



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO  
ENGENHARIA AGRONÔMICA

**JOÃO VICTOR REIS DA SILVA**

**RESPOSTAS MORFOAGRONÔMICAS DA SOJA (*Glycine max* L.) À  
APLICAÇÃO FOLIAR DE MICRONUTRIENTES E EXTRATO DE  
ALGAS**

**Sete Lagoas – MG  
Julho 2026**

**JOÃO VICTOR REIS DA SILVA**

**RESPOSTAS MORFOAGRONÔMICAS DA SOJA (*Glycine max* L.) À  
APLICAÇÃO FOLIAR DE MICRONUTRIENTES E EXTRATO DE  
ALGAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao curso de Engenharia Agrônômica da  
Universidade Federal de São João del-Rei como  
requisito parcial para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Agrônômica

Área de concentração: Fitotecnia

Orientador: Amilton Ferreira da Silva

**Sete Lagoas – MG  
Julho 2026**

**JOÃO VICTOR REIS DA SILVA**

**EFEITO DOS COMPONENTES DE UM FERTILIZANTE  
ORGANOMINERAL NO DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE  
DA SOJA (*Glycine max* L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao curso de Engenharia Agrônômica da  
Universidade Federal de São João del Rei como  
requisito parcial para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Agrônômica

Área de concentração: Fitotecnia

Orientador: Amilton Ferreira da Silva

Sete Lagoas, 17 de julho de 2026

Banca examinadora:

---

Amilton Ferreira da Silva – Doutor – UFSJ

---

Anna Luíza Xavier Perreira – Mestranda – UFSJ

---

Willian Gonçalves Souza – Mestre – UFSJ

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1</b> – Quadrado médio das variáveis avaliadas.                                                        | 9  |
| <b>Tabela 2</b> – Médias de altura de plantas em função da aplicação de bioestimulantes e micronutrientes.       | 10 |
| <b>Tabela 3</b> – Médias de nós nas hastes laterais em função da aplicação de bioestimulantes e micronutrientes. | 14 |
| <b>Tabela 4</b> – Médias de peso de grão em função da aplicação de bioestimulantes e micronutrientes.            | 16 |

## SUMÁRIO

|                        |    |
|------------------------|----|
| INTRODUÇÃO             | 6  |
| MATERIAL E MÉTODOS     | 8  |
| Área de estudo         | 8  |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO | 9  |
| Altura                 | 10 |
| Nós na haste principal | 12 |
| Peso de grãos          | 14 |
| CONCLUSÃO              | 16 |
| REFERÊNCIAS            | 18 |

## Respostas Morfoagronômicas da soja (*Glycine max* L.) à Aplicação Foliar de Micronutrientes e Extrato de Algas

### Morpho-agronomic Responses of Soybean (*Glycine max* L.) to Foliar Application of Micronutrients and Seaweed Extract

João Victor Reis da Silva<sup>1</sup>, Amilton Ferreira da Silva<sup>2</sup>

**RESUMO:** Os micronutrientes são de extrema importância para o desenvolvimento pleno da fisiologia e metabolismo das plantas. Esses micronutrientes podem ser encontrados em diferentes formas, sejam elas: orgânicas, minerais ou até mesmo bioinsumos como extrato e algas. A análise da interação desses micronutrientes e seu funcionamento na soja (*Glycine max*) é importante para se obter conhecimento dessas diferentes interações, tanto dos micronutrientes separados, do bioinsumo ou de ambos juntos. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi verificar o desempenho dos componentes do Multi Biocomoni<sup>®</sup> em cada um dos tratamentos e seu impacto tanto na morfologia quanto na produtividade da planta de soja. O experimento foi realizado na Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), no campus de Sete Lagoas – MG. O experimento foi conduzido utilizando delineamento experimental distribuição de blocos casualizados (DBC), com sete tratamentos e quatro repetições. Foram avaliadas: altura, inserção primeira vagem, nº de vagens, peso de grãos, hastes laterais e inserção nas hastes laterais. O presente estudo obteve resultados significativos para as médias de: altura, nº de nós nas hastes laterais e peso de grãos quando comparados as testemunhas, já para as outras variáveis analisadas não houve em nenhuma das médias alguma significância em relação a testemunha. A análise das características morfológicas da soja permitiu conhecer os efeitos dos micronutrientes e dos bioinsumos, além de verificar seu impacto no crescimento vegetativo e produtividade da soja.

**Palavras chaves:** Bioinsumos; Micronutrientes; Multi Biocomoni; Morfologia.

**ABSTRACT:** Micronutrients are crucial for the optimal physiological and metabolic development of plants. These micronutrients can be found in various forms, including organic sources, minerals, or even bio-inputs such as seaweed extracts. Analyzing the interactions and functioning of these micronutrients in soybean plants (*Glycine max*) is essential to understanding the effects of the micronutrients alone, the bio-input, or a combination of both. Accordingly, this study aimed to evaluate the performance of the components of Multi Biocomoni<sup>®</sup> across different treatments and their impact on both soybean plant morphology and productivity. The experiment was conducted at the Federal University of São João del-Rei (UFSJ), Sete Lagoas campus (Minas Gerais). The experiment was conducted using a randomized complete block design (RCBD), with seven treatments and four replications.; the parameters analyzed included plant height, height of the first pod insertion, number of pods, grain weight, number of lateral branches, and height of pod insertion on lateral branches. The present study yielded significant results for the mean values of height, number of nodes on lateral branches, and grain weight compared to the controls; however, no significant differences relative to the control were observed for the other variables analyzed. The analysis of soybean morphological characteristics made it possible to determine the effects of micronutrients and bio-inputs, in addition to assessing its impact on vegetative growth and soybean productivity.

**Keywords:** Bio-inputs; Micronutrients; Multi Biocomoni; Morphology.

# INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) constitui uma das culturas agrícolas de maior importância econômica no mundo, desempenhando papel estratégico na produção de proteína vegetal, óleo e biocombustíveis. Originária da Ásia, foi introduzida no Brasil no final do século XIX e consolidou sua expansão a partir da década de 1970, impulsionada pelo melhoramento genético, pela adaptação da cultura às condições do Cerrado e pelos avanços tecnológicos aplicados ao sistema produtivo (EMBRAPA, 2023; CONAB, 2025). Atualmente, o Brasil figura entre os maiores produtores e exportadores mundiais de soja, contribuindo de forma expressiva para a economia nacional e para o abastecimento do mercado internacional.

O elevado potencial produtivo da cultura depende, entre outros fatores, de um adequado manejo nutricional. Embora os macronutrientes sejam requeridos em maiores quantidades, os micronutrientes exercem funções metabólicas essenciais ao crescimento e ao desenvolvimento das plantas, mesmo sendo exigidos em baixas concentrações. Deficiências de elementos como cobalto (Co), molibdênio (Mo) e níquel (Ni) podem comprometer processos fisiológicos fundamentais, especialmente aqueles relacionados ao metabolismo do nitrogênio e à eficiência da simbiose entre a soja e bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, responsáveis pela fixação biológica de nitrogênio (DE OLIVEIRA et al.). Em razão disso, cresce o interesse da pesquisa científica em compreender os efeitos da aplicação desses micronutrientes sobre o desempenho agrônomo da cultura, sobretudo em ambientes de alta produtividade, nos quais pequenas limitações nutricionais podem resultar em perdas econômicas significativas (TAIZ et al., 2025; MARSCHNER, 2024).

Estudos recentes demonstram que a aplicação isolada ou combinada de cobalto, molibdênio e níquel pode promover melhorias na eficiência da fixação biológica de nitrogênio, no desenvolvimento radicular, no acúmulo de biomassa, na absorção de nutrientes e na produtividade da soja. Trevizani (2022), por exemplo, verificou que o tratamento de sementes com Mo associado a Co e Ni aumentou a eficiência da nutrição nitrogenada e proporcionou incrementos na produtividade da cultura. De forma semelhante, Neto e Duarte et al. (2019) observaram que a aplicação foliar desses micronutrientes no estágio vegetativo V3, aos 24 dias após a semeadura, promove maior equilíbrio nutricional em comparação ao tratamento de sementes, sendo a dose de 280 g ha<sup>-1</sup> a que proporcionou os maiores rendimentos de grãos. Entretanto, os resultados obtidos variam em função das condições edafoclimáticas, da disponibilidade natural desses elementos no solo, da cultivar utilizada, bem como da forma e

da época de aplicação, evidenciando a necessidade de pesquisas regionais que subsidiem recomendações mais precisas de manejo nutricional.

Além do manejo de micronutrientes, a busca por estratégias capazes de aumentar a eficiência fisiológica da cultura tem impulsionado o desenvolvimento e a utilização de bioestimulantes agrícolas. Esses produtos apresentam potencial para intensificar processos fisiológicos relacionados ao crescimento vegetal, favorecer a absorção e o aproveitamento de nutrientes, estimular o desenvolvimento radicular e aumentar a tolerância das plantas aos estresses ambientais, atuando de forma complementar às práticas convencionais de fertilização e inoculação. Segundo Altmann (2024), os bioestimulantes promovem melhorias na nutrição das plantas ao favorecerem o crescimento do sistema radicular, intensificarem a corrente transpiratória e aumentarem a disponibilidade de nutrientes quando aplicados ao solo.

Nas últimas décadas, o interesse por esses produtos tem aumentado significativamente, impulsionado pela necessidade de elevar a produtividade agrícola de maneira sustentável, conciliando maior eficiência no uso de insumos com a redução dos impactos ambientais. Nesse contexto, Silva et al. (2024) relatam que os efeitos positivos dos bioestimulantes sobre o crescimento inicial da soja estão associados à capacidade desses produtos de modificar o metabolismo hormonal e nutricional das plantas, favorecendo seu crescimento e desenvolvimento. Entre os bioestimulantes mais empregados destacam-se os extratos de algas marinhas, que vêm apresentando resultados promissores em diferentes condições de cultivo (DU JARDIN, 2020; YAKHIN et al., 2021).

Dentre esses produtos, os extratos da alga *Ascophyllum nodosum* têm recebido destaque devido à presença de compostos bioativos capazes de estimular o crescimento radicular, aumentar a absorção de nutrientes, favorecer a atividade fotossintética e elevar a tolerância das plantas aos estresses bióticos e abióticos. Estudos indicam que sua associação ao manejo nutricional pode potencializar o desempenho fisiológico da soja, embora as respostas observadas dependam da dose utilizada, da época de aplicação e das condições de cultivo. Da Silva (2021) verificou que a utilização de fertilizantes associados a bioestimulantes influenciou positivamente variáveis fenométricas da cultura da soja.

Diante da expressiva importância econômica da soja e da crescente demanda por sistemas produtivos mais eficientes e sustentáveis, torna-se relevante investigar os efeitos da aplicação de micronutrientes e bioestimulantes sobre o desempenho da cultura. Nesse contexto, a associação entre cobalto, molibdênio, níquel e extratos de algas apresenta potencial para otimizar a eficiência nutricional, favorecer o desenvolvimento das plantas e contribuir para o

aumento da produtividade. Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos da aplicação foliar do Multi BioCoMoNi®, cobalto, molibdênio, níquel, da associação cobalto + molibdênio e do extrato de algas sobre características morfológicas e componentes de produção da soja cultivada em vasos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O experimento foi realizado na Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), no *campus* de Sete Lagoas – MG, localizado a 19°28'33.39" S, 44°11'42.29" W, de 800 m de altitude. O clima da região é tropical úmido com inverno seco e verão quente (tipo Cwa – segundo Köppen) e possui precipitação média anual de 1335 mm e temperatura média de 21,6 °C.

O experimento foi instalado em vasos de 20L. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 7 tratamentos e quatro repetições, sendo: T1: Testemunha (T), T2: BioCoMoNi (BCM), T3: Cobalto + Molibdênio (CM), T4: Cobalto (Co), T5: Molibdênio (Mo), T6: Níquel (Ni) e T7: Extrato de algas (EA).

A semeadura foi realizada no dia 19 de dezembro de 2024, a cultivar de soja semeada no plantio foi BRASMAX Olimpo IPRO, com seis sementes por vaso, sendo inoculadas no mesmo dia. Foram semeadas seis plantas em cada um dos vasos e posteriormente realizou-se um desbaste das mesmas, visando permanecer somente duas plantas mais vigorosas por vaso. O preparo dos produtos a serem utilizados nos tratamentos foram feitos no laboratório de química e fertilidade da Universidade Federal São João del-Rei - Campus Sete Lagoas, em conjunto com o técnico responsável do laboratório, onde preparou-se a dose do produto Multi BioCoMoNi<sup>®</sup>, e também formulou-se Cobalto e Níquel na concentração de 1% em 500ml de água; Molibdênio na concentração de 10% em 500ml de água; e o extrato de algas usou-se 1,5g em 1L de água, buscando ter o efeito isolado dos micronutrientes e algas em relação ao produto comercial com todos esses componentes.

Foi realizado o acompanhamento dos estádios fenológicos e aos quarenta e cinco dias após a semeadura, as plantas já se encontravam no estágio V5, estágio recomendado nas especificações do produto para a aplicação foliar, sendo aplicado o produto formulado são eles: 25g de Co [20%] em 500ml de água, 456,6ml de MultiMol em 43,4ml de água, 22,72g de Ni [22%] em 500ml de água, além de 1,5g de extrato de alga para 1L de solução. Essa aplicação foi realizada utilizando um pulverizador pressurizado de CO<sub>2</sub> com a vazão de 0,4L/min, pressão de 30 psi, além de bico atomizador. Utilizando durante aplicação sempre a solução de 500ml dos micronutrientes para cada tratamento.

As plantas apresentaram ponto de colheita no dia 09 de maio de 2025, totalizando um ciclo de 137 dias após a emergência. Posteriormente a colheita, essas plantas, foram direcionadas ao laboratório, para análise morfoagronômica.

Foram realizadas as seguintes avaliações: Altura (ALT), inserção primeira vagem (INS1VG), número de nós na haste principal (NSHP), número de nós na haste lateral (NSHL), número de hastes laterais (NHL), vagem de um grão (VG1), vagem de dois grãos (VG2), vagens de três grãos (VG3), vagens de 4 grãos (VG4) e peso de grãos (PSGR).

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos componentes morfológicos demonstrou diferença significativa pelo teste de F ( $P < 0,05$ ), para as variáveis estudadas: altura (ALT), nós nas hastes laterais (NSHL), peso de grãos (PSGR), e não apresentou significância para as variáveis: nós na haste principal (NSHP), inserção da primeira vagem (INS1VG), hastes laterais (HL), vagem de um grão (VG1), vagens de dois grãos (VG2), vagens de três grãos (VG3) e vagens de quatro grãos (VG4). (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância das variáveis em função da aplicação de micronutrientes e extrato de algas.

| Fontes de variação | GL | ALT    | NSHL    | NSHP    | INS1VG  | HL      | VG1      | VG2      | VG3       | VG4     | PSGR    |
|--------------------|----|--------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|-----------|---------|---------|
| <b>Tratamento</b>  | 6  | 23,77* | 338,29* | 3,16 ns | 5,20 ns | 0,45 ns | 36,59 ns | 60,02 ns | 104,70 ns | 0,45 ns | 271,20* |
| <b>Repetição</b>   | 3  | 0,34   | 38,57   | 1,59    | 4,65    | 1,00    | 34,39    | 62,36    | 0,86      | 0,26    | 19,42   |
| <b>Resíduo</b>     | 18 | 6,86   | 57,41   | 1,59    | 1,66    | 0,47    | 37,44    | 42,31    | 34,03     | 0,65    | 98,20   |
| <b>CV (%)</b>      |    | 4,42   | 14,16   | 6,83    | 20,83   | 10,02   | 27,07    | 17,58    | 19,11     | 75,69   | 16,16   |
| <b>Média geral</b> |    | 59,26  | 53,50   | 18,5    | 6,19    | 6,87    | 22,60    | 36,99    | 30,53     | 1,07    | 61,31   |

**Notas:** altura (ALT), nós nas hastes laterais (NSHL), nós na haste principal (NSHP), inserção primeira vagem (INS1VG), hastes laterais (HL), vagem de 1 grão (VG1), vagem 2 grãos (VG2), vagem de 3 grãos (VG3), vagem de 4 grãos (VG4) e peso de grãos (PSGR).

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ns = não significativo.

### Altura

A altura das plantas foi influenciada significativamente pelos tratamentos ( $p = 0,0187$ ), o que mostra que os bioestimulantes e os micronutrientes influenciaram o crescimento da soja (Tabela 2). Devido a um número menor de tratamentos decidiu-se utilizar o teste de Scott-Knott (5%), onde observou-se que formaram dois grupos: a testemunha (55,25 cm) e o tratamento com BioCoMoNi (56,88 cm) tiveram as menores médias. Já os tratamentos com molibdênio (58,75 cm), extrato de algas (60,00 cm), cobalto + molibdênio (61,00 cm), níquel (61,38 cm) e cobalto (61,63 cm) ficaram no grupo com as plantas mais altas. Os resultados nos demonstram, que a utilização de micronutrientes e bioestimulantes teve influência positiva para o desenvolvimento da altura.

**Tabela 2.** Médias de altura de plantas em função da aplicação de bioestimulantes e micronutrientes.

| Tratamentos        | Médias  |
|--------------------|---------|
| Testemunha         | 55,250b |
| BioCoMoni          | 56.875b |
| Cobalto+Molibdênio | 61,000a |
| Cobalto            | 61,625a |
| Molibdênio         | 58,750a |
| Níquel             | 61,375a |
| Extrato de Algas   | 60,000a |

O incremento na altura das plantas ocorreu devido há um fator fisiológico ligado aos micronutrientes usados no experimento. O molibdênio, tem participação direta na atividade das enzimas redutase do nitrato e nitrogenase, sendo essencial para o metabolismo do nitrogênio. Como esse elemento está ligado à síntese de aminoácidos, proteínas e compostos estruturais, ele acaba influenciando o crescimento vegetal. Por isso, plantas que conseguem assimilar melhor o nitrogênio tende a ter um maior alongamento celular e um desenvolvimento maior da haste principal (Taiz et al., 2022).

O cobalto, por sua vez, auxilia o crescimento da soja de forma indireta, pois, o

mesmo favorece a fixação biológica de nitrogênio. Isso acontece porque ele participa da biossíntese da vitamina B<sub>12</sub> nas bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, o que melhora a eficiência simbiótica e, com isso, aumenta o suprimento de nitrogênio para as plantas (Hungria; Nogueira; Araujo, 2021). Esse mecanismo explica por que os tratamentos que usaram cobalto, seja sozinho ou junto com o molibdênio, ficaram entre os que tiveram as maiores médias de altura.

O tratamento com níquel também promoveu incremento na altura das plantas. Esse micronutriente desempenha papel essencial no metabolismo do nitrogênio por integrar a estrutura da enzima urease, responsável pela hidrólise da ureia e pela adequada assimilação desse nutriente. Adicionalmente, estudos recentes demonstram que o fornecimento de níquel em concentrações adequadas favorece o sistema antioxidante vegetal, reduzindo os danos ocasionados pelo estresse oxidativo e estimulando o crescimento vegetativo em leguminosas, especialmente em condições de elevada demanda metabólica (Bai et al., 2021; Siqueira et al., 2023).

Resultados semelhantes foram observados para o tratamento contendo extrato de algas. Bioestimulantes obtidos de espécies como *Ascophyllum nodosum* apresentam elevada concentração de fitormônios naturais, aminoácidos, polissacarídeos e compostos fenólicos capazes de estimular divisão celular, expansão celular e desenvolvimento radicular, refletindo diretamente no crescimento da parte aérea (Shukla et al., 2019; Ali et al., 2024). Além disso, esses compostos favorecem a absorção de água e nutrientes, potencializando o desenvolvimento vegetativo.

Embora o tratamento com BioCoMoNi tenha apresentado média superior à testemunha, ambas permaneceram no mesmo grupo estatístico, indicando que, nas condições deste experimento, o produto não promoveu incremento significativo na altura das plantas. Esse comportamento pode estar relacionado à elevada disponibilidade de nutrientes no solo ou às condições ambientais durante o ciclo da cultura, fatores que frequentemente reduzem a magnitude das respostas aos bioestimulantes (Rouphael; Colla, 2020).

De maneira geral, os resultados mostram que o uso de cobalto, molibdênio, níquel e extrato de algas ajudou no crescimento da soja, deixando as plantas mais altas do que as da testemunha. O aumento da altura indica que a planta se desenvolveu mais, mas isso precisa ser analisado junto com os componentes de rendimento, já que planta muito alta nem sempre significa maior produtividade. Por isso, é preciso avaliar as outras variáveis agrônomicas para entender como os tratamentos afetaram o desempenho final da cultura.

### Número de nós na haste lateral

O número de nós na haste laterais foi significativamente influenciado pelos tratamentos aplicados ( $p = 0,0015$ ). Pelo teste de Scott-Knott (5%), foram formados dois grupos distintos. A testemunha (37,63 nós) e o tratamento com cobalto (47,38 nós) constituíram o grupo de menor desempenho, enquanto os tratamentos com molibdênio (52,00 nós), extrato de algas (53,63 nós), níquel (58,00 nós), cobalto + molibdênio (65,88 nós) apresentaram as maiores médias juntamente ao BioCoMoNi (60,00 nós), evidenciando efeito positivo da aplicação desses produtos sobre a formação de nós férteis na cultura da soja (Tabela 3).

A característica número de nós nas hastes laterais teve incremento significativo devido a fatores fisiológicos relacionados aos micronutrientes e bioestimulantes. O número de nós nas hastes laterais representa uma importante característica agrônômica, pois expressa a quantidade de nós efetivamente ocupados por estruturas reprodutivas. Dessa forma, plantas com maior número de nós férteis apresentam maior potencial para formação de vagens e, conseqüentemente, maior capacidade produtiva, desde que as condições durante o enchimento de grãos sejam favoráveis (Zanon et al., 2022).

O tratamento que fez a utilização do cobalto e molibdênio juntos teve a maior média, alcançando 65,88 nós nas hastes laterais, o que é 75% superior a testemunha. Isso demonstra que esses micronutrientes agem juntos no metabolismo do nitrogênio. O molibdênio funciona como cofator das enzimas redutase do nitrato e nitrogenase, e o cobalto ajuda as bactérias que fixam nitrogênio porque participa da síntese da vitamina B<sub>12</sub>. Com esses dois elementos trabalhando juntos, a fixação biológica de nitrogênio fica mais eficiente, o que aumenta a produção de aminoácidos, proteínas e fotoassimilados, que são importantes para as estruturas reprodutivas (Hungria; Nogueira; Araujo, 2021; Taiz et al., 2022).

O tratamento com BioCoMoNi também teve um número alto de nós férteis (60,00), sendo diferente da testemunha. Isso pode ter acontecido por causa da ação bioestimulante do produto, que ajuda no desenvolvimento das raízes, melhora a absorção de nutrientes e estimula processos fisiológicos que fazem as flores e vagens crescerem e permanecerem mais. Os bioestimulantes promovem um equilíbrio hormonal melhor e

aumentam a eficiência da fotossíntese, o que reduz a queda de estruturas reprodutivas e faz com que a haste principal tenha mais nós ocupados (Rouphael; Colla, 2020; Yakhin et al., 2017).

O tratamento com níquel também aumentou bastante o número de nós nas hastes laterais. Esse micronutriente faz parte da estrutura da urease e é fundamental no metabolismo do nitrogênio, o que auxilia a planta fazer melhor utilização desse nutriente e de forma mais eficiente. Além disso, estudos recentes mostram que o níquel ajuda a aumentar a atividade antioxidante das plantas, diminuindo os danos causados por espécies reativas de oxigênio durante a fase reprodutiva, o que acaba favorecendo a retenção de mais flores e vagens (Bai et al., 2021; Siqueira et al., 2023).

O extrato de algas e o molibdênio também integraram o grupo de maior desempenho. Os extratos de *Ascophyllum nodosum* apresentam elevada concentração de compostos bioativos, como citocininas, auxinas, betainas e polissacarídeos, capazes de estimular a divisão celular, aumentar a atividade fotossintética e retardar a senescência foliar. Esses efeitos proporcionam maior disponibilidade de assimilados durante o florescimento e início da formação das vagens, favorecendo a manutenção das estruturas reprodutivas e aumentando o número de nós produtivos (Ali et al., 2024).

Por outro lado, mesmo que o tratamento só com cobalto tenha tido uma média maior que a testemunha (47,38 contra 37,63 nós com legumes), os dois ficaram no mesmo grupo estatístico. Isso sugere que o cobalto sozinho não foi suficiente para dar um aumento consistente nessa variável. Vários trabalhos mostram que o cobalto traz mais benefícios quando é usado junto com o molibdênio, porque os dois atuam em etapas complementares do metabolismo do nitrogênio e da fixação biológica (Hungria; Campo; Mendes, 2020).

Os resultados obtidos neste estudo corroboram pesquisas recentes que demonstram que a melhoria do metabolismo do nitrogênio e da eficiência fisiológica da cultura favorece diretamente a formação e manutenção de estruturas reprodutivas. Em condições de adequado suprimento nutricional, a redução da abscisão floral e o aumento da retenção de vagens refletem em maior número de nós férteis, característica fortemente associada ao rendimento de grãos (Balbinot Junior et al., 2021; Zanon et al., 2022).

Assim, verifica-se que os tratamentos com cobalto + molibdênio, BioCoMoNi, níquel, extrato de algas e molibdênio aumentaram bastante o número de nós nas hastes laterais comparado à testemunha. Isso indica que as plantas tiveram uma eficiência fisiológica maior e um potencial melhor para formar estruturas produtivas. Esses

resultados indicam que a aplicação desses produtos ajuda no aumento da produtividade da soja, principalmente quando associados a um manejo e ambiente adequados.

**Tabela 3.** Médias de nós nas hastes laterais em função da aplicação de bioestimulantes e micronutrientes.

| Tratamentos        | Médias  |
|--------------------|---------|
| Testemunha         | 37,625b |
| BioCoMoni          | 60,000a |
| Cobalto+Molibdênio | 65,875a |
| Cobalto            | 47,375b |
| Molibdênio         | 52,000a |
| Níquel             | 58,000a |
| Extrato de Algas   | 53,625a |

### Peso de grãos

A variável peso de grãos foi quantificada por planta e significativamente influenciada pelos tratamentos avaliados ( $p = 0,0440$ ), demonstrando que a aplicação de micronutrientes e bioestimulantes promoveu alterações no desempenho produtivo da soja. Pelo teste de Scott-Knott (5%), foram formados dois grupos distintos. A testemunha (52,59 g), o tratamento com cobalto (52,86 g), molibdênio (54,57 g) e extrato de algas (60,57 g) constituíram o grupo de menor desempenho, enquanto BioCoMoNi (72,12 g), níquel (68,65 g) e a associação cobalto + molibdênio (67,83 g) apresentaram os maiores pesos de grãos, evidenciando superioridade desses tratamentos em relação à testemunha (Tabela 4).

O peso de grãos é um dos principais fatores que determinam a produtividade da soja. Ele é o resultado da combinação entre o crescimento da planta, a formação das estruturas reprodutivas, a eficiência da fotossíntese e a capacidade de acumular matéria seca durante o enchimento dos grãos. Por isso, quando há um aumento nessa variável, isso indica que a cultura teve uma eficiência fisiológica maior ao longo de todo o seu ciclo (Taiz et al., 2022).

O tratamento com BioCoMoNi resultou no maior peso de grãos (72,12 g),

representando um aumento de cerca de 37% em relação ao grupo controle. Esse resultado demonstra que o produto auxiliou significativamente nos processos fisiológicos relacionados à produtividade final. Os bioestimulantes atuam promovendo um melhor desenvolvimento do sistema radicular, aumentando a absorção de água e nutrientes, melhorando a eficiência fotossintética e equilibrando os níveis hormonais — fatores que, em conjunto, elevam o acúmulo de fotoassimilados e favorecem o melhor enchimento dos grãos (Rouphael & Colla, 2020; Ali et al., 2024). Além disso, a tendência de observar maior número de vagens nas camadas média e superior reforça a hipótese de que o BioCoMoNi contribuiu para a retenção de mais estruturas reprodutivas ao longo do ciclo.

O tratamento contendo níquel também apresentou elevado peso de grãos (68,65 g), diferindo da testemunha. O níquel desempenha papel essencial na atividade da enzima urease e na assimilação do nitrogênio, além de contribuir para o funcionamento de enzimas antioxidantes que protegem os tecidos vegetais durante o enchimento dos grãos (Bai et al., 2021). Estudos recentes demonstram que o adequado suprimento dessa micronutriente melhora a eficiência do metabolismo nitrogenado, aumenta a atividade fotossintética e favorece o acúmulo de matéria seca nos grãos, refletindo diretamente na produtividade (Siqueira et al., 2023).

A combinação de cobalto e molibdênio apresentou resultados semelhantes, atingindo uma média de 67,83 g. Isso pode ser explicado pela forma como esses micronutrientes atuam em conjunto na fixação biológica de nitrogênio. Enquanto o molibdênio integra as enzimas nitrato redutase e nitrogenase, o cobalto auxilia na síntese de vitamina B<sub>12</sub> em bactérias simbióticas, o que melhora a eficiência da nodulação e o suprimento de nitrogênio para a planta (Hungria; Nogueira; Araujo, 2021). Uma maior disponibilidade desse nutriente favorece a síntese proteica, a expansão foliar e a produção de fotoassimilados utilizados no enchimento de grãos.

Os resultados do peso dos grãos mostram uma relação direta com as variáveis analisadas anteriormente. Os tratamentos que tiveram o maior rendimento — BioCoMoNi, cobalto + molibdênio e níquel — também foram os que apresentaram melhor desempenho em características ligadas ao potencial produtivo, como a altura das plantas e o número de nós com legumes. Isso mostra que os efeitos fisiológicos desses tratamentos não ficaram apenas no crescimento vegetativo, mas também ajudaram na formação e manutenção das estruturas reprodutivas, o que resultou no aumento da produtividade final da cultura.

Por outro lado, o tratamento que usou apenas cobalto não apresentou diferença estatística em relação à testemunha. Apesar de ser conhecido por estimular a fixação biológica de nitrogênio, vários estudos mostram que os maiores benefícios do cobalto

acontecem quando ele é aplicado junto com o molibdênio, já que esses elementos funcionam de forma complementar no metabolismo do nitrogênio (Hungria; Campo; Mendes, 2020). Isso ficou claro.

O tratamento que usou apenas molibdênio continuou fazendo parte do grupo com menor rendimento, mesmo que algumas variáveis vegetativas tenham mostrado uma tendência de aumento. Isso mostra que melhoras no crescimento das plantas nem sempre significam um aumento na produtividade, já que o rendimento final depende da integração de vários componentes fisiológicos e reprodutivos durante o ciclo (Zanon et al., 2022).

O extrato de algas teve um desempenho intermediário e não apresentou diferença estatística em relação à testemunha. Apesar de os bioestimulantes à base de algas causarem melhorias fisiológicas importantes, a resposta na produtividade depende de vários fatores, como a cultivar, o estágio fenológico da aplicação, as condições ambientais e a disponibilidade de água (Ali et al., 2024). Por isso, os benefícios vistos nas características vegetativas nem sempre resultam em um aumento consistente no peso dos grãos.

De modo geral, os resultados demonstram que o uso de BioCoMoNi, níquel e da combinação de cobalto e molibdênio aumenta a eficiência fisiológica da cultura da soja, resultando em um aumento significativo no peso dos grãos. Esses tratamentos favorecem tanto o crescimento vegetativo quanto a formação de estruturas reprodutivas, culminando em maior produtividade final. Portanto, tais resultados evidenciam o potencial agrônomo desses produtos como ferramentas complementares para o manejo nutricional, especialmente em sistemas de produção que buscam otimizar a fixação biológica de nitrogênio e aproveitar melhor os recursos fisiológicos da planta.

**Tabela 4.** Médias de peso de grão em função da aplicação de bioestimulantes e micronutrientes.

| Tratamentos        | Médias  |
|--------------------|---------|
| Testemunha         | 52,585b |
| BioCoMoni          | 72,122a |
| Cobalto+Molibdênio | 67,825a |
| Cobalto            | 52,858b |
| Molibdênio         | 54,568b |
| Níquel             | 68,650a |
| Extrato de Algas   | 60,573b |

## **CONCLUSÃO**

Nas condições deste experimento em vasos, a aplicação foliar de micronutrientes e extrato de algas influenciou características morfológicas e componentes de produção da soja. Os tratamentos com cobalto, cobalto + molibdênio, níquel, molibdênio e extrato de algas proporcionaram maior altura de plantas, enquanto o BioCoMoNi®, o cobalto + molibdênio, o níquel, o molibdênio e o extrato de algas aumentaram o número de nós nas hastes laterais. Para a massa de grãos, os maiores valores foram obtidos com BioCoMoNi®, níquel e cobalto + molibdênio, indicando o potencial desses tratamentos para o manejo nutricional da soja. Contudo, os resultados se restringem às condições avaliadas e devem ser validados em experimentos de campo antes de fundamentarem recomendações agronômicas.

## **AGRADECIMENTOS**

Este é o resultado de um sonho que se tornou realidade. Gostaria de agradecer a Deus, à minha família em especial a minha mãe, pois, esse sonho antes de ser meu era um sonho dela e sem os esforços dela nada disso seria possível, agradecer também aos meus amigos e ao meu orientador Amilton Ferreira da Silva, por todo o suporte e aprendizado ao longo desta jornada. Sou grato a todos os professores e colaboradores que me orientaram e contribuíram para o meu crescimento tanto como aluno quanto como pessoa. Aos meus amigos do Grupo de Estudos em Cafeicultura (GECAF), meu agradecimento especial àqueles amigos que já se formaram, teve grande contribuição e sempre me motivaram a continuar seguindo o caminho da universidade. A todos que compartilharam, torceram e fizeram parte da minha história, o meu sincero muito obrigado.

## REFERÊNCIAS

- CONAB.** Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. 2025.
- EMBRAPA.** Tecnologias de Produção de Soja – Região Central do Brasil. 2023.
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAÚJO, R. S.** Publicações sobre fixação biológica de nitrogênio em soja. 2023.
- MARSCHNER, P.** Marschner's Mineral Nutrition of Plants. 4. ed. 2024.
- TAIZ, L. et al.** Plant Physiology and Development. 8. ed. 2025.
- BUENO, D.** Arquitetura vegetal: Engalhamento e a produtividade em soja. 2021
- SANTOS, L. A. M. et al.** Produtividade da soja em resposta à aplicação foliar de micronutrientes. Trends in Agricultural and Environmental Sciences, p. e250003-e250003, 2025.
- RATTES, D. A.; CARPES, A. M.** Influência da profundidade de semeadura e velocidade operacional no desempenho da soja. 2023
- BOARD, J. E.; KAHLON, C. S.** Soybean yield formation: what controls it and how it can be improved. In: ELM-SHEMY, H. (Ed.). *Soybean Physiology and Biochemistry*. Rijeka: InTech, 2011.
- SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A.** *Soja: do plantio à colheita*. Viçosa: Editora UFV, 2015.
- THOMAS, A. L.; COSTA, J. A.** Desenvolvimento da planta de soja e potencial de rendimento de grãos. In: THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. (Org.). *Soja: manejo para alta produtividade de grãos*. Porto Alegre: Evangraf, 2010.
- BULGARI, R.; FRANZONI, G.; FERRANTE, A.** Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy*, v. 9, n. 6, p. 306, 2019.
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAÚJO, R. S.** Co-inoculation of soybeans and the role of micronutrients in biological nitrogen fixation: current advances. *Plants*, v. 11, 2022.
- MARSCHNER, P.** *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3. ed. London: Academic Press, 2012.
- SEDIYAMA, T. (Ed.).** *Tecnologias de Produção e Usos da Soja*. Londrina: Mecenass, 2021.
- SHUKLA, P. S. et al.** Seaweed extract as a biostimulant: sustainable agriculture and climate change mitigation. *Journal of Applied Phycology*, v. 31, p. 1469–1486, 2019.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A.** *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

**ROUPHAEL, Y.; COLLA, G.** Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, v. 11, p. 40, 2020.

**ZANON, A. J. et al.** *Ecofisiologia da soja: visando altas produtividades*. Santa Maria: UFSM, 2022.

**ALI, O. et al.** Seaweed extracts as plant biostimulants: mechanisms and agricultural applications. *Frontiers in Plant Science*, v. 15, 2024.

**BAI, C. et al.** Nickel nutrition in higher plants: physiological functions and agronomic implications. *Plants*, v. 10, 2021.

**SIQUEIRA, J. A. M. et al.** Nickel fertilization and nitrogen metabolism in soybean. *Journal of Plant Nutrition*, v. 46, 2023.

**BALBINOT JUNIOR, A. A. et al.** Ecofisiologia da soja e fatores relacionados à arquitetura de plantas. *Embrapa Soja*, 2021.

**YAKHIN, O. I. et al.** Biostimulants in plant science: a global perspective. *Frontiers in Plant Science*, v. 7, 2017.

**DE OLIVEIRA, Gustavo Souza et al.** INFLUÊNCIA DOS NUTRIENTES NÍQUEL, COBALTO, MOLIBDÊNIO E FÓSFORO NA PRODUTIVIDADE DA SOJA. Anais Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar (ISSN-2527-2500), 2025.

**ALTMANN, Thomas.** EFICÁCIA NA UTILIZAÇÃO DE BIOESTIMULANTES NO DESENVOLVIMENTO DA SOJA EM DIFERENTES SAFRAS E AMBIENTES.

**SILVA, Thais Costa et al.** Desempenho agrônômico da soja em resposta ao tratamento da semente com bioestimulantes. *Trends in Agricultural and Environmental Sciences*, p. e240005-e240005, 2024.

**DA SILVA, Letícia Moreira; FAGAN, Evandro Binotto.** Influência da associação fertilizantes e bioestimulantes na fisiologia da cultura de soja. *Perquirere*, v. 2, n. 18, p. 59-65, 2021.

**MENDONÇA, Joyce Talia Magalhães et al.** ALTURA DE PLANTAS E ALTURA DE INSERÇÃO DO PRIMEIRO LEGUME DE SOJA EM INCONFIDENTES–MG. 17º JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA E 14º SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO IFSULDEMINAS, v. 16, n. 1, 2024.

**DE ALMEIDA SOBRAL, Maria Carolina et al.** NÍQUEL NA AGRICULTURA: uma revisão de literatura. *Revista Agroveterinária*, v. 6, n. 2, 2021.

**MULTITÉCNICA.** Multi BioCoMoNi: nutrição estratégica para o metabolismo do nitrogênio. [S. l.]: Multitécnica, [2026]. Disponível em: <<https://multitecnica.com.br/produto/multi-biocomoni/>>. Acesso em: 13 jul. 2026.

**AGROLINK.** Percevejo-marrom (*Euschistus heros*). [S. l.]: Agrolink, [2026]. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/problemas/percevejo-marrom\\_1953.html](https://www.agrolink.com.br/problemas/percevejo-marrom_1953.html)>. Acesso em: 13 jul. 2026.

**BRASMAX GENÉTICA.** Brasmax Olimpo IPRO: informações técnicas da cultivar. [S. l.]: Brasmax Genética, [2026]. Disponível em: <<https://brasmaxgenetica.com.br/cultivares/brasmax-olimp-ipro>>. Acesso em: 13 jul. 2026.

**AGROLINK.** Percevejo-verde (*Nezara viridula*). [S. l.]: Agrolink, [2026]. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/problema/percevejo-verde\\_39.html](https://www.agrolink.com.br/problema/percevejo-verde_39.html)>. Acesso em: 13 jul. 2026.