

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRO-REITORIA DE GRADUAÇÃO
ESCOLA POLITÉCNICA E ARTES
CURSO DE AGRONOMIA**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA SOB DIFERENTES
DOSES DE BIOFERTILIZANTE E ADUBAÇÃO QUÍMICA.**

GABRIEL MONTEIRO RODRIGUES

Goiânia

2025

GABRIEL MONTEIRO RODRIGUES

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA SOB DIFERENTES
DOSES DE BIOFERTILIZANTE E ADUBAÇÃO QUÍMICA.**

Artigo apresentado como requisito parcial para composição de média final na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do curso de graduação em Agronomia, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, PUC-Goiás.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Barcellos

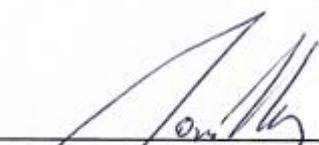
Goiânia

2025

GABRIEL MONTEIRO RODRIGUES

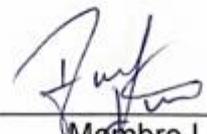
**DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA SOB DIFERENTES
DOSES DE BIOFERTILIZANTE E ADUBAÇÃO QUÍMICA.**

BANCA EXAMINADORA



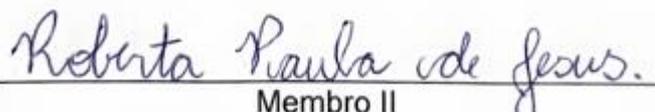
Presidente

Prof. Dr. Luiz Carlos Barcellos
Pontifícia Universidade Católica de Goiás



Membro I

Prof. Dr. Roberto Toledo de Magalhães
Pontifícia Universidade Católica de Goiás



Membro II

Prof. Dra. Roberta Paula de Jesus
Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Aprovada em 13/06/25.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, que me proporcionou o dom da vida.

Dedico também a Nossa Senhora Conceição Aparecida que sempre guardou e guiou sobre seu manto o meu caminho.

Dedico a minha querida mãe Neuzirene Rodrigues e meu querido pai Joaquim Monteiro que sempre estiveram ao meu lado e sempre me apoiaram com muito amor em todas as horas, não medindo esforços para comigo.

Dedico a minha querida irmã Carulina Monteiro por todo amor que tem por mim e por me inspirar a ser uma pessoa melhor a cada dia.

Dedico também a minha amada Maíra Chaves que está sempre ao meu lado, me apoiando e ajudando.

Dedico a toda a minha família que me ampara e me aguenta sem medir esforços.

Amo muito todos vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelas bênçãos em minha vida e por me dar forças e resiliência ao longo dos anos de faculdade.

A Nossa Senhora da Conceição Aparecida pelos livramentos em minha vida.

A toda minha família em especial meus pais e minha irmã, que me ajudaram a seguir este caminho, me orientando e apoiando nos melhores e piores momentos.

A minha namorada Maíra Chaves, por todo o amor e carinho ao longo desta jornada.

Ao meu orientador Prof. Dr. Luiz Carlos Barcellos, por todo o apoio, ensinamento e paciência ao longo da minha formação e do desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus sogros Silvio Chaves e Carla Haubert, pelo apoio e ajuda.

Ao meu cunhado Pedro Leonardo por me ajudar e apoiar na parte prática do trabalho.

Ao meu grande amigo Habraão Prudente e sua família, pela amizade, apoio e ajuda.

Ao meu amigo Calebio Vaz, pela amizade e momentos de conversa e reflexão nos horários vagos.

Ao meu amigo Rodrigo Barroso e sua família, pela amizade, honestidade e ensinamentos.

Ao meu amigo e professor Jarbas Fagundes, por me apoiar e agregar muito em meu processo de aprendizado.

A toda equipe da empresa IFB, em especial ao Danilo Parrode pela oportunidade de fazer parte desta equipe.

Aos amigos que fiz durante o curso que levarei para a vida, Pedro Augusto Teodoro, Luciano Guimarães, Marco Tulio Capuzzo, Glauco Junior, Bruno Luz. Obrigado, pela convivência, conversas e apoio durante todos esses anos.

Levarei todos em meu coração.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE ABREVIATURAS	v
1. INTRODUÇÃO	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 A Cultura da Soja.....	5
2.2 Fósforo.....	5
2.3 Fertilizantes orgânicos e minerais.....	7
2.4 BioAtivo Fós.....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
5. CONCLUSÃO	21
REFERÊNCIAS	22

LISTA DE ABREVIATURAS

Al - ALUMÍNIO

ATP - ADENOSINA TRIFOSFATO

Ca - CÁLCIO

CNA - CITRATO NEUTRO DE AMÔNIO

CTC - CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS

DAP - FOSFATO DIAMÔNICO

Fe - FERRO

H - HIDROGÊNIO

ha - HECTARE

IFB - INSTITUTO DE FOSFATOS BIOLÓGICOS

ITS - INSTITUTO DO TROPICO SUBÚMIDO

K - POTÁSSIO

kg - QUILOGRAMAS

MAP - FOSFATO MONOAMÔNICO

MO - MATERIA ORGÂNICA

N - NITROGÊNIO

NPK - NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO

P - FÓSFORO

pH - POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

PRNT - PODER RELATIVO DE NEUTRALIZAÇÃO TOTAL

SSP - SUPERFOSFATO SIMPLES

TSP - SUPERFOSATO TRIPLO

V - SATURAÇÃO POR BASES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A: Preparação dos sacos plásticos para formação das unidades experimentais para semeadura da Soja. B: Stand de plantas 20 dias após emergência. Goiânia, GO.....	11
Gráfico 01. Efeito de diferentes níveis de adubação, sobre a altura de plantas de soja. Goiânia, GO. 2025.....	15
Gráfico 02. Efeito de diferentes níveis de adubação, sobre o diâmetro do caule de plantas de soja. Goiânia, GO. 2025.....	17
Gráfico 03. Efeito de diferentes níveis de adubação, sobre o número de vagens de plantas de soja. Goiânia, GO. 2025.....	18
Gráfico 04. Efeito de diferentes níveis de adubação, sobre o número de grãos por vagem de plantas de soja. Goiânia, GO. 2025.....	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Caracterização dos atributos químicos do solo a profundidade 0-20 cm..10

Tabela 02 - Tabela de Análise de Variância (Kruskal-Wallis) para os efeitos de diferentes tratamentos de adubação na produção de soja.....13

Tabela 03 - Análise descritiva para os efeitos dos diferentes níveis de adubação sobre os fatores de produção de plantas de soja..... 14

DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA SOB DIFERENTES DOSES DE BIOFERTILIZANTE E ADUBAÇÃO QUÍMICA.

AGRONOMIC PERFORMANCE OF SOYBEAN UNDER DIFFERENT DOSES OF BIOFERTILIZER AND CHEMICAL FERTILIZATION.

Gabriel Monteiro Rodrigues¹, Luiz Carlos Barcellos²

¹ Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola Politécnica, Goiânia, GO, Brasil

² Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola Politécnica, Goiânia, GO, Brasil

RESUMO

O estudo teve como objetivo avaliar o impacto de diferentes doses de biofertilizante na produção de soja. Foram avaliadas três doses do biofertilizante BioAtivo Fós (75%, 100% e 125% da dose recomendada), adubação química com superfosfato simples e um grupo controle sem fertilizantes. O experimento foi conduzido no período de novembro de 2024 a março de 2025, no Instituto do Trópico Subúmido (ITS), em Goiânia, Goiás. As variáveis analisadas foram altura das plantas, diâmetro do caule, número de vagens por planta e número de grãos por vagem. Os resultados indicaram diferenças significativas entre os tratamentos para todas as variáveis estudadas. O biofertilizante mostrou resultados intermediários, com a dose de 100% da dose recomendada apresentando os melhores desempenhos em comparação com as doses menores e a dose de 125%, que apresentou efeitos negativos no crescimento devido ao possível desequilíbrio nutricional. A liberação gradual do fósforo pelo biofertilizante limitou o crescimento inicial das plantas, enquanto o fertilizante químico, foi mais eficiente em promover o desenvolvimento de todas as variáveis estudadas, provavelmente em função da disponibilização mais rápida de fósforo.

Palavras-chave: orgânico, fósforo, organofosfatado, fertilizante.

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the impact of different doses of biofertilizer on soybean production. Three doses of the biofertilizer BioAtivo Fós (75%, 100%, and 125% of the recommended dose) were tested, along with chemical fertilization using single superphosphate and a control group without fertilizers. The experiment was conducted from November 2024 to March 2025 at the Instituto do Trópico Subúmido (ITS) in Goiânia, Goiás, Brazil. The variables analyzed were plant height, stem diameter, number of pods per plant, and number of grains per pod. The results showed significant differences between treatments for all variables studied. The biofertilizer presented intermediate results, with the 100% recommended dose showing the best performance compared to the lower and higher doses, the latter (125%) showing negative effects on growth, possibly due to nutritional imbalance. The gradual phosphorus release from the biofertilizer limited early plant growth, while the chemical fertilizer was more efficient in promoting development across all variables, likely due to the faster phosphorus availability.

Keywords: organic, phosphorus, organophosphate, fertilizer.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande importador de fertilizantes, somente em 2023 o país importou 39,4 milhões toneladas de fertilizantes intermediários e complexos de NPK, um aumento de 13,96% em relação ao ano de 2022 (ANDA, 2024). No ano de 2023 o custo com fertilizantes representou 20,61% dos custos totais de produção (CONAB, 2024), sendo esta uma quantia significativa do custeio da safra. Após a invasão da Ucrânia pela Rússia em 2021, houve uma apreensão com relação à oferta global de fertilizantes, este cenário promoveu o aumento da utilização de adubos alternativos, principalmente os orgânicos, que cresceram 25,5% em 2022, em relação a 2021.

Atualmente, o mercado mundial de fertilizantes orgânicos biológicos é estimado em US\$ 12,64 bilhões, e deverá atingir US\$ 16,84 bilhões até 2029, atingindo uma Taxa de Crescimento Anual Composta (CAGR) de 5,9% (MONDOR, 2024). Os fertilizantes orgânicos são fundamentais para a manutenção e melhoria da qualidade do solo, desempenhando um papel central na agricultura sustentável. Diferentemente dos fertilizantes químicos, que fornecem nutrientes de forma imediata, os fertilizantes orgânicos liberam nutrientes de maneira gradual e sustentada, o que melhora a fertilidade do solo ao longo do tempo (SILVA & ALMEIDA, 2021). Essa liberação controlada de nutrientes contribui para o equilíbrio ecológico do solo, favorecendo a atividade microbiana e a formação de húmus, o que melhora a estrutura do solo e sua capacidade de retenção de água (FERREIRA et al., 2019). Além disso, seu uso está intrinsecamente ligado à conservação da biodiversidade do solo, uma vez que estimula a presença de microorganismos benéficos e outros organismos que desempenham funções vitais no ecossistema do solo. Aliado a estes fatores, os fertilizantes orgânicos também ajudam a mitigar os impactos ambientais associados à produção agrícola, como a redução da lixiviação de nutrientes e a diminuição da emissão de gases de efeito estufa.

O biofertilizante é classificado como um fertilizante organomineral fosfatado, produzido da mistura de material orgânico e rocha fosfática que inoculados com microrganismos, passam por um período de pré-compostagem, visando à solubilização biológica da rocha, resultando em um fertilizante com formulação NPK. Com isso, sendo capaz de substituir os fertilizantes convencionais superfosfato simples, fosfato monoamônico e superfosfato triplo.

Devido a elevada demanda por fertilizantes e a reduzida oferta destes produtos, há uma busca mundial cada vez maior por produtos alternativos, que reduzam a dependência de insumos externos, contribuam para a manutenção dos recursos naturais e com o desenvolvimento local sustentável. Assim sendo, objetivou-se com este trabalho, estudar o desempenho agronômico da cultura da soja, com o emprego de diferentes doses de biofertilizante.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A cultura da Soja

A soja (*Glycine max*) é considerada uma das culturas mais importantes do mundo, sendo cultivada há mais de cinco mil anos, tendo o posto de cultura agrícola mais antiga no mundo. Originária da Ásia, desenvolveu-se com maior importância na cultura chinesa, sendo considerada como grão sagrado. Atualmente, é utilizada na indústria alimentícia, cosméticos, farmacêutica e pecuária (SIQUEIRA, 2003). A soja é o principal produto da pauta de exportação brasileira. Nos últimos 40 anos, a produção de soja se multiplicou mais de quatro vezes, saindo de 26 milhões de toneladas para as 120 milhões de toneladas da última safra, transformando o país no maior exportador mundial do grão (APROSOJA, 2024).

Caracterizada como uma planta de ciclo anual, pertencente à família Fabaceae, possui uma fisiologia complexa que a torna adaptável a diversas condições climáticas. Sua fisiologia é caracterizada por um sistema radicular profundo, o que favorece a absorção de água e nutrientes em solos profundos. A soja também apresenta capacidade de fixar nitrogênio atmosférico através da simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, que se alojam em nódulos nas raízes da planta, suprindo grande parte da demanda de nitrogênio da cultura. Outro aspecto fisiológico importante é a sua fotossensibilidade, uma vez que a soja é influenciada pelo comprimento do dia para iniciar o florescimento, com a maioria das cultivares sendo plantas de dias curtos. Além disso, o metabolismo da planta permite a formação de grandes quantidades de óleo e proteína nos grãos, que são os principais produtos comerciais da cultura (TAIZ & ZEIGER, 2017).

2.2. Fósforo

O fósforo (P) é caracterizado como um macronutriente encontrado em compostos distribuídos em rochas, minerais, plantas e animais. No solo este pode ser encontrado em formas orgânicas e inorgânicas tendo o papel importante na fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, além de contribuir para a divisão e crescimento celular (NOVAIS et al., 2007). O P total nas plantas com estado nutricional adequado ocorre predominantemente na forma inorgânica, sendo este solúvel em água, estando presente no vacúolo, citoplasma e

organelas celulares. Este também pode ser encontrado na forma orgânica, em quatro grandes grupos, ésteres fosfóricos, fosfolipídios, nucleotídeos e ácido fítico (PRADO, 2008).

O fósforo (P) é essencial para o metabolismo das plantas, participando ativamente de processos bioquímicos vitais como a síntese de ácidos nucleicos, que regulam a divisão celular, e a formação de ATP (adenosina trifosfato), molécula que armazena e transfere energia nas células vegetais. No solo, o fósforo é geralmente um dos nutrientes mais limitantes, devido à sua baixa mobilidade e disponibilidade, especialmente em solos tropicais ácidos, onde tende a se complexar com óxidos de ferro e alumínio. Para as plantas, a absorção do fósforo ocorre principalmente na forma de íons ortofosfato (H_2PO_4^- e HPO_4^{2-}), e sua deficiência pode causar atraso no desenvolvimento, redução no tamanho das folhas e comprometimento do crescimento radicular. A presença adequada de fósforo no solo é, portanto, fundamental para o aumento da eficiência fotossintética e o desenvolvimento geral da planta (MALAVOLTA, 2006).

Além de sua importância metabólica, o fósforo é fundamental para a regulação do equilíbrio hídrico nas plantas e a tolerância a condições de estresse, como seca e salinidade. Ele atua na formação de fosfolipídios, que compõem as membranas celulares, garantindo a integridade estrutural e funcional das células. Essa função é particularmente relevante em cultivos de soja, onde o fósforo contribui para a adaptação a condições adversas, promovendo a formação de raízes mais profundas e o aumento da eficiência no uso da água. Estudos realizados por Ferreira et al. (2018) indicam que o manejo adequado do fósforo não só melhora a capacidade das plantas de resistirem a estresses abióticos, mas também favorece a interação benéfica com microrganismos, como rizóbios, que potencializam a fixação biológica de nitrogênio.

No solo, as formas orgânicas de fósforo, que incluem compostos como fitinas e fosfatos de açúcares, desempenham um papel importante na ciclagem do nutriente. Embora menos disponíveis que as formas inorgânicas, esses compostos podem ser mineralizados por microrganismos, tornando-se acessíveis às plantas. A adição de fertilizantes organofosfatados tem demonstrado potencial para melhorar essa dinâmica, combinando fontes minerais com matéria orgânica e promovendo uma liberação gradual do fósforo ao longo do ciclo da cultura. Segundo Lima et al. (2019), a aplicação de fósforo em formas combinadas aumenta sua eficiência de uso, reduzindo perdas por lixiviação e adsorção e contribuindo para a sustentabilidade da

produção agrícola.

2.3. Fertilizantes orgânicos e minerais

Fertilizante ou adubo é classificado como um produto orgânico ou mineral, natural ou sintético, que fornecem um ou mais nutrientes para as plantas, assim podendo conceituá-los como melhoradores das propriedades químicas do solo ou de seu conteúdo de nutrientes (NOVAIS et al., 2007).

Os fertilizantes químicos, também denominados fertilizantes minerais, são formulações artificiais compostas por nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, como nitrogênio, fósforo e potássio, conhecidos como macronutrientes primários. Esses fertilizantes são amplamente utilizados na agricultura devido à sua alta eficiência e rápida disponibilidade de nutrientes às plantas (MALAVOLTA, 2006). No entanto, o uso excessivo e indiscriminado desses insumos pode causar sérios impactos ambientais, como a lixiviação de nitratos, que contamina lençóis freáticos e corpos d'água, além de contribuir para o processo de eutrofização em ecossistemas aquáticos (SPERB et al., 2007). Ademais, a utilização prolongada de fertilizantes químicos pode levar à acidificação do solo e à redução da biodiversidade microbiana, comprometendo a saúde do solo a longo prazo (MARCHETTI et al., 2012). Por essa razão, a busca por alternativas sustentáveis, como os fertilizantes organominerais, tem ganhado destaque, buscando integrar a eficiência dos fertilizantes minerais com a capacidade de recuperação do solo proporcionada pela matéria orgânica (ALMEIDA & SILVA, 2015).

Os fertilizantes organominerais consistem na combinação de materiais orgânicos, como resíduos agroindustriais, compostos vegetais ou esterco, com nutrientes minerais. Essa mistura une os benefícios da matéria orgânica, que melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, à alta eficiência dos nutrientes minerais, que são disponibilizados para as plantas (SOUZA & LOPES, 2017). A matéria orgânica presente nos fertilizantes organominerais contribui para a melhoria da estrutura do solo, aumentando sua capacidade de retenção de água, promovendo a atividade microbiana benéfica e reduzindo a compactação, enquanto os nutrientes minerais garantem o crescimento adequado das plantas, especialmente em momentos de maior demanda (FERNANDES et al., 2018). Além disso, esses fertilizantes podem reduzir a lixiviação de nutrientes, um problema comum em

fertilizantes minerais isolados, e contribuir para uma maior sustentabilidade agrícola ao integrar o uso de resíduos orgânicos com fontes minerais controladas (OLIVEIRA & CARVALHO, 2016).

Tendo destaque pela capacidade de promover uma liberação gradual dos nutrientes no solo, os fertilizantes organominerais reduzem perdas por lixiviação e volatilização, otimizando a nutrição das plantas ao longo do ciclo da cultura. Essa característica é especialmente importante em sistemas de cultivo que demandam eficiência no uso de insumos, como a produção de soja, onde o equilíbrio nutricional é crucial para atingir altos índices produtivos. Estudos apontam que a interação entre a matéria orgânica e os nutrientes minerais pode influenciar positivamente a fixação biológica de nitrogênio e a absorção de fósforo, ampliando a disponibilidade de nutrientes essenciais para a planta (SILVA et al., 2019). Essa abordagem integrada favorece a sustentabilidade, já que promove o reaproveitamento de resíduos orgânicos e reduz a dependência de fertilizantes minerais sintéticos.

2.4. BioAtivo Fós

O BioAtivo Fós é um produto fabricado pela empresa Instituto de Fosfatos Biológicos (IFB), desenvolvido com o objetivo de utilizar resíduos orgânicos aliado a solubilização da rocha fosfática através de microrganismos capazes de solubilizar o fosfato tri cálcico. Este é um fertilizante organomineral fosfatado produzido da mistura de 40 a 80% de material orgânico e 20 a 60% de fosfato natural de rocha de baixo teor de P_2O_5 que inoculados com microrganismos, fungos e bactérias passam por um período de compostagem de 12 a 15 dias visando à solubilização biológica parcial da rocha fosfática resultando ao fim do processo um fertilizante com a fórmula NPK. O BioAtivo Fós substitui os fertilizantes convencionais superfosfato simples (SSP), superfosfato triplo (TSP), fosfato monoamônico (MAP) e fosfato diamônico (DAP) nas mesmas dosagens (IFB, 2024).

O BioAtivo Fós possui maior eficiência no aproveitamento do fósforo quando comparado a outros fertilizantes, pois os fertilizantes químicos possuem fósforo 90% solúvel em CNA + água, fato que reduz a eficiência dele pois grande parte do fósforo fica fixado (adsorvido), nos coloides do solo ou se liga a outros elementos como cálcio (Ca), alumínio (Al) e ferro (Fe), fazendo com que o fósforo fique indisponível para a planta, tendo uma taxa de aproveitamento de 46% do total aplicado (PROCHNOW et

al., 2010). Já o BioAtivo Fós a solubilidade biológica permite um aproveitamento superior do fósforo aplicado, pois este é 30% solúvel inicialmente, tendo o restante liberado gradualmente de acordo com a extração da cultura, melhorando a eficiência do fósforo, gerando uma taxa de aproveitamento de 90% do total aplicado e permite uma atuação equilibrada de microrganismos na microbiota do solo, atuando constantemente durante todo ciclo da cultura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre o período de novembro de 2024 a março de 2025, na área do Instituto do Trópico Subúmido (ITS) da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Campus II, localizada na Av. Engler, S/N, Jardim Mariliza, Goiânia – Goiás, localizada nas coordenadas geográficas 16°44'13.8" de latitude Sul, 49°12'55.6" de longitude Oeste. Segundo Köppen e Geiger, o clima na região é classificado como Aw, sendo quente e úmido, com temperatura anual média aproximada de 23°C, pluviosidade média anual de 1270 mm, com chuvas predominantes no verão. (CLIMATEDATA, 2024).

As unidades experimentais foram compostas por sacos plásticos com capacidade volumétrica de $9,4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ (20 cm x 30 cm), preenchidos com Latossolo Vermelho de textura média, com características químicas descritas na tabela 1.

Tabela 01 - Caracterização dos atributos químicos do solo na profundidade 0-20 cm.

P	K	M.O	Ph	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V
mg/dm ³		g/dm ³	CaCl ₂	cmolc/dm ³				(%)	
1,0	68,0	7,0	5,5	1,7	0,5	2,5	0,0	4,87	48,0

		S	B	Cu	Fe	Mn	Zn		
		mg/dm ³							
		6	0,26	0,8	93	4	0,5		

M.O: matéria orgânica; CTC: capacidade de troca catiônica; V: saturação de bases.

O solo utilizado para a condução do experimento, foi corrigido com calcário dolomítico com poder de neutralização total (PRNT) de 85%, com dosagem de 1.500 kg ha⁻¹, sendo feito a quantidade de 0,568 kg para 0,7 m³ de solo (Figura 01). A adubação nitrogenada e potássica de plantio foi realizada na dosagem de 30 kg ha⁻¹ de N e 80 kg ha⁻¹ de K₂O, também foi realizado a aplicação de gesso na dose de 130 kg ha⁻¹, seguindo esta adubação padrão para todos os tratamentos. A calagem foi realizada visando uma saturação de bases de 70%, sendo este procedimento realizado segundo Cantarella et al., (2022).

Figura 1. A: Preparação dos sacos plásticos para formação das unidades experimentais para semeadura da Soja. B: Stand de plantas 20 dias após emergência. Goiânia, GO.



Fonte: Rodrigues, 2024

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com doze repetições. Os tratamentos foram compostos por três diferentes doses do biofertilizante, mais um tratamento com adubação química e um tratamento controle, composto pela ausência da aplicação de fertilizantes. O biofertilizante utilizado, de nome comercial, BioAtivo Fós, é um produto organomineral, produzido a partir de resíduos de confinamento com a adição de rocha fosfática, passando por um processo biológico de solubilização da rocha e que apresenta as seguinte composição: N (1,0%), P (12%), K (0,5%) e Ca (10%).

As doses do biofertilizante consistiram respectivamente de 75%; 100% e 125% da dose comercial recomendada de 1.250 Kg/ha, prescrita pela empresa Instituto de Fosfatos Biológicos. No tratamento que recebeu adubação química, foi utilizado 790 Kg/ha de superfosfato simples (19% P_2O_5).

A semeadura da soja foi realizada com 3 sementes por saco em uma profundidade de 1 cm. 10 dias após a emergência foi realizado o desbaste deixando uma plântula por vaso, a necessidade hídrica da cultura foi suprida a partir de irrigação por aspersão, com uma lâmina d'água e intervalos de irrigação não controlados.

As variáveis analisadas foram altura de plantas, diâmetro do caule, número de vagens por planta e número de grãos por vagem. O teste de normalidade, de Shapiro-Wilk, foi utilizado para verificar se os dados possuíam uma distribuição gaussiana, em seguida, utilizou-se o Teste de Kruskal-Wallis (não paramétrico) para comparar a existência de diferenças estatísticas entre os grupos, pois uma distribuição normal não pôde ser assumida. O Teste de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner (pós teste não-paramétrico), teste de comparação, foi aplicado após o Teste de Kruskal-Wallis, para definir as diferenças significativas entre os grupos. Para os Testes de Shapiro-Wilker, Kruskal-Wallis e Dwass-Steel-Critchlow-Fligner, utilizou-se o Software JAMOV 1.6.23.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância foi realizada utilizando o teste de Kruskal-Wallis, uma técnica não paramétrica que compara medianas de mais de dois grupos independentes. Os resultados da análise de variância para as variáveis estudadas estão apresentados na Tabela 02. O teste de Kruskal-Wallis indicou que, para todas as variáveis analisadas, altura de plantas, diâmetro de caule, número de vagens e número de grãos por vagem. Os valores de p foram inferiores a 0,05, indicando diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos.

Tabela 02 - Tabela de Análise de Variância (Kruskal-Wallis) para os efeitos de diferentes tratamentos de adubação na produção de soja

Variável	χ^2	gl	p-valor
Altura de Plantas	43.0	4	<0.001
Diâmetro de Caule	37.0	4	<0.001
Número de Vagens	35.0	4	<0.001
Número de Grãos por Vagem	26.9	4	<0.001

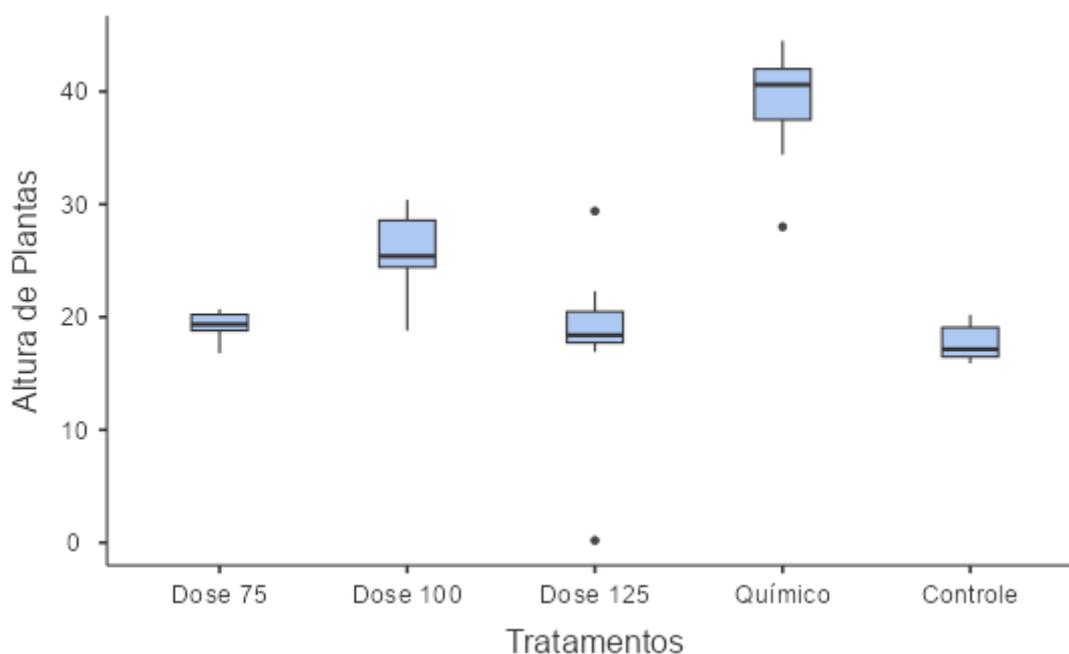
Na Tabela 03 estão representadas as estatísticas descritivas das variáveis analisadas, incluindo médias, medianas, desvios-padrão, e os valores mínimo e máximo, para cada um dos tratamentos estudados. Esses dados servem como base para a interpretação dos efeitos dos diferentes níveis de adubação nos fatores de produção de soja, indicando a variabilidade e as tendências de resposta das plantas sob diferentes condições de manejo.

Tabela 03 - Análise descritiva para os efeitos dos diferentes níveis de adubação sobre os fatores de produção de plantas de soja.

	Tratamentos	Altura de Plantas	Diâmetro de Caule	Número de Vagens	Número de Grãos por Vagem
Mediana	Dose 75	19.4	0.230	1.00	1.00
	Dose 100	25.4	0.340	3.00	2.00
	Dose 125	18.4	0.300	2.00	2.00
	Químico	40.6	0.600	9.00	2.40
	Controle	17.1	0.240	1.00	1.00
Desvio-padrão	Dose 75	1.13	0.0164	0.793	0.651
	Dose 100	3.62	0.0678	1.44	0.435
	Dose 125	6.64	0.0472	1.42	0.815
	Químico	4.75	0.103	4.04	0.761
	Controle	1.55	0.0369	0.515	0.515
25° percentil	Dose 75	18.8	0.220	1.00	1.00
	Dose 100	24.4	0.302	2.75	2.00
	Dose 125	17.7	0.235	1.00	1.00
	Químico	37.5	0.558	5.75	1.95
	Controle	16.5	0.220	0.00	0.00
50° percentil	Dose 75	19.4	0.230	1.00	1.00
	Dose 100	25.4	0.340	3.00	2.00
	Dose 125	18.4	0.300	2.00	2.00
	Químico	40.6	0.600	9.00	2.40
	Controle	17.1	0.240	1.00	1.00
75° percentil	Dose 75	20.2	0.242	2.00	2.00
	Dose 100	28.6	0.372	4.25	2.00
	Dose 125	20.5	0.320	3.00	2.05
	Químico	42.0	0.665	11.0	2.52
	Controle	19.1	0.275	1.00	1.00

Para as comparações múltiplas entre os tratamentos, utilizou-se o teste de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner, o qual revelou diferenças estatisticamente significativas entre alguns tratamentos, indicando que a adubação organofosfatada influenciou as variáveis estudadas. Considerando um nível de significância de $p < 0,05$, observou-se que a altura das plantas foi significativamente maior nos tratamentos com fertilizante químico, quando comparado às doses orgânicas e ao controle, evidenciando a influência da disponibilidade de fósforo no crescimento da soja (Gráfico 01).

Gráfico 01. Efeito de diferentes níveis de adubação, sobre a altura de plantas de soja. Goiânia, GO. 2025.



Entre os grupos compostos por 75% e 100% da dose comercial recomendada do biofertilizante, verificou-se interação significativa, mostrando maior altura de plantas no grupo composto por 100% da dose recomendada. Este resultado pode ser correlacionado à maior disponibilidade de fósforo solúvel, como descrito por Malavolta (2006), que destacou a importância do fósforo no crescimento de plantas e a absorção de nutrientes em estágios iniciais.

Na comparação entre o grupo contendo 75% da dose comercial de biofertilizante e o grupo correspondente a adubação com fertilizante químico, verificou-se que o adubo químico proporcionou um crescimento significativamente maior, indicando que a fonte química disponibilizou fósforo mais rapidamente para as

plantas. Resultados semelhantes foram observados ao comparar 100% da dose de biofertilizante com fertilizante químico, sugerindo que a liberação gradual de fósforo do biofertilizante pode ter limitado a absorção no início da cultura. Resultados diferentes dos encontrados neste estudo foram encontrados por Junior et al., (2017), onde estes não encontraram diferenças significativas entre doses de fertilizante organomineral e fertilizante químico, mostrando a viabilidade de uso destes fertilizantes. Além disso, a diferença apresentada entre os grupos controle e o fertilizante químico, confirma que a deficiência de fósforo restringe severamente o crescimento da soja. Resultados semelhantes também foram encontrados por Souza & Cabral (2022), em relação à altura de plantas de soja. Os autores sugerem que condições edafoclimáticas, manejo da cultura e seus tratamentos culturais podem interferir nos resultados do uso de biofertilizantes.

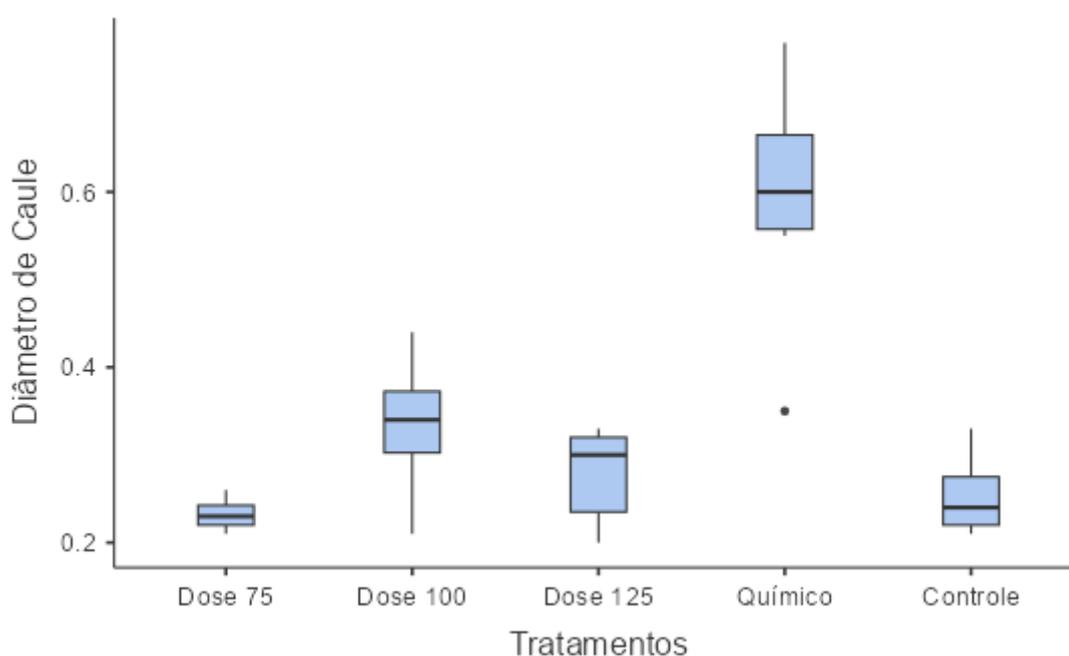
Esses resultados podem ser explicados pela dinâmica do fósforo no solo e pelas condições experimentais do estudo, sendo realizado em sacos plásticos sob pleno sol, pode ter restringido o crescimento radicular, intensificando a competição por nutrientes e evidenciando ainda mais os efeitos da adubação sobre o crescimento da soja (TAIZ et al., 2017). O fósforo é um nutriente essencial para o metabolismo energético das plantas, sendo fundamental na formação de ATP, nucleotídeos e fosfolipídios (MARSCHNER, 2012). No entanto, sua mobilidade no solo é baixa, o que pode ter influenciado a absorção diferenciada entre os tratamentos. O uso do fertilizante químico, que contém fósforo prontamente disponível, favoreceu uma absorção mais eficiente, resultando em plantas mais altas. Por outro lado, as fontes organofosfatadas provenientes do biofertilizante, podem ter apresentado liberação gradual, o que limitou o crescimento inicial das plantas.

Em relação aos grupos contendo 100% e 125% da dose recomendada de biofertilizante, a dose de 125% apresentou menor altura, podendo ser um resultado do desequilíbrio nutricional devido à alta dose de adubação fosfatada. Embora a análise estatística tenha demonstrado uma diferença significativa entre os grupos, a diferença nas medianas pode ser considerada relevante em termos práticos, especialmente para os produtores de soja. A aplicação de 100% da dose recomendada do biofertilizante pode resultar em plantas mais altas, o que pode impactar a produtividade das lavouras, embora seja importante considerar outros fatores agrônômicos que podem influenciar o desempenho geral das plantas.

Apesar do estudo ter mostrado resultados significativos, é importante reconhecer que a altura das plantas é apenas uma variável do desempenho das culturas. Outros parâmetros, como resistência a doenças, déficit hídrico e época de semeadura, também devem ser avaliados conjuntamente para determinar os efeitos completos do biofertilizante em diferentes doses.

No gráfico 02 estão representados os dados relativos ao diâmetro de caule de plantas de soja em função dos diferentes níveis de adubação com biofertilizante.

Gráfico 02. Efeito de diferentes níveis de adubação, sobre o diâmetro do caule de plantas de soja. Goiânia, GO. 2025.

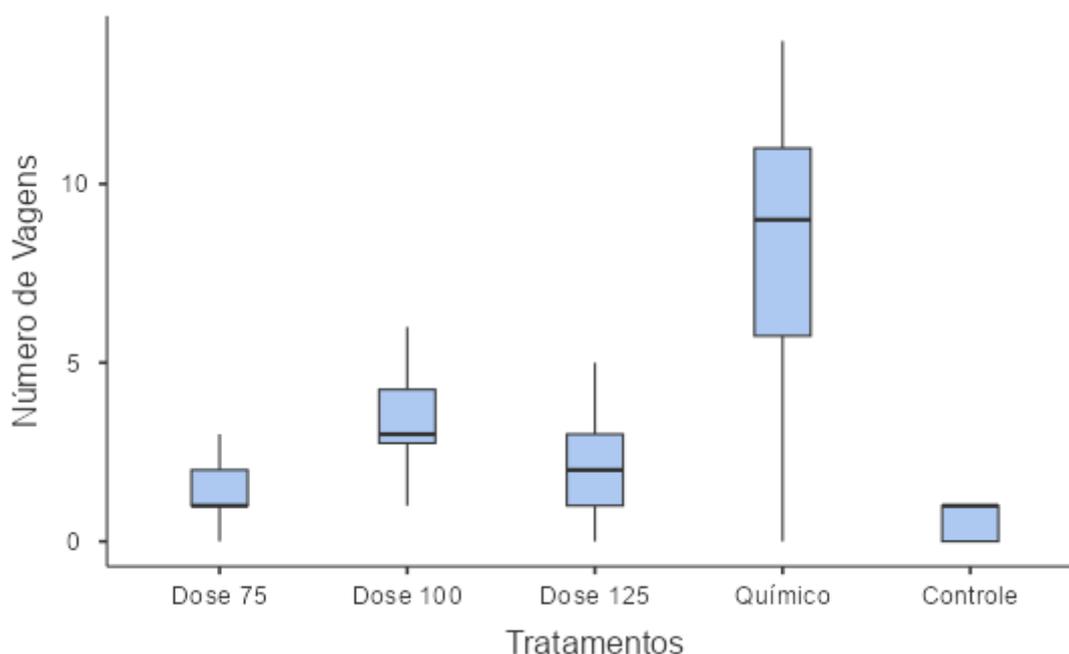


Analisando os resultados entre os grupos representados pelas doses de 75% e 100% da dose comercial, verificou-se uma interação significativa em relação ao diâmetro do caule, evidenciando um maior diâmetro no grupo 100% da dose. Este resultado provavelmente está relacionado a maior concentração de fósforo disponível na dose correspondente a 100% da dose comercial. Resultados semelhantes também foram verificados nos grupos que receberam 125% da dose comercial de biofertilizante e fertilizante químico, sendo este último aquele que apresentou maiores valores para a variável diâmetro de caule. Este resultado ocorreu, possivelmente, devido as condições na qual o estudo foi conduzido. Sacos plásticos utilizados no experimento, com profundidade de 30 cm, podem ter interferido no desenvolvimento radicular, limitando seu desenvolvimento. Em um estudo realizado por Amaral et al.,

(2020), com plantas de soja conduzidas a campo, foram verificados resultados distintos dos encontrados neste estudo. Outra interação significativa, também foi encontrada entre o grupo controle e ao fertilizante químico, havendo o grupo químico desenvolvimento superior ao controle, evidenciando o impacto negativo da falta de fósforo na cultura da soja.

No gráfico 03 estão representados os dados relativos ao número de vagens de plantas de soja em função dos diferentes níveis de adubação com biofertilizante.

Gráfico 03. Efeito de diferentes níveis de adubação, sobre o número de vagens de plantas de soja. Goiânia, GO. 2025.



Analisando os resultados entre os grupos que receberam adubações correspondentes a 75% e 100% da dose comercial de biofertilizante, observou-se uma interação estatisticamente significativa no número de vagens, com superioridade do grupo que recebeu 100% da dose. Tal comportamento pode ser explicado pelo fornecimento mais adequado de nutrientes essenciais, sobretudo o fósforo, cuja função está diretamente relacionada à indução de florescimento, frutificação e, conseqüentemente, ao aumento da produtividade de grãos e vagens na cultura (RAIJ et al., 1997).

Além disso, uma interação significativa também foi evidenciada entre o grupo com 75% da dose comercial de biofertilizante e aquele composto por fertilizante químico, sendo este último mais eficiente na promoção do número de vagens. Este resultado pode ser atribuído em função do biofertilizante ser um produto que possui

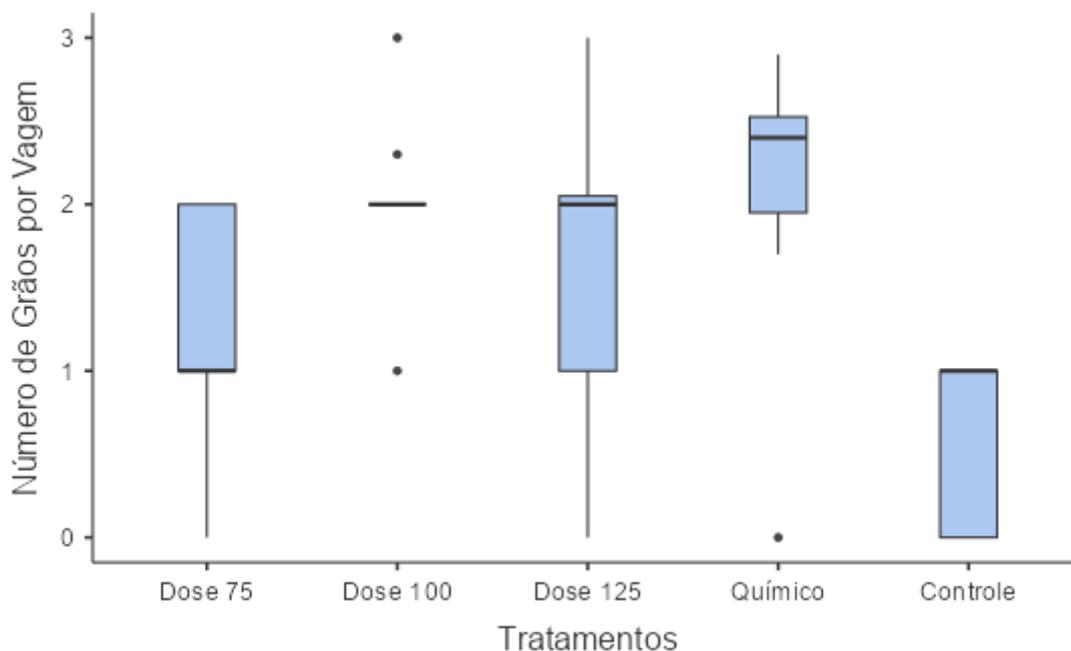
liberação gradual e o fertilizante químico diferente disso, é totalmente solúvel.

A comparação entre o grupo 100% da dose comercial de biofertilizante e o grupo 100% da dose de fertilizante químico também demonstrou diferença significativa, com destaque para o tratamento químico. Isso reforça o papel do fósforo altamente disponível no incremento do número de vagens, especialmente nas fases reprodutivas da soja, sendo corroborado por estudos que destacam o aumento expressivo de vagens e grãos em solos com adequada disponibilidade desse nutriente (ERNANI et al., 2007).

Ainda, houve interação significativa entre o grupo controle e os tratamentos com fertilizante químico e com aquele representado por 125% da dose de biofertilizante. Ambos os tratamentos demonstraram um desempenho superior em relação ao controle, evidenciando o impacto da ausência de adubação na redução do número de vagens.

No gráfico 04 estão representados os dados relativos ao número de grãos por vagem de plantas de soja em função dos diferentes níveis de adubação.

Gráfico 04. Efeito de diferentes níveis de adubação, sobre o número de grãos por vagem de plantas de soja. Goiânia, GO. 2025.



Ao analisar os dados obtidos para o número de grãos por vagem, observou-se interação significativa entre os grupos contendo 75% da dose comercial de biofertilizante e aquele composto por fertilizante químico, sendo superior o desempenho do grupo com fertilizante químico. Esse resultado pode estar relacionado

à maior disponibilidade imediata de fósforo nesse tipo de adubação, uma vez que fertilizantes químicos possuem elevada solubilidade.

Adicionalmente, houve diferença significativa entre o grupo controle e o grupo composto por 125% da dose comercial de biofertilizante, onde foi verificado maior número de grãos por vagem, quando do emprego do biofertilizante. Isso sugere que, embora a liberação dos nutrientes seja mais lenta, o aumento da dose pode compensar essa característica. Resultados distintos a estes foram encontrados por Silva (2017), onde não foi verificada diferenças significativas entre os tratamentos que empregaram biofertilizante e NPK na cultura da soja.

Em comparação ao grupo de controle, as doses do biofertilizante parecem ter fornecido uma quantidade mais adequada de nutrientes ou outros compostos benéficos às plantas de soja, favorecendo a produção de um maior número de grãos por vagem. O biofertilizante pode conter substâncias que melhoram a disponibilidade de nutrientes, promovem a microbiota do solo ou estimulam o desenvolvimento radicular, fatores que podem explicar o aumento do número de grãos por vagem. O grupo controle fertilizante químico, por outro lado, foi suficiente para otimizar essas condições, resultando em um maior número de grãos.

Por fim, observou-se diferença significativa entre os tratamentos com fertilizante químico e o controle, reforçando o padrão já observado nas demais variáveis analisadas, em que a ausência de adubação compromete severamente os componentes da produtividade da soja. Entre os tratamentos, o fertilizante químico apresentou melhores resultados em todas as variáveis analisadas, incluindo altura de plantas e número de vagens. Isso se deve, provavelmente, à maior disponibilidade imediata de fósforo.

Esses resultados destacam a importância de um manejo nutricional adequado para otimizar o desempenho das plantas de soja. Embora os biofertilizantes mostrem potencial, a escolha do tipo de adubação deve considerar a disponibilidade imediata de nutrientes, como fósforo, para garantir o máximo crescimento e produtividade das culturas.

5. CONCLUSÃO

Os resultados indicaram que a adubação química com fósforo solúvel favoreceu o crescimento e a produtividade da soja, superando o biofertilizante em todas as variáveis analisadas. O biofertilizante mostrou efeitos positivos, especialmente na dose recomendada de 100%, mas a liberação gradual de fósforo, limitou o desempenho da soja, em comparação ao fertilizante químico.

REFERÊNCIAS

AMARAL, G. C.; BERTI, M. P. S.; SILVA, A. A.; JÚNIOR, G. S. S.; CUSTÓDIO, J. P. C.; PEIXOTO, W. A. **Características agronômicas da soja em função da adubação com pó de rocha e biofertilizante**. Revista Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v. 29, n. 4, p. 437–447, 2020.

ALMEIDA, F. A.; SILVA, M. C. **Fertilizantes organominerais: uma alternativa sustentável para a agricultura**. Revista Brasileira de Agronomia, v. 2, n. 1, p. 50-58, 2015.

APROSOJA BRASIL. A soja. Economia. Disponível em: <<https://aprosojabrasil.com.br/a-soja/economia/>> Acesso em: 17 set. 2024.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS (ANDA). Estatísticas. 2023. Disponível em: https://anda.org.br/pesquisa_setorial/ Acesso em: 28 ago. 2024.

CANTARELLA, H. et al. **Boletim 100: recomendações de adubação e calagem para o estado de são**. CAMPINAS, SP: Instituto Agronômico (IAC), 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2022/23, décimo segundo levantamento. Brasília: Conab, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 27 nov. 2024.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). Informações agropecuárias. 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao>. Acesso em: 28 ago. 2024.

COSTA, E. S.; SANTOS, L. R. **Biodiversidade do solo e adubação orgânica: uma análise integrativa**. Curitiba, PR: Revista Brasileira de Agroecologia, 2020.

CLIMATEDATA. Clima Goiânia (Brasil). 2024. Dados climatológicos para Goiânia. Disponível em: < <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/goias/goiania-2191/#climate-table>> Acesso em: 23 ago. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Soja: produção e mercado. Brasília: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 27 nov. 2024.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. de. **Fertilidade do Solo e Manejo de Nutrientes**. 2. ed. Florianópolis: O autor, 2007.

FERNANDES, D. M. et al. **Fertilizantes organominerais e suas vantagens no manejo agrícola sustentável**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 42, n. 1, p. 98-107, 2018.

FERREIRA, C. S., SANTOS, P. F., ARAÚJO, L. M. **Fósforo e sua relação com estresse hídrico em plantas cultivadas**. Journal of Agricultural Science, 2018.

- FERREIRA, P. L. et al. **Solos férteis: Práticas de manejo com adubação orgânica**. Santa Maria, RS: Ciência Rural, 2019.
- IFB. Fertilizantes. 2024. Disponível em: < <https://grupoifb.com.br/fertilizantes/>> Acesso em: 08 out. 2024.
- JUNIOR, J. J. A. et al. **Utilização de adubação organomineral na cultura da soja**. In: COLÓQUIO ESTADUAL DE PESQUISA MULTIDISCIPLINAR, 1., 2017, Mineiros. Anais [...]. Mineiros: Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES, 2017.
- LIMA, R. A., OLIVEIRA, J. C., FREITAS, T. R. **Dinâmica do fósforo orgânico em sistemas agrícolas e o papel dos fertilizantes organofosfatados**. Revista Brasileira de Agroecologia, 2019.
- LOPES, A. S.; GUIMARÃES, G. L.; REIS, A. F. **Manejo sustentável no cultivo da soja no Brasil**. Revista Brasileira de Agrociência, v. 26, n. 2, p. 123-135, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br>. Acesso em: 27 nov. 2024.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, SP: Agronômica Ceres, 2006.
- MARCHETTI, M. E. et al. **Impacto de fertilizantes químicos na qualidade do solo: revisão de literatura**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 47, n. 6, p. 772-780, 2012.
- MARSCHNER, P. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3rd ed. London: Academic Press, 2012.
- MORDOR INTELLIGENCE. Biological Organic Fertilizer Market. 2024. Disponível em: <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/biological-organic-fertilizers-market>. Acesso em: 29 ago. 2024.
- NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. 1ª Edição. LAVRAS, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.
- OLIVEIRA, L. S.; CARVALHO, J. P. **Fertilizantes organominerais na nutrição de culturas agrícolas: uma alternativa sustentável**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 51, n. 5, p. 463-471, 2016.
- PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. SÃO PAULO, SP: Editora UNESP, 2008.
- PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba, SP: International Plant Nutrition Institute – Brasil, 2010.
- RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997.
- SILVA, C. J. C. **Utilização de biofertilizante e NPK na cultura da soja**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos.

SILVA, M. R.; ALMEIDA, J. C. **A importância dos fertilizantes orgânicos na agricultura sustentável**. São Paulo, SP: Editora Verde, 2021.

SILVA, R. F., ALMEIDA, J. A., SANTOS, D. L. **Efeitos de fertilizantes organominerais na eficiência do uso de nutrientes em culturas anuais**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 43, 2019.

SIQUEIRA, T. V. **O ciclo da soja: desempenho da cultura da soja entre 1961 e 2003**. São Paulo, SP. BNDES: Biblioteca Digital, 2003.

SOUZA, A. G.; LOPES, M. S. A. **Uso de fertilizantes organominerais para melhoria da fertilidade do solo**. Revista de Agricultura Sustentável, v. 5, n. 3, p. 23-33, 2017.

SOUZA, M.; CABRAL, C. **Desenvolvimento da cultura da soja submetida a diferentes dosagens de biofertilizante**. (AGRONOMIA). Repositório Institucional, v. 1, n. 1, 2022.

SPERB, R. et al. **Eutrofização de corpos d'água: impactos do uso de fertilizantes nitrogenados**. Ciência Ambiental, v. 35, n. 4, p. 215-224, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.