

## Produtividade da soja em resposta à aplicação foliar de micronutrientes

Luiz Augusto Mateus Santos<sup>1</sup>, Sthela Silva Melo<sup>1</sup>, Ruth Teles Barbosa<sup>2</sup>, Jorge González Aguilera<sup>1</sup>, Alan Mario Zuffo<sup>3</sup> and Fábio Steiner<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado de Mato Grosso do Sul (UEMS), Cassilândia, MS, Brazil.

<sup>2</sup> Universidade do Estado de Mato Grosso do Sul (UEMS), Aquidauana, MS, Brazil.

<sup>3</sup> Universidade do Estado do Maranhão (UEMA), Balsas, MA, Brazil.

\* Correspondente: steiner@uems.br

Recebido: 30/03/2025

Aceito: 29/04/2025

Publicado: 01/05/2025

Editor Principal

Bruno Rodrigues de Oliveira



Copyright: © 2025. Creative Commons Attribution license: [CC BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Para citação: Santos, L. A.; Melo, S. S.; Barbosa, R. T.; Aguilera, J. G.; Zuffo, A. M.; Steiner, F. (2025). Produtividade da soja em resposta à aplicação foliar de micronutrientes. Trends in Agricultural and Environmental Sciences, (e250003), DOI: 10.46420/TAES.e250003

**Resumo:** A adubação foliar com micronutriente pode melhorar o estado nutricional das plantas de soja e pode potencializar a produtividade de grãos, especialmente quando cultivada na região do Cerrado. Este estudo teve como objetivo avaliar a eficiência agrônômica do uso de fertilizantes foliares à base dos micronutrientes Cu, Zn, Mn, Mo e Co durante os estádios vegetativo e reprodutivo como alternativa para potencializar a produtividade da soja em solo tropical do Cerrado. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial  $3 \times 5$ , com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pelo cultivo de três cultivares de soja (ST 797 IPRO, BMX Bônus IPRO e BMX Única IPRO) e pela aplicação de quatro fertilizantes foliares à base de micronutrientes [Maxi Zinc<sup>®</sup> (Zn), Nodulus Premium 125<sup>®</sup> (Mo, Co), NHT Complet<sup>®</sup> (Cu, Mn, Zn) e Broadacre Black<sup>®</sup> (Cu, Mn, Mo, Zn)] e o tratamento controle (sem aplicação). De base dos resultados observou-se que a aplicação dos fertilizantes foliares NHT Complet<sup>®</sup> e Broadacre<sup>®</sup> Black foram as melhores opções, por resultarem no incremento da altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, peso de vagens e produtividade de grãos para as cultivares de soja ST797 IPRO, BMX Bônus IPRO e BMX Única IPRO. As cultivares de soja ST 797 IPRO e BMX BÔNUS IPRO possuem maior potencial de produção de grãos para a região do Cerrado em anos com ocorrência de estiagem durante o estágio reprodutivo.

**Palavras-chave:** Adubação foliar; fertilizante foliar; *Glycine max*.

### 1. Introdução

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill.] é uma das culturas oleaginosas de maior importância socioeconômica para o Brasil e o mundo. O Brasil é atualmente o maior produtor de soja do mundo, na safra 2024/2025 a cultura ocupou uma área de 47,4 milhões de hectares, com produção total de 167,4 milhões de toneladas, o que representou produtividade média de 3.527 kg ha<sup>-1</sup> de grãos (CONAB, 2025).

A região do Cerrado é a maior produtora de soja do país, representando cerca de 60% da produção nacional (VILELA et al., 2020). A produção de soja nessa região certamente continuará a ser importante impulsionador do crescimento econômico agrícola do Brasil nos próximos anos. No entanto, os solos da região do Cerrado são, geralmente, ácidos e deficientes em nutrientes minerais essenciais para o adequado desenvolvimento das plantas (FAGERIA; NASCENTE, 2014). Tal fato tem dificultado a elevação dos níveis de produtividade de soja nessa região, especialmente porque esta cultura exige elevadas quantidades de nutrientes para obter altos níveis de produção de grãos (SEDIYAMA et al., 2015). Neste contexto, a adubação foliar pode ser excelente alternativa para complementar e equilibrar a nutrição mineral das



plantas, especialmente com micronutrientes, além de potencializar a produtividade e a rentabilidade dos produtores rurais na região do Cerrado.

Atualmente, a adubação foliar é uma prática agrônômica que se encontra regularmente presente no planejamento e no manejo da produção agrícola da cultura da soja no Brasil, especialmente quando se utiliza cultivares de alto potencial produtivo. Essa prática de manejo é eficiente e de rápida aplicação e tem como finalidade complementar a adubação do solo e melhorar a performance da lavoura no campo (FERNÁNDEZ *et al.*, 2015). O adequado fornecimento de micronutrientes pode favorecer o crescimento e o desenvolvimento das plantas, além de melhorar a produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, potencializar o enchimento dos grãos e a produtividade da cultura (FAGERIA *et al.*, 2009; NAVA *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2019).

A aplicação de fertilizantes foliares pode ser realizada desde o início do estágio vegetativo até o estágio reprodutivo das plantas de soja. Em geral, a aplicação tem sido realizada com a finalidade de melhorar o metabolismo nutricional, fisiológico e bioquímico das plantas e, conseqüentemente, o desenvolvimento e a produtividade da cultura da soja (GONÇALVES *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2022). Portanto, a adubação foliar pode ser fator essencial para melhorar o desenvolvimento das plantas e a produtividade de grãos da cultura da soja.

Respostas positivas à adubação foliar de micronutrientes tem sido reportadas em estudos agrônômicos com a cultura da soja. Segundo Oliveira *et al.* (2017), a aplicação foliar de zinco (Zn) no estágio vegetativo resultou no maior desenvolvimento das plantas e no aumento da produtividade da cultura de soja. Oliveira *et al.* (2022) reportaram que a adubação foliar de molibdênio (Mo) foi eficiente para melhorar a assimilação e o metabolismo de nitrogênio e a resposta das plantas à fixação de carbono, que resultou no aumento da produtividade de grãos das culturas da soja e milho. Rossi *et al.* (2012) também verificaram que a aplicação foliar de Mo no estágio vegetativo V<sub>4</sub> resultou no aumento dos componentes de produção e na produtividade de grãos da soja. Bedin *et al.* (2020) verificaram que a adubação foliar de cobre (Cu) resultou no aumento da produtividade de grãos da soja, especialmente devido a redução da severidade da ferrugem asiática. No entanto, Gonçalves *et al.* (2017) constataram que a aplicação foliar de Cu resultou no aumento do teor deste micronutriente nas folhas da soja, porém, não alterou a produtividade de grãos. No entanto, são escassos os estudos que buscaram avaliar a eficiência agrônômica da aplicação foliar de micronutrientes em anos como ocorrência de períodos de estiagem durante as fases vegetativas e reprodutivas da soja.

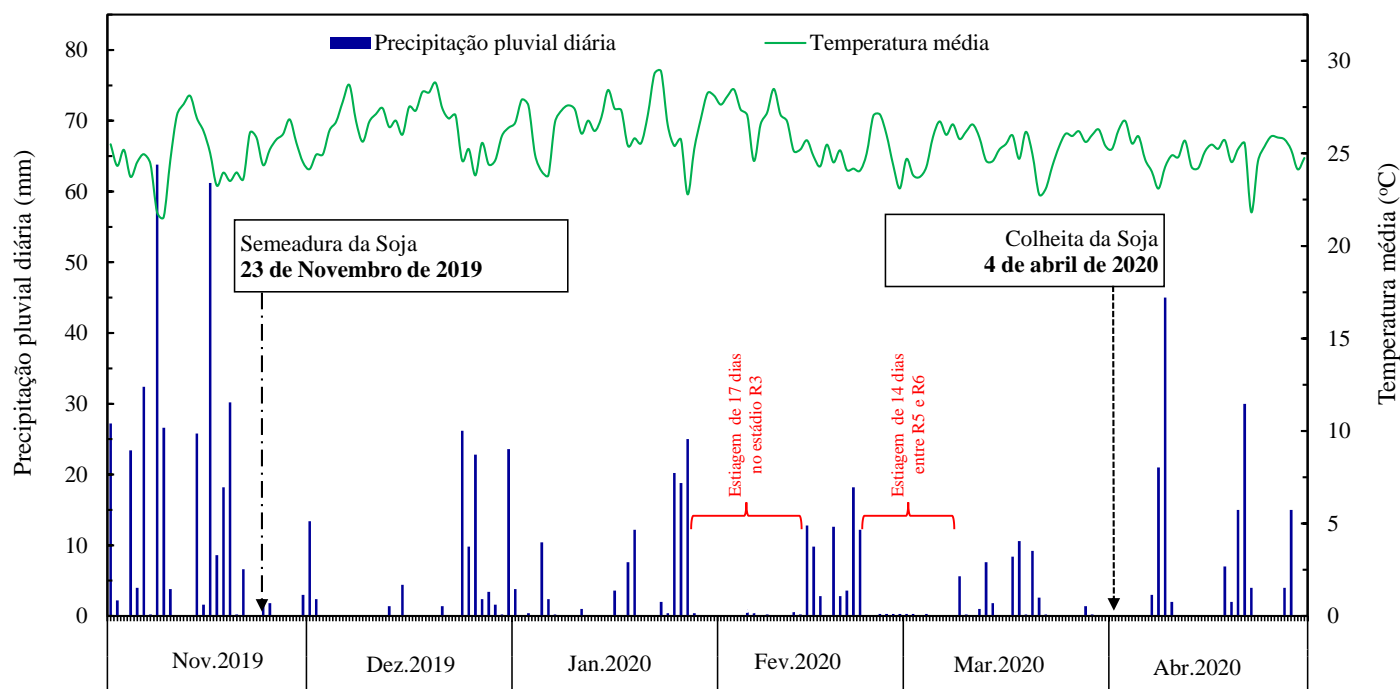
Este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a eficiência agrônômica do uso de fertilizantes foliares, à base de micronutrientes, durante os estádios vegetativo (V<sub>5</sub>) e reprodutivo (R<sub>3</sub>) como alternativa para potencializar a produtividade de grãos da cultura da soja cultivada em solo do Cerrado e com ocorrência de estiagem.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Localização e Caracterização da Área Experimental

O experimento foi conduzido durante a safra de 2019/2020 na área experimental da Fazenda “Rancho JL 2” localizada no município de Lagoa Santa, região sul do estado de Goiás (19°17' S; 51°07' W e altitude média de 470 m). O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo tropical chuvoso (Aw), com verão chuvoso e inverno seco entre os meses de maio e setembro (precipitação no inverno menor que 60 mm). A precipitação pluvial anual e a temperatura média anual são de 1.520 mm e 24,1 °C, respectivamente. Os dados de precipitação e temperatura registrados durante a condução do experimento são mostrados na Figura 1. A precipitação acumulada durante o período de desenvolvimento da cultura da soja foi de 385 mm, sendo que a precipitação pluvial mensal após a operação de semeadura da soja foi de 7,

131, 112, 95 e 40 mm, respectivamente, para os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março (Figura 1).



**Figura 1.** Precipitação pluvial diária (mm) e temperatura média diária (°C) durante a condução do experimento de soja no município de Lagoa Santa, GO, Brasil.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (LV), profundo, bem drenado e de textura média (320 g kg<sup>-1</sup> de argila, 80 g kg<sup>-1</sup> de silte e 600 g kg<sup>-1</sup> de areia) (SANTOS et al., 2018). Antes do início do experimento, a área experimental vinha sendo ocupada com pastagem nativa e não tinha histórico de uso agrícola. Antes da implantação do experimento, amostras de solo foram coletadas na camada superficial de 0–20 cm de profundidade, e as principais características químicas do solo são mostradas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características químicas do solo na camada de 0–20 cm de profundidade antes da implantação do experimento.

pH	P	MO	H + Al	Al	K	Ca	Mg	CTC	V
	mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			-----			%
4,7	6,2	10,1	3,00	0,25	0,25	1,40	0,50	5,15	42

pH em CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>. Extrator de P Mehlich-1.

A correção da acidez do solo foi realizada com a aplicação de 1700 kg ha<sup>-1</sup> de calcário (CaO = 38%; MgO = 11%; PRNT = 85%; e, PN = 62%), visando elevar a saturação por base do solo a 70% (SOUSA; LOBATO, 2004). Após a aplicação de calcário, foi realizado o preparo do solo mediante o uso de arado de disco e grade niveladora para a incorporação do calcário, e para deixar o terreno nivelado, apto ao cultivo da soja e livre de plantas daninhas.

## 2.2 Delineamento Experimental e Tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 3 × 5, com quatro repetições. Os tratamentos constituíram do cultivo de três cultivares de soja (ST 797 IPRO, BMX Bônus IPRO e BMX Única IPRO) e do uso de quatro fertilizantes foliares à base de micronutrientes (Maxi Zinc<sup>®</sup>, Nodulus Premium 125<sup>®</sup>, Complet NHT<sup>®</sup> e Broadacre Black<sup>®</sup>) aplicados durante as fases vegetativa (V<sub>5</sub>) e reprodutiva (R<sub>3</sub>). Um tratamento adicional sem aplicação de fertilizante foliar foi utilizado como controle para cada cultivar de soja. A descrição da composição química, das doses e do estágio fenológico em que os fertilizantes

foliares foram aplicados são mostrados na Tabela 2. As doses dos fertilizantes foliares aplicados foram baseados na recomendação do fabricante para a cultura da soja.

A aplicação dos fertilizantes foliares foi realizada com auxílio de um pulverizador costal pressurizado por CO<sub>2</sub> com capacidade de pressão de trabalho de 0,80 MPa, equipado com bico tipo leque plano, ajustado para aplicar volume de calde de 180 L ha<sup>-1</sup>. Após a adubação foliar observou-se período mínimo de 72 h sem ocorrência de chuva, possibilitando o melhor aproveitamento dos fertilizantes foliares.

**Tabela 2.** Composição química dos fertilizantes foliares à base de micronutrientes aplicados na cultura da soja durante os estádios vegetativos (V<sub>5</sub>) e reprodutivos (R<sub>3</sub>) na safra 2019/2020. Lagoa Santa (GO).

Fertilizante foliar	Composição química	Dose (mL ha <sup>-1</sup> )	Estádio fenológico
Maxi Zinc®	1000 g L <sup>-1</sup> Zn	400	V <sub>5</sub> + R <sub>3</sub>
Nodulus Premium 125®	125 g L <sup>-1</sup> Mo; 12,5 g L <sup>-1</sup> Co	100	V <sub>5</sub> + R <sub>3</sub>
Compleat NHT®	385 g L <sup>-1</sup> Cu; 340 g L <sup>-1</sup> Mn; 89,5 g L <sup>-1</sup> Zn	200	V <sub>5</sub> + R <sub>3</sub>
Broadacre Black®	117 g L <sup>-1</sup> Cu; 164 g L <sup>-1</sup> Mn; 56 g L <sup>-1</sup> Mo; 264 g L <sup>-1</sup> Zn	400	V <sub>5</sub> + R <sub>3</sub>

Cada unidade experimental foi constituída de 3,0 m de comprimento por 2,0 m de largura (4 linhas de semeadura com espaçamento de 0,50 m). Para as avaliações dos componentes de produção e da produtividade de grãos foram consideradas as três linhas centrais desprezando-se 0,5 m das extremidades de cada fileira de plantas, totalizando uma área útil de 2,0 m<sup>2</sup> (2,0 × 1,0 m).

### 2.3 Implantação e Condução do Experimento

A semeadura dos cultivares de soja foi realizada mecanicamente no dia 23 de novembro de 2019, em espaçamento entrelinhas de 0,50 m, utilizando-se 17 sementes por metro. As sementes foram previamente tratadas com piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil (Standak Top®) na dose de 2 mL kg<sup>-1</sup> de semente e, posteriormente, inoculadas com as estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080 de *Bradyrhizobium japonicum*, utilizando-se inoculante comercial líquido Simbiose Nod® Soja (Simbiose: Agrotecnologia Biológica), na dosagem de 4 mL kg<sup>-1</sup> de semente. A adubação de base foi realizada com aplicação de 400 kg ha<sup>-1</sup> da formulação do fertilizante NPK 04-30-10 no sulco de semeadura. Aos 30 dias após a emergência, foi realizada adubação de cobertura com 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de cloreto de potássio (KCl). A adubação de cobertura foi realizada a lanço, à 15 cm de distância da linha de semeadura.

O manejo de plantas daninhas, pragas e doenças durante o desenvolvimento das plantas de soja foi realizado utilizando-se os seguintes produtos: Glyphosate, Piraclostrobina + Epoxiconazol, Azoxistrobina + Ciproconazole, Teflubenzurom, Clorpirifós e Cipermetrina, conforme a necessidade da cultura e recomendações técnicas (EMBRAPA, 2011).

### 2.4 Avaliação dos Componentes de Produção e Produtividade da Soja

A colheita da soja foi realizada manualmente quando as plantas estavam no estágio de desenvolvimento R8 (95% das vagens maduras). Por ocasião da colheita foram determinados a altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, peso de vagens por planta, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos. A altura de planta e altura de inserção da primeira vagem foi mensurada da superfície do solo até a inserção do meristema apical e inserção da primeira vagem, respectivamente. O número de vagens por planta e o peso das vagens por planta foram determinados em uma amostra aleatória de dez plantas da área útil

da parcela. A massa de 1000 grãos foi determinada pela pesagem de cinco amostras aleatórias de 100 grãos. A produtividade de grãos foi padronizada para grau de umidade dos grãos de 13%.

### 2.5 Análises Estatísticas

Os dados foram previamente testados para verificação das hipóteses estatísticas de homoscedasticidade das variâncias (Teste de Levene;  $p > 0,05$ ) e de normalidade dos resíduos (teste de Shapiro-Wilk;  $p > 0,05$ ) por meio do software estatístico Action Stat Pro<sup>®</sup> versão 3.6 para Windows (Estatcamp – Consultoria Estatística e Qualidade, Campinas, SP). Em seguida, os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e os efeitos significativos do teste F de Fisher–Snedecor ( $p \leq 0,05$ ) foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software estatístico Sisvar<sup>®</sup> versão 5.6 para Windows (FERREIRA, 2014).

### 3. Resultados e Discussão

A cultivar BMX Bônus IPRO possui maior altura de planta quando comparada as cultivares de soja ST 797 IPRO e BMX Única IPRO (Tabela 3). Zuffo et al. (2022) também verificaram que as plantas da cultivar de soja BMX Bônus possuem maior altura (112 cm) em comparação a altura média das demais cultivares de soja (90 cm). Estes resultados podem estar associados ao maior grau de maturidade relativo (GMR de 7.9) e maior duração do ciclo médio (125 dias) da cultivar BMX Bônus IPRO em comparação as outras duas cultivares de soja para a região Sul do Estado de Goiás, que possuem ciclo médio de 108 a 115 dias.

A aplicação foliar de micronutrientes resultou no incremento médio de 10% e 14% na altura de planta, respectivamente, para as cultivares de soja BMX Única IPRO e ST 797 IPRO quando comparado as plantas controle sem aplicação de fertilizante foliar (Tabela 3). Em geral, estes resultados evidenciam que a aplicação foliar de fertilizantes contendo micronutrientes tiveram efeito benéfico sobre o crescimento das plantas destas duas cultivares de soja. Souza et al. (2009) verificaram que a aplicação foliar de micronutrientes à base de Cu, Fe, B, Mo, Mn e Zn resultou na maior altura das plantas de soja. O efeito benéfico de fertilizantes foliares contendo Zn na sua composição sobre o crescimento das plantas está associado à sua atuação na ativação de diversas enzimas e no crescimento meristemático das plantas por atuar na síntese do aminoácido triptofano, precursor do ácido indolacético (AIA), uma auxina responsável por promover o alongamento celular e regular o crescimento das plantas (TAIZ et al., 2017).

A altura de inserção da primeira vagem variou de 9,8 a 17,9 cm, e foi significativamente maior nas cultivares de soja BMX Bônus IPRO (Tabela 3). A altura de inserção da primeira vagem de soja é característica agrônômica importante para a operação da colheita mecanizada da cultura da soja. Segundo Sedyama et al. (2015), a altura de inserção da primeira vagem deve ser de pelo menos 12 cm para reduzir as perdas durante a operação da colheita mecanizada. Portanto, com base neste valor de referência, a altura de inserção da primeira vagem obtida neste estudo pode ser fator limitante para a colheita mecanizada apenas nas cultivares de soja BMX Única IPRO e ST 797 IPRO no tratamento controle sem aplicação de fertilizante foliar.

Em geral, a aplicação foliar de micronutrientes resultou na maior altura de inserção da primeira vagem para as três cultivares de soja quando comparado ao tratamento controle sem aplicação de fertilizante foliar (Tabela 3). Oliveira et al. (2017) reportaram a importância da aplicação de micronutrientes, especialmente do Zn em aumentar a altura de inserção da primeira vagem na cultura da soja, em torno de 12%. Tal efeito está associado a atuação dos micronutrientes no crescimento das plantas por estar envolvido na ativação enzimática (TAIZ et al., 2017).

As cultivares de soja ST 797 IPRO e BMX Bônus IPRO possuem maior peso de vagens quando comparado a cultivar BMX Única IPRO (Tabela 3). A massa de mil grãos da cultivar ST 797 IPRO foi significativamente maior quando comparado com as outras duas cultivares de soja (Tabela 3). Por sua vez, a produtividade de grãos das cultivares BMX Bônus IPRO e ST 797

IPRO foi significativamente maior quando comparado com cultivar BMX Única IPRO (Tabela 3). Em média, as cultivares BMX Bônus IPRO e ST 797 IPRO possuem potencial de produção de grãos 90% e 115% superior a cultivar de soja BMX Única IPRO. Estes resultados indicam que as cultivares BMX Bônus IPRO e ST 797 IPRO possuem maior adaptação e estabilidade de produção em condições ambientais adversas.

**Tabela 3.** Efeito da aplicação foliar de fertilizantes foliares à base de micronutrientes na altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, peso das vagens, massa de mil grãos e produtividade de grãos dos cultivares de soja cultivados durante a safra 2019/2020 no município de Lagoa Santa (GO).

Adubação foliar	Cultivar de soja		
	BMX Bônus IPRO	BMX Única IPRO	ST 797 IPRO
<b>Altura de planta (cm)</b>			
Controle	94,6 aA	60,7 bB	64,8 bB
Maxi Zinc® (Zn)	98,2 aA	66,1 aC	75,3 aB
Nodulus Premium 125® (Mo, Co)	97,3 aA	65,7 aB	70,4 aB
NHT Complet® (Cu, Mn, Zn)	100,8 aA	65,2 aB	73,7 aB
Broadacre Black® (Cu, Mn, Mo, Zn)	101,4 aA	70,3 aB	76,1 aB
<b>Altura de inserção da primeira vagem (cm)</b>			
Controle	14,9 bA	11,9 bB	9,8 bB
Maxi Zinc® (Zn)	15,7 aA	13,7 abB	13,1 aB
Nodulus Premium 125® (Mo, Co)	16,2 aA	12,6 bB	12,0 aB
NHT Complet® (Cu, Mn, Zn)	17,1 aA	13,1 aB	12,7 aB
Broadacre Black® (Cu, Mn, Mo, Zn)	17,9 aA	14,0 aB	13,2 aB
<b>Peso total das vagens por planta (g)</b>			
Controle	17,8 bA	13,0 bB	16,5 cA
Maxi Zinc® (Zn)	20,5 aA	13,9 abB	19,9 bA
Nodulus Premium 125® (Mo, Co)	19,7 abA	14,4 abB	18,1 bcA
NHT Complet® (Cu, Mn, Zn)	20,4 aA	15,0 aB	22,5 aA
Broadacre Black® (Cu, Mn, Mo, Zn)	22,2 aA	15,8 aB	23,8 aA
<b>Massa de mil grãos (g)</b>			
Controle	85 bB	79 bB	102 bA
Maxi Zinc® (Zn)	95 aB	90 aB	110 abA
Nodulus Premium 125® (Mo, Co)	99 aB	94 aB	113 abA
NHT Complet® (Cu, Mn, Zn)	102 aB	93 aB	120 aA
Broadacre Black® (Cu, Mn, Mo, Zn)	100 aB	98 aB	127 aA
<b>Produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>)</b>			
Controle	1657 bA	741 bB	1824 bA
Maxi Zinc® (Zn)	1940 aA	1002 abB	2186 abA
Nodulus Premium 125® (Mo, Co)	1905 aA	997 abB	1978 bA
NHT Complet® (Cu, Mn, Zn)	1981 aA	1098 aB	2317 aA
Broadacre Black® (Cu, Mn, Mo, Zn)	2034 aA	1184 aB	2482 aA

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, são diferentes pelo teste de Tukey (p < 0,05).

A massa de mil sementes, além de ser importante indicador da qualidade fisiológica das sementes, é importante componente de produção da planta que define o potencial de produtividade de grãos da cultura da soja. A massa de mil sementes e a produtividade de grãos obtidas neste estudo estão abaixo dos valores médios obtidos para estas cultivares na região sul de Goiás. Segundo Cabral et al. (2022), as cultivares utilizadas neste estudo possuem massa de mil grãos variando de 145 a 200 g e potencial de produção de grãos superior a 3.000 kg ha<sup>-1</sup>. Segundo Sediyaama et al. (2015), a massa dos grãos e a produtividade da soja estão diretamente relacionada com a interação genótipo e ambiente. Portanto, a baixa precipitação pluviométrica (385 mm) que ocorreu durante o ciclo de desenvolvimento da cultura da soja, aliando aos dois períodos de estiagem durante o estágio reprodutivo da cultura da soja (Figura 1) resultou no menor potencial de enchimento dos grãos e na menor produtividade de grãos da cultura (Tabela 3). Em média, a necessidade hídrica ideal para a cultura da soja varia de 450 a 800 mm durante todo o seu ciclo de desenvolvimento (SEDIYAMA et al., 2015).

A aplicação da maioria dos fertilizantes foliares à base de micronutrientes resultaram no maior peso das vagens, massa de mil grãos e maior produtividade de grãos quando comparado ao tratamento controle sem aplicação de fertilizante foliar (Tabela 3). Resultados semelhantes foram obtidos por Garcia et al. (2009), os quais constataram que a aplicação foliar de Cu e Zn resultou no aumento da produtividade de grãos da cultura de soja. Oliveira et al. (2017) também reportaram que a aplicação foliar de Zn resultou no aumento da produtividade de grãos da soja. Por sua vez, o aumento da produtividade de grãos com a aplicação foliar de Mo tem sido comumente reportado em outros estudos com a cultura da soja (ROSSI et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2022) e feijão (NASCIMENTO et al., 2009; CALONEGO et al., 2010; ROCHA et al., 2011). Segundo Alves & Berti (2022), o Mo tem papel fundamental no aumento da produtividade das culturas leguminosas, uma vez que este micronutriente é componente estrutural das enzimas responsáveis pela fixação biológica do nitrogênio, nitrogenase e nitrato redutase.

Bedin et al. (2020) verificaram que a adubação foliar de Cu resultou no aumento da produtividade de grãos da soja, especialmente devido a redução da severidade da ferrugem asiática. O Cu é um micronutriente que atua na regulação dos processos de fotossíntese, auxiliando a respiração da planta, balanceando os nutrientes, ativando enzimas e contribuindo na fixação biológica do N nas plantas de soja (TAIZ et al., 2017; BENICIO-NETO; BERTI, 2022). Além disso, também é responsável por aumentar a resistência às doenças e proteção da planta (BEDIN et al., 2020). Neste estudo, a aplicação foliar do fertilizante contendo Cu na sua composição (NHT Complet<sup>®</sup> e Broadacre<sup>®</sup>) resultou em produtividade de grãos superior ao tratamento controle (sem aplicação de fertilizante foliar) (Tabela 3).

O aumento da produtividade de grãos com a adubação foliar de micronutrientes durante os estádios de florescimento e enchimento de grãos (R1 a R5) tem sido justificada devido a redução da atividade radicular e capacidade de absorção de nutrientes pelas raízes das plantas, justamente em uma época que coincide com a maior demanda de nutrientes pela cultura da soja, onde ocorre alta taxa de translocação de nutrientes das folhas para os grãos em formação (FAGERIA et al., 2009; VEIGA et al., 2010; SEDIYAMA et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2019).

#### 4. Conclusões

Os fertilizantes foliares contendo Cu, Mn e Zn (NHT Complet<sup>®</sup>) e Cu, Mn, Mo e Zn (Broadacre Black<sup>®</sup>) são as melhores opções para serem aplicados na cultura da soja, por resultarem no incremento da altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, peso de vagens e da produtividade de grãos para as cultivares de soja ST797 IPRO, BMX Bônus IPRO e BMX Única IPRO. No entanto, novos estudos devem ser conduzidos para avaliar a eficiência agrônômica da aplicação destes fertilizantes em outras condições ambientais de cultivo da cultura da soja.

As cultivares de soja ST 797 IPRO e BMX BÔNUS IPRO possuem maior potencial e estabilidade de produção de grãos para a região do Cerrado.

## 5. Referências

- Alves, S. R. V., & Berti, M. P. S. (2022). Molibdênio no metabolismo e dinâmica vegetal: uma revisão. *Revista Agrotecnologia*, 13(1): 50-63.
- Bedin, E.; Caverzan, A.; Silveira, D.; & Chavarria, G. (2020). Foliar fortification of copper (Cu) in *Glycine max* L. for the protection against Asian soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P.Syd.). *Plant Science Today*, 7(4): 551-558.
- Benicio-Neto, M. R., & Berti, M. P.S. (2022). Dinâmica do cobre na planta – revisão. *Revista Agrotecnologia*, 13(2): 1-13.
- Cabral, R. C.; Maekawa, S. C. E.; Zuffo, A. M.; & Steiner, F. (2020) Selection indices to identify drought-tolerant soybean cultivars. *Research, Society and Development*, 9(7), e259973812.
- Calonego, J. C.; Júnior, E. U. R.; Barbosa, R. D.; Leite, G. H. P.; Filho, H. G. (2010). Adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro com suplementação de molibdênio via foliar. *Revista Ciência Agronômica*, 41: 334-340.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. (2025) *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*, v. 12 – Safra 2024/2025, – Sexto levantamento, Brasília, DF: CONAB, 2025. 118p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2011) *Tecnologias de produção de soja: Região Central do Brasil*. Londrina: Embrapa Soja.
- Fageria, N. K.; Filho, M. P. B.; Moreira, A.; Guimarães, C. M. (2009). Foliar fertilization of crop plants, *Journal of Plant Nutrition*, 32(6): 1044-1064.
- Fageria, N. K.; Nascente, A. S. (2014). Management of soil acidity of South American soils for sustainable crop production. *Advances in Agronomy*, 128(1): 221-275.
- Fernández, V.; Sotiropoulos, T.; Brown, P.; Rodella, A. A. (2015) *Adubação foliar: fundamentos científicos e técnicas de campo*. 150p.
- Ferreira, D. F. (2014) Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(2): 109-112.
- Garcia, G. G.; Silva, T. R. B.; Secco, D. (2009). Épocas de aplicação e doses de fertilizante a base de cobre e zinco no rendimento de grãos de soja. *Cultivando o Saber*, 2(4): 18-25.
- Gonçalves, F. A. R.; Xavier, F. O.; Oliveira, T. F.; Godinho Júnior, J. D.; Aquino, L. A. (2017). Aplicação foliar de doses e fontes de cobre e manganês nos teores foliares destes micronutrientes e na produtividade da soja. *Cultura Agronômica*, 26(3): 384 -392.
- Nascimento, M. S.; Arf, O.; Barbosa, G. F; Buzetti, S.; Nascimento, R. S.; Castro, R. M. Nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar em feijoeiro de inverno no sistema plantio direto. *Scientia Agraria*, 10(4): 351-358.
- Nava, I. A.; Gonçalves-Júnior, A. C.; Valdir, L. G. V. L.; Nacke, H.; Schwantes, D. (2011). Efeito agroeconômico de adubos formulados contendo zinco de diferentes marcas comerciais no cultivo da soja em um Latossolo Vermelho. *Scientia Agraria Paranaensis*, 10(3): 32-34.
- Oliveira, F. C.; Benett, C. G. S.; Benett, K. S. S.; Silva, L. M.; Vieira, B. C. (2017) Diferentes doses e épocas de aplicação de zinco na cultura da soja. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4(4): 28-35.
- Oliveira, S. L.; Crusciol, C. A. C.; Rodrigues, V. A.; Galeriani, T. M.; Portugal, J. R.; Bossolani, J. W.; Moretti, L. G.; Calonego, J. C.; Cantarella, H. (2022). Molybdenum foliar fertilization improves photosynthetic metabolism and grain yields of field-grown soybean and maize. *Frontiers in Plant Science*, 13: e887682.
- Oliveira, S. M.; Júnior, C. P.; Lago, B. C.; Almeida, R. E. M.; Trivelin, P. C. O.; Favarini, J. L. (2019). Grain yield, efficiency and the allocation of foliar N applied to soybean canopies. *Scientia Agrícola On-line*, 76(4): 305-310.
- Rocha, P. R. R.; Araújo, G. A. A.; Carneiro, J. E. S.; Cecon, P. R.; Lima, T. C. (2011) Adubação molibídica na cultura do feijão nos sistemas de plantio de plantio direto e convencional. *Revista Caatinga*, 24(1): 9-17.

Rossi, R. L.; Silva, T. R. B.; Trugilo, D. P.; Reis, A. C. S.; Farias, C. M. Q. (2012) Adubação foliar com molibdênio na cultura da soja. *Journal of Agronomic Sciences*, 1(1): 12-23.

Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. A.; Lumbreras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A.; Araujo Filho, J. C.; Oliveira, J. B.; Cunha, T. J. F. (2018) *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5ª Ed. Brasília, DF: Embrapa, 356p.

Sedyama, T.; Silva, F.; Borém, A. (2015). *Soja: do plantio à colheita*. Viçosa: UFV, 333p.

Sousa, D. M. G.; Lobato, E. (Eds.). (2004). *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica.

Souza, L. C. F.; Zanon, G. D.; Pedroso, F. F.; Andrade, L. H. L. (2009) Teor de proteína e de óleo nos grãos de soja em função do tratamento de sementes e aplicação de micronutrientes. *Ciência e Agrotecnologia*, 33(6): 1586-1593.

Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A. (2017) *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 888p.

Veiga, A. D.; Pinho, E. V. R. V.; Veiga, A. D.; Pereira, P. H. A. R.; Oliveira, K. C.; Pinho, R. G. V. (2010) Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(4): 953-960.

Vilela, G. F.; Farias, A. R.; Paim, F. A. P.; Castro, G. S. A.; Oshiro, O. T.; Carvalho, C. A. (2020). Cerrado: agricultural production and areas designated for environmental preservation registered in the Brazilian rural environmental registry (Cadastro Ambiental Rural). *Journal of Environmental Science and Engineering B*. 9(3): 87-107.

Zuffo, A. M.; Ratke, R. F.; Steiner, F.; Aguilera, J. G. (2022) Agronomic characteristics of soybean cultivars with late-season nitrogen application in supplementation to the inoculation of *Bradyrhizobium* spp. *Ciência e Agrotecnologia*, 46: e022521.

## 6. Informações Adicionais

### 6.1 Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Ecofisiologia Vegetal e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PGAGRO) da Universidade do Estado de Mato Grosso do Sul (UEMS). Os autores agradecem à Agrichem do Brasil S.A. e à Cultivare Representações de Agronegócios Ltda. pelo fornecimento dos fertilizantes foliares aplicados nesta pesquisa.

### 6.2 Financiamento

Esta pesquisa não foi financiada.

### 6.3 Conflito de Interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesses.