

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS CERES**  
**BACHARELADO EM AGRONOMIA**  
**SARA MARQUES DOS ANJOS**

**USO DE DOSES DE AMINOÁCIDOS NA CULTURA DO MILHO SAFRINHA**

**CERES – GO**  
**2026**

**SARA MARQUES DOS ANJOS**

**USO DE DOSES DE AMINOÁCIDOS NA CULTURA DO MILHO SAFRINHA**

Trabalho de curso apresentado ao curso de Agronomia do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia, sob orientação do Prof. Dr. Wiliam Henrique Diniz Buso.

**CERES – GO**

**2026**

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do  
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

D722u Marques dos Anjos, Sara Marques dos Anjos  
USO DE DOSES DE AMINOÁCIDOS NA CULTURA DO MILHO  
SAFRINHA / Sara Marques dos Anjos Marques dos Anjos. Ceres  
2026.

16f. il.

Orientador: Prof. Dr. Wilian Henrique Diniz Buso.  
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0320024 -  
Bacharelado em Agronomia - Ceres (Campus Ceres).  
1. produtividade. 2. bioestimulante. 3. crescimento. I. Título.

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

### IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado)            | <input type="checkbox"/> Artigo científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado)      | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação)  | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Sara Marques dos Anjos

Título do trabalho:

Matrícula:

2021103200240090

USO DE DOSES DE AMINOÁCIDOS NA CULTURA DO MILHO SAFRINHA

### RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 01 / 05 / 2026

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.



Documento assinado digitalmente

SARA MARQUES DOS ANJOS

Data: 22/04/2026 08:32:04-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

CERES GOIÁS

Local

10 / 04 / 2026

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Documento assinado digitalmente



WILIAN HENRIQUE DINIZ BUSO

Data: 24/04/2026 16:56:12-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do(a) orientador(a)

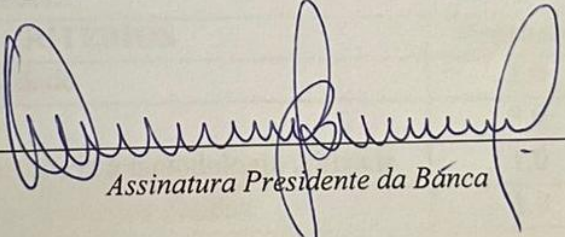
ANEXO IV - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

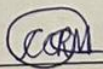
Ao(s) DEZ dia(s) do mês de ABRIL do ano de dois mil e VINTESEU realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) SARA MARQUES DOS ANJOS, do Curso de AGRONOMIA, matrícula 202103200240080, cujo título é "USO DE DOSES DE AMINOACIDOS NA CULTURA DO MILHO SAFRINHA". A defesa iniciou-se às

13 horas e 36 minutos, finalizando-se às 14 horas e 45 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho APROVADO com média 8,3 no trabalho escrito, média 8,0 no trabalho oral, apresentando assim média aritmética final 8,15 de pontos, estando o(a) estudante APTO para fins de conclusão do Trabalho de Curso.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o(a) estudante deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano – RIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador.

Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.

  
Assinatura Presidente da Banca

  
Assinatura Membro 1 Banca Examinadora

Mônica Leau da Silva Marques  
Assinatura Membro 2 Banca Examinadora

*Dedico este trabalho aos meus avós, que me apoiaram incondicionalmente durante toda a minha trajetória, oferecendo amor, força e inspiração nos momentos mais desafiadores. Aos professores, amigos e servidores da instituição, que contribuíram de forma essencial para a minha formação acadêmica e pessoal, deixo minha profunda gratidão por cada orientação, incentivo e gesto de apoio ao longo desta caminhada.*

*“A agricultura não é apenas um meio de sustento, é um modo de vida.”*

*Wendell Berry”.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Aminograma do aminoácido Kymon.....	6
<b>Figura 2</b> – Regressão quadrática da massa de mil grãos de milho em função das doses de aminoácidos.....	11
<b>Figura 3</b> - Regressão linear da produtividade de grãos de milho em função das doses de aminoácidos.....	12

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Resultados da análise físico-química do solo .....	5
<b>Tabela 2</b> – Quadrados médios da análise de variância para características agronômicas e produtivas do milho em função de épocas e doses de aminoácidos .....	7
<b>Tabela 3</b> – Altura de plantas, altura da primeira espiga, comprimento e diâmetro da espiga de milho em função de épocas e doses de aminoácidos.....	7
<b>Tabela 4</b> – Componentes de rendimento e produtividade do milho em função de épocas e doses de aminoácidos .....	9

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>4</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>14</b>

**USO DE DOSES DE AMINOÁCIDOS NA CULTURA DO MILHO  
SAFRINHA  
USE OF AMINO ACID DOSES IN SECOND-CROP CORN  
CULTIVATION**

**SARA MARQUES DOS ANJOS**

Graduando em Agronomia pelo Instituto Federal Goiano Campus Ceres,  
Ceres (GO) [sara.marques@estudante.ifgoiano.edu.br](mailto:sara.marques@estudante.ifgoiano.edu.br)

**WILIAN HENRIQUE DINIZ BUSO**

Professor, Doutor do Departamento, de Agricultura e Zootecnia do IF Goiano  
Campus Ceres, Ceres (GO)  
[wilian.buso@ifgoiano.edu.br](mailto:wilian.buso@ifgoiano.edu.br)

**Resumo:** O milho ocupa posição de destaque na agricultura brasileira, sendo amplamente cultivado devido à sua versatilidade de uso, que vai desde a nutrição animal até aplicações em setores industriais avançados. Partindo da hipótese que a aplicação de aminoácidos melhora o desempenho produtivo e as variáveis biométricas de crescimento em plantas. Objetivou-se avaliar as características agronômicas e produtivas da cultura do milho submetida ao uso de aminoácido no Instituto Federal Goiano – Campus Ceres. O delineamento foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 2x4, duas épocas de aplicação (V6 e V8) e quatro doses (0, 500, 1000, 1500 mL ha<sup>-1</sup>) com quatro repetições. As variáveis analisadas foram: altura de planta (AP); diâmetro da espiga (DE); altura da espiga (AE); comprimento da espiga (CE); número de fileiras de grãos por espiga (NFG); número de grãos por fileira; massa de mil grãos e a produtividade. Os resultados demonstraram que a maioria das características agronômicas avaliadas, como altura de planta, altura da espiga, comprimento e diâmetro da espiga, não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre as doses de aminoácido ou épocas de aplicação. No entanto, variáveis como a massa de mil grãos e a produtividade foram significativamente influenciadas. A produtividade apresentou incremento linear com o aumento das doses, sendo o valor mais alto obtido com a dose de 1500 mL ha<sup>-1</sup>, atingindo 4710,03 kg ha<sup>-1</sup>, um aumento de 26,6% em relação à testemunha (3721,11 kg ha<sup>-1</sup>). Esses resultados indicam que, embora o uso de aminoácidos não tenha promovido alterações expressivas nas características morfológicas da cultura, seu efeito sobre componentes de rendimento foi decisivo para o aumento da produtividade.

**Palavras-chave:** produtividade. Crescimento. bioestimulantes.

**Abstract:** Maize holds a prominent position in Brazilian agriculture and is widely cultivated due to its versatility of use, ranging from animal nutrition to applications in advanced industrial sectors. Starting from the hypothesis that the amino acids application improves the productive performance, the biometric variables of growth and the nutrient content in plants. This study aimed to evaluate the agronomic and productive characteristics of corn subjected to amino acid application at the Federal Institute of Goiás – Ceres Campus. The experimental design consisted of randomized blocks in a 2×4 factorial scheme, with two application stages (V6 and V8) and four doses (0, 500, 1000, 1500 mL ha<sup>-1</sup>), with four replications. The variables analyzed were plant height (PH), ear diameter (ED), ear height (EH), ear length (EL), number of grain rows per ear (NGR), number of grains per row, thousand-grain weight, and yield. The results showed that most of the evaluated agronomic characteristics, such as plant height, ear height, ear length, and ear diameter, did not exhibit significant statistical differences among amino acid doses or application stages. However, variables such as thousand-grain weight and yield were significantly influenced. Yield showed a linear increase with higher doses, with the highest value obtained at 1500 mL ha<sup>-1</sup>, reaching 4710.03 kg ha<sup>-1</sup>—an increase of 26.6% compared to the control (3721.11 kg ha<sup>-1</sup>). These findings indicate that although amino acid application did not lead to expressive changes in morphological traits, its effect on yield components was decisive in enhancing productivity.

**Keywords:** productivity. Growth. biostimulants.

## Introdução

O milho (*Zea mays L.*) é uma das culturas agrícolas mais importantes globalmente, essencial para a alimentação humana e animal, além de matéria-prima para indústrias diversas (Zhang *et al.*, 2023). Sua adaptabilidade a variadas condições climáticas e solos garante ampla distribuição e relevância econômica. Recentemente, pesquisas focam em elevar sua produtividade e qualidade nutricional via práticas sustentáveis.

Segundo o sexto levantamento da safra 2024/2025 da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), a produção brasileira de milho deve atingir 122,8 milhões de toneladas, um aumento de 6,1% ante a safra anterior. A segunda safra, principal impulsionadora, é estimada em 95,5 milhões de toneladas, com produtividade média de 5.703 kg ha<sup>-1</sup>. A área cultivada expandiu 0,4%, alcançando 21,14 milhões de hectares (CONAB, 2025).

Nesse contexto, a busca por estratégias que conciliem o aumento da produtividade com a sustentabilidade agrícola torna-se fundamental. Essa abordagem está alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 2, que visa promover a segurança alimentar e o desenvolvimento de sistemas produtivos sustentáveis, sem comprometer os recursos naturais e a eficiência no uso de insumos (Nações Unidas do Brasil, 2022). Ademais, estudos recentes destacam os aminoácidos como bioestimulantes agrícolas, aplicados via foliar para aprimorar o desempenho fisiológico e nutricional das plantas. Eles estimulam a síntese proteica, fotossíntese e tolerância a estresses abióticos, elevando crescimento e produtividade (Jacomassi *et al.*, 2024; Akhtar *et al.*, 2025).

Aminoácidos também complexam micronutrientes como ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e cobre (Cu), formando estruturas estáveis que minimizam perdas no solo e maximizam absorção vegetal. Essa eficiência é observada em culturas como soja, tomate, batata e cana-de-açúcar (Han *et al.*, 2024; Calero *et al.*, 2025). No milho, a aplicação exógena de aminoácidos otimiza crescimento e desenvolvimento. Por exemplo, a glutamina promove acúmulo de nitrogênio e biomassa, melhorando o uso de nutrientes e vigor, especialmente em fases iniciais (Hassan *et al.*, 2020).

Seu papel principal não é suprir síntese proteica diretamente, mas estimular metabolismo, equilíbrio bioquímico e defesas. Reduzem impactos de estresses abióticos, como seca, via atividade antioxidante e eficiência fisiológica (Jacomassi *et al.*, 2024). Absorvidos, influenciam síntese de clorofila, produção hormonal (ex.: auxinas), enzimas e crescimento geral

(Sadak *et al.*, 2015). Exemplos: glicina auxilia fotossíntese e ajuste osmótico; arginina estimula raízes, transporte de nitrogênio e metabolismo (Sun *et al.*, 2024).

No contexto do manejo nutricional do milho, especialmente em sistemas de segunda safra (safrinha), a cultura está frequentemente exposta a condições limitantes, como déficit hídrico, altas temperaturas e menor disponibilidade de nutrientes, fatores que podem comprometer o desenvolvimento e a produtividade. Nessas condições, estratégias que aumentem a eficiência fisiológica das plantas tornam-se essenciais. O uso de bioestimulantes, como os aminoácidos, tem se destacado por potencializar processos metabólicos, melhorar a absorção de nutrientes e aumentar a tolerância a estresses abióticos, contribuindo para maior estabilidade produtiva (Jacomassi *et al.*, 2024; Sun *et al.*, 2024). As plantas absorvem aminoácidos via raízes ou folhagem. Na aplicação foliar, penetram folhas, caules e ramos, superando cutícula e parede celular, integrando-se rapidamente ao metabolismo (Henderson *et al.*, 2025).

No milho, melhoram tolerância à seca; fertirrigação com zinco-lisina eleva eficiência fotossintética e rendimento sob estresse hídrico, mantendo relações hídricas e defesa antioxidante (Berim *et al.*, 2022). Assim, mitigam efeitos climáticos na agricultura. Aplicações foliares aumentam produtividade em até 30%, melhorando altura, índice foliar e biomassa (Brankov *et al.*, 2020), posicionando aminoácidos como bioestimulantes promissores no manejo agrícola.

Além disso, a resposta da cultura do milho à aplicação de bioestimulantes pode variar de acordo com o estágio fenológico, sendo fases vegetativas como V6 e V8 consideradas estratégicas, devido à elevada demanda por nutrientes e à definição de componentes do rendimento (EMBRAPA, 2021). No entanto, ainda há inconsistências na literatura quanto à eficiência dessas aplicações nessas fases, especialmente em condições de safrinha, o que reforça a necessidade de estudos mais específicos.

Partindo da hipótese de que a aplicação de aminoácidos melhora o desempenho produtivo e as variáveis biométricas das plantas, objetivou com a presente pesquisa avaliar doses crescentes de aminoácidos em duas épocas de aplicação na cultura do milho safrinha.

## **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, localizada no município de Ceres, GO, Brasil (15°21'12.7"S, 49°36'18.7" W), durante a safrinha de 2025. O clima na região é classificado como Aw, de acordo com a

classificação de Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seco na temporada de inverno. Para avaliação da fertilidade do solo, foram coletadas amostras na profundidade de 0 - 20 cm para realização das análises físico-químicas, tendo seu resultado apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise físico-química do solo.

<b>Resultado da Análise de Solo</b>							
P meh.	K	Ca	Mg	Al	H + Al	K	T
	mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
15,4	182,5	3,3	1,8	0,1	1,3	0,5	6,9
pH	M.O.	V	m		Argila	Silte	Areia
H <sub>2</sub> O	g dm <sup>-3</sup>		%		g kg <sup>-1</sup>		
6,5	15,2	81,04	0,89		423	49	528

Fonte: Laboratório de Solos do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, 2024.

A semeadura do experimento foi realizada no dia 16 de janeiro de 2025. Foi empregada semeadura direta, com espaçamento de 0,85 m considerando-se como área útil as duas linhas centrais, desprezando-se 0,50 m de bordadura nas extremidades e a adubação com 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Utilizou-se o híbrido BM 990 vip3, as sementes foram tratadas industrialmente. A adubação em cobertura foi realizada em V4 com 120 kg ha<sup>-1</sup> de N (uréia). O controle fitossanitário para insetos para condução do experimento, seguiram as recomendações técnicas para a cultura do milho. Para controle de plantas daninhas aplicou-se 3 L ha<sup>-1</sup> do herbicida Glifosato em V2.

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 2x4, duas épocas de aplicação (V6 e V8) e quatro doses (0, 500, 1000, 1500 mL ha<sup>-1</sup>) com quatro repetições. O produto utilizado foi Kymon Plus (9,0% N, 3,0%K<sub>2</sub>O e 11,5% de Carbono orgânico total (COT) aplicado na dose comercial recomendada de 1 L ha<sup>-1</sup>, conforme especificações do fabricante. O aminograma está representado na Figura 1. A aplicação da primeira época foi em 14 de fevereiro de 2025, no estádio V6. No dia 24 de fevereiro de 2025, realizou-se a aplicação da segunda época em V8. A aplicação dos aminoácidos foi realizada por meio de pulverizador costal manual.

**Figura 1.** Aminograma do aminoácido Kymon



Fonte: Ubyfol

As variáveis analisadas foram: altura de planta (AP); altura da espiga (AE); comprimento da espiga (CE); diâmetro da espiga (DE); número de fileiras de grãos por espiga (NFGE); número de grãos por fileira (NGF); massa de 1000 grãos (M1000). Para a variável produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) foi colhido manualmente no dia 21 de maio de 2025, debulhada em debulhador tratorizado e a massa de grãos foi pesada em balança de precisão e calculado a produtividade. A produtividade foi corrigida para 13% de umidade dos grãos.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Para o fator qualitativo (época de aplicação), as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de significância. Para o fator quantitativo (doses), foi realizado análise de regressão. As análises foram realizadas com auxílio do software estatístico R.

## Resultados e Discussão

A análise de variância evidenciou que não houve interação significativa entre as épocas de aplicação (V6 e V8) e as doses de aminoácidos para as variáveis avaliadas (Tabela 2). Observou-se efeito significativo das doses de aminoácidos apenas para a massa de mil grãos (M1000) e para a produtividade (PROD), que também apresentou diferença entre as épocas de aplicação (Tabela 2). Esses resultados indicam que a aplicação foliar de aminoácidos atuou

de forma mais expressiva sobre componentes diretamente relacionados ao enchimento de grãos, em detrimento do crescimento vegetativo.

Tabela 2: Quadrado médio de época (E), doses (D) e da interação época x doses (E x D), para as variáveis Altura de Plantas (AP), Altura da Primeira Espiga (APE), Comprimento da Espiga (CE), Diâmetro da Espiga (DE), Número de Fileira de Grãos (NFG), Número de Grãos por Fileira (NG/F), Massa de Mil Grãos (M1000) e Produtividade (PROD) de época de aplicação e doses de aminoácido.

Variáveis	Fontes de variação <sup>1</sup>			Regressão	
	E	D	E x D	Linear	Quadrática
AP	0,0171 <sup>ns</sup>	0,0373 <sup>ns</sup>	0,0084 <sup>ns</sup>	0,0308 <sup>ns</sup>	0,0741 <sup>ns</sup>
APE	0,0003 <sup>ns</sup>	0,0056 <sup>ns</sup>	0,0136 <sup>ns</sup>	0,0040 <sup>ns</sup>	0,0105 <sup>ns</sup>
CE	262,2050 <sup>ns</sup>	89,9346 <sup>ns</sup>	56,5483 <sup>ns</sup>	0,132 <sup>ns</sup>	161,101 <sup>ns</sup>
DE	6,5341 <sup>ns</sup>	6,9594 <sup>ns</sup>	1,8840 <sup>ns</sup>	1,7098 <sup>ns</sup>	19,1580 <sup>ns</sup>
NFG	0,8844 <sup>ns</sup>	1,2760 <sup>ns</sup>	0,6161 <sup>ns</sup>	0,4752 <sup>ns</sup>	0,6903 <sup>ns</sup>
NG/F	7,4016 <sup>ns</sup>	3,3754 <sup>ns</sup>	3,5068 <sup>ns</sup>	0,0004 <sup>ns</sup>	0,2503 <sup>ns</sup>
M1000	202,5330 <sup>ns</sup>	3512,6617*	1785,9356 <sup>ns</sup>	4711,8*	7938,9*
PROD	1902742,6*	1339243,7*	169942,0 <sup>ns</sup>	385569*	29729 <sup>ns</sup>

<sup>1</sup>\* Significativo pelo teste F (p = 0.05); <sup>ns</sup> = não significativo.

A altura de plantas (AP) variou entre 2,15 e 2,32 m, enquanto a altura da primeira espiga (APE) oscilou de 1,16 a 1,23 m, sem diferenças estatísticas significativas entre épocas ou doses (Tabela 3).

Tabela 3. Altura de Plantas (AP), Altura da Primeira Espiga (APE), Diâmetro da Espiga (DE), Comprimento da Espiga (CE) de época de aplicação e doses de aminoácido.

Época	AP	APE	CE	DE
V6	2,26 a	1,20 a	155,59 a	43,67 a
V8	2,21 a	1,19 a	149,87 a	44,57 a
Doses (kg ha <sup>-1</sup> )	AP	APE	CE	DE
0	2,22	1,19	151,23	43,03
500	2,32	1,23	152,48	44,81
1000	2,25	1,19	157,45	44,97
1500	2,15	1,16	149,75	43,66
CV (%)	6,31	6,39	7,99	5,13

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os estádios V6 e V8 correspondem a fases críticas do desenvolvimento vegetativo do milho, caracterizadas por rápida expansão foliar, elevada atividade metabólica e início da definição de componentes do rendimento, o que justifica sua escolha para a aplicação de bioestimulantes visando potencializar o desempenho produtivo da cultura.

Esses estádios representam momentos críticos para intervenções nutricionais ou bioestimulantes no milho, visando otimizar o desenvolvimento inicial da cultura e minimizar impactos em características como altura e acamamento. A APE dentro desses valores favorece a eficiência da colheita mecanizada, contribuindo para a redução de perdas durante a operação. Tais resultados corroboram com Fernandes *et al.*, (2025) que também não observaram resposta significativa na altura de plantas de milho sob aplicação de bioestimulante à base de extrato de algas marinhas (*Ascophyllum nodosum*), aplicado via foliar na dose de 200 mL ha<sup>-1</sup> durante o estádio V4 (quatro folhas plenamente desenvolvidas). A AP e a APE são características relacionadas ao acamamento, influenciando diretamente a estabilidade das plantas e a produtividade final (Fernandes *et al.*, 2025).

O diâmetro da espiga (DE) variou de 43,03 a 44,97 mm. Apesar das diferenças numéricas entre os tratamentos, não houve significância estatística para nenhuma das variáveis, inclusive entre as aplicações nos estádios V6 e V8, sugerindo que esses estádios vegetativos, caracterizados por um rápido acúmulo de biomassa, transição para fases reprodutivas e sensibilidade a fatores como nutrição e umidade do solo, onde o V6 inicia a elongação do colmo e o V8 consolida o potencial de grãos por fileira, não influenciaram diferencialmente as respostas morfológicas da espiga sob as doses testadas, possivelmente devido às condições ambientais e genéticas favoráveis que limitam o efeito adicional de bioestimulantes.

Segundo Fernandes *et al.*, (2025) características morfológicas da espiga apresentam elevada influência genética e forte dependência das condições ambientais, o que pode limitar a resposta à aplicação de bioestimulantes, especialmente quando a cultura se desenvolve em condições nutricionais adequadas, como observado no presente estudo.

Quanto ao número de fileiras de grãos (NFG) e ao número de grãos por fileira (NGF), a análise de variância também indicou ausência de efeitos significativos entre os tratamentos avaliados (Tabela 4).

Tabela 4. Número de Fileira de Grãos (NFG), Número de Grãos por Fileira (NGF), Massa de Mil Grãos (M1000) e Produtividade (PROD) de milho em diferentes épocas de aplicação de aminoácidos.

Época	NFG	NGF	M1000	PROD
V6	18,48 a	32,80 a	236,90 a	3941,25 b
V8	18,81 a	31,84 a	231,87 a	4428,94 a
Doses (kg ha <sup>-1</sup> )	NFG	NGF	M1000	PROD
0	18,20	32,48	205,50 b	3721,11 b
500	19,12	31,66	239,77 a	4085,65 ab
1000	18,46	33,16	255,56 a	4223,58 ab
1500	18,79	31,99	236,71 a	4710,03 a
CV (%)	5,84	6,45	12,38	14,15

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ainda que a dose de 500 mL ha<sup>-1</sup> tenha promovido incrementos numéricos de 1,65% para NFG e 2,16% para NGF em relação à testemunha, tais variações não foram suficientes para caracterizar efeito estatístico. Quando analisadas as épocas de aplicação, observa-se que os valores médios de NFG foram de 18,48 no estágio V6 e 18,81 em V8, enquanto o NGF apresentou médias de 32,80 e 31,84, respectivamente, indicando comportamento semelhante entre os estádios vegetativos avaliados. Esses resultados sugerem que a aplicação de aminoácidos nesses momentos do desenvolvimento vegetativo não foi capaz de modificar de forma expressiva esses componentes estruturais do rendimento.

Os estádios vegetativos V6 e V8 correspondem a fases importantes do desenvolvimento do milho, nas quais a planta apresenta intensa atividade fisiológica, com rápida expansão foliar e incremento da área fotossintética. Nesses estádios, o crescimento vegetativo e a dinâmica da área foliar estão diretamente relacionados à capacidade fotossintética e ao acúmulo de biomassa, fatores determinantes para o rendimento da cultura (Li *et al.*, 2024; Cheng *et al.*, 2025). No entanto, parte da definição do potencial produtivo da cultura ocorre em estádios anteriores e durante a transição para a fase reprodutiva, sendo altamente influenciada por fatores ambientais e pelo manejo ao longo do ciclo, especialmente durante os períodos iniciais de crescimento (Han *et al.*, 2025).

Apesar de promoverem alterações fisiológicas e incremento no crescimento vegetativo, aplicações foliares de bioestimulantes nem sempre resultam em ganhos nos componentes de rendimento ou na produtividade final, especialmente quando realizadas em estádios vegetativos intermediários da cultura do milho. Isso ocorre porque a relação entre crescimento vegetativo,

eficiência fotossintética e rendimento depende da integração de múltiplos fatores fisiológicos e ambientais ao longo do ciclo da cultura (Ge *et al.*, 2024; Vigneault *et al.*, 2026)

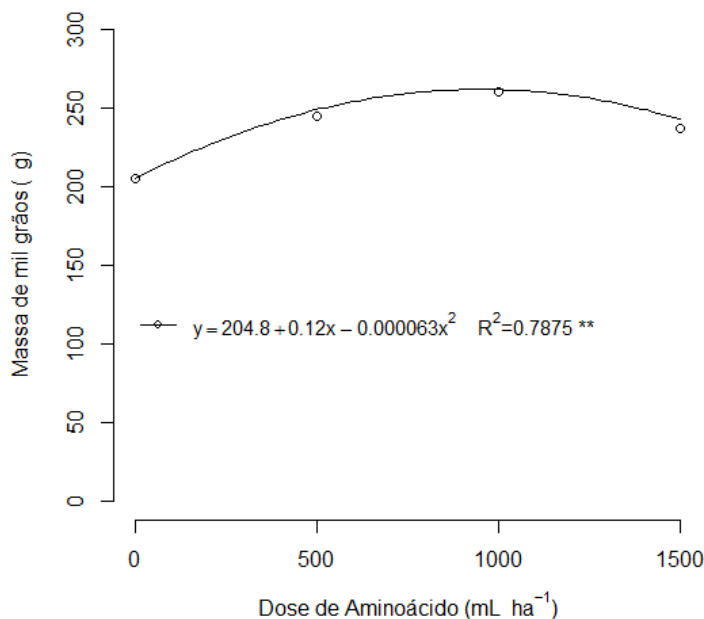
Resultados semelhantes foram relatados por Gazola *et al.*, (2014), que avaliaram os efeitos de doses de aminoácidos via foliar de 0, 8, 16 e 24 L ha<sup>-1</sup> aplicadas no milho safrinha em conjunto com adubação nitrogenada, observando que tais aplicações não alteraram significativamente as variáveis de rendimento avaliadas. Esses achados reforçam a ideia de que componentes como número de grãos e massa de mil grãos são definidos em estádios fenológicos anteriores e apresentam menor plasticidade frente à aplicação de bioestimulantes foliares em fases vegetativas intermediárias do ciclo. Apesar disso, pequenas variações numéricas observadas entre tratamentos e épocas podem indicar respostas fisiológicas pontuais da cultura, as quais nem sempre se traduzem em diferenças estatisticamente detectáveis nas condições experimentais avaliadas.

Em relação à massa de mil grãos (M1000), verificou-se que as épocas de aplicação nos estádios vegetativos V6 e V8 não apresentaram diferença estatística significativa entre si (Tabela 4), embora tenha sido observado comportamento numérico distinto. O estágio V6 apresentou média de 236,90 g, enquanto no estágio V8 a média foi de 231,87 g, indicando que a aplicação em ambos os momentos do desenvolvimento vegetativo resultou em valores semelhantes para esse componente de rendimento.

Esses estádios correspondem a fases de intenso crescimento vegetativo do milho, caracterizadas pela expansão da área foliar, aumento da atividade fotossintética e formação das estruturas que posteriormente darão suporte ao desenvolvimento reprodutivo. Mesmo assim, a massa final dos grãos é determinada principalmente durante o período de enchimento, quando ocorre maior translocação de fotoassimilados para as espigas, o que explica a ausência de diferença expressiva entre as épocas de aplicação avaliadas (Hong *et al.*, 2022).

Por outro lado, para o fator doses de aminoácidos, verificou-se efeito significativo sobre a M1000, com melhor ajuste ao modelo quadrático de regressão (Figura 2).

**Figura 2:** Regressão quadrática para massa de mil grãos de milho em relação a doses de aminoácidos.



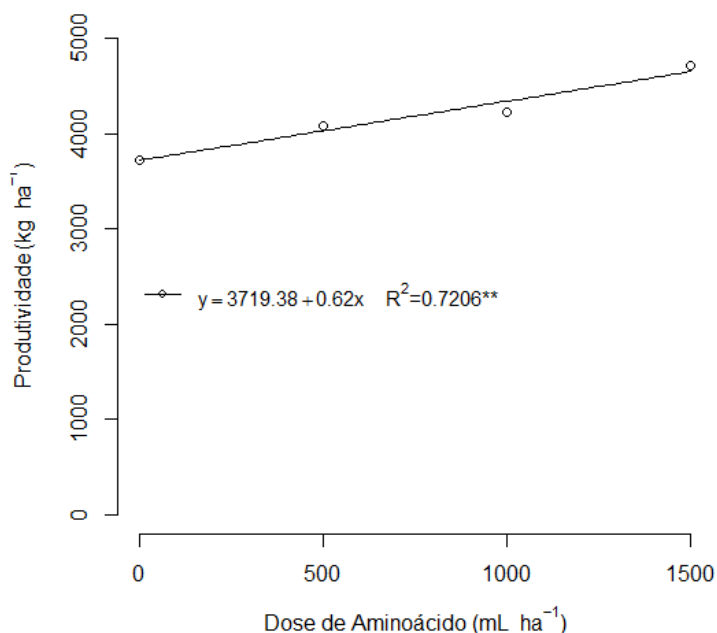
A equação estimada ( $y = 204,8 + 0,12x - 0,000063x^2$ ;  $R^2 = 0,7875^{**}$ ) indicou aumento da massa de mil grãos com o incremento das doses até aproximadamente  $952 \text{ mL ha}^{-1}$ , ponto no qual foi estimado o valor máximo dessa variável, seguido de leve redução nas doses superiores. Esse comportamento evidencia que doses intermediárias favoreceram o enchimento dos grãos, possivelmente em função da atuação dos aminoácidos na intensificação de processos fisiológicos ligados ao metabolismo vegetal, à síntese de proteínas e à translocação de fotoassimilados durante a fase reprodutiva.

Fernandes *et al.*, (2024), ao avaliar a aplicação foliar de ácido glutâmico isolado e em combinação com silício em milho sob deficiência de nitrogênio, também observou resposta quadrática em componentes de rendimento, com maiores valores de massa de grãos em tratamentos intermediários, atribuídos ao aumento da eficiência metabólica e da assimilação de nitrogênio em comparação ao controle. A resposta quadrática da M1000 pode ser explicada pelo limite fisiológico de aproveitamento dos aminoácidos exógenos pelas plantas, uma vez que doses elevadas podem ocasionar saturação metabólica ou desequilíbrios fisiológicos, reduzindo a eficiência marginal do insumo. Nesse sentido, Zanotto Neto (2023) destaca que respostas desse tipo são frequentes em estudos com bioestimulantes, nos quais o efeito máximo ocorre em doses específicas, acima das quais não há incremento proporcional dos benefícios agrônômicos.

A produtividade de grãos (PROD) foi influenciada significativamente tanto pelas doses quanto pelas épocas de aplicação (Tabela 4). Entre as épocas avaliadas, a aplicação em V8 resultou em maior produtividade média (4428,94 kg ha<sup>-1</sup>) em comparação à aplicação em V6 (3941,25 kg ha<sup>-1</sup>), indicando que a aplicação em estádios mais avançados do desenvolvimento vegetativo foi mais eficiente para o incremento do rendimento. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de que, no estágio V8, a planta apresenta maior demanda metabólica e nutricional, além de maior área foliar, favorecendo a absorção e a utilização dos aminoácidos aplicados via foliar.

A análise de regressão demonstrou ajuste linear crescente da produtividade em função do aumento das doses de aminoácidos (Figura 3), sem identificação de ponto de máxima eficiência dentro do intervalo avaliado.

**Figura 3:** Regressão linear para produtividade de milho em relação a doses de aminoácidos.



A maior produtividade foi obtida com a dose de 1500 mL ha<sup>-1</sup>, alcançando 4710,03 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto a testemunha apresentou 3721,11 kg ha<sup>-1</sup>, representando incremento de 26,6%. Esse comportamento indica que os aminoácidos contribuíram de forma consistente para o aumento do rendimento, sugerindo possível efeito fisiológico associado à melhoria da eficiência metabólica da cultura (Alves *et al.*, 2022; Zanotto Neto, 2023).

A produtividade de grãos apresentou resposta positiva ao incremento das doses de aminoácidos, ajustando-se a um modelo linear de regressão (Figura 3). A equação estimada ( $y = 3719,38 + 0,62x$ ;  $R^2 = 0,7206$ ) indica aumento progressivo da produtividade com o acréscimo das doses aplicadas, evidenciando que o uso de aminoácidos contribuiu para melhoria do desempenho produtivo da cultura. Esse comportamento sugere que a aplicação de aminoácidos favoreceu processos fisiológicos relacionados ao metabolismo vegetal, como maior eficiência na assimilação de nutrientes, intensificação da atividade fotossintética e melhor aproveitamento dos fotoassimilados durante o desenvolvimento reprodutivo.

Resultados semelhantes foram observados por outros autores que utilizaram aplicações foliares de aminoácidos em milho. Esses resultados corroboram a influência positiva de aminoácidos sobre o rendimento de grãos. De acordo com Rizwan *et al.* (2022), a aplicação de aminoácidos pode favorecer o equilíbrio fisiológico e a atividade antioxidante das plantas, contribuindo para maior tolerância a estresses abióticos e, conseqüentemente, maior produtividade. A ausência de efeito de saturação para a produtividade no presente estudo sugere que doses superiores a 1500 mL ha<sup>-1</sup> podem ser investigadas em pesquisas futuras, com o objetivo de identificar o ponto de máxima eficiência técnica e econômica do uso desse bioestimulante na cultura do milho.

## **Conclusão**

Para a massa de mil grãos, a dose estimada de 952 mL ha<sup>-1</sup> proporcionou o maior valor dessa variável.

Para a produtividade, verificou-se resposta linear, sendo a dose de 1500 mL ha<sup>-1</sup> a que proporcionou maior rendimento com incremento de aproximadamente 26,6% em relação à testemunha.

Em relação às épocas de aplicação, o estágio vegetativo V8 apresentou maior produtividade média (4428,94 kg ha<sup>-1</sup>).

Assim, nas condições em que o experimento foi conduzido, a aplicação foliar de aminoácidos no estágio V8 associada à dose de 1500 mL ha<sup>-1</sup> mostrou-se a maior produtividade dentro das doses avaliadas.

## Referências bibliográficas

ALVES, C.; SILVA, E.; BARBARÁ, M.; ORTIN, S. Uso de estimulante e adubo foliar na cultura do milho. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 10, p. 1358-1378, 2022. Disponível em:

<<https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/7241>>. Acesso em: 20/01/2026.

BERIM, A.; GANG, D. Accumulation of Salicylic Acid and Related Metabolites in *Selaginella moellendorffii*. **Plants**, v. 11, n. 3, p. 461, 2022. Disponível em:

<<https://doi.org/10.3390/plants11030461>> Acesso em: 13/04/2025.

BRANKOV, M.; SIMIĆ, M.; DOLIJANOVIĆ, Ž.; RAJKOVIĆ, M.; MANDIĆ, V.; DRAGIČEVIĆ, V. The Response of Maize Lines to Foliar Fertilizing. **Agriculture**, v. 10, n. 9, p. 1–12, 2020. <Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/10/9/365>>. Acesso em: 28/05/2025.

CALERO HURTADO, A.; MELÉNDREZ RODRÍGUEZ, J. F.; PEÑA CALZADA, K.; PÉREZ DÍAZ, Y.; JIMÉNEZ MEDINA, A. Foliar application of a mixture of amino acid-based growth promoters enhances tomato seedling production. **Horticulturae**, v. 11, n. 6, p. 582, 2025. Disponível em:< <https://doi.org/10.3390/horticulturae11060582>>. Acesso em: 12/12/2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **6º Levantamento da Safra de Grãos 2024/2025**. 2025. Disponível em:< [https://cast.conab.gov.br/post/2025-03-13\\_6\\_lev\\_graos/](https://cast.conab.gov.br/post/2025-03-13_6_lev_graos/)>. Acesso em: 12/06/2025.

DIANCHEN HAN, PEIJUAN WANG, YANG LI, YUANDA ZHANG E JIANPING GUO. Mapping the main phenological spatiotemporal changes of summer maize. **Agronomy**, v. 15, n. 5, 2025. Disponível em:< <https://doi.org/10.3390/agronomy15051182>>. Acesso em: 13/04/2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA.

**Características da planta de milho e sua relação com o ambiente.**

Disponível em:< <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/caracteristicas-da-planta>>. Acesso em: 13/04/2026.

FERNANDES, D; CAMPOS, L; VENTURA, M. Desempenho da aplicação foliar de nitrogênio na cultura do milho: Eficiência e resposta fisiológica. **Research, Society and Development**, v. 14, n. 6, p. e7714649069-e7714649069, 2025. Disponível em:

<<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/49069>>. Acesso em: 01/12/2025.

FERNANDES, T. F. S. Aplicação foliar de ácido glutâmico e de silício em milho cultivado em campo sob deficiência de nitrogênio. 2024. Tese (**Doutorado em Agronomia**) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2024. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/92fe0244-7bc3-4988-9c17-941888eae712/content>>. Acesso em: 11/06/2025.

GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; SILVA, R.; FONSECA, I. Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 7, p. 700–707, 2014.

Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/hkkkLLyMbxCSd7FQQ4d7rPq/?lang=pt&format=pdf>>.

Acesso em: 01/02/2026.

GE LI, HUAIYU LONG, RENLIAN ZHANG, AIGUO XU, LI NIU, L.

Photosynthetic traits, water use and the yield of maize are influenced by soil water stability.

**BMC Plant Biology**, v. 24, 2024. Disponível em:< <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05942-4>>. Acesso em: 01/01/2026

HAN, Ş.; SÖNMEZ, İ.; QURESHI, M.; GÜDEN, B.; GANGURDE, S.; YOL, E. Os efeitos da aplicação foliar de aminoácidos e Zn sobre características agronômicas e biofortificação de Zn em soja (*Glycine max* L.) *Front. Plant Sci* 2024. Disponível em:

<<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38685959/>>. Acesso em: 03/01/ 2026.

HASSAN, M.; RAZA, M.; ASHRAF, U.; SHAH, G.; IQBAL, M. Glutamine application promotes nitrogen and biomass accumulation in the shoot of seedlings of the maize hybrid ZD958. **Planta**, v. 251, p. 66–76, 2020. Disponível em:

<<https://link.springer.com/article/10.1007/s00425-020-03363-9>>. Acesso em: 28/05/2025.

HAIXIAO GE1, QI ZHANG, MIN SHEN, YANG QIN, LIN WANG E CANSHENG YUAN. Enhancing yield prediction in maize breeding using UAV-derived imagery.

**Frontiers in Plant Science**, v. 16, 2025. Disponível em:

<<https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1511871>> Acesso em: 23/05/2025.

HENDERSON, BETHANY C. R.; SANDERSON, JOHN M.; FOWLES, ANDREW. A review of the foliar application of individual amino acids as biostimulants in plants. *Discover Agriculture*, v. 3, n. 69, 2025. Disponível em:

<<https://link.springer.com/article/10.1007/s44279-025-00222-7>>. Acesso em: 20/06/2025.

JACOMASSI, L.; PACOLA, M.; MOMESSO, L.; VIVEIROS, J.; JÚNIOR, O.; SIQUEIRA, G.; CAMPOS, M.; CRUSCIOL, C. Foliar application of amino acids and nutrients as a tool to mitigate water stress and stabilize sugarcane yield and bioenergy generation. **Plants**, v.13, n. 461 2024. Disponível em:< <https://doi.org/10.3390/plants13030461>>. Acesso em: 29/06/2025

MINGHAN CHENG, XIULIANG JIN, CHENWEI NIE, KAIHUA LIU, TIANAO WU, YUPING LV, SHUAIBING LIU, XUN YU, YI BAI, YADONG LIU, LIN MENG, XIAO JIA, YUAN LIU, LILI ZHOU E FEI NAN. Remote sensing-based maize growth process parameters reveal maize yield. **BMC Plant Biology**, v. 25, 2025. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1186/s12870-025-06146-0>>. Acesso em: 20/06/2025.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Objetivos de desenvolvimento sustentável**. 2022. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/2>>. Acesso em: 27/10/2025.

PHILIPPE VIGNEAULTA, , SAMUEL DE LA SABLONNIERE, ARIANNE DESHAIES, KOSAL KHUN A, JOEL LAFOND-LAPALME, LOUIS LONGCHAMPS, ETIENNE LORD. Yield forecasting in maize using UAV and satellite imagery. **Computers and Electronics in Agriculture**, 2026.

Disponível em:< <https://doi.org/10.1016/j.compag.2026.111445>>. Acesso em: 20/10/2025.

REN, H., MING ZHAO ·, BAOYUAN ZHOU., WENBIN ZHOU ., KEMIN LI. , HUA QI., YING JIANG ., CONGFENG LI. Understanding physiological mechanisms of variation in grain filling of maize under high planting density and varying nitrogen application rate. **Frontiers in Nutrition**, 2022. Disponível em:< <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.998946> >. Acesso em: 26/06/2025.

SADAK, M.; ABDELHAMID, M.; SCHMIDHALTER, U. Effect of Foliar Application Of Aminoacids on Plant Yield and Some Physiological Parameters In Bean Plants Irrigated with Seawater. **Acta biol.Colomb.**, Bogotá, v. 20, n. 1, p. 141-152, jan. 2015. Disponível em: < <https://doi.org/10.15446/abc.v20n1.42865>>. Acesso em: 24 jun 2025

SUN, W.; SHAHRJABIAN, M. H.; KUANG, Y.; WANG, N. Amino acids biostimulants and protein hydrolysates in agricultural sciences: roles in plant growth and development. **Plants**, v. 13, n. 2, p. 210, 2024. Disponível em:< <https://www.mdpi.com/2223-7747/13/2/210>>. Acesso em: 22/06/2025.

WANG, H.; CUI, S.; FU, J.; GONG, H.; LIU, S. Sulfur Application Improves the Nutritional Quality of Maize by Regulating the Amino Acid Balance of Grains. **Agronomy** 2023. Disponível em: < <https://doi.org/10.3390/agronomy13122912> >. Acesso em: 18/06/2025.

ZANOTTO NETO, G. Respostas agronômicas de soja e milho induzidas pela aplicação foliar de aminoácidos. 2023.66p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias – Agronomia) – **Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde, GO**, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/423>>. Acesso em: 01/01/2026.