dos referidos patógenos, obtendo resultados semelhantes de controle de doenças fúngicas.

Segundo Pozza et al. (2004), ao analisar o efeito do silício no controle da cercosporiose em variedades de cafeeiro, constatou que as plantas da variedade catuaí com silício incorporado ao substrato apresentaram 63,2% menos folhas lesionadas e 43% menos lesões, quando comparadas à testemunha. Guazina et al. (2019) avaliaram o efeito da aplicação isolada de silicato de alumínio em duas cultivares de soja em Chapadão do Sul, MS, e concluíram que houve incremento da produtividade de grãos quando foram realizadas três e quatro pulverizações.

Entre os diversos riscos bióticos que afetam o desempenho das plantas, as doenças causadas por fungos patogênicos representam uma das principais limitações à produtividade, ocasionando perdas qualitativas e quantitativas em diversas culturas (Henz et al., 2017). Nesse contexto, observa-se que o fungo *Bipolaris maydis* tem papel relevante, uma vez que sua infecção causa danos que interferem diretamente na qualidade e quantidade da produção, resultantes da injúria provocada pelo patógeno. A doença é caracterizada pelo surgimento de múltiplas lesões de diferentes formas e dimensões, geralmente entre 0,3 e 1,0 cm, que, sob infecções intensas, coalescem e formam extensas áreas necróticas escuras, comprometendo significativamente a parte aérea da planta (Martinez-Franzener, 2016).

Martinez-Franzener (2016) também relatou que *B. maydis* apresenta elevada agressividade ao capim-Tanzânia, promovendo sintomas típicos já 20 horas após a inoculação. A mancha foliar causada pelo fungo afeta o desenvolvimento e a produção, inibindo significativamente a formação de perfilhos e o peso da matéria fresca, embora não altere a porcentagem de matéria seca. O patógeno ainda altera aspectos relacionados à qualidade da forragem, reduzindo os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e incrementando o teor de proteína bruta, evidenciando seu impacto tanto quantitativo quanto qualitativo sobre o capim-Tanzânia.

Embora o silício (Si) não seja classificado como um nutriente essencial (Dourado Neto et al., 2016), seu uso tem demonstrado efeitos positivos no controle de doenças em diversas culturas de importância econômica, representando uma

alternativa promissora para reduzir o uso de defensivos químicos, minimizar impactos ambientais e conter o avanço de patógenos resistentes (Andrade Junior et al., 2015). Sua absorção pelas plantas é principalmente na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4), presente na solução do solo e cuja disponibilidade é influenciada por fatores como pH, temperatura e teor de matéria orgânica (Ma & Yamaji, 2006).

Inúmeros estudos evidenciam que a aplicação exógena de silício (Si) é capaz de reduzir a incidência de doenças fúngicas e fortalecer a resistência das plantas frente a uma ampla variedade de fungos patogênicos, responsáveis por infecções foliares e radiculares em espécies tanto monocotiledôneas quanto dicotiledôneas (Zambolim; Ventura, 2016).

A principal hipótese associada ao controle de doenças pelo silício resulta de sua polimerização na planta, que tem como efeito a formação de barreiras físicas e químicas, como o reforço da parede celular por lignificação e a ativação de respostas bioquímicas, incluindo a produção de compostos tóxicos e enzimas de defesa, que dificultam a entrada e o desenvolvimento de patógenos no tecido vegetal (Guerriero et al., 2016). Wang et al. (2017), ao estudarem o papel do silício na interação planta-patógeno, verificaram que, além de formar barreiras físicas, o elemento também atua como indutor de resistência, sendo capaz de ativar de maneira rápida e abrangente os mecanismos naturais de defesa das plantas.

Dessa forma, o uso de silício associado a fungicidas tem sido apontado como uma alternativa para o controle de doenças fúngicas em pastagens. Em estudo com plantas de cafeeiro, Reis et al. (2008) observaram que a aplicação combinada de silício e fungicidas foi eficaz no controle de doenças fúngicas, como ferrugem e cercosporiose.

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos para produção de massa de forragem (Figura 7).

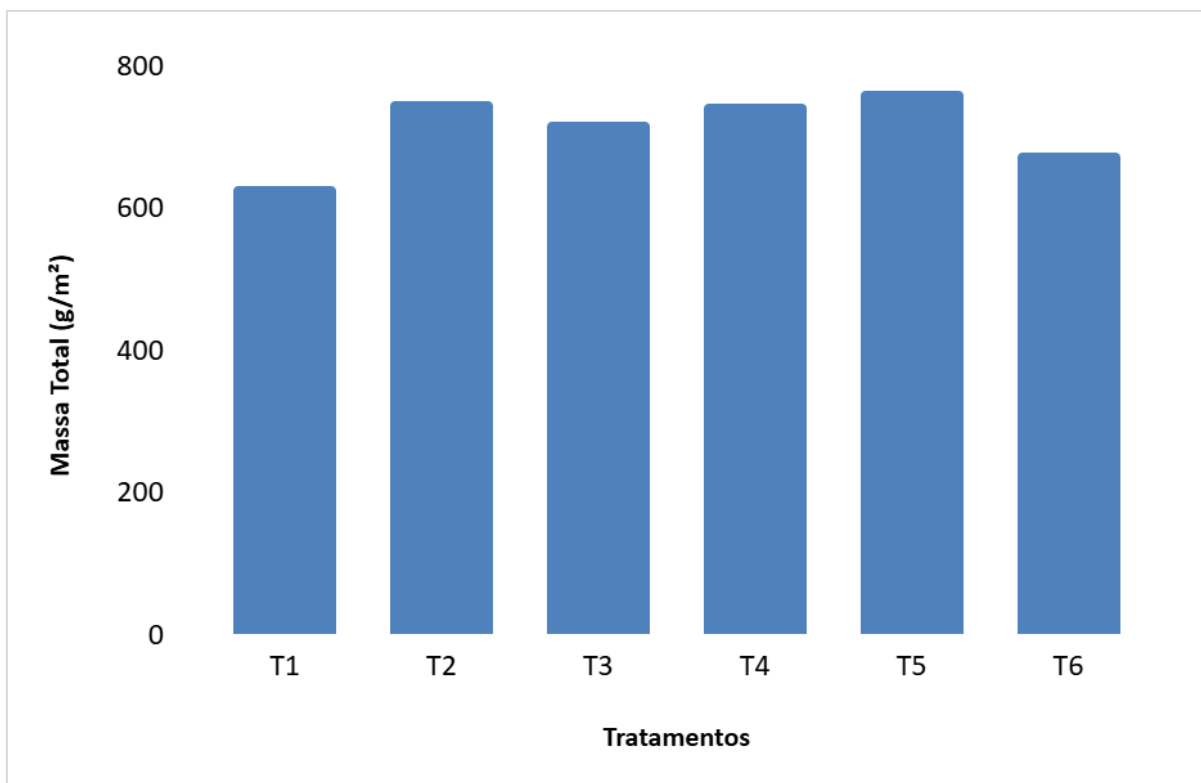


Figura 7. Dados de massa de forragem seca de capim-Tanzânia analisados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*T1: Água (testemunha); T2: Piraclostrobina + Epoxiconazole; T3: Azoxistrobina + Ciproconazol; T4: Trifloxistrobina + Ciproconazol; T5: Mancozebe; T6: Silício comercial.

Esse resultado indica que a aplicação dos diferentes produtos, fungicidas e silício, não promoveu variações expressivas no acúmulo de biomassa da forrageira durante o período experimental.

Considerando que a produtividade de forrageiras pode ser influenciada pelos tratamentos submetidos, seja químico, mineral ou pelas condições climáticas, observou-se que, no presente estudo, nem os fungicidas nem o silício proporcionaram aumento significativo na massa de forragem. Resultados semelhantes foram relatados por Oliveira et al. (2016), que avaliaram a influência do tipo de semente sobre a produção de massa seca de diferentes cultivares de *Megathyrsus maximus*. Nesse estudo, sementes convencionais de alta pureza e sementes revestidas com fungicida e nutrientes não apresentaram diferenças significativas na produção de massa seca, indicando que, em determinadas condições, tratamentos químicos ou minerais podem não gerar ganhos produtivos expressivos.

3.3. METABÓLITOS SECUNDÁRIOS

Na Tabela 2, são apresentados os resultados das isoflavonas (totais, genistin, genistein, daidzin e daidzein) obtidas nos diferentes tratamentos aplicados.

Tabela 2. Isoflavonóides de *Megathyrsus maximus* cv. Tanzânia. UFMS - Chapadão do Sul, 2024.

TRATAMENTOS	T1	T2	T3	T4	T5	T6
TOTAIS	1996,21 b	2288,05 b	3817,35 a b	5523,45 a	3364,28 b	2199,33 b
GENISTIN	1073,32 a	1381,92 a	2235,98 a	2010,15 a	1673,34 a	1143,32 a
GENISTEIN	0,58 b	0,52 b	11,21 b	28,65 a b	52,41 a	0,04 b
DAIDZIN	811,51 a	809,59 a	1195,75 a	2979,18 b	1283,33 a	979,34 a
DAIDZEIN	110,80 b	96,03 b	374,41 a	505,47 a	355,21 a	76,63 b

* Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*T1: Água (testemunha); T2: Piraclostrobina + Epoxiconazole; T3: Azoxistrobina + Ciproconazol; T4: Trifloxistrobina + Ciproconazol; T5: Mancozebe; T6: Silício comercial.

Para as isoflavonas totais, o T4 resultou na maior produção de metabólitos secundários, com exceção do T3, que apresentou resultados estatisticamente similares. Em relação à genistin, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

Para genistein, o T5 e T4, demonstraram os maiores valores, indicando uma maior expressão desse metabólito pela planta. No caso de daidzin, o tratamento T4 apresentou a maior concentração. Já para daidzein, os tratamentos T3, T4 e T5 resultaram em maiores quantidades desse composto em comparação aos demais tratamentos.

Os metabólitos secundários são amplamente reconhecidos por atuarem como compostos de defesa das plantas, apresentando atividade contra vertebrados, moluscos, insetos herbívoros e diversos microrganismos (Dakora; Phillips, 1996; Nwachukwu et al., 2013). Os fenilpropanoides constituem a maior classe desses metabólitos, desempenhando papéis importantes no crescimento e desenvolvimento vegetal (Vogt, 2010). Entre esses compostos, destacam-se os isoflavonoides, como genistin, genisteína, daidzin e daidzeína, que têm origem a partir de precursores do metabolismo primário, mas são classificados como metabólitos secundários por desempenharem funções de defesa e adaptação das plantas frente a estresses bióticos e abióticos. Diante de pressões ambientais e climáticas, os isoflavonoides têm

despertado atenção por seu potencial em aumentar a resistência das plantas contra insetos herbívoros (Dillon et al., 2017).

Independentemente do agente indutor, as plantas possuem mecanismos de defesa próprios que são ativados em resposta a diversas ameaças, incluindo o ataque de fitopatógenos. Esses mecanismos envolvem, em grande parte, a produção de compostos do metabolismo secundário, que desempenham funções bioquímicas essenciais na sinalização e na proteção vegetal (Croteau et al., 2000). Quando a planta enfrenta algum tipo de estresse, seja por fatores ambientais ou por organismos patogênicos, ocorre um redirecionamento de carbono do metabolismo primário para o secundário, favorecendo a produção de compostos de defesa, como fenóis e flavonoides (Lattanzio, 2013). A ação antioxidante dos flavonoides está vinculada à estabilidade de sua estrutura molecular, que lhes confere a capacidade de reagir com radicais livres e, dessa forma, preservar as células vegetais contra alterações prejudiciais ao seu metabolismo (Jabbari; Jabbari, 2016).

A biossíntese de isoflavonoides é um processo bastante complexo, cujo acúmulo nas células vegetais depende não apenas da ação das enzimas específicas dessa rota, mas também da interação entre elas e outras enzimas envolvidas no metabolismo celular (Burbulis; Winkel-Shirley, 1999).

De acordo com Castro-Moretti et al. (2020), estudos metabolômicos demonstram que alterações no metabolismo primário e secundário estão diretamente ligadas às respostas de defesa das plantas frente a patógenos. Os autores destacam que vias relacionadas aos fenóis, flavonoides e isoflavonoides são fortemente ativadas durante infecções, podendo ser moduladas por fatores externos, como fungicidas, que interferem na rota fenilpropanoide e em mecanismos antioxidantes. Entre esses compostos, a daidzeína se destaca por atuar na resistência de plantas como a soja, funcionando como uma isoflavona defensiva cuja síntese pode ser suprimida ou estimulada conforme o tipo e a intensidade do tratamento químico aplicado (Castro-Moretti et al., 2020).

Com o intuito de compreender como diferentes fungicidas podem interferir nas respostas bioquímicas das plantas, Mohamed e Akladious (2017) conduziram um estudo para avaliar a eficácia de alguns fungicidas sobre a produção de isoflavonas em plantas de algodão. Os autores verificaram que diferentes produtos aplicados em sementes de algodoeiro promoveram respostas distintas nos metabólitos

secundários. Os fungicidas Rizolex T (Tolclofos-metil), Moncut (Flutolanil) e Tondro (Carboxin + Thiram) aumentaram os teores de fenóis totais, indicando uma resposta de estresse oxidativo. Por outro lado, com Maxim (Fludioxonil + Mefenoxan) e Vitavax T (Carboxin + Thiram) observou-se redução nos teores de fenóis. Já Maxim, Hemixet (Hymexazol) e Flosan (Thiram) induziram a síntese de flavonoides nas plantas de algodão quando comparadas ao controle, sugerindo um efeito protetor. Dessa forma, os autores concluíram que alguns fungicidas podem atuar como indutores de metabólitos secundários, especialmente fenóis e flavonoides, dependendo do princípio ativo utilizado (Mohamed; Akladious, 2017).

Além disso, diversos estudos relatam que fungicidas de amplo espectro podem induzir vias do metabolismo secundário relacionadas à defesa vegetal. Compostos como maneb, benomil e nabam, por exemplo, estimularam a síntese de hidroxifaseolina em soja, enquanto o tetraconazol, um fungicida triazólico, aumentou o teor de antocianinas em milho, demonstrando influência sobre a rota dos fenilpropanóides. O carbendazim apresentou efeito dependente da dose, promovendo o acúmulo de fenóis e flavonoides em baixas concentrações, mas reduzindo esses compostos em doses elevadas, o que comprometeu a capacidade defensiva das plantas. De forma semelhante, o metiltiofanato também elevou o teor de polifenóis e flavonoides em espécies como alcachofra, hortelã-brava e erva-cidreira, reforçando que o efeito indutor ou inibitório dos fungicidas sobre os metabólitos secundários é dependente do princípio ativo, da concentração e da espécie vegetal (Hancianu; Aprotosoiaie, 2012).

O uso de silício não resultou em aumento significativo das isoflavonas, corroborando que, em gramíneas, ele atua principalmente como barreira física e modulador indireto de estresse, sem ativar de forma robusta a via fenilpropanoide (Fawe et al., 1998; Tava, 2007; Wang et al., 2017). Embora em algumas espécies o silício possa funcionar como elicitador químico, em *M. maximus* não se observou efeito significativo, indicando que sua ação depende da espécie e das condições de estresse percebidas.

Estudos também demonstram que o silício pode estimular a produção de fenóis, flavonoides, ligninas e fitoalexinas, atuando como barreira bioquímica que reforça a resistência vegetal e promovendo a indução de resistência nas plantas (Luyckx et al., 2017; Van Bockhaven et al., 2013).

4. CONCLUSÃO

Entre os fungicidas, Trifloxistrobina + Ciproconazol e Azoxistrobina + Ciproconazol aumentaram a produção de isoflavonas totais, enquanto Mancozebe e Trifloxistrobina + Ciproconazol se destacaram na produção de genistein. Azoxistrobina + Ciproconazol, Trifloxistrobina + Ciproconazol e Mancozebe induziram a biossíntese de daidzein, sendo que Trifloxistrobina + Ciproconazol foi o único tratamento a induzir aumento no teor de daidzin. Não houve indução de flavonoides pelo silício (Si comercial), independentemente do modo de ação, alguns fungicidas promoveram incremento deste metabólito secundário. As plantas pulverizadas com Silício comercial tiveram a AACPD semelhante às aquelas que receberam o fungicida Piraclostrobina + Epoxiconazole, indicando que este elemento útil pode ser promissor no manejo da mancha das folhas de *M. maximus*. Estes dados indicam a necessidade de mais estudos sobre o assunto, pois a descoberta da produção de isoflavonas pelo uso de fungicidas de ação protetora e sistêmica é promissora.

5. REFERÊNCIAS

- ABIEC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. **Beef Report – Perfil da Pecuária no Brasil (2024)**. Disponível em: <https://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2024/>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- ANDRADE JUNIOR, E. R. de et al. Aplicação de programas de adubação foliar com silício e potássio associados a fungicidas no controle de ferrugem asiática na cultura da soja. **Bioscience Journal**, p. 18–24, 2015.
- BAUER, A.; FRANK, A. B.; BLACK, A. L. Estimation of spring wheat leaf growth rate and anthesis from air temperature. **Agronomy Journal**, v. 76, p. 829-835, 1984.
- BORTOLINI, Alexandre Moises Mazarro; GHELLER, Jorge Alberto. Aplicação de diferentes fungicidas no controle de doenças foliares na cultura do milho em relação à produtividade. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Cascavel, v. 1, p. 109-121, 2012.
- BURBULIS, I. E.; WINKEL-SHIRLEY, B. Interactions among enzymes of the *Arabidopsis* flavonoid biosynthetic pathway. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 96, n. 22, p. 12929–12934, 1999.
- CASTRO-MORETTI, F. R.; GENTZEL, I. N.; MACKEY, D.; ALONSO, A. P. Metabolomics as an emerging tool for the study of plant–pathogen interactions. **Metabolites**, v. 10, n. 2, p. 52, 2020.

CHURCHILL, A. C. et al. Pastures and climate extremes: impacts of cool season warming and drought on the productivity of key pasture species in a field experiment. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 836968, 2022.

CROTEAU, R.; KUTCHAN, T. M.; LEWIS, N. G. Natural products (secondary metabolites). In: BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. Biochemistry & molecular biology of plants. **Rockville: American Society of Plant Physiologists**, 2000.

DAKORA, F. D.; PHILLIPS, D. A. Diverse functions of isoflavonoids in legumes transcend anti-microbial definitions of phytoalexins. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 49, n. 1, p. 1–20, 1996.

DILLON, F. M.; CHLUDIL, H. D.; ZAVALA, J. A. Solar UV-B radiation modulates chemical defenses against *Anticarsia gemmatilis* larvae in leaves of field-grown soybean. **Phytochemistry**, v. 141, p. 27–36, 2017.

DOS SANTOS, L. C. et al. O papel do silício nas plantas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e3810716247, 2021.

DOURADO NETO, D. et al. Fisiologia vegetal: metabolismo e nutrição mineral. São Paulo: Andrei, 2016. 305 p.

DU, H.; HUANG, Y.; TANG, Y. Genetic and metabolic engineering of isoflavonoid biosynthesis. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 86, n. 5, p. 1293–1312, 2010.

ELSHAFIE, H. S.; CAMELE, I.; MOHAMED, A. A. A comprehensive review on the biological, agricultural and pharmaceutical properties of secondary metabolites based-plant origin. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 4, p. 3266, 2023.

FAWE, A. et al. Silicon-mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in cucumber. **Phytopathology**, v. 88, n. 5, p. 396–401, 1998.

FERNANDES, C. D. et al. Controle químico da mela-das-sementes e do carvão em cultivares de *Brachiaria brizantha*. **Summa Phytopathologica**, v. 43, p. 136–144, 2017.

FERNANDES, C. D. et al. Reação de híbridos de *Panicum maximum* à mancha das folhas em condições de infecção natural. In: **International Symposium on Forage Breeding**. 2011. p. 59-61.

FREW, A. et al. The role of silicon in plant biology: a paradigm shift in research approach. **Annals of Botany**, v. 121, n. 7, p. 1265–1273, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcy009>.

GUAZINA, R. A. et al. Aplicação foliar de silício na produtividade e sanidade de cultivares de soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, p. 187–193, 2019.

GUERRIERO, G.; HAUSMAN, J.-F.; LEGAY, S. Silicon and the plant extracellular matrix. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 463, 2016.

HANCIANU, M.; APROTOSOAIE, A. The effects of pesticides on plant secondary metabolites. In: KHANI, S. et al. Biotechnological production of plant secondary metabolites. **Sharjah: Bentham Science Publishers**, 2012. p. 215–240. DOI: 10.2174/978160805114411201010215.

HENZ, G. P. et al. Impacto das doenças de plantas na segurança alimentar e nutricional global: tema estratégico para o Brasil. 2017.

JABBARI, M.; JABBARI, A. Antioxidant potential and DPPH radical scavenging kinetics of water-insoluble flavonoid naringenin in aqueous solution of micelles. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 489, p. 392–399, 2016.

KOTTEK, M. et al. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259–263, 2006.

LATTANZIO, V. Phenolic compounds: introduction. In: Natural products. Berlin: Springer, 2013. p. 1543–1580.

LUYCKX, M. et al. Silicon and plants: current knowledge and technological perspectives. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 411, 2017.

MA, J. F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, v. 11, n. 8, p. 392–397, 2006.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **AGROFIT**. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 25 setembro 2025.

MARCHI, C. E.; FERNANDES, C. D.; VERZIGNASSI, J. R. *Doenças em plantas forrageiras*. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2011. 47 p. (Documentos, 187).

MARTINEZ-FRANZENER, A. S. *Avaliação do dano provocado por Bipolaris maydis em Panicum maximum cv. Tanzânia-1*. 2006. 41 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2006.

MOHAMED, H. I.; AKLADIOUS, S. A. Changes in antioxidants potential, secondary metabolites and plant hormones induced by different fungicides treatment in cotton plants. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 142, p. 117–122, 2017.

NWACHUKWU, I. D.; LUCIANO, F. B.; UDENIGWE, C. C. The inducible soybean glyceollin phytoalexins with multifunctional health-promoting properties. **Food Research International**, v. 54, n. 1, p. 1208–1216, 2013.

OLIVEIRA, E. P. de et al. Influence of seed type on forage production of *Panicum maximum* cultivars. 2016.

PEREIRA, S. C. et al. Aplicação foliar de silício na resistência da soja à ferrugem e na atividade de enzimas de defesa. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, p. 164–170, 2009.

POZZA, A. A. A. et al. Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 185–188, 2004.

POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; BOTELHO, D. M. S. Silicon in plant disease control. *Revista Ceres*, Viçosa, MG, v. 62, n. 3, p. 323–331, maio/jun. 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufla.br/items/8b725a5a-5a73-4ac1-b04f-3d6a8ab50f16>. Acesso em: 13 nov. 2025.

REIS, T. H. P. et al. Efeito da associação silício líquido solúvel com fungicida no controle fitossanitário do cafeeiro. **Coffee Science**, v. 3, n. 1, p. 76–80, 2008.

RODRIGUES, F. A.; DATNOFF, L. E. Silicon-mediated resistance in monocots: the rice–Magnaporthe grisea model. In: RODRIGUES, F. A.; ROMEIRO, R. S. Indução de resistência em plantas a patógenos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 25–58.

RODRIGUES, L. R. A.; RODRIGUES, T. J. D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: Castro, P. R. C.; Ferreira, S. O.; Yamada, T. (Ed.). Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba: **Associação Brasileira de Pesquisa de Potassa e do Fósforo**, 1987. p. 203-230.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, v. 67, n. 8, p. 1051-1056, 1977.

TAVA, A. Secondary metabolites in grasses: characterization and biological activity. **Italian Journal of Agronomy**, v. 2, n. s4, p. 441–450, 2007.

TEIXEIRA, I. R.; ... [et al.]. Fontes de silício em cultivares de feijão nas safras das águas e da seca. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 39, n. 4, p. 562-568, 2008.

VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 460–472, 2009.

VAN BOCKHAVEN, J.; DE VLEESSCHAUWER, D.; HÖFTE, M. Towards establishing broad-spectrum disease resistance in plants: silicon leads the way. **Journal of Experimental Botany**, v. 64, n. 5, p. 1281–1293, 2013.

VERZIGNASSI, J. R.; FERNANDES, C. D. Doenças em forrageiras. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. 2 p. (Embrapa Gado de Corte. Divulga, 50).

VOGT, T. Phenylpropanoid biosynthesis. **Molecular Plant**, v. 3, n. 1, p. 2–20, 2010.

WANG, M. et al. Role of silicon on plant–pathogen interactions. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 701, 2017.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A. Resistência a doenças induzida pela nutrição mineral de plantas. 2016.

ZANÃO JÚNIOR, Luiz Antônio; FONTES, Renildes Lúcio Ferreira; ÁVILA, Vinícius Tavares de. Aplicação do silício para aumentar a resistência do arroz à mancha-parda. **Pesquisa Agropecuária Bras**

ileira, Brasília, v. 44, n. 2, p. 203-206, fev. 2009. DOI: 10.1590/S0100-204X2009000200013.

