

**EFEITO DA APLICAÇÃO
FOLIAR DE SILÍCIO,
ISOLADA E ASSOCIADA A
PROGRAMAS DE
FUNGICIDAS, NO
DESEMPENHO
AGRONÔMICO E NA
SEVERIDADE DE DOENÇAS
FOLIARES DO MILHO**

**EFFECT OF FOLIAR SILICON APPLICATION, ALONE AND ASSOCIATED
WITH FUNGICIDE PROGRAMS, ON AGRONOMIC PERFORMANCE AND
FOLIAR DISEASE SEVERITY IN MAIZE**

Ciências Biológicas, Ciências Agrárias • 22/10/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/792458149](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/792458149)

Bernardo Elvin Roecker Schorr¹

Jacir Daga²

RESUMO

O silício tem sido estudado como estratégia complementar no manejo de doenças foliares e no desempenho agrônômico do milho, embora sua resposta possa variar conforme a fonte, a dose, a época de aplicação e as condições de cultivo. Objetivou-se avaliar o efeito da aplicação foliar de silício, nos estádios V4, V6 e V8, de forma isolada e associada a diferentes programas de fungicidas. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Campus Toledo, em delineamento de blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições. Foram avaliados índice relativo de clorofila, severidade de doenças foliares, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, peso de mil grãos e produtividade. O índice relativo de clorofila não diferiu entre os tratamentos em V5, mas apresentou diferenças em V7 e V9. O silício reduziu a severidade das doenças foliares até V12 nos tratamentos em que seu efeito pôde ser avaliado antes da aplicação de fungicida, sem efeito adicional quando associado ao programa de três aplicações de fungicida. Não houve efeito significativo sobre o número de fileiras por espiga e o número de grãos por fileira. Para o peso de mil grãos, T2, T3, T4 e T5 apresentaram valores superiores à testemunha. Na produtividade, T2, T3, T4 e T5 foram superiores à testemunha, enquanto T1 apresentou comportamento intermediário. Conclui-se que o silício apresentou efeito parcial sobre a severidade das doenças foliares, sem evidência de ganho adicional quando associado ao programa de três aplicações de fungicida.

Palavras-chave: Ácido monossilícico; Estádios fenológicos; Produtividade. *Zea mays* L.

ABSTRACT

Silicon has been studied as a complementary strategy for the

management of foliar diseases and the agronomic performance of maize, although its response may vary depending on the source, dose, application timing, and growing conditions. This study aimed to evaluate the effect of foliar silicon application at the V4, V6, and V8 growth stages, applied alone and in combination with different fungicide programs. The experiment was conducted at the Experimental Farm of the Pontifical Catholic University of Paraná, Toledo Campus, using a randomized complete block design with six treatments and four replications. The relative chlorophyll index, foliar disease severity, number of kernel rows per ear, number of kernels per row, thousand-grain weight, and grain yield were evaluated. The relative chlorophyll index did not differ among treatments at V5, but significant differences were observed at V7 and V9. Silicon reduced foliar disease severity up to V12 in treatments in which its effect could be assessed before fungicide application, with no additional effect when associated with the fungicide program consisting of three applications. No significant effect was observed on the number of kernel rows per ear or the number of kernels per row. For thousand-grain weight, T2, T3, T4, and T5 showed higher values than the control. Regarding grain yield, T2, T3, T4, and T5 were superior to the control, whereas T1 showed an intermediate response. Silicon had a partial effect on foliar disease severity, with no evidence of additional benefit when associated with the fungicide program consisting of three applications.

Keywords: Monosilicic acid; growth stages; grain yield. *Zea mays* L.

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das principais culturas agrícolas do Brasil, apresentando elevada importância econômica e alimentar. O cereal é utilizado na alimentação humana e animal, além de

constituir matéria-prima para a indústria de alimentos, bebidas, bioenergia e outros derivados, atendendo tanto ao mercado interno quanto ao mercado de exportação (Pereira Filho; Borghi, 2022). De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2025), a produção brasileira de milho na safra 2024/2025 alcançou aproximadamente 139,47 milhões de toneladas, considerando as três safras, representando um recorde na produção nacional. Esse cenário reforça a importância da adoção de tecnologias de manejo que contribuam para a manutenção do potencial produtivo e da qualidade dos grãos.

Entre os fatores que podem limitar o desempenho da cultura do milho estão as doenças foliares, que podem comprometer a área fotossinteticamente ativa das plantas e, conseqüentemente, afetar a formação e o enchimento dos grãos. Entre as principais doenças foliares associadas à cultura encontram-se a mancha-branca, a ferrugem-comum, a mancha foliar de *Bipolaris maydis*, cercosporiose e a helmintosporiose, cuja ocorrência e importância podem variar de acordo com as condições ambientais, o material genético e o sistema de cultivo (Bortolini, 2011; Wordell Filho *et al.*, 2016). O manejo dessas doenças envolve a utilização de cultivares com características de resistência, práticas culturais e aplicação de fungicidas. Entretanto, a necessidade de manter a eficiência do controle fitossanitário e reduzir a dependência de aplicações sucessivas estimula a busca por estratégias complementares de manejo.

Nesse contexto, o silício (Si) tem recebido atenção como elemento benéfico às plantas, embora não seja considerado essencial para a maioria das espécies vegetais. Sua presença pode contribuir para alterações estruturais e fisiológicas, incluindo o fortalecimento dos

tecidos vegetais e o aumento da resistência mecânica. O silício também pode participar de mecanismos relacionados à defesa das plantas, favorecendo a formação de barreiras físicas e a ativação de respostas bioquímicas associadas à resistência a fatores bióticos (Reis *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2021). Dessa forma, sua utilização pode apresentar potencial como estratégia complementar ao manejo convencional de doenças, principalmente quando associada a outras práticas de proteção da cultura.

Na cultura do milho, estudos com aplicação foliar de fontes de silício têm apresentado resultados distintos quanto às características fisiológicas e produtivas. Sousa *et al.* (2010) avaliaram diferentes doses de silicato de potássio aplicadas nos estádios V4 e V6 e observaram respostas na massa seca do colmo, na massa de mil grãos e na produtividade, além de alterações em características relacionadas à clorofila. Por outro lado, Freitas *et al.* (2011), ao avaliar doses de silício aplicadas via foliar em plantas com 2, 5 e 8 folhas expandidas, verificaram que a aplicação influenciou somente o teor foliar de silício, não sendo observadas diferenças significativas no índice de clorofila, crescimento ou produtividade. Miranda *et al.* (2018), avaliando fontes de silício aplicadas via foliar e via solo, também observaram respostas em algumas características do crescimento e componentes da produção, embora não tenham constatado efeito significativo sobre a produtividade. Esses resultados indicam que a resposta da cultura do milho à aplicação de silício pode variar de acordo com a fonte utilizada, a dose, a forma e o momento de aplicação.

A época de aplicação constitui, portanto, um aspecto relevante na avaliação do uso do silício na cultura do milho. Os estádios vegetativos V4, V6 e V8 correspondem a períodos de intenso

crescimento e expansão foliar, nos quais ocorre elevada demanda por nutrientes e formação de estruturas que contribuem para a definição do potencial produtivo da cultura (Magalhães *et al.*, 2020). Freitas *et al.* (2011), ao comparar aplicações de silício em plantas com 2, 5 e 8 folhas expandidas, não verificaram efeito significativo das épocas avaliadas sobre as características agronômicas e a produtividade, demonstrando que o momento de aplicação, isoladamente, não garante resposta positiva. Assim, a avaliação de diferentes estádios de aplicação em condições específicas de cultivo torna-se importante para determinar a eficiência do manejo com silício.

Além da aplicação isolada, o uso do silício em associação com fungicidas também merece investigação. Em estudo realizado com trigo, Wordell Filho, Duarte e Rodrigues (2013) avaliaram a aplicação de silicato de potássio, fungicida e a combinação entre ambos no manejo da ferrugem da folha e da mancha amarela. Os autores verificaram que o silicato de potássio, nas doses e no número de aplicações utilizados, não foi eficiente na redução da severidade das doenças. Embora o estudo tenha sido realizado em outra cultura, seus resultados demonstram que a resposta ao silício pode não ser constante e que sua associação com fungicidas deve ser avaliada em diferentes condições de cultivo e programas de manejo. Dessa forma, torna-se relevante investigar se a aplicação de silício nos estádios V4, V6 e V8 pode contribuir para o manejo de doenças foliares do milho, isoladamente ou em associação com diferentes programas de aplicação de fungicidas.

Diante da variabilidade dos resultados encontrados na literatura, observa-se a necessidade de ampliar os estudos sobre o uso de silício na cultura do milho, especialmente quanto à sua aplicação em

estádios fenológicos definidos e à sua associação com programas de aplicação de fungicidas. A avaliação conjunta de parâmetros fisiológicos, como índice relativo de clorofila, de características fitossanitárias, como a severidade de doenças foliares, e de componentes relacionados à produtividade pode contribuir para uma melhor compreensão da resposta da cultura ao manejo com silício. Nesse sentido, a investigação de diferentes combinações de aplicação pode auxiliar na definição de estratégias complementares de manejo, sem pressupor previamente que o silício substitua o uso de fungicidas.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da aplicação foliar de silício na cultura do milho, nos estádios V4, V6 e V8, de forma isolada e em associação com diferentes programas de aplicação de fungicidas. Foram avaliados o índice de clorofila, a severidade de doenças foliares, o número de fileiras por espiga, o número de grãos por fileira, o peso de mil grãos e a produtividade da cultura, buscando verificar o potencial do silício como estratégia complementar no manejo fitossanitário do milho.

2. METODOLOGIA

2.1. Área Experimental

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Campus Toledo, localizada na região Oeste do Paraná, nas coordenadas 24°43'14" S e 53°43'56" W, a uma altitude média de 557 m. A região apresenta clima subtropical úmido, classificado como Cfa segundo Köppen, com verões quentes, ocorrência de poucas geadas, concentração

das precipitações nos meses de verão e ausência de estação seca definida, com temperatura média de 22 °C (Caviglione *et al.*, 2000).

O solo da área experimental apresenta textura argilosa e é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico típico, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos *et al.*, 2018). Antes da implantação do experimento, foram coletadas amostras de solo na camada de 0–20 cm para a determinação de suas características químicas. Os resultados da análise são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental antes da instalação do experimento.

pH	P	K	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
5,2	21 mg dm ⁻³	2 mmolc dm ⁻³	<0,05 mmolc dm ⁻³	51 mmolc dm ⁻³	16 mmolc dm ⁻³
CTC	V	B	Cu	Fe	Mn
98,2 mmolc dm ⁻³	70,0%	0,59 mg dm ⁻³	4,4 mg dm ⁻³	22 mg dm ⁻³	9,4 mg dm ⁻³

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la com <https://revistatopicos.com.br/artigos/efeito-da-aplicacao-foliar-de-silicio-isolada-e-associada-a-p-agronomico-e-na-severidade-de-doencas-foliares-do-milho?n>

Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base na análise química do solo realizada pelo Laboratório IBRA – Instituto Brasileiro de Análises, Paulínia, SP. Nota: CTC = capacidade de troca catiônica; M.O. =

matéria orgânica; SB = soma de bases. Amostra coletada na profundidade de 0–20 cm.

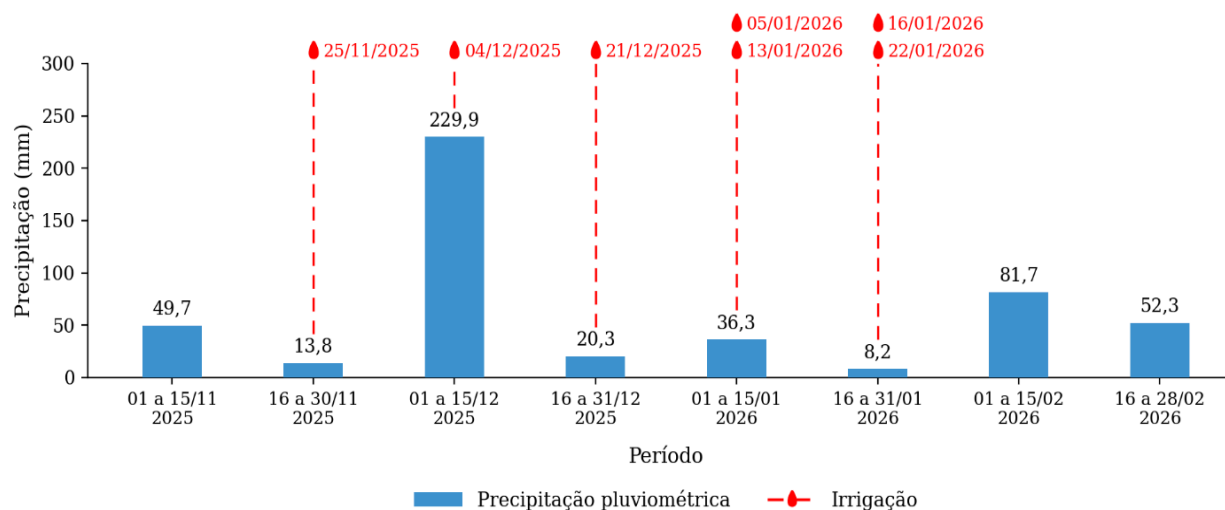
Os resultados da análise de solo foram utilizados como base para o planejamento das correções de fertilidade e das adubações, conforme as necessidades da área e as recomendações do Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná (Pauletti; Motta, 2017).

A adubação de base foi realizada em duas etapas. A primeira consistiu na aplicação de fertilizante contendo 18,5% de P, na dose de 270 kg ha⁻¹, realizada previamente à semeadura com o uso de semeadora. A segunda aplicação foi realizada no momento da semeadura, utilizando-se 357 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 14-14-12, contribuindo para o fornecimento de fósforo, nitrogênio e potássio à cultura.

Posteriormente, a adubação de cobertura foi realizada com nitrogênio e potássio, utilizando-se uma adubadora manual. O fornecimento de nitrogênio foi parcelado em duas aplicações, sendo a primeira realizada no estágio V3 e a segunda no estágio V6, com aplicação de 324 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio, contendo 20,5% de N, em cada aplicação. O potássio foi aplicado no estágio V3, na dose de 118 kg ha⁻¹ do fertilizante contendo 60% de K.

Durante a condução do experimento, os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos por meio do aplicativo FieldPro (2026), a partir do monitoramento realizado na área experimental, sendo posteriormente organizados em períodos quinzenais. A distribuição da precipitação pluviométrica e a ocorrência das irrigações ao longo do período experimental são apresentadas no Gráfico 1.

Gráfico 1. Precipitação pluviométrica quinzenal e ocorrência de irrigação no período experimental.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do aplicativo FieldPro (2026).

O volume total de precipitação pluviométrica registrado durante o período de monitoramento foi de 492,2 mm, apresentando distribuição irregular ao longo do período experimental, com maior concentração das chuvas no início de dezembro. O maior volume acumulado foi registrado entre 01 e 15/12/2025, com 229,9 mm, enquanto o menor ocorreu entre 16 e 31/01/2026, com 8,2 mm. Durante o período experimental, foram realizadas sete irrigações, em 25/11/2025, 04/12/2025, 21/12/2025, 05/01/2026, 13/01/2026, 16/01/2026 e 22/01/2026.

2.2. Delineamento Experimental e Tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC), constituído por seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. Cada parcela apresentou dimensões de 2,0 × 5,0 m, correspondendo a uma área de 10 m².

Os tratamentos foram constituídos por diferentes combinações entre a aplicação foliar de silício (Si), na forma de ácido monossilícico associado a hidróxido de potássio, e a utilização de fungicida à base de fluxapiroxade e piraclostrobina. O tratamento T0 correspondeu ao controle com aplicação de água, enquanto os demais tratamentos receberam diferentes combinações de silício e fungicida, variando quanto à presença, ao número e aos estádios de aplicação dos produtos. Os estádios fenológicos foram definidos de acordo com Ritchie, Hanway e Benson (1993). A descrição dos tratamentos, incluindo as doses e os estádios de aplicação, é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos utilizados no experimento.

Tratament o	Silício (L ha⁻¹)	Estádios de aplicação do Si	Fungicida – fluxapiroxade + piraclostrobin a (L ha⁻¹)	Estádios de aplicação do fungicida
T0	–	–	–	–
T1	0,15	V4 + V6 + V8	–	–
T2	0,15	V4 + V6 + V8	0,30	VT
T3	0,15	V4 + V6 + V8	0,30	V8 + VT
T4	0,15	V4 + V6 + V8	0,30	V4 + V8 + VT
T5	–	–	0,30	V4 + V8 + VT

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A dose de silício foi mantida constante em todas as aplicações, enquanto a quantidade e os estádios de aplicação dos fungicidas

variaram conforme cada tratamento experimental. Nos tratamentos T4 e T5, foram realizadas três aplicações de fungicida, nos estádios V4, V8 e VT.

2.3. Caracterização da Cultivar e Implantação do Experimento

Foi utilizado o híbrido de milho P3016VYHR (*Zea mays* L.), da marca Pioneer® Sementes, pertencente à Corteva Agriscience. O híbrido é classificado como precoce e recomendado para cultivos de verão e safrinha (Pioneer Sementes, 2024).

Antes da semeadura, foi realizado o teste de germinação com quatro repetições de amostras de sementes, semeadas em papel germitest umedecido com água destilada, cobertas, enroladas, fixadas e mantidas em posição vertical, em geladeira com controle de temperatura. A germinação foi avaliada segundo as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), sendo o resultado expresso em porcentagem de germinação. O lote de sementes apresentou germinação de 98%, sendo considerado adequado para a implantação do experimento.

A semeadura foi realizada na profundidade de 0,04 m, com espaçamento de 0,50 m entre linhas e 0,25 m entre plantas. Cada parcela experimental foi composta por quatro linhas de milho, com 5 m de comprimento cada, totalizando 10 m². As duas linhas centrais, com 4 m de comprimento cada, foram consideradas como área útil para as avaliações, totalizando 4 m². As linhas externas e as extremidades das parcelas foram utilizadas como bordadura, com o objetivo de minimizar possíveis efeitos de borda sobre as avaliações. Considerando o arranjo experimental, foram utilizadas aproximadamente 16 plantas por linha útil, totalizando cerca de 32

plantas na área útil. A população planejada foi de aproximadamente 80.000 plantas ha⁻¹.

2.4. Manejo da Área Experimental e Aplicação dos Tratamentos

Antes da semeadura, foi realizada a dessecação da área experimental para o controle de plantas daninhas, utilizando-se herbicida à base de glifosato na forma de sal de potássio, na dose de 930 g ha⁻¹, associado ao herbicida à base de mesotriona, na dose de 100 g ha⁻¹ e o herbicida à base de atrazina, na dose de 1.000 g ha⁻¹. Posteriormente, foi realizada uma aplicação complementar de herbicida à base de glufosinato de amônio, na dose de 600 g ha⁻¹, associado ao herbicida à base de cletodim, na dose de 144 g ha⁻¹, respeitando-se o intervalo recomendado entre a aplicação e a semeadura da cultura. Essas aplicações foram realizadas com pulverizador tratorizado Jacto, equipado com 30 pontas de pulverização simples nº 02, com ângulo de 110°, operando com volume de calda de 130 L ha⁻¹.

O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado de acordo com a necessidade identificada na área, sendo adotado o controle mecânico por meio de capina manual, em razão do baixo nível de infestação observado.

Durante o desenvolvimento da cultura, foram realizados os tratos culturais necessários à adequada condução do experimento. O monitoramento fitossanitário foi realizado de forma contínua, acompanhando-se a ocorrência dos principais alvos observados na área, com o intuito de manter condições adequadas de desenvolvimento e sanidade das plantas.

Para o controle de pragas, especialmente percevejo-barriga-verde (*Dichelops melacanthus*), cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*), lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e pulgão-do-milho (*Rhopalosiphum maidis*), realizaram-se as seguintes aplicações: imidacloprido (96 g ha⁻¹) + bifentrina (75 g ha⁻¹), em 14 de novembro de 2025, para controle do percevejo-barriga-verde; acefato (1640 g ha⁻¹), em 21 de novembro, para controle da cigarrinha-do-milho; teflubenzurom (15 g ha⁻¹) + metomil (129 g ha⁻¹), em 27 de novembro, para controle da lagarta-do-cartucho e da cigarrinha-do-milho; acefato (970 g ha⁻¹) + flubendiamida (72 g ha⁻¹), em 2 de dezembro, para controle da cigarrinha-do-milho e da lagarta-do-cartucho; metomil (129 g ha⁻¹), em 13 de dezembro, para controle da cigarrinha-do-milho e da lagarta-do-cartucho; e espinetoram (12 g ha⁻¹) + acetamiprido (70 g ha⁻¹), em 23 de dezembro, para controle da lagarta-do-cartucho e do pulgão-do-milho.

As aplicações de manejo da cultura e dos tratamentos experimentais foram realizadas com pulverizador costal elétrico, com capacidade para 17 L, equipado com quatro pontas de pulverização do tipo leque simples nº 02, operando com volume de calda de aproximadamente 150 L ha⁻¹. As aplicações foram realizadas nas horas mais amenas do dia, preferencialmente no início da manhã ou no final da tarde, sob condições ambientais favoráveis, com temperatura moderada, umidade relativa do ar superior a 60% e baixa velocidade do vento.

As aplicações de Si na forma de ácido monossilícico associado a hidróxido de potássio foram realizadas via foliar, utilizando-se a dosagem de 0,15 L ha⁻¹. O produto foi aplicado nos estádios V4, V6 e V8, conforme os tratamentos estabelecidos. A calda foi preparada de

acordo com a recomendação indicada no rótulo do produto, mantendo-se a mesma dose em todas as aplicações.

As aplicações de fungicidas foram realizadas nos estádios V4, V8 e VT, conforme estabelecido para cada tratamento experimental. Foi utilizado o fungicida à base de fluxapiraxade e piraclostrobina, na dose de 0,30 L ha⁻¹.

2.5. Avaliações

Para avaliar os efeitos dos tratamentos, foram consideradas variáveis relacionadas aos aspectos fisiológicos, fitossanitários e agronômicos da cultura do milho. As avaliações foram realizadas ao longo do ciclo da cultura, de acordo com os estádios de desenvolvimento estabelecidos para o experimento.

O índice relativo de clorofila foi determinado nos estádios V5, V7 e V9, correspondentes às avaliações realizadas na quarta, sexta e oitava folhas, respectivamente, utilizando-se um clorofilômetro portátil ClorofiLOG CFL 2050 (Falker). Foi avaliada uma folha de cada uma das 10 plantas selecionadas por parcela. A leitura foi realizada na região mediana de folhas completamente expandidas. Os valores obtidos foram utilizados para representar o índice relativo de clorofila da parcela.

A severidade das doenças foliares foi avaliada por meio da estimativa visual da porcentagem de área foliar afetada, utilizando-se como referência os princípios de avaliação de severidade descritos por James (1971).

Para as avaliações, foram selecionadas aleatoriamente 10 plantas dentro da área útil de cada parcela. A quarta folha foi avaliada no

estádio V8, a sexta folha no estádio V12 e a oitava folha no estádio R1. Em cada avaliação, a severidade foi estimada visualmente e registrada em porcentagem para a folha correspondente de cada uma das 10 plantas. Posteriormente, os valores obtidos foram utilizados para o cálculo da média de severidade de cada parcela.

Os componentes de produção avaliados foram o número de fileiras por espiga (NFE), o número de grãos por fileira (NGF) e o peso de mil grãos (PMG).

Para a avaliação do NFE e do NGF, foram coletadas aleatoriamente dez espigas na área útil de cada parcela. Em cada espiga, foi realizada a contagem do número de fileiras e do número de grãos em uma única fileira. Posteriormente, foi calculada a média dos valores obtidos para cada variável em cada parcela.

O peso de mil grãos (PMG) foi determinado pelo método gravimétrico, utilizando-se subamostras representativas de cada parcela. Foram coletadas quatro subamostras de 250 grãos, que foram pesadas individualmente em balança de precisão. Os valores obtidos foram corrigidos para o teor de umidade de 13%, conforme as recomendações das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). A média das quatro subamostras foi utilizada para a determinação do peso correspondente a 1.000 grãos.

A produtividade foi determinada a partir da colheita manual das espigas da área útil de cada parcela. Após a debulha, o teor de umidade dos grãos foi determinado com auxílio de um medidor de umidade portátil G650i (Gehaka). Em seguida, os grãos foram pesados em balança digital e os valores foram convertidos para kg ha⁻¹, com correção para o teor de umidade de 13%.

2.6. Análise Estatística

Os dados obtidos nas avaliações foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando-se o programa GExpDes 2.0 (Kormann *et al.*, 2019). As pressuposições da análise foram verificadas pelos testes de Shapiro-Wilk, para normalidade dos resíduos, e de Bartlett, para homogeneidade das variâncias, adotando-se nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$). Quando constatada diferença significativa entre os tratamentos pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os tratamentos não influenciaram significativamente o índice relativo de clorofila na quarta folha, avaliada em V5 ($p = 0,1550$). Na sexta e na oitava folhas, avaliadas em V7 e V9, respectivamente, houve efeito significativo dos tratamentos ($p = 0,0155$ e $p = 0,0007$, respectivamente). A comparação das médias é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Índice relativo de clorofila na quarta, sexta e oitava folhas de milho, avaliadas nos estádios V5, V7 e V9, respectivamente, sob diferentes tratamentos com silício e fungicida.

Tratamento	Quarta folha (V5)	Sexta folha (V7)	Oitava folha (V9)
T0	52,65	60,65 b	61,60 b
T1	56,15	63,90 ab	69,08 a
T2	56,85	64,38 ab	68,58 a
T3	55,93	65,50 a	70,08 a
T4	53,95	65,05 a	68,58 a

T5	53,80	64,10 ab	69,20 a
Média geral	54,89	63,93	67,85
F calculado	1,90	4,08	8,22
Valor de p	0,1550	0,0155	0,0007
CV (%)	4,36	2,66	3,20

Fonte: Elaborado pelo autor (2026). Nota: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na quarta folha, avaliada em V5, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Na sexta folha, avaliada em V7, T3 e T4 apresentaram as maiores médias e diferiram da testemunha (T0). Na oitava folha, avaliada em V9, todos os tratamentos apresentaram médias superiores à testemunha, indicando que os tratamentos avaliados influenciaram o índice relativo de clorofila nessa avaliação.

Sousa *et al.* (2015) observaram valores de 51,35, 62,38 e 53,54 em V5, V7 e V9, respectivamente. No presente estudo, as médias gerais obtidas na quarta, sexta e oitava folhas, avaliadas em V5, V7 e V9, respectivamente, foram de 54,89, 63,93 e 67,85. Os valores obtidos foram numericamente próximos aos relatados pelos autores em V5 e V7 e superiores em V9. Cabe considerar, entretanto, que Sousa *et al.* (2015) realizaram as leituras na última folha expandida em cada estágio, enquanto, no presente estudo, foram avaliadas folhas específicas previamente definidas.

Não existe um valor único de índice de clorofila considerado adequado para o milho, pois sua interpretação depende do híbrido,

do estágio e das condições de cultivo. Assim, os valores obtidos foram utilizados principalmente para comparação entre os tratamentos e com resultados da literatura.

Na avaliação da severidade das doenças foliares, os tratamentos apresentaram efeito significativo na quarta folha, avaliada em V8, na sexta folha, avaliada em V12, e na oitava folha, avaliada em R1 ($p < 0,0001$, $p < 0,0001$ e $p = 0,0018$, respectivamente), com coeficientes de variação de 12,33%, 24,73% e 20,04%, respectivamente. Para a oitava folha, os dados foram transformados pela raiz quadrada para atender às pressuposições da análise, sendo as médias apresentadas na escala original. Os resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Severidade de doenças foliares nas folhas 4, 6 e 8 do milho, avaliadas nos estádios V8, V12 e R1, respectivamente, em função dos tratamentos avaliados.

Tratamento	Folha 4 – V8 (%)	Folha 6 – V12 (%)	Folha 8 – R1 (%)
T0	34,50 a	26,00 a	6,25 a
T1	26,50 b	11,75 b	6,00 a
T2	27,00 b	11,25 b	4,00 ab
T3	26,75 b	6,50 bc	2,25 b
T4	11,25 c	1,25 c	2,50 b
T5	11,50 c	1,03 c	2,00 b
Média geral	22,92	9,63	3,83
F calculado	44,61	60,54	6,70
Valor de p	< 0,0001	< 0,0001	0,0018

CV (%)	12,33	24,73	20,04
---------------	-------	-------	-------

Fonte: Elaborado pelo autor (2026). Nota: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As folhas 4, 6 e 8 foram avaliadas nos estádios V8, V12 e R1, respectivamente. Para a folha 8, a análise estatística foi realizada após transformação dos dados pela raiz quadrada, sendo as médias apresentadas na escala original (%).

Na folha 4, T0 apresentou a maior severidade, enquanto T4 e T5 apresentaram os menores valores. Na folha 6, observou-se comportamento semelhante, com maior severidade em T0 e menores valores em T4 e T5. Na folha 8, T0 e T1 apresentaram as maiores severidades, T3, T4 e T5 os menores valores e T2 comportamento intermediário, não diferindo dos demais tratamentos.

A aplicação isolada de silício (T1) reduziu significativamente a severidade em relação à testemunha (T0) nas folhas 4 e 6, mas não na folha 8. T2 apresentou comportamento semelhante nas folhas 4 e 6 e, como a aplicação de fungicida nesse tratamento foi realizada apenas em VT, as reduções observadas até a avaliação realizada em V12 ocorreram antes da aplicação do fungicida, evidenciando efeito do silício nesse período. Por outro lado, T4 e T5, submetidos ao mesmo programa de três aplicações de fungicida, diferindo apenas pela presença ou ausência de silício, não diferiram entre si em nenhuma das avaliações. Dessa forma, os resultados indicam que o silício reduziu a severidade até V12 nos tratamentos em que seu efeito pôde ser avaliado sem aplicação prévia de fungicida, enquanto esse efeito não foi observado para T1 na avaliação realizada em R1 e não foi evidenciado efeito adicional do silício

quando associado ao programa de três aplicações de fungicida. Esses resultados também demonstram que a resposta variou entre as avaliações realizadas em diferentes folhas e estádios fenológicos.

A resposta diferenciada entre avaliações é consistente com os resultados relatados por Freitas *et al.* (2011) e Miranda *et al.* (2018), que observaram respostas distintas à aplicação de silício conforme a característica avaliada, a forma de aplicação, a dose e a época de aplicação. Freitas *et al.* (2011), ao avaliarem a aplicação foliar de silício em milho em diferentes épocas, não observaram efeitos significativos sobre características agronômicas e produtividade, embora tenham constatado aumento do teor foliar de silício. Miranda *et al.* (2018) também verificaram respostas distintas em função da forma de aplicação e da característica avaliada.

No estudo de Wordell Filho, Duarte e Rodrigues (2013), realizado em trigo, o silicato de potássio não foi eficiente na redução da severidade da ferrugem da folha e da mancha amarela. No presente estudo, T1 e T2 apresentaram menor severidade que T0 nas folhas 4 e 6. Como T2 recebeu fungicida apenas em VT, os resultados obtidos até V12 nesse tratamento ocorreram antes da aplicação do fungicida, reforçando a resposta favorável ao silício nesse período. Por outro lado, T4 e T5 não diferiram entre si em nenhuma das avaliações, não sendo evidenciado efeito adicional do silício quando associado ao programa de três aplicações de fungicida.

Quanto aos componentes de produção e à produtividade, não houve efeito significativo dos tratamentos sobre o número de fileiras por espiga (NFE) e o número de grãos por fileira (NGF), com valores de $p = 0,7425$ e $p = 0,9405$, respectivamente. Os coeficientes de variação foram de 3,33% para NFE e 4,56% para NGF. Por outro lado,

houve efeito significativo dos tratamentos sobre o peso de mil grãos (PMG) e a produtividade, cujos resultados, juntamente com NFE e NGF, são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Componentes de produção e produtividade do milho em função dos tratamentos avaliados.

Tratamento	NFE	NGF	PMG (g)	Produtividade (kg ha⁻¹)
T0	18,05	35,05	265,95 c	11.663,75 b
T1	18,30	36,08	281,25 bc	12.180,62 ab
T2	18,10	35,95	314,50 ab	14.655,58 a
T3	18,30	35,40	319,10 a	14.565,60 a
T4	18,15	35,75	318,95 a	14.450,58 a
T5	17,70	35,95	320,00 a	14.579,27 a
Média geral	18,13	35,69	303,25	13.682,57
F calculado	0,54	0,24	9,8146	5,53
Valor de p	0,7425	0,9405	0,00026	0,0044
CV (%)	3,33	4,56	4,96	8,55

Fonte: Elaborado pelo autor (2026). Nota: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para NFE e NGF, não houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste F a 5% de probabilidade.

Os resultados indicam que a aplicação de silício, isoladamente ou associada aos fungicidas, não alterou os componentes de produção NFE e NGF. Em estudo com híbridos de milho submetidos à aplicação foliar de silício, Teodoro *et al.* (2014) também não verificaram efeito do silício sobre o número de fileiras por espiga e o número de grãos por fileira.

Para o PMG, houve efeito significativo dos tratamentos ($F = 9,8146$; $p = 0,00026$), com coeficiente de variação de 4,96%. T3, T4 e T5 apresentaram as maiores médias e não diferiram entre si, enquanto T0 apresentou a menor média. T1 e T2 apresentaram comportamento intermediário, sendo que T1 não diferiu de T0 e T2 não diferiu de T1 nem dos tratamentos T3, T4 e T5. A ausência de diferença entre T4 e T5 indica que não foi evidenciado efeito adicional do silício quando associado ao programa de três aplicações de fungicida.

A ausência de efeito significativo do silício isoladamente é semelhante ao observado por Freitas *et al.* (2011), que não verificaram efeito da aplicação foliar de silício sobre a massa de 100 grãos do milho. Por outro lado, Sousa *et al.* (2010) e Lima *et al.* (2025) observaram respostas positivas do silício sobre o peso de mil grãos. As diferenças entre os resultados podem estar relacionadas às condições experimentais, às fontes e doses de silício, às épocas de aplicação e às condições de cultivo.

Para a produtividade, houve efeito significativo dos tratamentos ($p = 0,0044$), com coeficiente de variação de 8,55%. T2, T3, T4 e T5 apresentaram as maiores médias e não diferiram entre si, enquanto T0 apresentou a menor média. T1 apresentou comportamento

intermediário, não diferindo de T0 nem dos demais tratamentos. A média geral foi de 13.682,57 kg ha⁻¹.

A aplicação isolada de silício (T1) não promoveu aumento significativo da produtividade em relação à testemunha, embora tenha apresentado média 4,43% superior. Entretanto, devido ao seu comportamento intermediário, T1 também não diferiu estatisticamente de T2, T3, T4 e T5. Em contrapartida, T2, T3, T4 e T5 apresentaram produtividades 25,65%, 24,88%, 23,89% e 24,99% superiores a T0, respectivamente, diferindo estatisticamente da testemunha e não diferindo entre si. Assim, embora T2, T3, T4 e T5 tenham apresentado produtividade superior a T0, T1 não diferiu estatisticamente nem da testemunha nem desses tratamentos. A inclusão do silício ao programa de três aplicações de fungicida não resultou em ganho adicional de produtividade, conforme observado pela ausência de diferença significativa entre T4 e T5. Embora tenham sido observadas diferenças na severidade das doenças foliares, especialmente nas folhas 4 e 6, essas diferenças não se refletiram em diferenças significativas de produtividade entre T2, T3, T4 e T5.

A ausência de resposta significativa à aplicação isolada de silício é semelhante ao observado por Freitas *et al.* (2011), que não verificaram efeito da aplicação foliar de silício sobre a produtividade do milho. Miranda *et al.* (2018) também não observaram efeito significativo do silício sobre essa variável. Por outro lado, Sousa *et al.* (2010) observaram aumento da produtividade com a aplicação foliar de silicato de potássio, enquanto Lima *et al.* (2025) verificaram incremento da produtividade do milho com a aplicação de silício.

As diferenças entre os estudos podem estar relacionadas às condições experimentais, às fontes e doses utilizadas, às épocas de aplicação e às condições de cultivo. Assim, no presente estudo, a aplicação isolada de silício não proporcionou aumento significativo da produtividade em relação à testemunha, embora também não tenha diferido estatisticamente dos tratamentos que receberam fungicida. Além disso, sua inclusão ao programa de três aplicações de fungicida não proporcionou ganho adicional em relação ao programa de fungicidas sem silício.

4. CONCLUSÃO

Nas condições em que o experimento foi conduzido, o índice relativo de clorofila foi influenciado pelos tratamentos na sexta e na oitava folhas, avaliadas em V7 e V9, respectivamente, enquanto não foram observadas diferenças significativas na quarta folha, avaliada em V5. Na sexta folha, T3 e T4 apresentaram valores superiores à testemunha, enquanto, na oitava folha, todos os tratamentos apresentaram valores superiores a T0. Os resultados indicam aumento do índice relativo de clorofila em relação à testemunha para T3 e T4 na sexta folha e para todos os tratamentos na oitava folha; porém, devido à presença de tratamentos com silício, fungicida e associação entre ambos, não é possível atribuir esse aumento exclusivamente ao silício.

A aplicação isolada de silício (T1) reduziu significativamente a severidade das doenças foliares nas avaliações realizadas nas folhas 4 e 6 em relação à testemunha, mas não diferiu de T0 na folha 8. T2 também apresentou menor severidade que T0 nas folhas 4 e 6 e, como recebeu fungicida apenas em VT, os resultados obtidos até V12 ocorreram antes da aplicação do fungicida, evidenciando efeito do

silício nesse período. Nos tratamentos submetidos ao programa de três aplicações de fungicida, não foi detectado efeito adicional do silício sobre a severidade das doenças, conforme a comparação entre T4 e T5.

Os tratamentos não influenciaram significativamente o número de fileiras por espiga e o número de grãos por fileira. Para o peso de mil grãos, T2, T3, T4 e T5 apresentaram valores superiores à testemunha, enquanto T1 não diferiu significativamente de T0. A comparação entre T4 e T5 também não evidenciou efeito adicional do silício quando associado ao programa de três aplicações de fungicida.

A produtividade foi significativamente influenciada pelos tratamentos. T2, T3, T4 e T5, todos correspondendo a tratamentos que receberam aplicações de fungicida, apresentaram valores superiores à testemunha, com incrementos de aproximadamente 24 a 25%, e não diferiram entre si. A aplicação isolada de silício (T1) não resultou em aumento significativo da produtividade em relação à testemunha, mas também não diferiu estatisticamente de T2, T3, T4 e T5, apresentando comportamento intermediário entre a testemunha e os tratamentos que receberam fungicida.

Nas condições avaliadas, a aplicação de silício apresentou efeito parcial sobre a severidade das doenças foliares até V12 nos tratamentos em que seu efeito pôde ser avaliado antes da aplicação de fungicida. Na produtividade, a aplicação isolada de silício apresentou comportamento intermediário, não diferindo estatisticamente da testemunha nem dos tratamentos que receberam fungicida. Também não foi evidenciado efeito adicional do silício quando associado ao programa de três aplicações de fungicida. Os resultados devem ser interpretados considerando as

condições específicas de uma única safra, local, híbrido e estratégia de aplicação avaliados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORTOLINI, A. M. M. Aplicação de diferentes fungicidas no controle de doenças foliares na cultura do milho em relação à produtividade. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 109-121, 2011. DOI: 10.5380/rber.v1i1.33755. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/33755>. Acesso em: 8 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395 p. Disponível em: <https://repositorio-dspace.agricultura.gov.br/handle/1/423>. Acesso em: 8 out. 2025.

CAVIGLIONE, J. H. *et al.* **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 2000. CD-ROM.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safra de grãos 2024/25 é estimada pela Conab em 350,2 milhões de toneladas e atinge novo recorde histórico**. Brasília, DF, 11 set. 2025. Disponível em: https://cast.conab.gov.br/post/2025-09-11_12_lev_graos/. Acesso em: 6 set. 2026.

FIELDPRO. **FieldPro: monitoramento agrícola**. [S. l.]: FieldPro, 2026. Aplicativo móvel. Disponível em: <https://www.fieldpro.com.br>. Acesso em: 28 fev. 2026.

FREITAS, L. B. de *et al.* Adubação foliar com silício na cultura do milho. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 58, n. 2, p. 262-267, 2011. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000200020>. Acesso em: 6 set. 2026.

JAMES, W. C. An illustrated series of assessment keys for plant diseases, their preparation and usage. **Canadian Plant Disease Survey**. v. 51, p. 39-65, 1971.

KORMANN, R. *et al.* GExpDes: Interface Gráfica para o ExpDes. **Sigmae**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 170–179, 2019. DOI: 10.29327/2520355.8.2-19. Disponível em: <https://publicacoes.unifal-mg.edu.br/revistas/index.php/sigmae/article/view/951>. Acesso em: 6 set. 2026.

LIMA, M. de L. *et al.* Silicon as a strategy to mitigate abiotic stresses and improve physiological performance and grain yield of maize grown under tropical climate conditions. **Plants**, Basel, v. 14, n. 17, 2755, 2025. DOI: 10.3390/plants14172755. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/14/17/2755>. Acesso em: 23 set. 2026.

MAGALHÃES, P. C. *et al.* **Desenvolvimento do milho segunda safra: fatores genético-fisiológicos, plataforma de conhecimento e práticas de manejo de cultivo e uso, visando sustentabilidade de produção e produtividade no binômio soja/milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 42 p. (Documentos, 258). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1128757>. Acesso em: 6 set. 2026.

MIRANDA, P. S. *et al.* Aplicação de silício na cultura do milho. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 1-6, 2018. DOI: 10.5327/rcaa.v16i1.1853. Disponível em:

<https://periodicos.unemat.br/index.php/rcaa/article/view/1853>. Acesso em: 6 set. 2026.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2017. 482 p. ISBN 978-85-69146--04-9.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Cultivares de milho para safra 2022/2023**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2022. Documentos, 272. 24 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1150188>. Acesso em: 6 set. 2026.

PIONEER SEMENTES. **P3016VYHR**. 2024. Disponível em: <https://www.pioneer.com/br/portfolio-de-produtos/milho-todos/P3016VYHR>. Acesso em: 6 set. 2026.

REIS, T. H. P. *et al.* **O silício na nutrição e defesa de plantas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. 119 p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 82). Disponível em: <https://www.livrariaepamig.com.br/docs/bt-82-o-silicio-na-nutricao-e-defesa-de-plantas/>. Acesso em: 6 set. 2026.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26 p. (Special Report, 48). Disponível em: <https://dr.lib.iastate.edu/handle/20.500.12876/90185>. Acesso em: 6 set. 2026.

SANTOS, H. G. dos *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/109400>

3. Acesso em: 6 set. 2026.

SANTOS, L. C. dos *et al.* The role of silicon in plants. **Research, Society and Development**, [S. l.] v. 7, pág. e3810716247, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i7.16247. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/16247>. Acesso em: 6 set. 2026

SOUSA, J. V. de *et al.* Silicato de potássio via foliar no milho: fotossíntese, crescimento e produtividade. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 502-513, 2010. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7148>. Acesso em: 6 set. 2026.

SOUSA, R. *et al.* Leituras de clorofila e teores de N em fases fenológicas do milho. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 11, n. 1, p. 57-63, 2015. Disponível em: <https://journal.unoeste.br/ca/article/view/1272>. Acesso em: 23 set. 2026.

TEODORO, P. E. *et al.* Desempenho de híbridos de milho sob aplicação foliar de silício no cerrado Sul-Mato-Grossense. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, suplemento 1, p. 224-231, 2014. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18009>. Acesso em: 9 set. 2026.

WORDELL FILHO, J. A. *et al.* **Pragas e doenças do milho: diagnose, danos e estratégias de manejo**. Florianópolis: Epagri, 2016. 84 p. (Boletim Técnico, 170). Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BT/issue/view/53>. Acesso em: 6 set. 2026.

WORDELL FILHO, J. A.; DUARTE, H. da S. S.; RODRIGUES, F. de Á. Efeito da aplicação foliar de silicato de potássio e de fungicida na severidade da ferrugem da folha e da mancha amarela do trigo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 5, p. 726-730, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000500018>. Acesso em: 6 set. 2026.

¹ Graduando em Agronomia pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Campus Toledo. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7034-1650>

² Doutor e Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Graduado em Engenharia Agrônômica pela Fundação Faculdade de Agronomia Luiz Meneghel. Docente do Curso de Agronomia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Campus Toledo. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2108-2159>