

**APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES, VIA FOLIAR, SOBRE O  
CRESCIMENTO E COMPONENTES PRODUTIVOS NA CULTURA DO  
MILHO**

Por

**UÉLITON SOUSA FERREIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Bioenergia e Grãos.

Rio Verde - GO

Abril/2023

**APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES, VIA FOLIAR, SOBRE O  
CRESCIMENTO E COMPONENTES PRODUTIVOS NA CULTURA DO  
MILHO**

Por

**UÉLITON SOUSA FERREIRA**

Orientador, Prof. Dr. Sihelio Julio Silva Cruz – IF Goiano / Campus Iporá-GO

Coorientadora, Profa. Dra. Silvia Sanielle Costa de Oliveira – IF Goiano / Campus Iporá-GO

Rio Verde - GO

Abril/2023

## 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 (RIF 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

- Tese (doutorado)  Artigo científico  
 Dissertação (mestrado)  Capítulo de livro  
 Monografia (especialização)  Livro  
 TCC (graduação)  Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo: \_\_\_\_\_

Nome completo do autor: \_\_\_\_\_ Matrícula: \_\_\_\_\_  
Ueliton Sousa Ferreira 2021102331540064

Título do trabalho:  
APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES VIA FOLHAR NA CULTURA DO MILHO

### RESTRICÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

\_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIF Goiano: 14 /07 /2024

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) referenciado(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  
goubi UELITON SOUSA FERREIRA  
CPF: 040713784-0300-0000  
Verifique em: <https://verifica.ifgoiano.edu.br>

Rio Verde-GO 14 /07 /2024  
Local Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Documento assinado digitalmente  
goubi UELITON SOUSA FERREIRA  
CPF: 040713784-0300-0000  
Verifique em: <https://verifica.ifgoiano.edu.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 114/2024 - GE-IP/CMPIPR/IFGOIANO

**APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES NA CULTURA DO MELHO**

Autores: Uéliton Sousa Ferreira  
Orientador: Sibelio Júlio Silva Cruz

TITULAÇÃO: Mestre em Bioenergia e Grãos - Área de Concentração Agroenergia

APROVADA em 14 de abril de 2023.

Prof.ª Dr.ª Vanessa de Fatima Grah  
Ponciano  
Avaliadora externa - IF Goiano /  
Campus Iporá

Prof.ª Dr.ª Sílvia Sanielle Costa de  
Oliveira  
Avaliadora interna - IF Goiano /  
Campus Iporá

Prof. Dr. Sibelio Júlio Silva Cruz  
Presidente da Banca - IF Goiano / Campus Iporá

Documento assinado eletronicamente por:

- Vanessa de Fatima Grah Ponciano, PROFESSOR ENS BÁSICO TECN TECNOLÓGICO, em 18/07/2024 11:58:25.
- Sílvia Sanielle Costa de Oliveira, PROFESSOR ENS BÁSICO TECN TECNOLÓGICO, em 18/07/2024 17:38:51.
- Sibelio Júlio Silva Cruz, PROFESSOR ENS BÁSICO TECN TECNOLÓGICO, em 18/07/2024 17:40:04.

Este documento foi emitido pelo SIAPE em 18/07/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça o leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://sape.ifgoiano.edu.br/validar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 615427  
Código de Autenticação: 618f907a14



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Iporá

Av. Oeste, Parque Unilho, 330, Parque Unilho, IPIORA / GO, CEP 76.206-000

(64) 3674-0400

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre guiar meus passos e ter me proporcionado saúde, sabedoria e força para superar as dificuldades durante o período cursado e de realização do trabalho.

Em especial, à minha mãe, Luzia Rodrigues, por estar ao meu lado nos momentos mais difíceis, por ter me incentivado e me ajudado, sem medir esforços, para que eu conseguisse concluir mais uma etapa na minha carreira.

Ao meu orientador, Sihelio Julio Silva Cruz, e à coorientadora, Silvia Sanielle Costa de Oliveira, por toda a dedicação e compreensão: deixo aqui o meu muito obrigado por compartilharem seus conhecimentos e sua experiência comigo. Obrigado pela imensa paciência nesses SETE anos trabalhando juntos.

Aos meus amigos e colegas, que contribuíram para que a conclusão fosse possível. Em especial a: Gustavo Henrique Bernardes Cruvinel, Leandro Antonio da Silva, Ereni Silva de Jesus e Sabrina Cabral França.

Ao grupo de pesquisa Cerrado Verde, pela dedicação dos alunos e professores participantes deste maravilhoso grupo.

A todos que, de forma direta ou indireta, me incentivaram a concluir este mestrado.

Ao Instituto Federal Goiano, pela oportunidade de ter mais um curso: o Mestrado Profissional em Bioenergia e Grãos.

À empresa FERTILIZER Agrosiences, pela oportunidade e parceria.

Agradeço.

## SUMÁRIO

Páginas

1. 9

2. 10

2.1 Erro! Indicador não definido.9

2.2 Erro! Indicador não definido.

2.3 Erro! Indicador não definido.

2.3 Erro! Indicador não definido.

3. 197

4. 23

5. Erro! Indicador não definido.

6. Erro! Indicador não definido.

# APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES, VIA FOLIAR, SOBRE O CRESCIMENTO E COMPONENTES PRODUTIVOS NA CULTURA DO MILHO

por

UÉLITON SOUSA FERREIRA

(Sob orientação do Prof. Dr. Sihélio Julio Silva Cruz – IF Goiano, Campus Iporá)

## RESUMO

O experimento foi conduzido de março de 2022 a julho de 2022, na Fazenda Cristalina, localizada no município de Amorinópolis, estado de Goiás. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial A x B + 1 (Fator A – doses de bioestimulante; Fator B – número de aplicações), utilizando, para isso, o produto comercial Speed Advantage®, nas doses de 250, 500, 750, 1000 mL de ha<sup>-1</sup>, com quatro repetições. Cada parcela experimental foi composta por seis linhas de milho com 5,0 metros de comprimento e espaçamento entre elas de 0,45 m, totalizando uma área de 13,5 m<sup>2</sup>. Para as avaliações foram utilizadas apenas as três linhas centrais, excluídos 0,5 m em cada extremidade para formação da bordadura. A aplicação das doses de bioestimulante foi realizada com pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, mantida à pressão constante de 210 kPa, equipado com barra de 2 metros com 4 bicos e pontas DG 110.02, com consumo de calda equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup>. Quando 50% + 1 das plantas de milho atingiram o estágio fenológico R1 – embonecamento –, foram avaliadas as variáveis de crescimento: diâmetro de colmo e altura de plantas, juntamente com o índice de área foliar. Após essas determinações, no estágio fenológico R6 – maturação fisiológica – foram analisados comprimento e diâmetro da espiga; massa de mil grãos e produtividade. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e teste Tukey na comparação das médias dos tratamentos com a testemunha. Em seguida, foi aplicado o teste Tukey na comparação das médias dos tratamentos com a testemunha. A aplicação do bioestimulante Speed Advantage® aumenta o crescimento dos componentes morfológicos e produtivos das plantas de milho, com reflexo positivo na produtividade de grãos. Doses do bioestimulante Speed Advantage® que variam entre 250 a 750 mL ha<sup>-1</sup> aumentam a produtividade de grãos do híbrido de milho DKB 335 PRO3, independentemente dos estádios fenológicos em que foram aplicadas (número de aplicações). Com a aplicação da dose de 1000 mL ha<sup>-1</sup> do bioestimulante Speed Advantage®, registou-se produtividade de grãos inferiores às obtidas com as doses que variam entre 250 à 750 mL ha<sup>-1</sup>, independentemente dos estádios fenológicos em que foram aplicadas (número de aplicações).

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays* L., crescimento de plantas, aminoácidos.

# APPLICATION OF FOLIAR BIO-STIMULANTS ON GROWTH AND PRODUCTIVE COMPONENTS IN CORN CULTURE

por

UELITON SOUSA FERREIRA

(Sob orientação do Prof. Dr. Sihélio Julio Silva Cruz – IF Goiano, Campus Iporá)

## ABSTRACT

*The experiment was conducted from March 2022 to July 2022, at Fazenda Cristalina, located in the municipality of Amarinópolis, state of Goiás. The experimental design used was randomized blocks in a factorial scheme A x B + 1 (Factor A – doses of biostimulant; Factor B – number of applications), using the commercial product Speed Advantage®, at doses of: 250, 500, 750, 1000 mL of ha<sup>-1</sup>), with four replicates. Each experimental plot consisted of six rows of corn, 5.0 meters long, spaced 0.45 m apart, totaling a total area of 13.5 m<sup>2</sup>. For the evaluations, only the three central lines were used, excluding 0.5 m at each end to form the border. The application of the biostimulant doses was carried out with a knapsack sprayer pressurized with CO<sub>2</sub>, maintained at a constant pressure of 210 kPa, equipped with a 2-meter bar with 4 nozzles and DG 110 02 tips, with consumption of spray equivalent to 200 L ha<sup>-1</sup>. When 50% + 1 of the corn plants reached the phenological stage R1 – doll-up, the growth variables were evaluated: stem diameter and plant height, together with the SPAD index of chlorophyll. After these determinations, at the phenological stage R6 – physiological maturation, ear length and diameter were analyzed; the mass of a thousand grains and productivity. The obtained data were submitted to the analysis of variance by the F test and Tukey test in the comparison of the means of the treatments with the control. Then, in the factorial, the Tukey test was applied again to compare the means of the treatments with the control. The application of the biostimulant Speed Advantage® increases the growth of morphological and productive components of corn plants, with a positive impact on grain yield. Doses of the biostimulant Speed Advantage® ranging from 250 to 750 mL ha<sup>-1</sup> increase the grain yield of the DKB 335 PRO3 maize hybrid, regardless of the phenological stages in which they were applied (number of applications). With the application of a dose of 1000 mL ha<sup>-1</sup> of the biostimulant Speed Advantage®, grain productivity was lower than that obtained with doses ranging from 250 to 750 mL ha<sup>-1</sup>, regardless of the phenological stages in which they were applied (number of applications).*

**KEYWORDS:** Beans, Seed treatment, plant growth, amino acids.



## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um importante produtor de cereal, contando com duas safras de milho (*Zea mays* L.): a safra de verão (ou primeira safra) e a safra de inverno (ou segunda safra), destacando-se como uma cultura de insumo destinado tanto para consumo humano quanto para consumo animal. O milho é produzido em praticamente todo o território nacional e essa produção se concentra principalmente nas regiões Centro-Oeste e Sul, onde se destacam os estados de Mato Grosso, Goiás e Paraná como os maiores produtores do grão (CONAB 2022).

O grande sucesso da cultura deve-se: a sua ampla adaptação a diferentes ecossistemas; ao desenvolvimento de variedades de alta produção de polinização aberta e híbridos, que incluem o milho tradicional e geneticamente modificado; à grande resposta à fertilização e seu alto valor nutricional, especialmente devido à contribuição de energia digestível para ambos, seres humanos e animais domésticos (García-Lara; Serna-Saldivar 2019).

O cultivo do milho é altamente tecnológico e absorve as inovações no sistema produtivo, entre as quais, destaca-se o uso dos bioestimulantes. Neste sentido, diversos trabalhos têm avaliado os efeitos dos bioestimulantes em diferentes culturas, como a cultura do milho (Binsfeld *et al.* 2014; Santos *et al.* 2013; Tejada *et al.* 2018).

A regulação do crescimento das plantas e o alívio dos efeitos negativos dos estresses ambientais durante o desenvolvimento são fatores importantes que determinam a produtividade das plantas cultivadas (Yakhin *et al.* 2016). Neste sentido, na agricultura moderna, juntamente com fungicidas e inseticidas biológicos, diversos produtos classificados como bioestimulantes de crescimento de plantas são usados (Calvo *et al.* 2014). Esse grupo relativamente novo de produtos é usado para maximizar o rendimento e a qualidade das culturas, especialmente em condições ambientais desfavoráveis para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Du Jardin, 2015). Esses produtos também são seguros para o meio ambiente e contribuem para uma cultura sustentável de alto rendimento e baixo consumo, com redução de produtos químicos

usados na agricultura e aumento da proteção das plantas (Du Jardin 2015).

Os aminoácidos para a produção de bioestimulantes de crescimento são obtidos por síntese química, a partir de proteínas vegetais (por exemplo, algas, milho e soja), bem como de proteínas animais por processos químicos ou enzimáticos (Kucinska *et al.* 2014). Os aminoácidos são os blocos de construção básicos das proteínas e cumprem múltiplas funções na planta: estrutural, metabólica e de transporte (Paleckiene *et al.* 2007). Também são conhecidos na indústria de produtos para a agricultura como quelatos de metais íons. Os micronutrientes quelatados com aminoácidos formam moléculas eletricamente neutras muito pequenas, que aceleram sua absorção e transporte dentro da planta (Johansson 2018). Esses tipos de produtos são benéficos para plantas que necessitam de suplementação com micronutrientes.

A utilização desses compostos que estimulam o crescimento e processos fisiológicos pode ter um efeito favorável sobre a produtividade do milho. Porém, alguns trabalhos também mostram que os bioestimulantes podem não favorecer ou até mesmo diminuir a absorção de nutrientes pelas plantas, indicando que as respostas às suas aplicações dependem de vários fatores, tais como a espécie da planta, as condições de plantio, a composição e a concentração dos produtos utilizados, sendo então necessários mais estudos sobre esses bioestimulantes.

Com base nessas informações, é importante estabelecer pesquisas voltadas à elucidação dos efeitos do uso de bioestimulante sobre a cultura do milho, além da criação de processos técnicos e agronômicos mais adequados como a necessidade e o período de aplicação, possibilitando suprir a elevada demanda de informações técnicas sobre o manejo nutricional com bioestimulantes.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 A Cultura do Milho:**

A cultura do milho (*Zea mays* L.) é uma das mais importantes do mundo. Com a análise

de alguns fatores, fica evidente sua importância, como, por exemplo: sua utilização desde os primórdios como fonte alimentar; sua ampla gama de usos que vão além do uso alimentar (mais de 3,5 mil aplicações); sua diversidade de formas de cultivo, sendo possível cultivá-lo em todos os tamanhos e níveis tecnológicos de propriedade. Atualmente, ultrapassa a marca produtiva de 1 bilhão de toneladas/ano, ocupando o topo da classificação mundial (Ciríaco 2020). Essa cultura caracteriza-se como o cereal mais produzido e consumido mundialmente, passando por um processo de domesticação ao longo dos anos em prol de sua adaptação às diversas condições de clima e manejo (Freitas 2020).

Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) (2022), a produção mundial do milho é de 1,14 bilhões de toneladas, estando os Estados Unidos na primeira posição da classificação, com 368 milhões de toneladas, seguido da China e do Brasil, que apresentam produções de 260 milhões de toneladas e de 110 milhões de toneladas, respectivamente.

O grão de milho é utilizado principalmente na alimentação humana e animal, porém a cultura também pode ser utilizada como planta inteira na forma de silagem e, mais recentemente, na produção de etanol e DDG (Destilated Dries Grain) (Contini *et al.* 2019). O Brasil possui a terceira maior área cultivada de milho no mundo, com cerca de 19,5 milhões de hectares, porém sua produtividade média ainda é inferior ( $5,6 \text{ t ha}^{-1}$ ) à de países que possuem menor área cultivada, a exemplo de Argentina, Canadá, Turquia, Ucrânia e Egito (USDA 2022).

No Brasil, mais de 98% das cultivares e híbridos são utilizados para a produção de grãos, dos quais 59% são utilizados exclusivamente para a produção de grãos e 41% são destinados à produção de grãos ou silagem (Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 2022).

A tecnologia do milho híbrido chegou ao mercado devido às práticas de melhoramento genético empregadas pelas empresas de melhoramento de sementes, tendo sua larga e rápida popularização na década de 60, com assistências técnicas e financeiras patrocinando os agricultores. Em 2019, a tecnologia do milho híbrido geneticamente modificado correspondeu

a 88,9% da área cultivada no país (Céleres 2019). A evolução progressiva do melhoramento genético do milho, bem como a utilização das cultivares melhoradas, aliadas a fatores como a utilização de insumos e técnicas de cultivo adequadas, converteu-se em aumento exponencial na produtividade das lavouras.

## **2.2 Estádios fenológicos das plantas de milho**

O desenvolvimento da planta de milho é dividido em estádios fenológicos vegetativos e estádios reprodutivos. Cada estágio da fase vegetativa é marcado de acordo com a formação visível do colar na inserção da bainha da folha com o colmo e a fase reprodutiva é iniciada quando os estilos-estigmas se apresentam visíveis para fora das espigas (Magalhães & Durães 2006).

Onde:

VE = Emergência da plântula;

V1 = 1ª folha desenvolvida;

V2 = 2ª folha desenvolvida;

V3 = 3ª folha desenvolvida;

V4 = 4ª folha desenvolvida;

V(n) = nª folha desenvolvida;

VT = pendoamento;

R1 = embonecamento;

R2 = Bolha d' água;

R3 = grão leitoso;

R4 = grão pastoso;

R5 = grão farináceo duro;

R6 = maturação fisiológica do grão.

Todas as plantas de milho seguem um mesmo padrão de desenvolvimento, porém o intervalo de tempo específico entre os estádios e o número total de folhas desenvolvidas podem variar entre híbridos diferentes, ano agrícola, data de plantio e local (García-Lara & Serna-Saldivar 2019; Magalhães & Durães 2006).

### **2.3 Produtividade do milho**

Na safra 2021/2022 a produtividade média brasileira ficou em  $5.533 \text{ kg ha}^{-1}$ , enquanto o maior produtor mundial, Estados Unidos, produziu, na safra 2021/2022,  $10.920 \text{ kg ha}^{-1}$ . Esta diferença na produtividade média mostra que o desempenho do Brasil está abaixo da produtividade das maiores nações produtoras desse cereal (CONAB 2022; USDA 2022).

O manejo da fertilização para a cultura do milho está atrelado a vários fatores, desde a escolha da semente, análise de solo e interpretação, calagem, gessagem, semeadura, aplicação de herbicidas, inseticidas, fungicidas, manejo do solo e utilização de bioestimulantes via foliar. Deste modo, os produtores conseguem alcançar altas produtividades acima de  $10000 \text{ kg ha}^{-1}$ , porém a média brasileira está abaixo, em relação aos produtores mais tecnificados. Ainda existem grandes divergências entre produtores mais tecnificados e produtores de agricultura familiar que cultivam o milho de forma empírica, sendo esta uma das causas da baixa média de produtividade do milho no Brasil. A maior produtividade do milho na primeira safra acontece pela concentração da produção nas áreas em épocas mais apropriadas e pelo uso de híbridos desenvolvidos com alto potencial produtivo. Além disso, têm-se as modernas práticas de manejos com ênfase na população de plantas, acima de 65 mil plantas por hectare; acréscimo das doses de fertilizantes, principalmente de nitrogênio; aperfeiçoamento na uniformização das sementes e controle eficaz das plantas daninhas, pragas e doenças, incluindo a tecnologia de transgenia e bioestimulantes (Duarte & Kappes 2015).

O crescimento expressivo da produtividade do milho se tornou possível mediante a

intensificação do conjunto de produção. A exemplo disso, podem-se citar: a estruturação da fertilidade do solo; a adesão ao sistema de plantio direto e rotação de culturas; a semeadura de cultivares modernas, geneticamente modificadas e com elevado potencial produtivo; o emprego mais coerente e eficiente de adubos, entre outros insumos, que minimizam a ação degradadora do meio ambiente (Fontes 2011).

Os fatores básicos que contribuem para os baixos níveis de produtividade média do milho brasileiro são: as conjunções climáticas não favoráveis de determinadas áreas; a utilização de híbridos não adequados a determinadas condições edafoclimáticas; a utilização de sementes não certificadas; o uso inadequado do arranjo de plantas; a semeadura de sementes salvas com ausência de pureza genética; o manejo incorreto dos fertilizantes e a baixa utilização de novas tecnologias (Kappes *et al.* 2014; Portugal *et al.* 2017).

Para a melhoria da produtividade, pilares como a fertilidade e a nutrição estão atrelados. A baixa produtividade média brasileira é causada por esses fatores, tanto na produção de grãos como na forragem. Dessa maneira, inúmeras áreas cultivadas com o milho são de fertilidade baixa, correlacionada com meios inapropriados de calagem, gessagem, adubação e baixa inovação (Coelho & França 2015).

Ao longo do ciclo, o milho possui fases de intensa absorção de nutrientes, sendo a primeira fase no desenvolvimento vegetativo, momento este em que está ocorrendo a definição do potencial número de grãos. Assim, a outra fase de maior absorção dos nutrientes é na fase reprodutiva quando a planta está em formação da espiga, época em que os nutrientes são exigidos para formação e enchimento de grãos (Magela 2017).

## **2.4 Bioestimulantes e Aminoácidos**

Os bioestimulantes são definidos como mistura de reguladores vegetais ou biorreguladores com outras substâncias, como: sais minerais, extratos de algas, microrganismos

e aminoácidos (Dabadia, 2015). Estes compostos, quando aplicados à planta, podem provocar alterações estruturais, melhorias na produtividade e na qualidade do produto (Vendruscolo *et al.* 2017). Tais substâncias podem ser aplicadas via tratamento de sementes, sulco e pulverizações foliares. As aplicações são eficientes quando aplicadas em doses baixas, atuando em diversos processos metabólicos da planta, favorecendo a expressão do potencial genético, promovendo o equilíbrio hormonal e estimulando o crescimento radicular (Ramos *et al.* 2015).

De acordo com Rodrigues *et al.* (2015), essas substâncias auxiliam na maior absorção de água e nutrientes, proporcionando menor impacto quando da ocorrência de períodos de deficiência hídrica no decorrer do ciclo da cultura. A aplicação de bioestimulantes nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta pode também conferir maior resistência a insetos-pragas, doenças e nematóides. Assim, o estabelecimento mais rápido e uniforme das plantas acarreta bom desempenho na absorção de nutrientes e, conseqüentemente, no seu potencial produtivo (Lana *et al.* 2009).

Segundo Frasca *et al.* (2020), os bioestimulantes atuam melhorando a eficiência da nutrição; na tolerância aos estresses, sejam bióticos ou abióticos; e na melhora das características de qualidade das plantas. São responsáveis também por estimularem uma maior divisão, alongação e diferenciação celular, maior crescimento vegetal, aumentando conseqüentemente a capacidade de absorção de água e nutrientes, o que resulta em uma planta com maior potencial produtivo. Também atuam na formação de enzimas, produção de hormônios e clorofilas, e no transporte e armazenamento de nitrogênio.

No Brasil, os bioestimulantes são divididos em categorias, sendo elas: substâncias húmicas, materiais orgânicos complexos, elementos químicos benéficos, sais inorgânicos, extratos de algas marinhas, derivados de quitina e quitosana, antitranspirantes, aminoácidos livres e substâncias que contêm N. As fontes mais usadas são: as de substâncias húmicas,

extratos de algas, micronutrientes, reguladores de crescimento vegetal e aminoácidos (Silva 2019).

Os aminoácidos vêm sendo amplamente utilizados na agricultura e muitas empresas têm investido em produtos que contenham o mesmo em sua composição. Porém, ainda há muitas controvérsias sobre sua influência na produtividade final. Os aminoácidos são ácidos orgânicos, com moléculas formadas por um mais grupamento amina. Estão envolvidos no metabolismo primário e secundário das plantas, participando da síntese de vários compostos que influenciam diretamente na produção (Gallo 2012).

Existem 20 aminoácidos essenciais para as plantas, dos quais cada um possui concentrações e funções distintas. As plantas produzem estes aminoácidos de forma natural, no entanto, devido a fatores como estresse hídricos e ataque de pragas e doenças, esta produção pode ser prejudicada ou, ainda, a produção natural pode não ser suficiente para o desenvolvimento eficiente das plantas frente a estas intempéries. As principais funções dos aminoácidos são síntese de proteínas, efeito complexante de nutrientes, maior resistência a estresse hídrico e a altas temperaturas, maior tolerância ao ataque de pragas e doenças e compostos intermediários de hormônios vegetais endógenos (Mórgor 2015).

Alguns bioestimulantes são conhecidos pelas suas propriedades antiestresse, por possuírem, em sua composição, aminoácidos, por exemplo, com tais funções. Em situações de estresse, como altas temperaturas, ataque de pragas, doenças e estresse hídrico, as plantas podem produzir moléculas reativas de oxigênio (EROs) que, em excesso, causam danos às células. Alguns aminoácidos, como glicina, fenilalanina, cisteína e glutamato atuam controlando a produção destas moléculas, através da redução de radicais livres e osmoproteção (Teixeira *et al.* 2017). Os aminoácidos também agem como precursores de hormônios, como é o caso do triptofano, que atua como precursor da auxina (ácido indolacético), responsável pelo



crescimento vegetal. Já a metionina é precursora do etileno, que é responsável pela senescência vegetal e maturação dos frutos (Neves 2018).

Os bioestimulantes, muitas vezes, são usados associados a nutrientes, visando a maior disponibilidade e absorção dos mesmos. Há aminoácidos que atuam na complexação de nutrientes, como o Cu (cobre), Zn (Zinco), Mn (manganês) e Fe (ferro), protegendo e aumentando a disponibilidade dos mesmos para a planta, que possuem funções essenciais. O  $Zn^{2+}$  participa da síntese de triptofano, que é precursor das auxinas; o  $Cu^{2+}$  atua no transporte de elétrons do fotossistema I. Lisina, glutamato, cisteína, histidina e glicina são utilizadas como quelato com micronutrientes. A glicina, além de ter uso como quelatizante, é também fonte de N (Fagan 2015).

Gallo (2012) refere-se a um ponto de grande relevância: as funções dos aminoácidos durante o desenvolvimento da planta. Ele sugere que os aminoácidos podem ser requeridos em quantidades diferentes, nos vários estádios de desenvolvimento das plantas. Na fase reprodutiva de arroz, este demanda mais prolina que outros aminoácidos; já na fase de plântula, demanda mais por ácido aspártico e ácido glutâmico, demonstrando a importância do uso destes produtos de forma estratégica nos diferentes estádios da planta, com o intuito de manter em pleno funcionamento seu metabolismo (Haque *et al.*, 1971).

Atualmente a agricultura tem se expandido para regiões mais baixas, com maiores riscos de exposição a veranicos e altas temperaturas. Sabe-se que, quando as plantas são submetidas a estes tipos de estresse hídrico, elas acumulam o ácido abscísico (ABA), que é responsável por regular a abertura e fechamento dos estômatos, como resposta à deficiência hídrica, para evitar a perda de água em condições de falta de umidade no solo. A aplicação de bioestimulante possibilita ativar vias de produção de ABA, proporcionando, à planta, mais tolerância ao estresse hídrico (Shukla *et al.*, 2018).

Também há inúmeros resultados da influência dos bioestimulantes sobre a qualidade de sementes. Há estudos que demonstram que o uso de aminoácidos via tratamento de sementes pode aumentar a germinação e propiciar o desenvolvimento de um sistema radicular mais bem desenvolvido. Pesquisas mostram também que os aminoácidos propiciam maior enchimento de grãos, conseqüentemente, desenvolvendo sementes com maior peso, resultando em uma melhor produtividade e possivelmente em maior vigor (Araújo *et al.* 2008, Carvalho *et al.* 2009, Correia & Durigan 2009, Carvalho *et al.* 2010).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de março de 2022 a julho de 2022, na Fazenda Cristalina, localizada no município de Amarinópolis, estado de Goiás. O local de desenvolvimento do projeto apresenta 584 m de altitude. O clima da região, segundo classificação de Köppen-Geiger (1900), adaptada por (Cardoso *et al.* 2014), é do tipo Aw, clima tropical com duas estações bem definidas: seca e chuvosa. A duração do período seco é de cinco meses, sendo a temperatura média anual de 24 °C e a precipitação média anual de 1.613 mm.

O solo onde foi conduzido o experimento é do tipo Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2013), com fertilidade e retenção de água baixa, textura média, boa drenagem, lençol freático muito profundo e baixo teor de matéria orgânica.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial A x B + 1 (Fator A – doses de bioestimulante; Fator B – número de aplicações), utilizando-se, para isso, o produto comercial Speed Advantage<sup>®</sup>, nas doses de 250, 500, 750, 1000 mL de ha<sup>-1</sup>), com quatro repetições (Tabela 1). Cada parcela experimental foi composta por seis linhas de milho, com 5,0 metros de comprimento, espaçamento entre elas de 0,45 m, totalizando uma área de 13,5 m<sup>2</sup>. Para as avaliações foram utilizadas apenas as três linhas centrais, excluindo-se 0,5 m em cada extremidade para formação da bordadura.

Tabela 1. Relação dos tratamentos com doses e número de aplicações de bioestimulante.

Tratamentos	Doses	Épocas de aplicação/Estádios Fenológicos
0	0	Testemunha
1	250	Quatro folhas totalmente expandidas – V4
2	500	Quatro folhas totalmente expandidas – V4
3	750	Quatro folhas totalmente expandidas – V4
4	1000	Quatro folhas totalmente expandidas – V4
5	250	Quatro e sete folhas totalmente expandidas – V4 e V7
6	500	Quatro e sete folhas totalmente expandidas – V4 e V7
7	750	Quatro e sete folhas totalmente expandidas – V4 e V7
8	1000	Quatro e sete folhas totalmente expandidas – V4 e V7

\*Estádios fenológicos (Magalhães & Durães 2006).

O Speed Advantage® é um produto da empresa Fertilizer Agrosiences. Possui, em sua composição, alta concentração de carbono orgânico (COT), aminoácidos e nitrogênio (N). Ele é recomendado para diversas culturas, entre elas, o milho.

Quadro 1: Aminograma do Speed Advantage®

Ácido Aspártico	2,08%
Ácido Glutâmico	5,05%
Alanina	2,69%
Arginina	2,01%
Cistina	0,02%
Fenilalanina	0,79%
Glicina	4,75%
Histidina	0,39%
Isoleucina	1,16%
Leucina	1,24%
Metionina	4,68%
Prolina	0,55%
Tirosina	0,02%
Ornitina	0,03%
Metilistidina	0,07%
Triptofano	1,10%

Serina	0,92%
Valina	0,92%
Treonina	0,67%

Quadro 2: Composição do Speed Advantage®

Elementos	p/p	p/v
Nitrogênio solúvel em água	4,00 %	50,00 g/l
Carbono Orgânico Total (COT)	15,00 %	187,50 g/l

Densidade: 1,25 g/cm<sup>3</sup>.

A aplicação das doses de bioestimulante foi realizada com pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, mantido à pressão constante de 210 kPa, equipado com barra de 2 metros com 4 bicos e pontas DG 110.02, com consumo de calda equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup>.

A semeadura foi realizada mecanicamente, sendo as sementes depositadas a 5 cm de profundidade no sulco de semeadura, estabelecendo-se um estande de 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>. As adubações de semeadura e de cobertura foram realizadas com base no resultado da análise de solo e recomendações preconizadas por (Souza & Lobato 2004). O híbrido de milho utilizado foi o DKB 335PRO3. O controle de plantas daninhas foi realizado com a aplicação do herbicida glifosato na dose de 2,5 L p.c ha<sup>-1</sup>. No estágio vegetativo V5, foram aplicados os inseticidas lufenuron + clorpirifós, nas doses de 0,2 e 0,5 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para reforçar o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

Quando 50% + 1 das plantas de milho atingiram o estágio fenológico R1 – embonecamento – (Magalhães & Durães 2006), foram avaliadas as variáveis de crescimento: diâmetro de colmo e altura de plantas, juntamente com o índice de área foliar. Após essas determinações, no estágio fenológico R6 – maturação fisiológica –, foram coletadas 40 espigas por parcela para determinação de: comprimento e diâmetro da espiga, massa de mil grãos e produtividade, considerando-se o teor de água nos grãos de 13%, conforme método estabelecido

pelas Regras de Análise de Sementes (BRASIL 2009).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e teste Tukey na comparação das médias dos tratamentos com a testemunha. Em seguida, foi aplicado o teste Tukey na comparação das médias dos tratamentos com a testemunha. A análise estatística dos dados foi processada através do aplicativo computacional GENES (Cruz 2006).

#### 4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância constataram que ocorreu interação entre as “doses de bioestimulante” e o “nº de aplicações”, para as variáveis diâmetro de colmo e índice de área foliar (Tabela 2). O efeito isolado do fator dose de bioestimulante foi significativo para as variáveis altura de plantas e diâmetro de colmo. Já o fator nº de aplicações foi significativo para as três variáveis: altura de planta, diâmetro de colmo e índice de área foliar.

Tabela 2. Resumo das análises de variância pelo quadrado médio (QM), referentes à altura de plantas, diâmetro de colmo e índice de área foliar de plantas de milho no estágio fenológico embonecamento (R1), após a aplicação via pulverização foliar de quatro doses de bioestimulante (250, 500, 750 e 1000 mL ha<sup>-1</sup>). As doses foram aplicadas nos estádios fenológicos V4 e V4 + V7.

Fontes de variação	GL	Altura de planta (m)	Diâmetro de colmo (mm)	Índice de área foliar (m/m)
Doses de fertilizante	3	0.09365 <sup>**</sup>	3.62695 <sup>*</sup>	0.77542 <sup>**</sup>
Nº de aplicações	1	0.01665 <sup>*</sup>	41.97570 <sup>**</sup>	2.31125 <sup>**</sup>
Doses x Nº de aplicações	3	0.00266 <sup>ns</sup>	3.55094 <sup>*</sup>	0.94708 <sup>*</sup>
Fatores x Testemunha	1	0.06876 <sup>**</sup>	14.69272 <sup>**</sup>	0.95681 <sup>**</sup>
Erro	24	0.00260	0.93630	0.28000
CV%	-	2.2	4.5	6.2

Significativo a 0,05. (\*) e a 0,01. (\*\*) de probabilidade; não significativo (ns); CV = coeficiente de variação; Testemunha = sem aplicação de bioestimulante; Nº de aplicações = número de aplicações de bioestimulante. Iporá – GO.

Analisando-se o desdobramento das “doses de bioestimulante” x “nº de aplicações”, por meio da comparação entre as médias pelo teste de Tukey (< 0,05), observaram-se efeitos significativos entre as “doses” dentro de cada “nº de aplicações” (Tabela 3). No caso de uma única aplicação no estágio fenológico V4, as maiores médias de altura de plantas e diâmetro de colmo foram obtidas para as doses de 250 a 750 mL ha<sup>-1</sup> e 250 e 1000 mL ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Já quando ocorreram duas aplicações (estádios V4 e V7), para a variável altura de plantas, as

maiores médias foram obtidas com as doses de 500 e 1000 mL ha<sup>-1</sup>. Para a variável diâmetro de colmo, as maiores médias foram obtidas com a dose de 500 mL ha<sup>-1</sup>.

Tabela 3. Desdobramento das médias das variáveis altura de planta, diâmetros de colmo e índice de área foliar de plantas de milho no estágio fenológico embonecamento (R1), após a aplicação via pulverização foliar de quatro doses de bioestimulante (250, 500, 750 e 1000 mL ha<sup>-1</sup>). As doses foram aplicadas nos estádios fenológicos V4 e V4 + V7.

Estádios fenológicos <sup>1</sup>	Componentes morfológicos					
	Altura de plantas (cm)		Diâmetro de colmo (mm)		Índice de área foliar (m/m)	
	V4	V4 e V7	V4	V4 e V7	V4	V4 e V7
Doses <sup>2</sup>						
250	2.34 Aa	2.33 Ab	20.9 Ba	22.7 Ab	8.1 Aa	8,3 Ab
500	2.39 Ba	2.47 Aa	20.3 Ba	24.5 Aa	8.2 Ba	9.7 Aa
750	2.30 Aa	2.34 Ab	20.4 Ba	22.0 Ab	8.5 Aa	8.6 Ab
1000	2.14 Ab	2.20 Aa	20.2 Aa	21.5 Ab	8.4 Aa	8.7 Aab
Testemunha <sup>3</sup>	2.17**		19.5**		8.05**	
CV (%)	2.2		4.5		6.2	

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey Ao nível de 1% de probabilidade; \*\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey o nível de 1% de probabilidade. Iporá – GO.

Ainda com relação à análise do desdobramento, por meio da comparação entre as médias pelo teste de Tukey (< 0,05), também foram registrados efeitos significativos entre o “nº de aplicações” dentro de cada “dose de bioestimulante” (Tabela 3). Nesta comparação, para altura de plantas e índice de área foliar, foram registradas, na dose de 500 ml ha<sup>-1</sup>, médias superiores quando realizadas duas aplicações (estádios V4 e V7). No caso da variável diâmetro de colmo, com exceção da dose de 1000 ml ha<sup>-1</sup>, duas aplicações do bioestimulante ao longo do crescimento da planta foram mais eficientes do que uma.

O incremento observado no índice de área foliar, com duas aplicações (V4 e V7) de 500 mL ha<sup>-1</sup> do bioestimulante, pode estar associado aos aumentos observados na altura e diâmetro dos colmos das plantas de milho (Tabela 2). Lembrando que a produção vegetal tem relação direta com a sua capacidade de captar e transformar radiação em energia química para a



produção de biomassa (Taiz & Zeiger 2013). Ou seja, no primeiro momento, o volume de fotoassimilados produzidos influenciou o crescimento do colmo, aumentando a sua capacidade cúbica de armazenamento.

Na análise de variância dos componentes de produtividade do milho (comprimento de espiga, diâmetro de espiga, massa de mil grãos e produtividade de grãos), ocorreram interações entre os fatores “doses de bioestimulante” e o “nº de aplicações”, somente para variável diâmetro de espiga (Tabela 4). Já os efeitos isolados para os fatores “doses de bioestimulante” e “nº de aplicações” foram significativos para todas as quatro variáveis.

Tabela 4. Resumo das análises de variância pelo quadrado médio (QM), referentes a comprimento de espiga, diâmetro de espiga, massa de mil grãos e produtividade de grãos de plantas de milho no estágio fenológico maturação fisiológica (R6), após a aplicação via pulverização foliar de quatro doses de bioestimulante (250, 500, 750 e 1000 mL ha<sup>-1</sup>). As doses foram aplicadas nos estádios fenológicos V4 e V4 + V7.

Fontes de variação	GL	Comprimento de espiga (cm)	Diâmetro de espiga (cm)	Massa de mil grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
Doses de fertilizante	3	2.86031 <sup>**</sup>	0.04750 <sup>**</sup>	92.25 <sup>**</sup>	1179520.4 <sup>**</sup>
Nº de aplicações	1	3.06281 <sup>**</sup>	0.15125 <sup>**</sup>	98.00 <sup>**</sup>	1159003.1 <sup>**</sup>
Doses x Nº de aplicações	3	0.42031 <sup>ns</sup>	0.01708 <sup>*</sup>	2.08 <sup>ns</sup>	92997.4 <sup>ns</sup>
Fatores x Testemunha	1	4.98753 <sup>**</sup>	0.02722 <sup>*</sup>	4.50 <sup>ns</sup>	24310.1 <sup>ns</sup>
Erro	24	0.11533	0.00533	11.94	72423.4
CV%	-	2.9	1.8	1.8	4.9

Significativo a 0,05. (\*) e a 0,01. (\*\*) de probabilidade; não significativo (ns); CV = coeficiente de variação; Testemunha = sem aplicação de bioestimulante; Nº de aplicações = número de aplicações de bioestimulante. Iporá – GO.

Para as variáveis comprimento e diâmetro de espiga, analisando-se o desdobramento das “doses de bioestimulante” x “nº de aplicações”, por meio da comparação entre as médias pelo teste de Tukey (< 0,05), observaram-se efeitos significativos entre as “doses” dentro de cada “nº de aplicações” (Tabela 5). Médias superiores de comprimento de espigas foram obtidas quando aplicadas duas doses de bioestimulante (estádios fenológicos V4 e V7). Com relação ao diâmetro de espigas, e com exceção da dose de 1000 mL ha<sup>-1</sup>, todas as outras doses de

bioestimulante, quando aplicadas duas vezes durante o crescimento das plantas de milho (estádios V4 e V7), produziram médias superiores.

Tabela 5. Desdobramento das médias das variáveis comprimento de espiga e diâmetro de espiga de plantas de milho no estágio fenológico de maturação fisiológica (R6), após a aplicação via pulverização foliar de quatro doses de bioestimulante (250, 500, 750 e 1000 mL ha<sup>-1</sup>). As doses foram aplicadas nos estádios fenológicos V4 e V4 + V7.

Estádios fenológicos <sup>1</sup>	Componentes produtivos			
	Comprimento de espiga (cm)		Diâmetro de espiga (mm)	
	V4	V4 e V7	V4	V4 e V7
Doses <sup>2</sup>				
250	11.8 Aa	12.2 Ab	4.1 Ba	4.2 Ab
500	12.1 Ba	13.1 Aa	4.1 Ba	4.3 Aa
750	12.0 Aa	12.1 Ab	4.1 Ba	4.2 Ab
1000	10.6 Bb	11.7 Ab	4.0 Aa	4.0 Ac
Testemunha <sup>3</sup>	10.8 <sup>**</sup>		4.05 <sup>*</sup>	
CV (%)	2.8		1.8	

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey Ao nível de 1% de probabilidade; \*\*Médias seguidas de mesma letra Maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey o nível de 1% de probabilidade. Iporá – GO.

Continuando com a análise do desdobramento, por meio da comparação entre as médias pelo teste de Tukey (< 0,05), também foram registrados efeitos significativos entre “nº de aplicações” dentro de cada “dose de bioestimulante” (Tabela 5). Nesta comparação, para comprimento de espiga, uma única aplicação de bioestimulante aumentou o diâmetro até a dose de 750 mL ha<sup>-1</sup>; com duas aplicações, a dose de 500 mL ha<sup>-1</sup> aumentou o comprimento de espiga. No caso do diâmetro de espiga, a aplicação das doses de bioestimulante somente no estágio V4 não produziu incrementos significativos, porém, para duas aplicações nos estádios V4 e V7, as maiores médias foram obtidas quando aplicados 500 mL ha<sup>-1</sup> de bioestimulante.

De acordo com os resultados apresentados nas Tabelas 3 e 5, verificou-se que as plantas de milho com maior diâmetro e altura de colmo também produziram maiores comprimentos e diâmetros em suas espigas. Isso mostra o quanto a capacidade cúbica de armazenagem do colmo é importante para as fases de desenvolvimento da espiga e enchimento dos grãos, atuando como

órgão equilibrador da relação “fonte-dreno”, promovendo a remobilização de carboidratos de reserva. Segundo Fancelli (2013), a contribuição percentual do colmo no desenvolvimento dos componentes da espiga pode variar de 17% até 44%, dependendo do genótipo.

Esse equilíbrio entre fonte e dreno é importantíssimo durante o processo de acumulação de carboidratos pelo grão, principalmente em cultivos comerciais. Até o estágio de grão leitoso, a principal fonte de carboidratos são as folhas. A partir deste estágio, com o início da senescência e comprometimento da principal fonte, os carboidratos armazenados no colmo passam também a ser uma importante fonte de carboidratos que são translocados para os grãos, equilibrando a relação fonte-dreno (Moraes & Brito 2013). Nesse sentido, o aumento do índice de área foliar verificado na tabela 2 também influenciou significativamente os componentes morfológicos (diâmetro e altura de colmo), como os componentes produtivos (comprimento e diâmetro de espiga). Lembrando que a produção vegetal tem relação direta com a sua capacidade de captar e transformar radiação em energia química para a produção de biomassa (Taiz & Zeiger 2013).

A relação entre o índice de área foliar e o desenvolvimento da espiga também foi observada em outros estudos. Silva *et al.* (2002), avaliando o crescimento de cultivares de milho, concluíram que o índice de área foliar influencia significativamente o diâmetro e peso da espiga. Segundo Kunz *et al.* (2007), plantas de milho com menor índice de área foliar apresentam menor eficiência de interceptação da radiação absorvida; quando convertida em matéria seca, afeta diretamente o rendimento de grãos. Adebo e Olaoye (2010) reportam que cultivares com maiores valores para índice de área foliar na floração foram mais produtivas do que aquelas com menor índice de área foliar, o que corrobora os achados de Bastos *et al.* (2008). Para Pricinotto *et al.* (2015), a aplicação de bioestimulante em cultivos de milho permitiu maior adensamento e melhor interceptação da radiação solar, com incrementos de produtividade.

Dourado Neto *et al.* (2014a) observaram que o uso de bioestimulante em milho proporciona aumento do diâmetro do colmo das plantas, número de grãos por fileiras e número

de grãos por espiga (diâmetro de espiga), porém não interfere no rendimento da cultura. Ainda segundo Dourado Neto, as formas de aplicação do bioestimulante também podem interferir no aproveitamento destes compostos pela cultura. Quando o bioestimulante é aplicado em sementes ou no início do desenvolvimento, ele promove maior crescimento radicular, o que possibilita às plantas maior resistência a estresses bióticos, biológicos e nutricionais e, conseqüentemente, aumento na produção de grãos.

Analisando-se o desdobramento das “doses de bioestimulante” x “nº de aplicações”, por meio da comparação entre as médias pelo teste de Tukey ( $< 0,05$ ), também foram observados efeitos significativos entre as “doses” dentro de cada “nº de aplicações” para variável produtividade de grãos (Tabela 5). Neste caso, somente para duas aplicações de  $1000 \text{ mL ha}^{-1}$  de bioestimulante, foram obtidas médias superiores em comparação a apenas uma aplicação.

Tabela 6. Desdobramento das médias das variáveis massa de mil grãos e produtividade de grãos de plantas de milho no estágio fenológico de maturação fisiológica (R6), após a aplicação via pulverização foliar de quatro doses de bioestimulante (250, 500, 750 e  $1000 \text{ mL ha}^{-1}$ ). As doses foram aplicadas nos estádios fenológicos V4 e V4 + V7.

Estádios fenológicos <sup>1</sup>	Componentes produtivos			
	Massa de mil grãos (g)		Produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	
	V4	V4 e V7	V4	V4 e V7
Doses <sup>2</sup>				
250	190 Aab	193 Aab	5555 Aa	5816 Aa
500	192 Aa	196 Aa	5618 Aa	5967 Aa
750	191 Aa	193 Aab	5555 Aa	5774 Aab
1000	184 Ab	188 Ab	4608 Ba	5301 Ab
Testemunha <sup>3</sup>	184**		4692**	
CV (%)	1.9		4.4	

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey Ao nível de 1% de probabilidade; \*\*Médias seguidas de mesma letra Maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey o nível de 1% de probabilidade. Iporá – GO.

Com relação à análise do desdobramento, por meio da comparação entre as médias pelo teste de Tukey ( $< 0,05$ ), também foram registrados efeitos significativos entre o “nº de aplicações” dentro de cada “dose de bioestimulante” (Tabela 6). Foram registrados aumentos da

massa de mil grãos em todas as doses aplicadas independentemente do número de aplicações, com as maiores médias obtidas através da aplicação de 250, 500 e 750 mL ha<sup>-1</sup>. No caso da variável produtividade de grãos, quando foi realizada apenas uma aplicação de bioestimulante (estádio V4), ocorreram aumentos da produtividade, porém, sem diferenças entre as doses. Já com a realização de duas aplicações de bioestimulante (estádios V4 e V7), a produtividade aumentou e as maiores médias foram obtidas com as doses de 250, 500 e 750 mL ha<sup>-1</sup>.

O aumento da produtividade pode estar relacionado com os incrementos produzidos nos componentes morfológicos através da aplicação das doses de bioestimulante (Tabelas 3). A relação do índice de área foliar com o desenvolvimento da espiga também foi observada em outros estudos. Adebo e Olaoye (2010) reportam que cultivares com maiores valores para índice de área foliar no estágio de florescimento pleno foram mais produtivas, o que também corrobora os achados de Bastos *et al.* (2008). Para Uhar e Andrade (1995), plantas com menor índice de área foliar produzem menos carboidratos, alterando os padrões de acúmulo de matéria seca nos grãos. Segundo Kunz *et al.* (2007), plantas de milho com menor índice de área foliar são menos eficientes na interceptação da radiação absorvida e convertidas em matéria seca, afetando diretamente o rendimento de grãos. Dentre os aminoácidos, o glutamato é considerado chave, atuando na síntese de clorofila (Collaço Junior 2019). Já a alanina participa da formação e germinação do grão de pólen e a glicina é precursora da clorofila, participando, assim, da fotossíntese (Teixeira 2016).

Neste estudo, verifica-se que as plantas com maior diâmetro de colmo (Tabela 3) também possuem maior comprimento e diâmetro em suas espigas, com reflexos positivos na produtividade de grãos. Isto mostra o quanto a capacidade cúbica de armazenagem do colmo é importante para as fases de desenvolvimento da espiga e enchimento dos grãos, atuando como órgão equilibrador da relação “fonte-dreno” e promovendo a remobilização de carboidratos de reserva (Fancelli 2013). Nesse sentido, e corroborando esse estudo, Halpern *et al.* (2015), a

aplicação de aminoácidos aumentou a produção de biomassa, a proteção contra estresse biótico e abiótico e o conteúdo de antioxidante das folhas. Dourado Neto (2014b) também observou que o uso de bioestimulante em milho proporciona aumento do diâmetro do colmo das plantas, o número de grãos por fileiras e o número de grãos por espiga, porém não interfere no rendimento da cultura.

## 5. CONCLUSÃO

A aplicação do bioestimulante Speed Advantage<sup>®</sup> aumenta o crescimento dos componentes morfológicos e produtivos das plantas de milho, com reflexo positivo na produtividade de grãos.

Doses do bioestimulante Speed Advantage<sup>®</sup>, que variam entre 250 a 750 mL ha<sup>-1</sup>, aumentaram a produtividade de grãos do híbrido de milho DKB 335PRO3, independentemente dos estádios fenológicos em que foram aplicadas (número de aplicações).

Com a aplicação da dose de 1000 mL ha<sup>-1</sup> do bioestimulante Speed Advantage<sup>®</sup>, registrou-se produtividade de grãos inferior às obtidas com as doses que variam entre 250 à 750 mL ha<sup>-1</sup>, independentemente dos estádios fenológicos em que foram aplicadas (número de aplicações).

De modo geral, a dose que promoveu maior incremento, tanto nos componentes morfológicos quanto nos aspectos de produtividade, foi a dose de 500 mL ha<sup>-1</sup>. Salienta-se então que a dose com maior da obtenção de incremento produtivo e também de maior viabilidade é a de 500 mL ha<sup>-1</sup>, aplicada em dois estádios fenológicos, sendo eles V4 e V7.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adebo, F. A.; Olaoye, G, 2010.** Growth indices and grain yield attributes in six maize cultivars representing two era of maize breeding in Nigeria. *Journal of Agricultural Science*, 3.
- Araújo, G.A.A.; Silva, A.A.; Thomas, A.; Rocha, P.R.R. 2008.** Misturas de herbicidas com adubo foliar contendo micronutrientes na cultura do feijão. *Planta Daninha*, 1:237-247.
- Bastos, E. A.; Andrade Júnior, A. S. 2008.** Boletim Agrometeorológico do ano de 2008 para o município de Teresina, PI. Documento, 181. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 37p.
- Binsfeld, J. A.; Barbieri, A. P. P.; Huth, C.; Cabrera, I. C.; Henning, L. M. M. 2014.** Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja. *Pesq. Agropec. Trop*, 1:88-94.
- Brasil (2009)** Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, SNAD/DNDV/CLAV. 395p
- Calvo, P.; Nelson, L.; Kloepper, J.W. 2014.** Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, 383:3-41.
- Cardoso, M. R. D.; Marcuzzo, F. F. N.; Barros, J. R. (2014).** Classificação climática de KÖPPEN-GEIGER para os estados de Goiás e o Distrito Federal (climatic classification of KÖPPEN-GEIGER for the state of Goiás and the Federal district) *Acta geographica*. 18. 40-55. 10.5654/actageo2014.0004.0016.
- Carvalho, S.J.P.; Dias, A.C.R.; Shiomi, G.M.; & P.J. Christoffoleti, P.J 2010.** Adição simultânea de sulfato de amônio e ureia à calda de pulverização do herbicida clethodim. *Planta Daninha*, 28:575-584.
- Carvalho, S.J.P., V., Damin, A.C.R., Dias, M.; Melo, S.C.; Nicolai, M.; Christoffoleti, P.J. 2009.** Dessecação de plantas daninhas com glyphosate em mistura com ureia ou sulfato de amônio. *Planta Daninha*, 27:353-361.
- Centro Nacional De Pesquisa De Milho E Sorgo.** Milho - Cultivares para safra 2021/2022. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/index.php>. Acesso em: 07 mar. 2023.



- Céleres. 2019.** 20 anos da adoção da biotecnologia agrícola no Brasil: lições aprendidas e novos desafios. Uberlândia, 53 p.
- Ciriaco, A. P.** Produtividade do milho e de forrageiras leguminosas e qualidade e produtividade do capim-marandu cultivados em sistema de integração lavoura-pecuária. 2020. 97 f. Tese (Doutorado) - Curso de Sistemas de Produção, Unesp - Faculdade de Engenharia Câmpus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2020. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/193356/cir%c3%adaco\\_ap\\_dr\\_ilha.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/193356/cir%c3%adaco_ap_dr_ilha.pdf?sequence=3&isAllowed=y). Acesso em: 10 fev. 2023
- Coelho, A. M.; França, G. E. 2015.** Nutrição e adubação do milho.
- Collaço Junior, J. C. 2019.** Utilização de aminoácidos aplicados via foliar no manejo de estresse hídrico na cultura do feijão. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal Paulista – Botucatu.
- Conab - Companhia Nacional De Abastecimento. 2022.** Acompanhamento da Safra brasileira de Grãos: safra 2021/2022: décimo segundo levantamento. Brasília, DF: Conab, 2022. v. 7. 33 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/infoagro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 16 mar. 2023.
- Contini, E.; Mota, M. M.; Marra, R.; Borghi, E.; Miranda, R. A.; Silva, A. F.; Silva, D. D.; Machado, J. R. A.; Cota, L. V.; Costa, R. V.; Mendes, S. M.** Milho: caracterização e desafios tecnológicos. Brasília, DF: Embrapa – Desafios do Agronegócio Brasileiro (NT2), 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milhocaracterizacao.pdf>. Acesso em: 07 mar. 2023.
- Correia, N.M. & J.C. Durigan, 2009.** Glyphosate e adubação foliar com aminoácidos na cultura da soja transgênica. *Planta Daninha*. 27:721- 727.
- Cruz, C. D, 2006.** Programa GENES: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 442 p.
- Dabadia, A. C. A. 2015.** Uso de bioestimulante na assimilação do nitrato e nos caracteres agronômicos em feijoeiro. *Cultura Agrônômica, Ilha Solteira*, 4:321-332.
- Dourado Neto, D.; Dario, G. J. A.; Barbieri, A. P. P.; Martin, T. N. 2014a.** Ação de bioestimulante no desempenho agronômico de milho e feijão. *Bioscience Journal*, 30:371–379.
- Dourado Neto, D.; Dario, G. J. A.; Barbieri, A. P. P.; Martin, T. N. 2014b.** Biostimulant action on agronomic efficiency of corn and common beans. *Biosci. J.*, 30:371-379.

- Du Jardin, P. 2015.** Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Sci. Hort.*, 196:3-14.
- Duarte, A. P.; Kappes. C. 2015.** Evolução dos sistemas de cultivo de milho no Brasil. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, 152:15-18.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.** Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353 p.
- Fagan, E.B.; E.O.; Ono, J.D.; Rodrigues, A.; Chalfun Júnior, D. Dourado Neto. 2015.** Citocininas. In: *Fisiologia Vegetal: Reguladores Vegetais*. São Paulo: Organização Andrei Editora LTDA., 111-128.
- Fontes, P. C. R. 2011.** Nutrição mineral de plantas, avaliação e diagnose. Viçosa: O autor, 296 p.
- Fancelli, A. L. 2013.** Estratégias de manejo. Piracicaba: USP/ESALQ/LPV, 180 p.
- Frasca, L. L. M., Nascente, A. S., Lanna, A. C., Carvalho, M. C. S., Costa, G. G. (2020).** Bioestimulantes no crescimento vegetal e desempenho agrônomico do feijão-comum de ciclo superprecoce. *Agrarian*, 13:47, 27-41.
- Freitas, R. L. G. 2020.** Sistema de semeadura em linhas gêmeas na cultura do milho. 2020. 83 f. Tese (Doutorado) - Curso de Produção Vegetal, Universidade Estadual Paulista – Unesp Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2020. Cap. 1. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/202385/freitas\\_rlg\\_dr\\_jabo.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/202385/freitas_rlg_dr_jabo.pdf?sequence=3&isAllowed=y). Acesso em: 07 março 2023.
- Gallo, L. A., & Basso, L. C. 2012.** Fundamentos de Bioquímica para Ciências Biológicas.
- García-Lara, S.; Serna-Saldivar, S. O.** Chapter 1 - Corn History and Culture. In: **Serna-Saldivar, S. O. 2019.** (Ed.). *Corn (Third Edition)*. Oxford: AACC International Press, 1-18.
- Haque, R., and William R.C. 1971.** "Adsorption of isocil and bromacil from aqueous solution onto some mineral surfaces." *Envir. Scie & Technology*. 2:139-141.
- Halpern, M.; Bar-Tal, A.; Ofek, M.; Minz, D.; Muller, T.; Yermiyahu, U. 2015.** Chapter Two - The Use of Biostimulants for Enhancing Nutrient Uptake. In: **SPARKS, D. L. (Ed.).** *Advances in Agronomy*: Academic Press, 130:141-174.
- Johansson, A. 2018.** Conversations on chelation and mineral nutrition. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 583:53-56.
- Lana, R. M. Q.; Lana, A. M. Q.; Gozuen, C. F.; Bonotto, I.; Trevisan, L. R. 2009.** Aplicação de reguladores de crescimento na cultura do feijoeiro. *Bioscience Journal*, Uberlândia, 25:13-20.

- Kappes, C.; Arf, O.; Dal Bem, A. E.; Portugal, J. R.; Gonzaga, A. R. 2014.** Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 13:201-217.
- Kucinska, J. K.; Magnucka, E. G.; Oksinska, M. P.; Pietr, S. J. 2014.** Bioefficacy of hen feather keratin hydrolysate and compost on vegetable plant growth. *Compost Sci. Utiliz.*, 22:179-187.
- Kunz, J. H.; Bergonci, J. I.; Bergamaschi, H.; Dalmago, G. A.; Heckler, B. M. M.; Comiran, F. 2007.** Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42:1511-1520.
- Magalhães, P. C.; Durães, F. O. M. 2006.** Fisiologia da Produção de Milho. Circular Técnica 76, Três Lagoas - MG, dez. 2006. Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19620/1/Circ\\_76.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19620/1/Circ_76.pdf). Acesso em: 12 mar. 2023.
- Magela, M. L. M. 2017.** Fontes de matéria orgânica na composição de fertilizantes organominerais pelezados na cultura do milho. 2017. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- Mógor, A.F. 2015.** Fertilizantes foliares complexados com aminoácidos ajudam a corrigir carências nutricionais em plantas. Agrolink com inf. de assessoria Disponível em [https://www.agrolink.com.br/noticias/fertilizantes-foliares-complexados-com-aminoacidos-ajudam-a-corrigir-carencias-nutricionais-emplantas\\_344608.html](https://www.agrolink.com.br/noticias/fertilizantes-foliares-complexados-com-aminoacidos-ajudam-a-corrigir-carencias-nutricionais-emplantas_344608.html)
- Moraes, D. F.; Brito, C. H. 2013.** Análise de possível correlação entre as características morfológicas do colmo do milho e o acamamento. 2013. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/viewFile/4079/3038>. Acesso em: 15 jan. 2023.
- Neves, L. C. 2018.** Manual pós-colheita da fruticultura brasileira. SciELO-EDUEL.
- Paleckiene, R.; Sviklas, A.; Šlinkšiene, R. 2007.** Physicochemical properties of a microelement fertilizer with amino acids. *Russ. J. Appl. Chem.*, 80:352-357.
- Portugal, J. R.; Arf, O.; Peres, A. R.; Gitti, D. D. C.; Garcia, N. F. S. 2017.** Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação com *azospirillum brasilense* em milho no cerrado. *Revista Ciência Agrônômica, Fortaleza*, 48:639-649.
- Pricinotto, L. F.; Zucareli, C.; Fonseca, I. C. B.; Oliveira, M. A.; Ferreira, A. S.; Spolaor, L. T. 2015.** Trinexapac-ethyl in the vegetative and reproductive performance of corn. *African Journal of Agricultural Research*, 14:1735-1742.
- Ramos, A. R.; Binotti, F. F. S.; Silva, T. R.; Silva, U. R. 2015.** Bioestimulante no condicionamento fisiológico e tratamento de sementes de feijão. *Revista Biociências, Taubaté*, 21:76-88.

- Rodrigues, L. A.; Batista, M. S.; Alvarez, R. C. F.; Lima, S. F.; Alves, C. Z. 2015.** Avaliação fisiológica de sementes de arroz submetidas a doses de bioestimulante. Revista Nucleus, Ituverava, 12.
- Santos, V. M.; Melo, A. V.; Cardoso, D. P.; Gonçalves, A. H.; Varanda, M. A. F.; Taubinger, M. 2013.** Uso de bioestimulantes no crescimento de plantas de Zea mays L. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 12:307-318.
- Shukla, P.S.; K, Shotton, E., Norman, W., Neily, A.T., Critchley, B., Prithiviraj. 2018.** Seaweed extract improve drought tolerance of soybean by regulating stress-response genes. AOB Plants, 10, DOI:10.1093/aobpla/plx051.
- Silva, P. R. F.; Argenta, G.; Strieder, M. L.; Cardoso, E. J.; Forsthofer, E. L.; Suhre, E. 2002.** Resposta de dois híbridos de milho ao arranjo de plantas. Anais XXIV Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Florianópolis.
- Silva, J.G. 2019.** Bioestimulantes no desempenho agrônomico da cultura do milho. Tese. UFMT, 92f.
- Souza, D.M.G.; Lobato, E. 2004.** Adubação com nitrogênio. In: **Souza, D.M.G.; Lobato, E.**, eds. Cerrado: Correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília, 129-145.
- Taiz, L.; Zeiger, E. 2013.** Fisiologia Vegetal. 5. ed. Porto Alegre, RS: Artmed.
- Teixeira, W. F. 2016.** Avaliação do uso de aminoácidos na cultura da soja. Tese (Doutorado) – USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- Teixeira, W. F; Fagan, E. B.; Soares, L. H.; Umburanas, R. C.; Reichardt, K.; Dourado Neto, D. 2017.** Foliar and seed application of amino acids affects the antioxidant metabolism of the soybean crop. Frontiers in Plant Sciec. 8:1-14.
- Tejada, M.; Rodríguez-Morgado, B.; Paneque, P.; Parrado, J. 2018.** Effects of foliar fertilization of a biostimulant obtained from chicken feathers on maize yield. European Journal of Agronomy, v. 96, p. 54-59.
- Uhart, S. A.; Andrade, F. H. 1995.** Nitrogen and carbonum accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source/sink ratios. Crop Science, 35:183-190.
- United States Department Of Agriculture (USDA). 2022.** World Agricultural Production - Circular Series 2022. Foreign agricultural service office of global analysis, 38 f. Novembro. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/gats/default.aspx>. Acessado em: 07 mar. 2023.
- Vendruscolo, E. P.; Rabelo, R. S.; Campos, L. F. C.; Martins, A. P. B.; Sememsato, L.R.; Seleguini, A. 2017.** Alterações físico-químicas em frutos de melão rendilhado sob aplicação de bioestimulante. Revista colombiana de ciências hortícolas, Tunja Boyacá, 11:459-463.

**Yakhin, O. I.; Lubyarov, A. A.; Yakhin, I. A.; Brown, P. H. 2016.** Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Front Plant Sci*, 7:2049.