

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MATHEUS VINICIUS BISOLO

PROGRAMA DE MANEJO NUTRICIONAL NA CULTURA DA SOJA

DOIS VIZINHOS

2026

versão 11.0 (abr.25)

MATHEUS VINICIUS BISOLO

PROGRAMA DE MANEJO NUTRICIONAL NA CULTURA DA SOJA

Nutritional management program in soybean culture

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Bacharel em agronomia, da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador(a): Paulo Fernando Adami

DOIS VIZINHOS

2026



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

MATHEUS VINICIUS BISOLO

PROGRAMA DE MANEJO NUTRICIONAL NA CULTURA DA SOJA

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Bacharel em agronomia da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 22/junho/2026

Paulo Fernando Adami - Orientador
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Dois Vizinhos

Carlos André Bahry
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Dois Vizinhos

Lucas Da Silva Domingues
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Dois Vizinhos

DOIS VIZINHOS

2026

RESUMO

A adubação foliar representa uma estratégia complementar relevante no manejo nutricional das plantas e possibilita a suplementação nutricional em momentos estratégicos do desenvolvimento da cultura, contribuindo para a correção de deficiências pontuais, maior aproveitamento dos nutrientes e incremento dos componentes de rendimento. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência agronômica e econômica de diferentes programas de adubação foliar na cultura da soja. O experimento foi conduzido a campo na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Dois Vizinhos, utilizando a cultivar BMX Titanium TF I2X®, em delineamento de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições. Foram avaliados diferentes programas de adubação foliar, contemplando manejos nutricionais de médio e maior aporte tecnológico, além da aplicação isolada de fontes de boro em estágio reprodutivo. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados demonstram que a adubação foliar promoveu incrementos significativos nos componentes de rendimento e na produtividade da soja. A produtividade variou de 3.474 kg ha⁻¹ no controle a 4.696 kg ha⁻¹ no tratamento de maior aporte nutricional, representando incremento de 1.221,1 kg ha⁻¹, evidenciando o potencial da suplementação foliar para maximizar a expressão do potencial produtivo da cultura. Os tratamentos contendo boro destacaram-se pelo aumento do número de vagens e grãos por planta, evidenciando a importância dele nos processos de florescimento e fecundação. Na análise econômica, todos os tratamentos apresentaram retorno financeiro positivo. Destacou-se os produtos com fonte de boro, que proporcionam alto retorno sobre o investimento (ROI), demonstrando excelente relação benefício. Conclui-se que a adubação foliar é uma estratégia eficiente para aumentar a produtividade e a rentabilidade da soja quando adequadamente posicionada. Além disso, aplicações específicas de micronutrientes, como o boro, podem representar alternativas de elevada viabilidade econômica para produtores que buscam maximizar o retorno dos investimentos realizados na lavoura.

Palavras-chave: manejo; nutrição; produtividade; *Glycine max*.

ABSTRACT

Foliar fertilization represents a relevant complementary strategy in plant nutritional management, enabling nutrient supplementation at strategic stages of crop development, contributing to the adjustment of specific deficiencies, greater nutrient use efficiency, and improvements in yield components. In this context, the present study aimed to evaluate the agronomic and economic efficiency of different foliar fertilization programs in soybean cultivation. Experiment was carried out under field conditions at the experimental area of the Federal University of Technology – Paraná (UTFPR), Dois Vizinhos Campus, using the soybean cultivar BMX Titanium TF I2X®, in a randomized complete block design with six treatments and four replications. Different foliar fertilization programs were evaluated, including different nutritional management strategies, as well as the isolated application of boron sources during the reproductive stage. Data were subjected to analysis of variance, and treatment means were compared using Tukey's test at the 5% probability level. Results demonstrated that foliar fertilization significantly increased soybean yield components and grain productivity. Yield ranged from 3,474 kg ha⁻¹ in the untreated control to 4,696 kg ha⁻¹ in the treatment with the highest nutritional input, representing an increase of 1,221.1 kg ha⁻¹ and highlighting the potential of foliar nutrient supplementation to maximize crop yield potential. Treatments containing boron stood out by increasing the number of pods and grains per plant, emphasizing the importance of this micronutrient in flowering and fertilization processes. Economic analysis showed that all treatments provided positive financial returns. Boron-based products were particularly noteworthy, presenting high return on investment (ROI) and an excellent cost-benefit relationship. It can be concluded that foliar fertilization is an effective strategy for increasing soybean yield and profitability when properly positioned within the crop management program. Furthermore, specific applications of micronutrients, such as boron, may represent highly economically viable alternatives for growers seeking to maximize returns on investments made in soybean crops.

Keywords: management; nutrition; productivity; *Glycine max*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos.

16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Nutrientes demandados para a produção de 1 ton de soja.	11
Tabela 2 - Caracterização química do solo da área experimental.	17
Tabela 3 - Tratamentos, nutrientes e concentração dos produtos utilizados no experimento.	18
Tabela 4: Manejo fitossanitário realizado no experimento.	20
Tabela 5: Custos de cada tratamento.	21
Tabela 6 - Resultado da análise econômica.	30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVO	8
2.1. Objetivo Geral	8
2.2. Objetivos específicos	8
3. REVISÃO DE LITERATURA	9
3.1. Cultura da soja	9
3.2. Adubação foliar na cultura da soja	9
3.3. Tecnologias e inovações na adubação foliar	13
3.4. Análise de custo e benefício	14
4. MATERIAL E MÉTODOS	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1. Análise da viabilidade econômica	29
6. CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), é uma das principais culturas agrícolas do mundo, tem importância na segurança alimentar e no fornecimento de matérias-primas para diversos setores, por exemplo a indústria de óleo vegetal, ração animal e biocombustíveis (CONAB, 2024). O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores globais dessa cultura, a soja ocupa milhões de hectares em diferentes regiões do país (IBGE, 2023).

Dentre os manejos realizados na cultura da soja, a adubação foliar é utilizada como técnica complementar à adubação via solo, através dela foi possível perceber que a aplicação de nutrientes nas folhas pode suprir deficiências e atender demandas nutricionais em momentos críticos, gerando aumento de produtividade nas lavouras (Faquin, 2005). Segundo Malavolta (2006), com a adubação foliar é possível corrigir deficiências de nutrientes de forma rápida, principalmente quando a absorção radicular está limitada por condições ambientais. No entanto, fatores como o tipo de nutriente, estágio de desenvolvimento da planta e condições ambientais no momento da aplicação influenciam nos resultados, o que evidencia a necessidade de estudos para diferentes regiões produtoras (Mocellin, 2004).

As cultivares de soja modernas apresentam elevado potencial produtivo, demandando condições adequadas de manejo para expressar seu desempenho máximo (Gazzoni; Dall'Agnol, 2018). Consequentemente com o aumento da produtividade também se aumentou a demanda nutricional e a exportação de nutrientes pelos grãos, tornando o manejo da fertilidade e da nutrição vegetal fatores cada vez mais importantes para o sucesso da cultura (Malavolta, 2006).

No Sudoeste do Paraná, a soja tem grande importância na economia, pois é a cultura de verão mais cultivada na região (PRATA, 2021), as condições climáticas são típicas de clima subtropical e tropical, tendo estações bem definidas com verões quentes e chuvosos e invernos rigorosos (DERAL, 2023). Sendo assim, segundo a Fageria (1998), o manejo nutricional pode ser um fator determinante para o desempenho produtivo de lavouras, pois atuam principalmente na redução da competição entre nutrientes.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

Avaliar diferentes programas de adubação foliar na produtividade e viabilidade econômica na cultura da soja.

2.2. Objetivos específicos

Avaliar o efeito de diferentes programas de manejo nutricional no crescimento e desenvolvimento das plantas de soja; estimar o incremento de produtividade que a adubação foliar pode proporcionar a cada programa; descobrir qual programa terá maior produtividade; descobrir a viabilidade econômica de cada programa; entender qual o programa terá o maior retorno econômico;

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Cultura da soja

A soja (*Glycine max* L.) é uma leguminosa originária do Leste Asiático, cultivada há mais de cinco mil anos na China. Sua expansão como cultura comercial de larga escala ocorreu apenas no século XX, sendo valorizada pelo alto teor de proteína e óleo de suas sementes. Chegou no continente americano primeiramente nos Estados Unidos, e por volta de 1882 chegou no Brasil pelo estado da Bahia, mas passou a ter maior relevância na década de 1960, onde perceberam que ela seria uma boa opção de cultivo para o verão, em sucessão ao trigo, pois o farelo da soja seria uma ótima fonte de proteína para animais (Gazzoni; Dall'Agnol, 2018).

Atualmente, ocupa posição de destaque no cenário agrícola mundial, sendo a oleaginosa mais cultivada do mundo, estimando a produção global na safra 2024/2025 em aproximadamente 425,4 milhões de toneladas (USDA, 2024). O cultivo de soja está concentrado, principalmente, em três países: Estados Unidos, Brasil e Argentina, que atualmente respondem por 71,2% e 81,3%, respectivamente, da área e da produção mundial da oleaginosa (Hirakuri; Lazzarotto, 2014).

No Brasil a soja, tem fundamental importância no produto interno bruto (PIB) do país, chegando a produzir na safra 23/24 mais de 147 milhões de toneladas em aproximadamente 45 milhões de hectares segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2024). A principal região produtora é o centro-oeste, onde a soja tomou maiores proporções de ocupação de áreas devido ao investimento em tecnologias.

3.2. Adubação foliar na cultura da soja

A adubação foliar se trata da utilização de soluções com nutrientes, aplicados de forma direta sobre as folhas da planta, o nutriente é interceptado pela folha e absorvido pelos estômatos e cutícula foliar. Através da adubação foliar, é possível corrigir deficiências nutricionais de forma pontual e em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, com função de melhorar o desempenho produtivo da lavoura (Faquin, 2005).

O boro é fundamental para que ocorra divisão e alongação celular para formação do tubo polínico, que é por onde vai transportar o grão de pólen até o

óvulo, para que ocorra a fecundação e desenvolvimento do grão (Silva et al., 2017) . Já o molibdênio e o cobalto estão envolvidos na fixação biológica de nitrogênio, atuando no funcionamento do metabolismo dos nódulos e a atividade das bactérias, que são fundamentais para as leguminosas como a soja, onde a maior parte do nitrogênio que é demandado pela cultura é disponibilizado através das bactérias fixadoras de nitrogênio que são do gênero *Bradyrhizobium* (Diesel et al., 2011). O zinco exerce papel importante como ativador enzimático (Brançalião et al., 2015). O manganês desempenha papel como cofator, ativando mais de 30 enzimas vegetais (Silva e Berti 2022) .

Esse método tem ganhado destaque e sendo utilizado em condições de que fatores abióticos como em solos esgotados, ou com deficiência de micronutrientes, ou solos com pH abaixo de 6,5 se faz necessário, portanto, o suprimento destes micronutrientes através de um tratamento foliar, por ser mais econômico, mais eficaz e sem desperdícios para o substrato (Mocellin, 2004).

O pH do solo é um dos fatores de maior relevância na interferência de disponibilidade de nutrientes do solo para a cultura. Em solos onde o pH está ácido, é comum a baixa disponibilidade de fósforo, cálcio, molibdênio e boro, por outro lado, aumenta a disponibilidade de elementos tóxicos como alumínio, que prejudica o crescimento do sistema radicular e a absorção de outros nutrientes (Raij, 2011).

Outro fator é a disponibilidade hídrica, parte dos nutrientes são absorvidos por fluxo de massa, que segundo Raij (2011) é quando a água é movida para a superfície das raízes, e com ela são arrastados os nutrientes, assim a planta ao absorver a água, absorve também os nutrientes, desta forma, sendo assim, o déficit hídrico reduziria a absorção de nutrientes como, nitrogênio, cálcio, potássio e enxofre.

Através do conhecimento destes parâmetros, a adubação foliar vem sendo utilizada de maneira complementar à adubação de base para suprir as possíveis deficiências nutricionais ocasionadas por algum fator limitante, podendo ser utilizada de maneira pontual em estádios críticos de desenvolvimento da planta, como florescimento e enchimento de grãos. Deficiências nutricionais nessas fases podem comprometer o potencial produtivo, mesmo que os níveis de nutrientes no solo sejam adequados (Taiz et al., 2017).

Para produzir uma tonelada de grãos de soja, a planta demanda quantidades específicas de macro e micronutrientes, os quais devem estar disponíveis em equilíbrio no solo e na planta durante todo o ciclo, a fim de garantir altos rendimentos e qualidade dos grãos (EMBRAPA, 2011).

A produtividade das plantas é limitada pelo nutriente essencial presente em menor quantidade disponível no solo, evidenciando a importância do equilíbrio nutricional para o adequado desenvolvimento vegetal (Nachtigall 2014) . Segundo a Embrapa Soja (2011), a Tabela 1 demonstra as demandas para produção de uma tonelada de soja.

Tabela 1 - Nutrientes demandados para a produção de 1 ton de soja.

Parte da planta	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	B	Cl	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	kg t ⁻¹ de grãos						g t ⁻¹ de grãos						
Grãos	51	10	20	3	2	5,4	20	237	10	70	30	5	40
Restos culturais	32	5,4	18	9,2	4,7	10	57	278	16	390	100	2	21
Total	83	15,4	38	12,2	6,7	15,4	77	515	26	460	130	7	61
Exportação (%)	61	65	53	25	30	35	26	46	38	15	23	71	66

Fonte: Adaptado de EMBRAPA SOJA (2011)

Esses dados evidenciam a importância de um manejo nutricional adequado e equilibrado para atender à demanda da cultura, e, garantir elevados rendimentos e qualidade dos grãos, evitando deficiências nutricionais que possam limitar a produtividade.

No entanto, a eficiência da adubação foliar na soja depende de diversos fatores, que influenciam desde a absorção, até o aproveitamento dos nutrientes. A absorção dos nutrientes ocorre inicialmente pela deposição da solução na superfície foliar, seguida pela difusão através da cutícula ou pela entrada pelos estômatos, sendo então translocados para os demais tecidos da planta. Compreender esses aspectos é essencial para otimizar as aplicações, e garantir a produtividade e a qualidade dos grãos (TAIZ et al., 2017).

As variações climáticas, especialmente no momento da aplicação, têm impacto direto na absorção foliar. Temperaturas elevadas podem aumentar a taxa de evaporação da calda e reduzir o tempo de contato da solução com a superfície foliar, dificultando a penetração do nutriente, já a umidade relativa elevada favorece a hidratação da cutícula e prolonga o tempo de absorção. A velocidade do vento, e a radiação solar, também influenciam a evaporação da calda e a formação de microgotículas, afetando negativamente a eficiência da aplicação. Assim, o manejo adequado das aplicações deve considerar essas condições para evitar perdas e maximizar a eficiência (Mocellin, 2004).

Outro aspecto determinante são as características da formulação dos produtos utilizados. Propriedades como pH da solução, tensão superficial, presença de adjuvantes, interferem diretamente na adesão, penetração e movimentação dos nutrientes dentro da planta. Adjuvantes, como surfactantes ou umectantes, podem melhorar significativamente a performance da calda foliar, aumentando sua espalhabilidade e prolongando o tempo de contato com a superfície foliar (Fernández; Sotiropoulos, Brown, 2015).

Por fim, o estágio de desenvolvimento da cultura é crucial para o sucesso da adubação foliar. A capacidade de absorção e redistribuição dos nutrientes varia ao longo dos estágios fenológicos da planta. Em soja, estágios como florescimento (R1) e enchimento de grãos (R5) são considerados altamente responsivos à adubação foliar, pois coincidem com picos de exigência nutricional (Neumaier et al., 2000).

Entre as principais vantagens da adubação foliar, destaca-se a rapidez na absorção dos nutrientes, uma vez que os elementos aplicados diretamente sobre a superfície foliar podem ser assimilados em curto intervalo de tempo e translocados para os tecidos de maior demanda. Essa característica é particularmente útil para correções pontuais de deficiências nutricionais em estágios críticos de desenvolvimento, como florescimento e enchimento de grãos (INNTEQ, 2025). Além disso, essa via permite menor interferência do solo, o que é vantajoso em situações de compactação, pH desfavorável, baixa disponibilidade de nutrientes ou fixação dos mesmos na matriz do solo.

No entanto, a adubação foliar apresenta limitações importantes. Uma das principais desvantagens é o baixo volume de nutrientes que pode ser fornecido por essa via, o que a torna inadequada como fonte exclusiva, especialmente para nutrientes exigidos em grandes quantidades, como nitrogênio, fósforo e potássio.

Outro fator limitante é a fitotoxicidade, que pode ocorrer em função de formulações inadequadas, concentrações elevadas ou condições climáticas adversas no momento da aplicação. Já a adubação via solo, embora apresente absorção mais lenta, permite o fornecimento de grandes quantidades de nutrientes de forma contínua e, em geral, é menos suscetível a perdas rápidas por evaporação ou escoamento superficial (Marschner, 2012).

Diversos estudos demonstram que a aplicação foliar, especialmente quando bem ajustada quanto ao tipo de nutriente, formulação e momento fenológico, pode resultar em incrementos significativos no rendimento da cultura. Em experimentos conduzidos por Hansel e Oliveira (2016), a adubação foliar com boro, aplicada no estágio V5, resultou em aumento do número de vagens por planta. Esses micronutrientes, embora requeridos em pequenas quantidades, são essenciais para a formação das estruturas reprodutivas.

3.3. Tecnologias e inovações na adubação foliar

A eficácia da adubação foliar está diretamente relacionada às características físicas e químicas das formulações utilizadas, especialmente no que se refere à fatores ligados ao produto utilizado como solubilidade, concentração e interação dos nutrientes e pH, mas também a fatores internos na planta como idade, estrutura e composição química da folha, e por fim os fatores externos como temperatura, luz, umidade, disponibilidade de água no solo e modo de aplicação também são pontos chaves para definir a eficiência da adubação foliar (NACHTIGALL; NAVA, 2010).

A adubação foliar tem sido cada vez mais utilizada de forma integrada com outras práticas de manejo, especialmente com a aplicação de fungicidas, visando otimizar recursos operacionais, reduzir custos com pulverizações e melhorar o desempenho agrônomo das culturas.

Contudo, a mistura de produtos em tanque também apresenta desafios. A incompatibilidade química entre fertilizantes e defensivos pode causar precipitações, variações indesejadas no pH, fitotoxicidade ou redução da eficiência de absorção dos nutrientes. Além disso, a ordem de mistura dos produtos, o tempo de preparo e o intervalo entre aplicação e chuva são fatores críticos para o sucesso da operação (CRUZ, 2023).

A viabilidade técnica da integração entre fertilizantes foliares e outros solutos considerando que caldas pulverizantes concentradas em sais podem causar fitotoxicidade, de modo que devem ser usados agentes protetores, surfactantes, espalhantes para aumentar a eficiência (NACHTIGALL; NAVA, 2010).

3.4. Análise de custo e benefício

A viabilidade econômica da adubação foliar é um aspecto fundamental a ser considerado, uma vez que os investimentos em fertilizantes foliares, aplicações e mão de obra devem resultar em retornos financeiros superiores aos custos envolvidos. O ROI, representa a relação entre os ganhos financeiros obtidos e os custos associados a um investimento específico. Esta métrica vai além de uma simples análise de lucros e perdas; ela busca quantificar o valor gerado em relação aos recursos investidos (SALESFORCE BRASIL, 2024).

Embora a literatura aponte que a adubação foliar pode proporcionar incrementos significativos de produtividade e qualidade dos grãos, a sua rentabilidade depende de fatores como o custo do produto, a tecnologia de aplicação, estágio da cultura, condições ambientais e os preços de mercado da soja.

Aspectos essenciais nas análises de viabilidade econômica são o cálculo da relação benefício/custo (B/C), e retorno sobre investimento (ROI), que permite comparar diferentes estratégias de manejo. A análise de custo-benefício é uma ferramenta fundamental para avaliar se os benefícios de um investimento superam seus custos totais, permitindo a tomada de decisão mais assertiva, é calculada pela fórmula $\text{Benefícios Totais} / \text{Custos Totais}$. No contexto agrícola, essa análise é essencial para verificar se os ganhos em produtividade, qualidade ou eficiência justificam os gastos com insumos, mão de obra e tecnologia aplicada (FGV CLEAR, 2020). Já o Retorno sobre Investimento (ROI) é uma métrica que quantifica a eficácia financeira de um investimento, expressando em percentual o lucro líquido obtido em relação ao custo total aplicado. O ROI é calculado pela fórmula $(\text{Ganho líquido} / \text{Custo do investimento}) \times 100\%$, sendo uma referência clara para medir a rentabilidade de práticas como a adubação foliar na soja (FGV CLEAR, 2020).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado a campo na Área Experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), localizada no município de Dois Vizinhos-PR. As coordenadas geográficas, latitude, longitude e altitude são de, respectivamente, Sul 25°44'5", Oeste 53°3'31" e 530 m (Google Maps, 2025), como demonstrado na figura 1.

Figura 1 – Imagem aérea da localização da área experimental na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos.



Fonte: Google Maps, 2025.

A implantação foi realizada dia 14/10/2024, utilizando a cultivar de soja BMX Titanium TF I2X, caracteriza-se pela estabilidade produtiva, apresenta tecnologias como TF (tolerância à ferrugem asiática), e I2X (Intacta 2 XTEND), permitindo o uso de herbicidas como o dicamba e apresentando proteção contra *Helicoverpa armigera*; *Spodoptera cosmioides*; *Chrysodeixis includens*; *Anticarsia gemmatalis*; *Chloridea virescens* e *Crociosema aporema*. A densidade de semeadura foi de 13,5 sementes/m, assim estando dentro da recomendação determinada pelo obtentor tanto em época de semeadura quanto em população, e na adubação de base foi utilizado 372 Kg ha⁻¹ do formulado 2-20-18.

O delineamento do experimento utilizado foi blocos ao acaso, contendo seis tratamentos com quatro repetições cada, totalizando 24 parcelas e cada parcela contendo 4 linhas de plantio (45 cm de espaçamento) por aproximadamente 50 metros de comprimento.

A Tabela 2 apresenta a caracterização química do solo da área experimental nas camadas de 0–10 cm e 10–20 cm, utilizada como base para interpretação da fertilidade e condução do experimento.

Tabela 2 - Caracterização química do solo da área experimental.

Atributo	Unidade	0–10 cm	10–20 cm	Classificação
Fósforo (P)	mg dm ⁻³	13	4,15	Médio (0–10 cm) Baixo (10–20 cm)
Matéria Orgânica	g dm ⁻³	47,78	32,96	Alta
pH em água	-	5,3	5,3	Moderadamente ácido
SMP	-	6,3	6,5	Moderado
Alumínio (Al)	cmolc dm ⁻³	0	0	Muito baixo
Cálcio + Magnésio (Ca + Mg)	cmolc dm ⁻³	6,65	5,45	Alto
Cálcio (Ca)	cmolc dm ⁻³	3,97	3,25	Adequado
Magnésio (Mg)	cmolc dm ⁻³	2,67	2,19	Adequado
Potássio (K)	cmolc dm ⁻³	0,43	0,3	Alto
Saturação por Bases (V)	%	64,04	62,7	Adequada
Saturação por Alumínio (m)	%	0,56	1,2	Muito baixa
CTC	cmolc dm ⁻³	11,04	9,17	Média
Cobre (Cu)	mg dm ⁻³	6,98	8,63	Alto
Ferro (Fe)	mg dm ⁻³	37,04	44,45	Alto
Manganês (Mn)	mg dm ⁻³	241,23	176,35	Muito alto
Zinco (Zn)	mg dm ⁻³	5,01	2,07	Alto
Boro (B)	mg dm ⁻³	0,2	0,05	Baixo

Fonte: Laboratório de solos UTFPR-DV, 2024.

A aplicação dos produtos nutricionais foi realizada via foliar com pulverizador costal elétrico, com vazão constante ($120 \text{ litros ha}^{-1}$), regulada para a velocidade dos passos do aplicador, em diferentes estádios da cultura, a Tabela 3 demonstra os tratamentos realizados no experimento.

Tabela 3 - Tratamentos aplicados, nutrientes, concentração dos produtos, época e dose utilizados no experimento.

Tratamento	Produtos	Nutriente e concentração	Época	Dosagem/aplicação
T1	Controle	Sem aplicação	-	-
T2	Produto 1	Manganês (4%) + Zinco (1,5%) + Ferro (4%) + Cobre (1,5%)	V3	0,3 Kg ha ⁻¹
T3	Produto 1	Manganês (4%) + Zinco (1,5%) + Ferro (4%) + Cobre (1,5%)	V3	0,3 Kg ha ⁻¹
	Produto 2	Nitrogênio solúvel em água (1%) + P ₂ O ₅ (1,2%) + K ₂ O (1,5%) + Magnésio (0,5%) + Zinco (0,5%) + Molibdênio (0,03%)	V3	0,15 L ha ⁻¹
	Produto 2	Nitrogênio solúvel em água (1%) + P ₂ O ₅ (1,2%) + K ₂ O (1,5%) + Magnésio (0,5%) + Zinco (0,5%) + Molibdênio (0,03%)	V6	0,15 L ha ⁻¹
	Produto 3	Nitrogênio nitrato e amônio (13%) + P ₂ O ₅ (40%) + K ₂ O (13%) + Manganês (0,05%) + Ferro (0,05%)	V6	2,0 Kg ha ⁻¹
	Produto 4	Ácidos fúlvicos (27%) + Carbono orgânico total (18%) + Nitrogênio solúvel em água (1,5%) + P ₂ O ₅ (1,2%) + K ₂ O (1,5%) + Cálcio (0,4%) + Magnésio (0,3%)	V6	1,0 L ha ⁻¹
T4	Produto 1	Manganês (4%) + Zinco (1,5%) + Ferro (4%) + Cobre (1,5%)	V3	0,3 Kg ha ⁻¹
	Produto 2	Nitrogênio solúvel em água (1%) + P ₂ O ₅ (1,2%) + K ₂ O (1,5%) + Magnésio (0,5%) + Zinco (0,5%) + Molibdênio (0,03%)	V3	0,15 L ha ⁻¹
	Produto 2	Nitrogênio solúvel em água (1%) + P ₂ O ₅ (1,2%) + K ₂ O (1,5%) + Magnésio (0,5%) + Zinco (0,5%) + Molibdênio (0,03%)	V6	0,15 L ha ⁻¹

	Produto 5	Nitrogênio solúvel em água (7%) + Magnésio (6%)	V6	1,0 L ha ⁻¹
	Produto 3	Nitrogênio nitrato e amônio (13%) + P ₂ O ₅ (40%) + K ₂ O (13%) + Manganês (0,05%) + Ferro (0,05%) - alguns quelatizados com EDTA	V6	2,0 Kg ha ⁻¹
	Produto 4	Ácidos fúlvicos (27%) + Carbono orgânico total (18%) + Nitrogênio solúvel em água (1,5%) + P ₂ O ₅ (1,2%) + K ₂ O (1,5%) + Cálcio (0,4%) + Magnésio (0,3%)	V6	1,0 L ha ⁻¹
	Produto 4	Ácidos fúlvicos (27%) + Carbono orgânico total (18%) + Nitrogênio solúvel em água (1,5%) + P ₂ O ₅ (1,2%) + K ₂ O (1,5%) + Cálcio (0,4%) + Magnésio (0,3%)	R1	1,0 L ha ⁻¹
	Produto 6	Nitrogênio nitrato e amônio (20%) + P ₂ O ₅ (5%) + K ₂ O (5%) + Enxofre (10%) + Ferro (0,05%) + Manganês (0,05%)	R1	1,0 Kg ha ⁻¹
	Produto 8	Boro solúvel em água (8%) + Nitrogênio solúvel em água (1%)	R1	0,5 L ha ⁻¹
	Produto 5	Nitrogênio solúvel em água (7%) + Magnésio (6%)	R5	1,0 Kg ha ⁻¹
	Produto 7	Nitrogênio nitrato e amônio (7%) + P ₂ O ₅ (12%) + K ₂ O (40%) + Enxofre (4,4%) + Ferro (0,05%) + Manganês (0,05%)	R5	2,0 Kg ha ⁻¹
T5	Produto 8	Boro solúvel em água (8%) + Nitrogênio solúvel em água (1%)	R1	1,0 L ha ⁻¹
T6	Produto 9	Boro solúvel em água (11%)	R1	1,0 L ha ⁻¹

Fonte: O autor, 2025.

Nota: V3: Estádio vegetativo em que a planta apresenta três nós com folhas completamente desenvolvidas acima dos cotilédones; V6: Estádio vegetativo caracterizado pela presença de seis nós com folhas completamente desenvolvidas acima dos cotilédones; R1: Estádio reprodutivo marcado pela emissão da primeira flor aberta em qualquer nó da planta; R5: Estádio reprodutivo correspondente ao início do enchimento de grãos, quando os grãos começam a se desenvolver dentro das vagens (Rehagro, 2022).

Em todos os tratamentos foram utilizados no sulco de plantio os inoculantes *Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilense* e *Trichoderma harzianum*. O manejo fitossanitário aplicado foi o mesmo para todos os tratamentos e utilizados de acordo com as recomendações técnicas da cultura. Os manejos fitossanitários foram realizados conforme necessário, sendo eles a aplicação de herbicida, fungicida, inseticida e a dessecação. As aplicações foram realizadas com pulverizador tratorizado de 600 litros com vazão de 120 litros por hectare. Como trata-se de uma lavoura cultivada após trigo, com semeadura em outubro, a pressão de doenças foi um pouco maior, o que exigiu 5 intervenções com produtos químicos, representado no Tabela 4. Importante destacar que o manejo fitossanitário adotado foi padrão entre todos os tratamentos, alterando somente o manejo nutricional.

Tabela 4: Manejo fitossanitário realizado no experimento.

Manejo	Data	Produtos	Dose
Limpa	20/10/2024	Glifosato + Cletodim	3 L ha ⁻¹ + 0,5 L ha ⁻¹
1ª aplicação	25/11/2024	Fluxapiroxade + Mancozebe + Protioconazol + Sulfoxaflor + Lambda -cialotrina	2 L ha ⁻¹ + 0,3 L ha ⁻¹
2ª aplicação	16/12/2024	Mefentrifluconazol + Piraclostrobina + Fluxapiroxade + Sulfoxaflor + Lambda -cialotrina	0,6 L ha ⁻¹ + 0,3 L ha ⁻¹
3ª aplicação	30/12/2024	Fluxapiroxade + Mancozebe + Protioconazol + Tiametoxam + Lambda -cialotrina	2 L ha ⁻¹ + 0,2 L ha ⁻¹

4ª aplicação	15/01/2025	Picoxistrobina + Ciproconazol + Imidacloprido + Beta-ciflutrina	0,6 L ha ⁻¹ 0,5 L ha ⁻¹
5ª aplicação	30/01/2025	Trifloxistrobina +Tebuconazol + Bifentrina + Carbossulfano	0,5 L ha ⁻¹ 0,6 L ha ⁻¹
Dessecação	17/02/2025	Diquate	1,5 L ha ⁻¹

Fonte: O autor, 2025.

A precipitação durante o período do experimento foi registrada através da estação meteorológica que se localiza dentro da área da universidade e é próxima à área do experimento.

A colheita foi realizada de forma manual, coletando duas linhas centrais da parcela por 3 metros de comprimento, totalizando 2,7 metros quadrados por repetição. As amostras foram trilhadas em batedor estacionário e em seguida realizado a limpeza das amostras utilizando peneiras, aferindo a umidade e então a pesagem das amostras. Para os componentes de rendimento, foram coletadas três plantas para cada repetição e realizadas as avaliações de número de vagens, número de grãos por planta e peso de mil grãos (PMG). Também foi contado o número de plantas por metro linear para estimar a população final por hectare.

A análise estatística dos dados foi feita a partir do software Rbio (Bhering, 2017), através do teste Tukey a 5% de probabilidade.

Além do efeito dos tratamentos sobre a produtividade da soja, é de interesse entender a viabilidade técnica-econômica dos programas. Nesse sentido, a Tabela 5 apresenta os custos de todos os produtos utilizados na nutrição foliar de cada tratamento e o custo total de cada tratamento.

Para essa análise de viabilidade econômica foram utilizados os valores de produtos tabelados na cooperativa Coasul agroindustrial do município de Dois Vizinhos-PR, na data de aquisição dos produtos. Para comparação, será utilizado o valor que estava a saca de soja no dia da aquisição dos produtos nutricionais, sendo assim, no dia 18/09/2024 a soja estava cotada em R\$122,00.

Tabela 5: Custos de cada tratamento.

Tratamento	Produtos	Época	Dosagem/aplicação	Valor/ha ⁻¹
T1	Controle	-	-	-
T2	Produto 1	V3	0,3 Kg ha ⁻¹	R\$ 30,34 Total: R\$ 30,34
T3	Produto 1 Produto 2 Produto 2 Produto 3 Produto 4	V3 V3 V6 V6 V6	0,3 Kg ha ⁻¹ 0,15 L ha ⁻¹ 0,15 L ha ⁻¹ 2,0 Kg ha ⁻¹ 1,0 L ha ⁻¹	R\$ 30,34 R\$ 24,00 R\$ 24,00 R\$ 42,48 R\$ 26,00 Total: R\$ 146,82
T4	Produto 1 Produto 2 Produto 2 Produto 5 Produto 3 Produto 4 Produto 4 Produto 4 Produto 6 Produto 8 Produto 5 Produto 7	V3 V3 V6 V6 V6 V6 R1 R1 R1 R1 R5 R5	0,3 Kg ha ⁻¹ 0,15 L ha ⁻¹ 0,15 L ha ⁻¹ 1,0 L ha ⁻¹ 2,0 Kg ha ⁻¹ 1,0 L ha ⁻¹ 1,0 L ha ⁻¹ 1,0 Kg ha ⁻¹ 0,5 L ha ⁻¹ 1,0 Kg ha ⁻¹ 2,0 Kg ha ⁻¹	R\$ 30,34 R\$ 24,00 R\$ 24,00 R\$ 19,50 R\$ 42,48 R\$ 26,00 R\$ 26,00 R\$ 17,44 R\$ 48,60 R\$ 19,50 R\$ 42,40 Total: R\$ 320,26
T5	Produto 8	R1	1,0 L ha ⁻¹	R\$ 97,20 Total: R\$ 97,20
T6	Produto 9	R1	1,0 L ha ⁻¹	R\$ 21,00 Total: R\$ 21,00

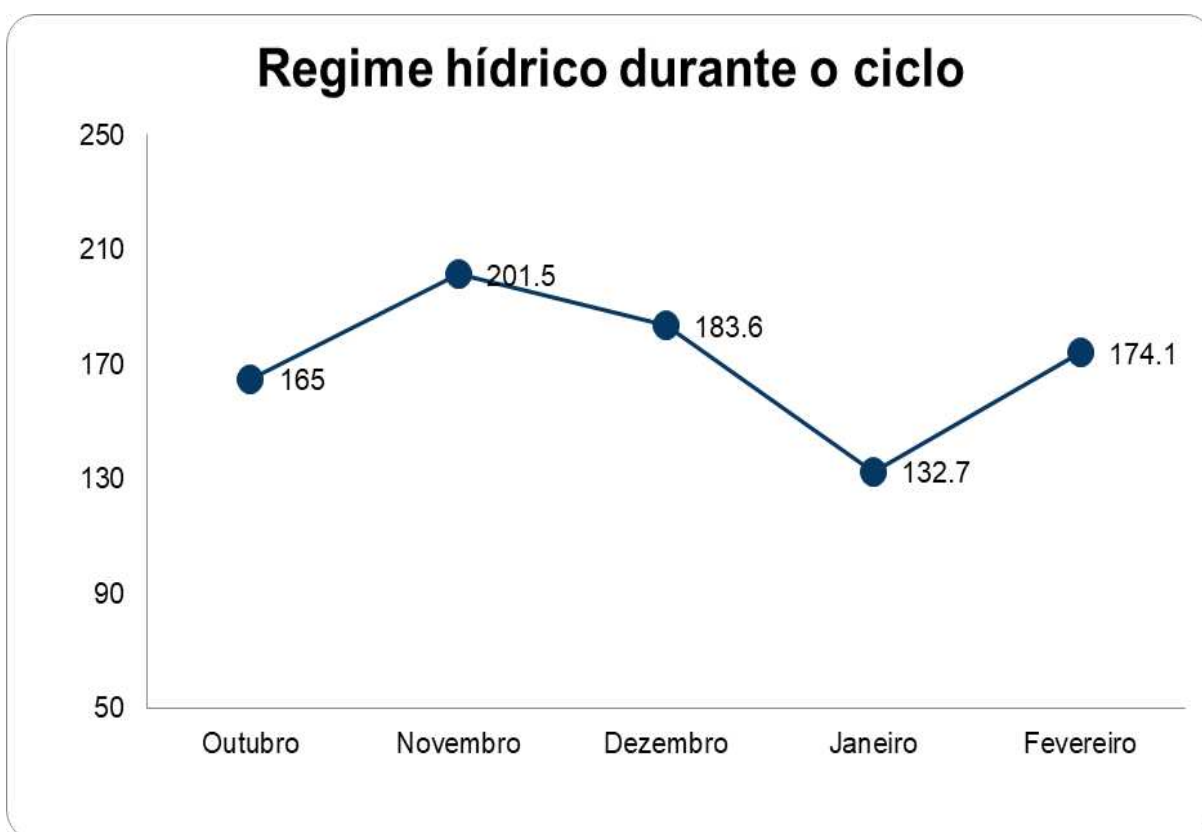
Fonte: O autor, 2025.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise do potencial produtivo

A análise dos resultados inicia-se pela contextualização climática do experimento, apresentada no Gráfico 1, que registra a precipitação pluviométrica observada durante o período de condução do estudo. O monitoramento da precipitação é importante para a interpretação dos resultados de produtividade, pois a disponibilidade hídrica é um fator de grande relevância. Sendo assim, o Gráfico 1 fornece uma base para avaliar o desempenho dos diferentes tratamentos de adubação foliar, condicionando a eficiência da absorção dos nutrientes aplicados.

Gráfico 1: Precipitação (mm) durante o período do experimento.

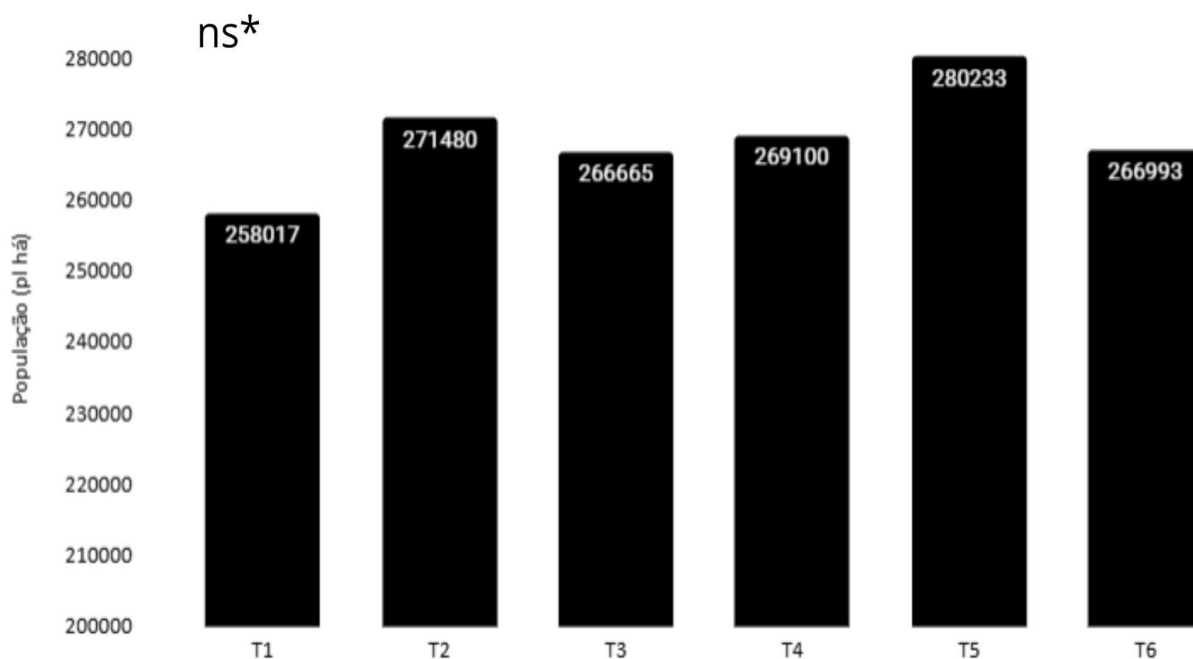


Fonte: INMET, 2025.

Nenhum dos tratamentos diferiu estatisticamente para número de plantas por hectare representado no Gráfico 2, esse resultado se torna relevante pois todos os tratamentos realizados no experimento foram realizados utilizando adubação exclusivamente via foliar, contudo, é importante que a população entre os

tratamentos se mantenha dentro do desejável e próxima entre eles, evitando assim a competição intraespecífica. O coeficiente de variação apresentado para essa variável foi de 4,9%.

Gráfico 2: População de plantas em cada tratamento (plantas/ha⁻¹).



Fonte: O autor, 2026.

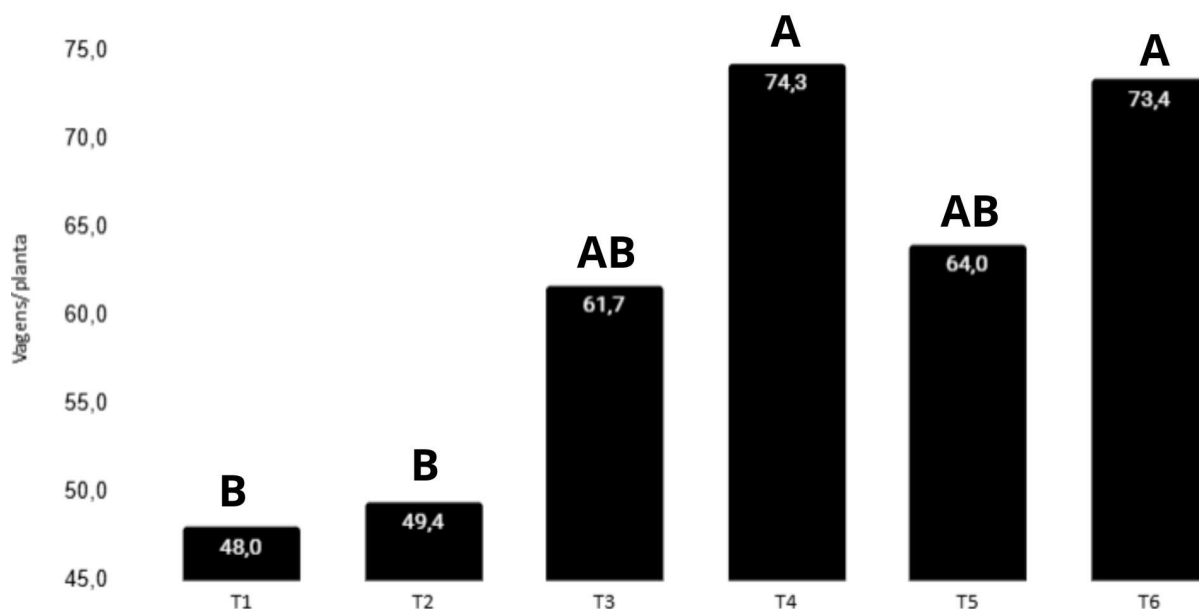
ns: Sem diferença estatística para os tratamentos

Em relação ao número de vagens por planta no Gráfico 3, observa-se que estatisticamente, os tratamentos, controle; 2; 3 e 5 apresentaram resultados inferiores (B e AB) por terem um menor número de vagens.

Já os tratamentos 3, 4, 5 e 6 apresentaram superioridade (A e AB), se diferenciando estatisticamente dos tratamentos anteriores. Sendo assim, os tratamentos 3 e 5 não se diferenciam do piores e nem dos melhores tratamentos Schom e Blevins (1990) observaram que ao aplicar o nutriente boro via foliar ocorreu aumento significativo na produtividade de soja, associado ao maior número de ramos e vagens na planta, evidenciando que o nutriente boro participa

ativamente na formação de estruturas nas plantas no período reprodutivo. O coeficiente de variação para número de vagens por planta foi de 12,24%.

Gráfico 3: Número de vagens por planta.



Fonte: O autor, 2026.

Pode-se observar o maior número de vagens nos tratamentos que receberam aplicações com alguma fonte de boro, esse micronutriente atua diretamente na formação e viabilidade do pólen, no crescimento do tubo polínico e no processo de fecundação das flores (Silva et al., 2017).

É destaque para número de vagem o tratamento 6, pois nele não foi utilizado mais nenhum produto além da fonte de boro, e apresentou resultado semelhante ao tratamento 4, onde além da fonte de boro teve um manejo nutricional mais completo.

Contudo o tratamento 3 mesmo não sendo utilizado uma fonte de boro em seu manejo, não se diferenciou dos melhores tratamentos, possivelmente explicado pelo aporte intermediário de nutrição foliar que complementam esse componente de rendimento.

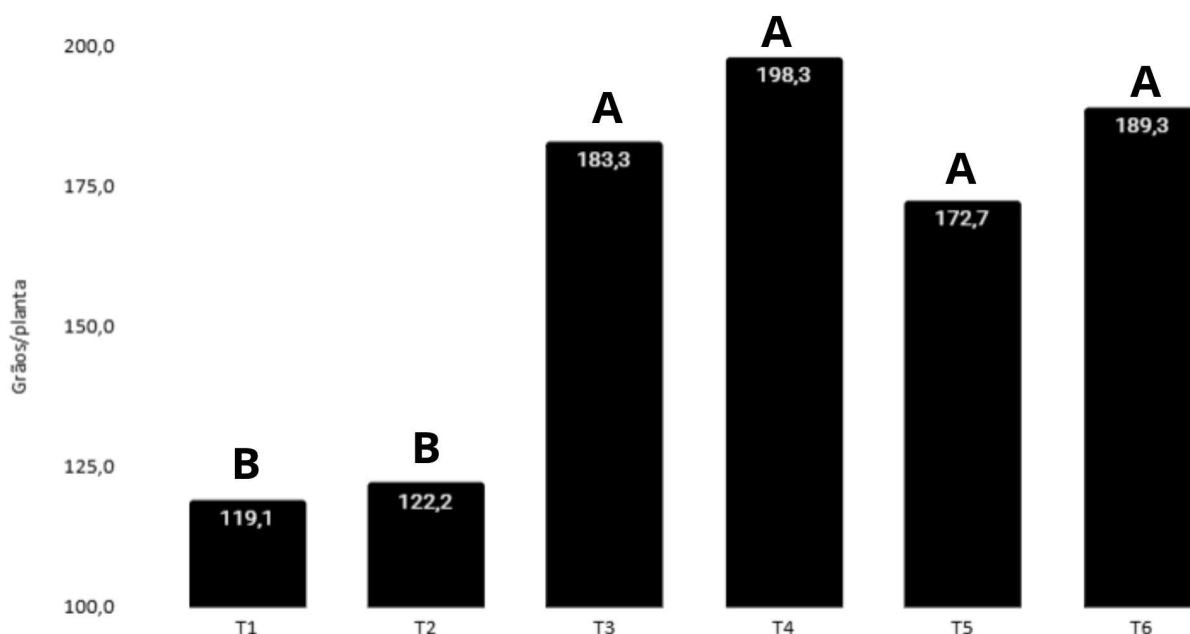
Em relação ao número de grãos por planta apresentado no Gráfico 4, é possível observar uma tendência similar ao número de vagens por planta. Os tratamentos controle e 2, por não conterem uma fonte de boro e nem aporte de

maior quantidade de nutrientes se diferenciaram estatisticamente (B) com menor número de grãos por planta em relação aos demais tratamentos, sendo os piores.

Houve destaque para os tratamentos com a adição de boro (T5 e T6) indicando que o boro além de atuar na formação de vagens, também impactou na fecundação dos óvulos, este fato já foi relatado por Souza e Roman (2018), que verificaram aumento no número de grãos por planta quando o boro foi aplicado via foliar nos estádios de floração. Já o tratamento 3, novamente, mesmo sem aplicação de boro, o aporte nutricional intermediário, impactou tanto em número de vagens, como em número de grãos por planta.

Importante ressaltar que o tratamento 4, foi o que recebeu o manejo mais completo e também uma fonte de boro, consequentemente, foi o tratamento com maior destaque numericamente. O coeficiente de variação apresentado para número de grãos por planta foi de 12,85%.

Gráfico 4: Número de grãos por planta.



Fonte: O autor, 2026.

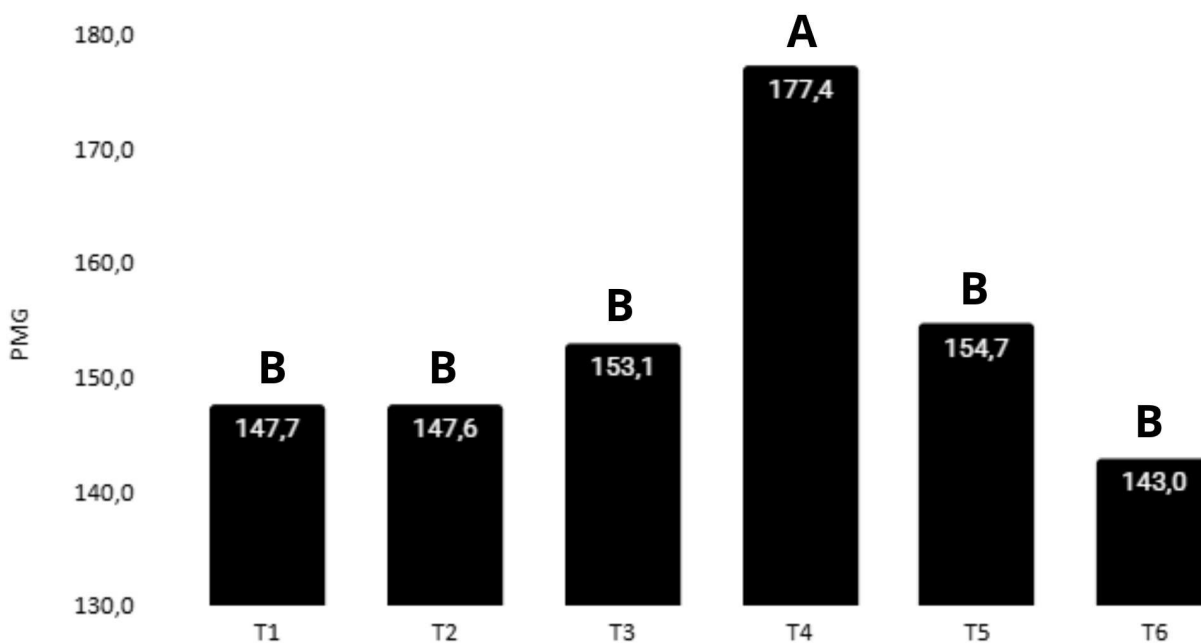
No componente de rendimento peso de mil grãos apresentado no Gráfico 5, o tratamento 4 foi o único que apresentou diferença estatística (A). Deve-se ressaltar que exclusivamente no tratamento 4 foi utilizado o produto 7, que se trata de uma fonte com maior concentração de potássio, que é um nutriente que atua no

transporte e utilização dos fotoassimilados produzidos na folha através da regulação da pressão osmótica dentro das células (De Bortoli Neto, 2012) e consequentemente impacta nesse componente de rendimento.

Também é válido lembrar que no período de enchimento de grãos, houve uma estiagem severa, que impactou na absorção de água e nutrientes, sendo assim, a absorção de água e dos nutrientes ficou comprometida.

Enquanto o boro parece ter sido determinante para o aumento do número de vagens e grãos por planta, o potássio contribuiu para o maior enchimento dos grãos, refletido no maior peso de mil sementes observado no tratamento 4. Isso sugere que os nutrientes atuaram de forma complementar, em que o boro favoreceu a formação das estruturas reprodutivas e o potássio favoreceu o acúmulo de matéria seca nos grãos durante o enchimento, essa complementaridade já relatado por Ernani, Bayer e Almeida (2007) na cultura da batata-doce. O coeficiente de variação apresentado no componente peso de mil grãos foi de 5,86%.

Gráfico 5: Peso de mil grãos de soja (g).



Fonte: O autor, 2026.

Percebe-se que por mais que não houvesse diferença estatística entre os demais tratamentos além do tratamento 4. O tratamento 6 apresentou resultados

numéricos inferiores ao tratamento controle, isso pode ser explicado pela própria introdução do boro no manejo, onde a planta com o efeito do boro conseguiu segurar maior quantidade de vagens e conseqüentemente de grãos, ou seja, conseguiu criar uma alta caixa produtiva, porém sem aporte de outros nutrientes para auxiliar no enchimento e também com a restrição hídrica, comprometeu o PMG. Em comparação entre as duas fontes de boro, analisando juntamente com o Gráfico 4 que apresenta o número de grãos por planta, facilita o entendimento, pois o tratamento 6 apresentou numericamente maior quantidade de grãos por planta do que o tratamento 5 porém com a falta de outros nutrientes, e a grande demanda pela planta devido a alta quantidade de grãos fez com que faltasse recursos para o enchimento de grãos. Assim, o tratamento 5 com menor quantidade de grãos por planta, teve maior reservas para conseguir encher os grãos, ficando com o PMG numericamente superior ao tratamento 6

O Gráfico 6 apresenta a produtividade, e deixa nítido a diferença numérica e estatística entre o tratamento 4 (A) e o tratamento controle (D). Essa diferença chega a 1221,1 kg ha⁻¹ (20,35 sacas), evidenciando o grande incremento de produtividade ao utilizar o manejo nutricional na cultura da soja. Resultados parecidos foram encontrados por Coelho et al. (2011), onde a aplicação foliar de nutrientes proporcionou respostas positivas em incremento nos parâmetros vegetativos como peso fresco, peso seco e altura de planta, e para os parâmetros produtivos como vagens e números de grãos por planta, quando comparados à testemunha.

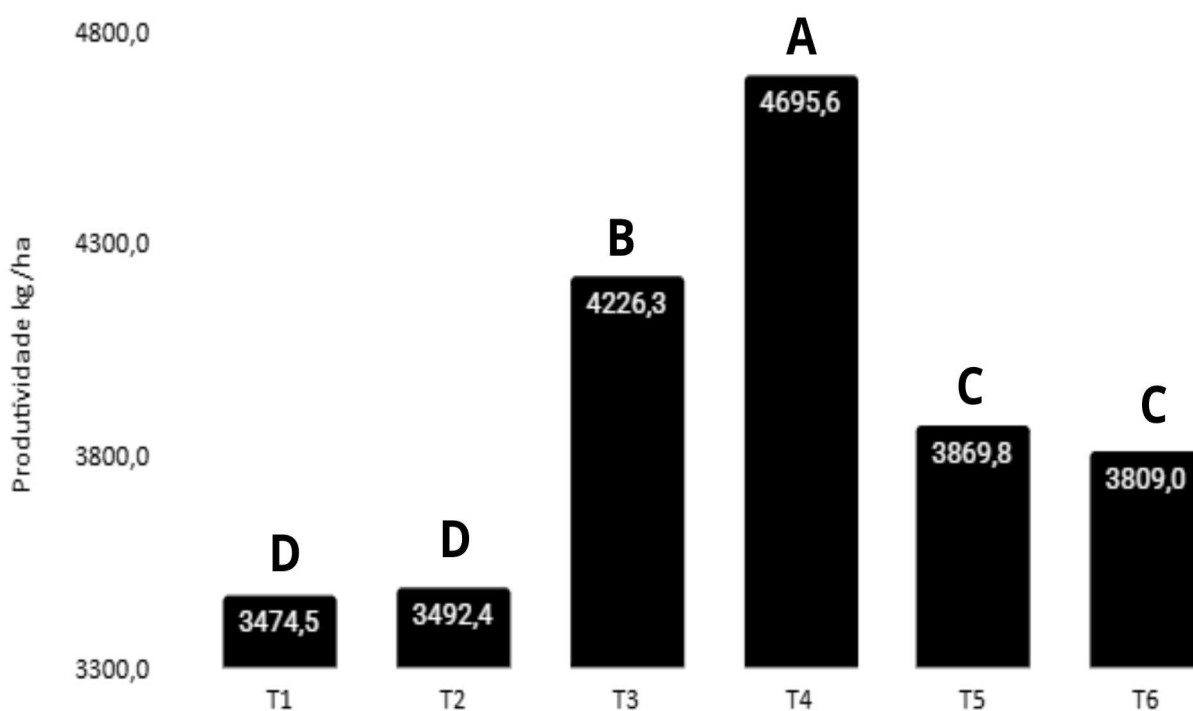
No tratamento 2, houve um incremento de 17,9 kg ha⁻¹ em relação ao controle, contudo, não se diferenciou estatisticamente dele.

O tratamento 3, com aplicação em mais estádios fenológicos e de diferentes nutrientes, apresentou resultados positivos, sendo em produtividade o segundo melhor (B), com incremento de 751,8 kg ha⁻¹ em comparação com ao tratamento controle, mas ainda ficou 469,3 kg ha⁻¹ atrás do tratamento 4 que possui o mais completo manejo nutricional.

Em relação aos tratamentos onde tínhamos a aplicação isolada de diferentes fontes de boro, percebe-se, para os dois tratamentos, um incremento significativo de produtividade em comparação ao controle. Na comparação entre eles, o tratamento 5 apresentou 60,8 kg ha⁻¹ a mais em relação ao tratamento 6, sendo superior, porém, eles não se diferenciam estatisticamente entre eles.

Outro fator que afetou diretamente a produtividade da soja foi a estiagem que houve na fase de enchimento de grãos, que ocorreu entre os dias 25/12/24 a 18/02/25, conforme apresentado no Gráfico 1. O maior contratempo foi em janeiro, onde a cultura passava pela sua fase crítica, o enchimento de grãos, e nesse período houve a menor precipitação mensal, afetando diretamente a produção, pois segundo ILSA Brasil (s.d.), 71% do cálcio, 79% do nitrogênio, 87% do magnésio e até 98% do enxofre na cultura do milho são absorvidos por fluxo de massa, e o déficit hídrico pode limitar essa absorção, afetando a mobilidade e disponibilidade de nutrientes no solo. No entanto, a produtividade foi afetada de forma similar entre todos os tratamentos, o que nos mostra que a produtividade final poderia ser ainda maior. O coeficiente de variação apresentado para produtividade por hectare foi de 3,37%.

Gráfico 5: Produtividade de grãos de soja (kg ha⁻¹).

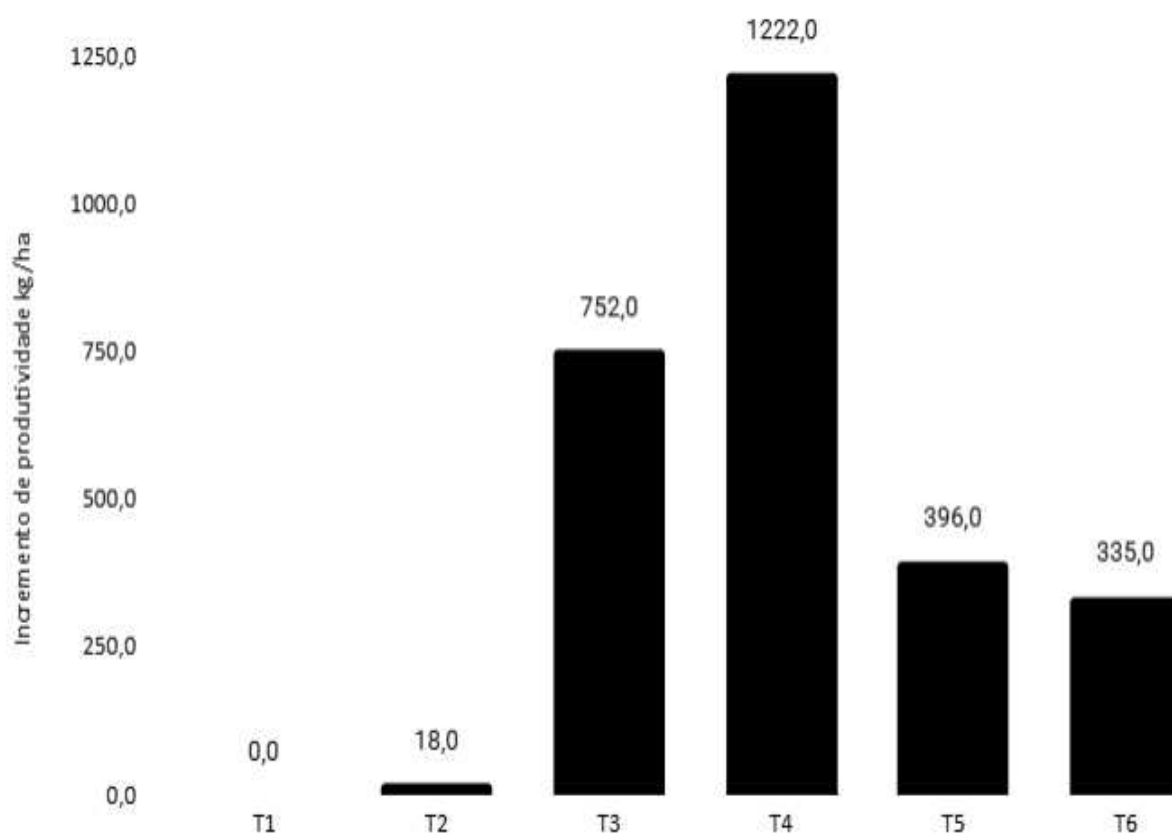


Fonte: O autor, 2026.

5.2. Análise da viabilidade econômica

A análise de viabilidade econômica é importante para verificar se a adoção de tecnologias, como a adubação foliar, proporciona retorno financeiro suficiente para compensar os custos de implementação e maximizar a rentabilidade da lavoura (MANESCHY, 2025), sendo assim, o Gráfico 7 representa a informação do incremento de produtividade em que cada programa de adubação foliar incrementou considerando a diferença do tratamento controle.

Gráfico 7: Incremento de produtividade em relação a testemunha (kg ha⁻¹).



Fonte: O autor, 2026.

A Tabela 6 traz o resultado geral da análise econômica. Para ter uma referência, o controle foi usado como régua, pois nele não foi utilizado nenhum produto do manejo foliar, então seu custo tornou-se zero, e a partir dele, serão comparados os demais. Também vale lembrar que os custos de cada produto utilizados nos tratamentos foram cotados na cooperativa Coasul agroindustrial em

Dois Vizinhos - PR, no dia 18/09/2024, e estão descritos na Tabela 5 no capítulo materiais e métodos, e para simular efeito de troca, foi cotado o valor de venda da saca de soja neste mesmo dia, estando cotada em R\$122,00.

Tabela 6 - Resultado da análise econômica.

Tratamento	Produtividade (kg/ha)	Sacas/ha	Receita/ha (R\$)	Incremento de receita (R\$)	Custo de produção (R\$)	Resultado (R\$)	ROI (%)
T1	3474	57,90	R\$ 7.063,80	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	0
T2	3492	58,20	R\$ 7.100,40	R\$ 36,60	R\$ 30,34	R\$ 6,26	20,63
T3	4226	70,43	R\$ 8.592,87	R\$ 1.529,07	R\$ 146,82	R\$ 1.382,25	941,46
T4	4696	78,27	R\$ 9.548,53	R\$ 2.484,73	R\$ 320,26	R\$ 2.164,47	675,85
T5	3870	64,50	R\$ 7.869,00	R\$ 805,20	R\$ 97,20	R\$ 708,00	728,40
T6	3809	63,48	R\$ 7.744,97	R\$ 681,17	R\$ 21,00	R\$ 660,17	3143,65

Fonte: O autor, 2026.

Para obtenção dos dados de receita por hectare, foi utilizado a produtividade em sacas por hectare e multiplicando pelo valor da saca de soja sendo R\$122,00. Os custos de produção foram tabulados na Tabela 5, e através deles é possível visualizar o incremento em reais de cada tratamento com a utilização da adubação foliar. O resultado descrito na Tabela 6 se trata do lucro líquido em reais que cada tratamento proporcionou, ele foi descoberto através da subtração do incremento de receita pelos custos de cada tratamento.

O Retorno Sobre Investimento (ROI), se trata da porcentagem de retorno sobre cada real investido, ele é calculado através da fórmula:

$$\text{ROI} = (\text{incremento} - \text{custo do manejo}) / \text{custo do manejo} * 100$$

Através dela é possível entender a rentabilidade de cada tratamento e buscar a resposta de qual tratamento foi economicamente o mais viável e trouxe maior retorno financeiro pelo valor investido, sendo que, para cada R\$1,00, o retorno é de R\$1,00 + ROI(%).

Para o tratamento controle, o ROI se torna 0 pois nele não foi investido nada em adubação foliar, então se torna a régua para os outros, sendo o exemplo de como seria sem a utilização da adubação foliar.

No T1 trouxe menor retorno financeiro, apresentando ROI de 20,38%, ou seja, para cada R\$1,00 investido no produto, o retorno é de R\$1,20.

Os T3 e T4, apresentaram retorno relevante, com ROI de 941,46% e 675,85% respectivamente, ou seja, para o T3, cada real investido retornaria R\$10,41, e para o de T4 retornaria R\$7,75. Destaca-se o T3 que mesmo com a utilização de menor quantidade de produtos e com produtividade inferior em comparação com T4, apresentou ROI superior, indicando que nem sempre o manejo com maior quantidade de produtos é o que irá entregar maior retorno econômico.

Para os tratamentos com produtos a base de fonte de boro (T5 e T6), os ROI's obtidos foram 728,40% e 3143,65% respectivamente. Pode-se observar que tratamento 5 apresentou leve superioridade na produtividade, porém o seu custo era por volta de 4,6 vezes a mais que o tratamento 6, sendo assim o 6 apresentou um ROI de 4,3 vezes superior ao tratamento 5, por ter seu custo muito inferior e entregar produtividade semelhante ao seu concorrente.

Além disso, o T6 foi o que, em geral, apresentou maior retorno sobre o investimento do experimento, a cada R\$1,00 investido, retorna ao produtor R\$32,43. Porém o T5 foi a terceira em geral dos tratamentos a apresentar maior ROI, entregando ao produtor R\$8,29 a cada R\$1,00 investido, ficando atrás somente do T6 e T3. Esses dados são semelhantes aos encontrados por Souza e Roman (2018), evidenciando que o boro posicionado via foliar e no estágio fenológico de maior demanda (R1), apresenta grande eficiência e no aumento de vagens por planta, e no caso deste trabalho, em incremento de produtividade.

É importante ressaltar que o boro é um nutriente essencial na divisão e alongação celular para formação do tubo polínico (Silva et al., 2017), e a principal forma de absorção pela planta é no solo pelas raízes através do fluxo de massa, ou seja, o boro é carregado até a planta juntamente com a água no momento em que ela a absorve (Marschner, 2012). Levando em consideração a precipitação no período do experimento, apresentada no Gráfico 1, percebe-se que houve estiagem exatamente no momento de maior demanda de água que coincide com o momento da maior demanda de boro, o estágio do pleno florescimento, sendo assim, o produto via foliar foi pontual em parte do suprimento, pois além de disponibilizar o

boro, também foi posicionado diretamente na folha/flor, sendo um local estratégico, pensando que o boro se trata de um nutriente com pouca mobilidade na planta.

6. CONCLUSÕES

Os tratamentos que receberam aplicações foliares apresentaram desempenho superior ao tratamento controle, com destaque para o tratamento 4, que proporcionou a maior produtividade, chegando a incrementar 1.221,1 kg ha⁻¹ em relação ao controle. Esse resultado esteve associado ao aumento no número de vagens por planta, número de grãos por planta e peso de mil grãos.

Todos os tratamentos tiveram ROI positivo, indicando viabilidade no investimento em todos os programas, porém o tratamento que apresentou maior ROI foi a fonte de boro do tratamento 6, chegando a 3143,65%, em segundo colocado foi o tratamento 3 que teve o programa intermediário em aporte de nutrientes, e em terceiro colocado ficou o tratamento 5 que continha a outra fonte de boro, o tratamento 2 foi o que apresentou menor retorno.

Para o componente de massa de mil grãos, ficou evidente o incremento quando se utilizavam produtos com fontes mais concentradas de potássio, como o produto 7 utilizado no tratamento 4, posicionados no estágio de enchimento de grãos.

REFERÊNCIAS

Bhering, L.L. **Rbio**: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v.17: 187-190p, 2017.

BRANCALIÃO, Sandro Roberto; CAMPOS, Marcelo; BICUDO, Sílvio José. Crescimento e desenvolvimento de plantas de mandioca em função da calagem e adubação com zinco. **Nucleus**, Ituverava, v. 12, n. 2, p. 175-182, 2015. Disponível em: <https://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/1103>. Acesso em: 22 jun. 2026.

CASARIN, Valter. **Manejo de micronutrientes na cultura da soja**. IPNI Brasil, 2025. Disponível em: [https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/9112cc0bea8dbbe883257e42006d81c4/\\$FILE/Palestra%20Valter%20Casarin%20-%20Micronutrientes.pdf](https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/9112cc0bea8dbbe883257e42006d81c4/$FILE/Palestra%20Valter%20Casarin%20-%20Micronutrientes.pdf). Acesso em: 22 jun. 2026.

COELHO, H. A.; GRASSI FILHO, H.; BARBOSA, R. D.; ROMEIRO, J. C. T.; POMPERMAYER, G. V.; LOBO, T. F. Eficiência agronômica da aplicação foliar de nutrientes na cultura da soja. **Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 11, p. 73-78, 2011. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/1120/679>. Acesso em: 23 jun. 2026.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2023/2024 – 8º levantamento**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: maio 2025.

CRUZ, Hilario Camarena de la. **Interação da mistura de herbicidas e fertilizantes foliares no controle de Urochloa decumbens e Amaranthus hybridus**. 2023. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/078bde09-fd61-4ae7-aa82-7f5185965f81/content>. Acesso em: 23 jun. 2026.

DE BORTOLI NETO, Pergentino Luiz. **Potássio**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2012. Material didático da disciplina de Nutrição de Plantas. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~nutricao/plantas/potassioTino.pdf>. Acesso em: maio 2025.

DIESEL, Patrick; DA SILVA, Carolina Amaral Tavares; SILVA, Tiago Roque Benetoli da; NOLLA, Antonio. Molibdênio e cobalto no desenvolvimento da cultura da soja. **Agrarian**, v. 3, n. 8, p. 169–174, 2011. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/1101/647>. Acesso em: 22 jun. 2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. (Sistemas de Produção, n. 15). Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/904487/tecnologias-d>

e-producao-de-soja---regiao-central-do-brasil-2012-e-2013. Acesso em: 22 jun. 2026.

ERNANI, Paulo Roberto; BAYER, Cimélio; ALMEIDA, José A. de. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 2, p. 393–402, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000200022>. Acesso em: 23 jun. 2026.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 6–16, jan./abr. 1998. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/205149/otimizacao-da-eficiencia-nutricional-na-producao-das-culturas?utm_source. Acesso em: 22 jun. 2026.

FAQUIN, Valdemar. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras (UFLA); Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE), 2005. 183 p. (Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Solos e Meio Ambiente). Disponível em: https://dcs.ufla.br/images/imagens_dcs/pdf/Prof_Faquin/Nutricao%20mineral%20de%20plantas.pdf. Acesso em: 22 jun. 2026.

FERNÁNDEZ, Victoria; SOTIROPOULOS, Thomas; BROWN, Patrick. **Adubação foliar: fundamentos científicos e técnicas de campo**. Tradução de Arnaldo Antonio Rodella. São Paulo: Abisolo, 2015. Disponível em: https://www.fertilizer.org/wp-content/uploads/2023/01/2015_ifa_abisolo_adubacao_foliar.pdf. Acesso em: 23 jun. 2026.

FGV CLEAR. **Avaliações de custo-efetividade e custo-benefício: ferramentas essenciais para a tomada de decisão**. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, 2020. Disponível em: <https://fgvclear.org/avaliacoes-de-custo-efetividade-e-custo-beneficio-ferramentas-essenciais-para-a-tomada-de-decisao/>. Acesso em: maio 2025.

GAZZONI, D. L.; DALL'AGNOL, A. **A saga da soja: de 1050 a.C. a 2050 d.C.** Brasília, DF: Embrapa, 2018. 199 p. ISBN 978-85-7035-807-3. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1093166/a-saga-da-soja-de-1050-ac-a-2050-dc>. Acesso em: 22 jun. 2026.

HANSEL, Fernando Dubou; OLIVEIRA, Maurício Limberger de. Importância dos micronutrientes na cultura da soja no Brasil. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 153, p. 1–8, mar. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/305659319_Importancia_dos_Micronutrientes_na_Cultura_da_Soja_no_Brasil. Acesso em: 23 jun. 2026.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/990000/1/Oagronegociodasojanoscontextosmundialebrasileiro.pdf>. Acesso em: maio 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal 2023**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html>. Acesso em: maio 2025.

ILSA BRASIL. **Absorção e distribuição dos macronutrientes nas plantas**. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://ilsabrasil.com.br/absorcao-e-distribuicao-dos-macronutrientes-nas-plantas/>. Acesso em: 23 jun. 2026

INNTEQ. **Fertilizantes foliares: o poder da nutrição direta e as vantagens de criar sua própria formulação**. Manhuaçu, MG: INNTEQ, 24 mar. 2025. Disponível em: <https://innteq.com.br/fertilizantes-foliares-o-poder-da-nutricao-direta-e-as-vantagens-de-criar-sua-propria-formulacao/>. Acesso em: 22 jun. 2026.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. 1. ed. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/538767604/nutricao-mineral-de-plantas-malavolta>. Acesso em: maio 2025.

MANESCHY, Alice. **Estudo de viabilidade econômica: o que é e como fazer**. Flash, 27 out. 2025. Disponível em: <https://flashapp.com.br/blog/estudo-de-viabilidade-economica>. Acesso em: 23 jun. 2026.

MARSCHNER, P. **Marschner's nutrição mineral de plantas superiores**. 3. ed. London: Academic Press, 2012. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/862891800/Marschners-Mineral-Nutrition-Sem-Ref-B-R-PDF>. Acesso em: maio 2025.

MOCELLIN, Ricardo S. P. **Princípios da adubação foliar: coletânea de dados e revisão bibliográfica**. Canoas: Fertilizantes Omega Ltda., 2004. Disponível em: <https://www.cursosprofec.com.br/escola/apostilas/basico-em-aduabacao-foliar-pfc-3.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2026.

NACHTIGALL, G. R.; NAVA, G. Adubação foliar: fatos e mitos. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 23, n. 2, Suplemento, p. 87-97, 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/858552/1/124352010p.8797.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2026.

NACHTIGALL, G. R. Nutrição mineral de plantas. **Agapomi**, Vacaria, n. 247, p. 10-11, dez. 2014. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1002672/1/GilmarAga_pomiDez2014.pdf. Acesso em: 22 jun. 2026.

NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B.; OYA, T. **Estádios de desenvolvimento da cultura de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. Disponível

em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/456809/1/ID-12906.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2026.

PRATA, Eduardo Miguel. **Análise da cadeia produtiva da soja: seu impacto na economia no estado do Paraná**. 2021. Disponível em: <https://fag.edu.br/mvc/assets/cityfarm/assets/documentos/anais/2021/AN%C3%81LI SE%20DA%20CADEIA%20PRODUTIVA%20DA%20SOJA%20SEU%20IMPACTO% 20NA%20ECONOMIA%20NO%20ESTADO%20DO%20PARAN%C3%81.pdf> Acesso em: 23 jun. 2026.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute (IPNI), 2011. 420 p. Disponível em: <https://edepot.wur.nl/480310>. Acesso em: 22 jun. 2026.

REHAGRO. **Identificação dos estádios fenológicos da soja**. Belo Horizonte, 2022. Disponível em: <https://rehagro.com.br/blog/identificacao-dos-estadios-fenologicos-da-soja/>. Acesso em: maio 2025.

SALESFORCE BRASIL. **O que é ROI e como melhorar o seu?** Salesforce, 27 fev. 2024. Disponível em: <https://www.salesforce.com/br/blog/roi/>. Acesso em: 23 jun. 2026.

SCHON, M. K.; BLEVINS, D. G. Foliar boron applications increase the final number of branches and pods on branches of field-grown soybean. **Plant Physiology**, v. 92, p. 602-607, 1990. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/7114035_Foliar_Boron_Applications_Increase_the_Final_Number_of_Branches_and_Pods_on_Branches_of_Field-Grown_Soybeans. Acesso em: 23 jun. 2026.

SILVA, Luciana Maria da; BERTI, Mariana Pina da Silva. Manganês no solo e nas plantas: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 15, n. 3, 2022. Disponível em: <https://scientificElectronicArchives.org/index.php/SEA/article/view/1512/1573>. Acesso em: 22 jun. 2026.

SILVA, Renan Cesar Dias da; SILVA JUNIOR, Geovani Soares da; SILVA, Camila dos Santos; SANTOS, Caroline Teodoro dos; PELÁ, Adilson. Nutrição com boro na soja em função da disponibilidade de água no solo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 4, p. 155-165, 2017. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6295002.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2026.

SOUZA, Eduardo Schanoski de; ROMAN, Matheus da Silva. **Adubação foliar com boro em diferentes estádios fenológicos da soja**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/2785/1/EduardoSchanoskideSouza%20-%20MatheusdaSilvaRoman.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2026.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. Disponível em:

<https://archive.org/details/taiz-zeiger-fisiologia-vegetal-6a-ed/page/50/mode/2up>.
Acesso em: maio 2025.

USDA. **Corn and soybean projections for the 2024/25 season – November 2024.**
Pig333, 2024. Disponível em:
https://www.3tres3.com/en/latest_swine_news/usda-corn-and-soybean-projections-for-the-2024-25-season-november_20921/. Acesso em: maio 2025.