



Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO FOLIAR DE SULFATO DE MANGANÊS ASSOCIADO A INOCULAÇÃO DE *Bacillus subtilis* EM *Phaseolus vulgaris* L.

RAMON PEREIRA DA SILVA

MESTRADO

Ipameri-GO

2024

RAMON PEREIRA DA SILVA

**DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO FOLIAR DE SULFATO DE
MANGANÊS ASSOCIADO A INOCULAÇÃO DE *Bacillus subtilis*
EM *Phaseolus vulgaris* L.**

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Mariana Pina da Silva Berti

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual de Goiás –
UEG, Unidade Universitária de
Ipameri como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação em
Produção Vegetal para obtenção do
título de MESTRE.

Ipameri
2024

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

SR175 d	Silva, Ramon Pereira da Doses e épocas de aplicação foliar de sulfato de manganês associado a inoculação de <i>Bacillus subtilis</i> em <i>Phaseolus vulgaris</i> L. / Ramon Pereira da Silva; orientador Mariana Pina da Silva Berti. -- Ipameri, 2024. 44 p. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação Mestrado Acadêmico em Produção Vegetal) -- Unidade de Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, 2024. 1. Feijoeiro. 2. Produtividade. 3. Qualidade fisiológica de sementes. 4. Rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas. 5. Micronutriente. I. Berti, Mariana Pina da Silva , orient. II. Título.
------------	--



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

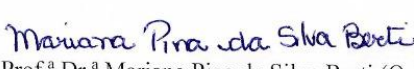
TÍTULO: "DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO FOLIAR DE SULFATO DE MANGANÊS ASSOCIADO A INOCULAÇÃO DE *Bacillus subtilis* EM *Phascolus vulgaris* L."

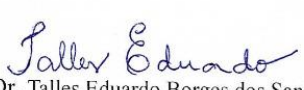
AUTOR(A): Ramon Pereira da Silva

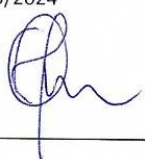
ORIENTADOR(A): Mariana Pina da Silva Berti

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE(A) EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:


Prof. Dr. Cleiton Gredson Sabino Benett
Universidade Estadual de Goiás / Unidade Universitária Ipameri- GO


Prof.ª Dr.ª Mariana Pina da Silva Berti (Orientadora)
Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Ipameri- GO


Prof. Dr. Talles Eduardo Borges dos Santos
Universidade Estadual de Goiás/Unidade Universitária Ipameri- GO

Registro de Declaração	
Número:	239
Livro:	R-01 Folhas: 04A
Data:	28/03/2024
Assinatura:	

Data da realização: 28 de Março de 2024



*Dedico a Deus, por
guiar os meus passos e estar
sempre ao meu lado, e a minha
esposa Amanda Aciely, por todo
amor e compreensão.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, fonte inesgotável de sabedoria, por guiar-me nesta jornada acadêmica. Sua luz iluminou os caminhos do entendimento, inspirando-me a superar desafios e alcançar novos horizontes.

À minha amada esposa e amor da minha vida, Amanda Aciely Serafim de Sá, que sempre me apoiou com todo seu amor e carinho em todos os momentos, e pelo seu apoio incondicional e parceria durante todo o programa de Pós-graduação.

À Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ipameri, pelo apoio acadêmico e financeiro, por meio de concessão de bolsa, que foi fundamental para a realização do projeto de pesquisa e conclusão do programa de Pós-graduação em Produção Vegetal.

À minha orientadora, Mariana Pina da Silva Berti, pelos ensinamentos e orientação, que sempre me apoiou e ajudou em todos os momentos da realização desse projeto de pesquisa.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal (PPGPV), pelos ensinamentos, e em especial ao Professor Ednaldo Cândido Rocha, pelo apoio e ajuda na estatística.

À toda minha família, meus Pais e Irmãos, pelo apoio, compreensão e confiança que sempre depositaram em mim.

À empresa Geoclean, na pessoa do Jean Fernando, pela disponibilidade dos produtos utilizados nesse projeto, além de orientar com recomendações e manejo dos produtos.

Ao egresso Thiago Francisco Rosa, pela disponibilidade dos insumos para implantação dessa pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro da bolsa de estudos.

À Prefeitura Municipal de Ipameri, pelo apoio e disponibilidade para que eu pudesse concluir o programa de Pós-graduação.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização desta pesquisa.

Meus sinceros agradecimentos!

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO.....	5
2.1. Objetivo geral.....	5
2.2. Objetivos específicos	5
3. MATERIAL E MÉTODOS	6
3.1. Preparo e local do experimento	6
3.2. Delineamento estatístico	7
3.3. Cultivar utilizada.....	8
3.4. Condução do experimento.....	8
3.5. Variáveis analisadas....	10
3.5.1. Número de vagens por planta	10
3.5.2. Número de grãos por planta.....	11
3.5.3. Número de grãos por vagem.....	11
3.5.4. Massa de 100 grãos.....	11
3.5.5. Produtividade	12
3.5.6. Teste de Germinação	12
3.5.7. Comprimento de plântulas	13
3.5.8. Envelhecimento acelerado.....	13
3.6. Análises estatísticas.....	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
6. CONCLUSÃO	29
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

RESUMO

A cultura do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) constitui grande importância na economia Brasileira, devido ao seu alto valor nutricional. O fornecimento adequado e equilibrado de nutrientes para o feijão pode contribuir para aumentar a produtividade e a qualidade das sementes produzidas. Nesse cenário, a adubação foliar se torna um aliado importante para a produção de culturas agrícolas, pois, os nutrientes são absorvidos de forma rápida e eficiente. Apesar da alta tecnologia adotada pelos produtores, a nutrição mineral muitas vezes é negligenciada, principalmente em relação aos micronutrientes. Nesse sentido, o manganês constitui um micronutriente importante na cultura do feijão, pois desempenha funções na ativação de enzimas, síntese de clorofila, fotossíntese, e consequentemente na produção de grãos. Além disso, a utilização de Rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas vem sendo bastante utilizada, e entre elas, uma das mais importantes, é o *Bacillus subtilis*. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes doses e épocas de aplicação foliar de sulfato de manganês (MnSO_4), associado a inoculação de *Bacillus subtilis* nas características de produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão. O experimento foi conduzido em condições de campo e laboratório, na Universidade Estadual de Goiás situada no município de Ipameri. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, no esquema fatorial ($5 \times 2 + 1$), sendo constituído por cinco doses de sulfato de manganês (0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 L/ha), e duas épocas de aplicação (estádio R5 – pré-floração e estágio R7 – formação da vagem), mais um tratamento adicional (testemunha), com quatro repetições. O *bacillus subtilis* foi inoculado no tratamento de sementes na dose de 400 ml para 50 kg de sementes de feijão. A cultivar utilizada foi a TAA dama. As variáveis analisadas foram: número de vagem por planta; número de grãos por plantas; número de grãos por vagem; massa de 100 grãos; produtividade dos grãos; teste de germinação; comprimento de plântulas; e teste de envelhecimento acelerado. De acordo com os resultados, a aplicação foliar de sulfato de manganês proporcionou incrementos na produtividade da cultura do feijão, principalmente na dose de 2 L/ha. Para o aumento da produtividade, a aplicação foliar de sulfato de manganês independe da época de aplicação. Além disso, a inoculação de *Bacillus subtilis* com aplicação foliar de sulfato de manganês proporcionou incrementos para a maioria das características de produção, quando comparado com a testemunha. Ademais, as diferentes doses de sulfato de manganês tiveram pouca interferência na qualidade fisiológica de sementes de feijão, influenciando apenas para o comprimento de plântulas de feijão, de acordo com o aumento das doses.

Palavras-chave: Feijoeiro, Produtividade, Qualidade fisiológica de sementes, Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas, Micronutriente.

ABSTRACT

The cultivation of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) is of great importance in the Brazilian economy, due to its high nutritional value. An adequate and balanced supply of nutrients to beans can contribute to increasing the productivity and quality of the seeds produced. In this scenario, foliar fertilization becomes an important ally for the production of agricultural crops, as nutrients are absorbed quickly and efficiently. Despite the high technology adopted by producers, mineral nutrition is often neglected, especially in relation to micronutrients. In this sense, manganese constitutes an important micronutrient in bean cultivation, as it plays roles in the activation of enzymes, chlorophyll synthesis, photosynthesis, and consequently in grain production. Furthermore, the use of Plant Growth Promoting Rhizobacteria has been widely used, and among them, one of the most important is *Bacillus subtilis*. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effects of different doses and times of foliar application of manganese sulfate (MnSO_4), associated with inoculation of *Bacillus subtilis* on the production characteristics and physiological quality of bean seeds. The experiment was conducted under field and laboratory conditions, at the State University of Goiás located in the municipality of Ipameri. The experimental design was in randomized blocks, in a factorial scheme ($5 \times 2 + 1$), consisting of five doses of manganese sulfate (0.0; 0.5; 1.0; 1.5; 2.0 L/ha), and two application times (stage R5 – pre-flowering and stage R7 – pod formation), plus an additional treatment (control), with four replications. *Bacillus subtilis* was inoculated in the seed treatment at a dose of 400 ml for 50 kg of bean seeds. The cultivar used was TAA dama. The variables analyzed were: number of pods per plant; number of grains per plant; number of grains per pod; 100 grain dough; grain productivity; germination test; seedling length; and accelerated aging test. According to the results, the foliar application of manganese sulfate provided increases in the productivity of the bean crop, mainly at a dose of 2 L/ha. To increase productivity, foliar application of manganese sulfate does not depend on the time of application. Furthermore, inoculation of *Bacillus subtilis* with foliar application of manganese sulfate provided increases for most production characteristics, when compared to the control. Furthermore, the different doses of manganese sulfate had little interference in the physiological quality of bean seeds, only influencing the length of bean seedlings, according to the increase in doses.

Key-words: Beans, Productivity, Physiological quality of seeds, Plant growth-promoting rhizobacteria, Micronutrient.

1. INTRODUÇÃO

A adubação foliar emerge como uma prática agrícola fundamental na cultura do feijão, desempenhando um papel crucial na maximização da produtividade e na qualidade dos grãos. Este método de fertilização direciona nutrientes essenciais diretamente para as folhas da planta, permitindo uma absorção rápida e eficiente. A importância da adubação foliar na cultura do feijão reside na capacidade de suprir deficiências nutricionais imediatas, promover o desenvolvimento vegetativo saudável e oferecer uma estratégia eficaz para otimizar a utilização de nutrientes.

A cultura do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) constitui grande importância na economia Brasileira, devido ao seu alto valor nutricional que possui em sua composição, como, carboidratos, proteínas e aminoácidos (SOUSA et al., 2023). No Brasil, o feijão tem papel fundamental na agricultura por contribuir com o rendimento econômico dos produtores rurais. Também, a cultura se destaca na produção familiar, bem como sua grande importância na dieta alimentar (RUAS, 2017).

No ano agrícola 2022/2023, a produção de feijão assegurou uma colheita total de 3,04 milhões de toneladas, representando 1,7% acima do resultado da safra 2021/2022, apresentando produtividade média de 1.541 kg/ha e com área plantada ultrapassando 1,57 milhões de hectares. Essa produtividade representa 2,7 % a mais que a safra anterior, e com uma área plantada de 3,4 % a menos em relação ao ano agrícola 2021/2022. Em Goiás, a safra 2022/2023, a produção foi de 290,1 mil toneladas de feijão, apresentando acréscimo de 2,9% em relação à safra anterior, e com área plantada de 114,9 mil hectares (CONAB, 2023).

A cultura do feijoeiro é bastante exigente em fertilidade e qualidade do solo, devido ao seu sistema radicular superficial e pouco desenvolvido. Desse modo, é importante que os nutrientes estejam prontamente disponíveis para as plantas, de acordo com a demanda durante o ciclo da cultura (EMBRAPA, 2018). Além disso, é uma cultura que demanda quantidades satisfatórias de macro e micronutrientes, e em sistemas de produção objetivando altas produtividades, é de suma importância que a fertilização mineral seja manejada de forma adequada, visando estabelecer um equilíbrio nutricional na cultura (FLORES et al., 2018). Apesar da alta tecnologia adotada pelos produtores no cultivo do feijoeiro, a nutrição mineral muitas vezes é negligenciada, principalmente em relação aos micronutrientes (ASCOLI, 2020).

Nesse sentido, o manganês (Mn) constitui um micronutriente importante na cultura do feijão, pois tem papel fundamental para o metabolismo das plantas, por atuar em processos de ativação de diferentes enzimas, síntese de clorofila e fotossíntese. Ademais, o manganês desempenha função importante na elongação celular e sua deficiência pode ocorrer a inibição

de síntese de lipídeos e metabólitos secundários (FERNANDES, 2007). Também, esse micronutriente atua na formação de lignina, presente na parede celular, à qual confere menor permeabilidade, atuando assim, com efeito significativo sobre a capacidade e a velocidade de absorção de água através do tegumento das sementes (MARSCHNER, 1995).

O manganês é absorvido pelas plantas na forma de íon (Mn^{2+}) (MOUSAVI, 2011). Mesmo em solos ácidos, em que os teores geralmente são elevados, pode ocorrer deficiência do nutriente, já que a absorção de manganês pode ser diminuída, entre outros fatores, por altas concentrações de K, Ca, Mg, Cu, Zn, Na e Fe na solução do solo (FERNANDES, 2007). Desse modo, 90% do manganês no solo está complexado em compostos orgânicos, e sua disponibilidade está diretamente relacionada com o pH do meio (MALAVOLTA, 2006).

Os solos do cerrado possui baixo teor de manganês disponível, tendo a possibilidade de ocorrer deficiência desse micronutriente em cerca de 1/3 dos solos desta região, principalmente nos estados de Goiás, Minas Gerais e no Distrito Federal (MOUSAVI et al., 2011). O principal sintoma de deficiência de Mn nas plantas é a presença de clorose (amarelecimento) internerval das folhas mais novas (reticulado grosso de nervuras) (PRADO, 2021). A presença de necrose e crescimento atrofiado também são considerados sintomas de deficiência de Mn (DZIWORNU et al., 2018).

De acordo com trabalhos realizados por Mann et al. (2001), após realizarem alguns experimentos com aplicação foliar e via solo, de fontes de manganês na cultura da soja, concluíram que, independentemente da forma de aplicação, há reflexos positivos na produtividade e que aplicações parceladas de manganês, via foliar, são mais eficientes que via solo. Na cultura do feijão, a exigência nutricional é mais requerida no início da fase reprodutiva, e é mais crítica na época de formação das sementes, quando consideráveis quantidades de nutrientes são translocados para às sementes (OLIVEIRA et al. 1996). Nesse sentido, a disponibilidade de nutrientes nessa fase são essenciais para a formação e o desenvolvimento de novos órgãos de reserva (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

A adubação mineral de macronutrientes é a mais empregada e com grande utilização pelos agricultores, e entre os nutrientes desse grupo está o enxofre (S). O feijoeiro apresenta elevados teores de proteínas, e com isso exige grandes quantidade de enxofre para seu desenvolvimento. Na planta, o enxofre é exigido para diversas funções, como: formação de aminoácidos e proteínas; atua na fotossíntese; promove a resistência das plantas a baixas temperaturas; e, também, é importante para a nodulação e desenvolvimento radicular (NETO et al., 2015).

A principal forma do enxofre absorvido pelas plantas é na forma do íon sulfato (SO_4^{2-}). Após ser absorvido, o sulfato é reduzido e incorporado em aminoácidos que são redistribuídos

para as partes da planta em crescimento (SILVA et al., 2003). Uma das possibilidades de utilização de fertilizantes com fontes de enxofre é o sulfato de manganês (MnSO_4).

Nesse sentido, o enxofre é o terceiro nutriente mais exportado pelo feijoeiro, sendo que em 1.000 kg de grãos são exportadores aproximadamente de 5,4 a 6,0 kg de S, o que representa cerca de 20%-25% da quantidade absorvida (KOLLING et al., 2017). A exportação pode ser entendida como os nutrientes removidos da lavoura no momento da colheita, através dos grãos (PRADO, 2021). No feijão, as plantas com deficiência de S perdem o vigor, atrofiam-se, apresentam caules finos e folhas verde-pálidas, bem como a diminuição na formação de ramos, flores e vagens, e consequentemente resulta na redução da produtividade (CÉSAR et al., 2008).

Rezende et al., (2009), trabalhando com aplicação de enxofre foliar na cultura da soja, obtiveram uma produtividade de 32,05% a mais nos tratamentos com enxofre, quando comparado com a testemunha. Ainda, Sfredo e Klepker (2003), comparando aplicações de enxofre via foliar e via solo, na cultura da soja, constataram que a aplicação foliar proporcionou rendimento de 3.107 kg/ha sendo superior a maior dose aplicada ao solo, mostrando ser alternativa viável o fornecimento desse nutriente via foliar.

Sendo assim, o fornecimento adequado e equilibrado de nutrientes para o feijoeiro pode contribuir não só para aumentar a produtividade, mas também para melhorar a qualidade fisiológica das sementes produzidas (NUNES et al., 2017). Os estudos relacionados à adubação e nutrição mineral visam, em sua maioria, avaliar os incrementos na produtividade e na qualidade fisiológica de sementes de feijão (CÉSAR et al., 2008). Nesse cenário, a adubação foliar se torna um aliado importante para a produção de culturas agrícolas, pois, se apresenta como uma alternativa para fornecer os micronutrientes de forma eficiente e de rápida absorção (NARIMANI et al., 2010; ZAYED et al., 2011), além de possuir menor custo de aplicação (YASSEN et al., 2010).

Além da utilização de adubação mineral, uma tecnologia que vem sendo muito empregada na agricultura é a utilização de Rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (RPCP's), e entre elas uma das mais importantes é o *Bacillus subtilis*. As bactérias dessa espécie pertencem à ordem Bacillales (GALPERIN, 2013) e à família *Bacillaceae*, que estão no grupo das bactérias Gram-positivas (FRITZE, 2004).

Dessa forma, estão entre as bactérias de maior abundância na rizosfera, proporcionando maior crescimento vegetal por meio de mecanismos desenvolvidos, além de produzir fitormônios estimuladores do crescimento de plantas (SAHARAN, 2011), como por exemplo: auxina, citocinina, giberelina, ácido abscísico, etileno e os brassinosteróides (TAIZ & ZEIGER, 2013). Também, integram ações positivas do *Bacillus subtilis* nas plantas: benefícios na germinação, emergência de plântulas, crescimento e produtividade de grãos (PINDI et al.,

2014). Além disso, essas bactérias são essenciais para a reciclagem de nutrientes e possuem potencial como biofertilizantes para incremento da produtividade, além de poder beneficiar a planta durante períodos de estresses (BRAGA JUNIOR et al., 2018; DIAZ et al., 2003).

A possibilidade da sua aplicação nos solos traz benefícios diretos para a produção agrícola e, ao mesmo tempo, uma alternativa de cultivo com menor uso de insumos agrícolas (LIMA et al, 2011). Estudos realizados por Martins, (2013), trabalhando com inoculação de isolados de *Bacillus subtilis* na cultura do feijão, obteve produtividade de 3.250 kg/ha, sendo superior em 23% a mais que a testemunha. Também, trabalhos realizados por Braga Junior (2015), comprovaram a eficiência de isolados de *Bacillus subtilis* na promoção de crescimento de feijão caupi, milho e soja, e aumento de produtividade da cultura da soja.

Nessa perspectiva, acredita-se na hipótese de que com a aplicação de sulfato de manganês (MnSO_4) foliar associado à inoculação de *Bacillus subtilis* no tratamento de sementes, possa contribuir para o incremento da produção e melhoria na qualidade fisiológica em sementes de feijoeiro.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo geral

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes doses e épocas de aplicação foliar de sulfato de manganês associado a inoculação de *Bacillus subtilis* nas características de produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão.

2.2. Objetivos específicos

- Analisar os efeitos do *Bacillus subtilis* aplicado no tratamento de sementes em conjunto com aplicações foliares de sulfato de manganês, na produtividade do feijão.
- Comparar o efeito das aplicações foliares de sulfato de manganês em diferentes estádios fenológicos da cultura do feijão, buscando determinar a melhor época de aplicação desses nutrientes.
- Avaliar as diferentes doses do fertilizante foliar a base de sulfato de manganês, por meio do desempenho da cultura do feijão, podendo inferir qual a melhor dose para a cultura.
- Determinar a influência de diferentes doses e épocas de aplicação de sulfato de manganês, aplicado via foliar, sobre os componentes de produção e qualidade fisiológicas de sementes de feijão.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Preparo e local do experimento

O experimento foi conduzido na área experimental da Fazenda da Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ipameri, que se encontra a 17° 46' 30,3" latitude Sul, 48° 19' 15,6" de longitude Oeste e altitude de aproximadamente 800 metros, bem como nos laboratórios multidisciplinares da Universidade. O clima de Ipameri é classificado como Aw, tropical com estação seca no inverno, segundo Köppen (CARDOSO et al., 2014). A temperatura é de 25° C, com umidade relativa média do ar variando de 58% a 81% e precipitação média anual de 1.447mm, sendo cerca de 80% das chuvas nos meses de dezembro, janeiro e março, enquanto o restante se distribui, principalmente nos meses de outubro, novembro e fevereiro.

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2018), e está inserida dentro do bioma Cerrado. Na tabela 1 se encontra a análise de solo da área experimental.

Tabela 1 - Análise química, textural e granulométrica do solo, profundidade de 0-20 cm, antes da instalação do experimento.

P (Melich)	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V
Mg/dm ³	g/dm ³	CaCl ₂				cmolc/dm ³			(%)
11,6	18	5,1	0,26	2,2	0,6	2,5	0	5,66	54,06
Mn (mg/dm ³)	S (mg/dm ³)		Argila (g/kg)		Silte (g/kg)		Areia (g/kg)		
10	5		370		90		540		

Ca = cálcio, Mg = magnésio, Al = alumínio, H = hidrogênio, K = potássio, P (Melich) = fósforo, Mn = Manganês, S = Enxofre, V = saturação por bases, MO = matéria orgânica, , pH = potencial hidrogeniônico, CTC = capacidade de troca catiônica



Figura 1 – Imagem de satélite. Área experimental – Universidade Estadual de Goiás – Unidade Universitária de Ipameri.

Fonte: Google earth - <http://earth.google.com>

3.2. Delineamento estatístico

O planejamento experimental consistiu na aplicação de diferentes doses de sulfato de manganês via foliar em dois estádios fenológicos do feijão, associado a aplicação de *Bacillus subtilis* no tratamento de sementes. Os tratamentos foram distribuídos de acordo com a tabela 2, apresentando os tratamentos, as doses/produtos utilizados e as épocas de aplicação.

Tabela 2 – Relação de tratamentos, doses/produtos e épocas de aplicação.

Tratamentos	Doses/produtos	Época de aplicação
T1	Testemunha (controle)	
T2	<i>Bacillus subtilis</i> TS + 0,0 L/ha MnSO ₄	R5
T3	<i>Bacillus subtilis</i> TS + 0,5 L/ha MnSO ₄	
T4	<i>Bacillus subtilis</i> TS + 1,0 L/ha MnSO ₄	
T5	<i>Bacillus subtilis</i> TS + 1,5 L/ha MnSO ₄	
T6	<i>Bacillus subtilis</i> TS + 2,0 L/ha MnSO ₄	
T7	<i>Bacillus subtilis</i> TS + 0,0 L/ha MnSO ₄	R7
T8	<i>Bacillus subtilis</i> TS + 0,5 L/ha MnSO ₄	
T9	<i>Bacillus subtilis</i> TS + 1,0 L/ha MnSO ₄	
T10	<i>Bacillus subtilis</i> TS + 1,5 L/ha MnSO ₄	
T11	<i>Bacillus subtilis</i> TS + 2,0 L/ha MnSO ₄	

TS= Tratamento de sementes; MnSO₄ = Sulfato de manganês.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, no esquema fatorial (5 x 2 + 1), sendo constituído por 5 doses de sulfato de manganês (0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 L/ha), em duas épocas de aplicação (estádio fenológico R5 e estágio fenológico R7), mais um tratamento adicional (testemunha), com quatro repetições. Cada parcela foi constituída por 15,75 m² e sete linhas de cinco metros de comprimento, sendo somente as três linhas centrais consideradas úteis. O delineamento foi composto por onze tratamentos e quatro repetições, totalizando quarenta e quatro parcelas e 693 m² de área experimental. Além disso, foi realizado um comparativo entre o tratamento adicional (testemunha) com o tratamento fatorial, sendo esse constituído pelos dados de todos os tratamentos que receberam as doses de sulfato de manganês e a inoculação de *Bacillus subtilis*.

3.3. Cultivar utilizada

Foi utilizada a cultivar de feijão TAA Dama, que possui porte prostrado e crescimento indeterminado. A vagem possui maturação de colheita da cor bege com forma de semente do tipo esférica. O peso de 1.000 sementes é de aproximadamente 283 gramas. O grupo comercial é carioca, com ciclo da emergência até a maturação fisiológica de 89 dias. Com relação a resistência de doenças, essa cultivar é moderadamente resistente a ferrugem, oídio, bacteriose, e possui resistência ao mosaico comum (SANTOS, 2021).

3.4. Condução do experimento

Em condições de campo, a semeadura foi realizada no dia 17 de outubro de 2022, em área correspondente a 693 m² pertencente a Universidade Estadual de Goiás – Unidade Universitária de Ipameri, utilizando semeadora adubadora TatuMarchesan, com 7 linhas de plantio, e espaçamento de 45 cm entre linhas. Vale ressaltar que, no ano anterior (safra 2021/2022), foi realizada aplicação de calcário dolomítico na dose de 700 kg/ha, para controlar o pH e a acidez do solo.

Antes do plantio foi realizado a inoculação de sementes com produto a base de *Bacillus subtilis*, constituído pela Cepa UFMT Pant001 1×10^9 ufc/ml, na dose de 400 ml para 50 Kg de sementes de feijão. A semeadora adubadora foi regulada para plantio de 12 sementes por metro, e com 120 kg/ha de fertilizante mineral MAP – 10-50-00 (fosfato monoamônico) de acordo recomendação da cultura (SOUZA e LOBATO, 2004) e de análise de solo (Tabela 1).

A emergência das sementes de feijão ocorreu aos 7 dias após a semeadura. Com relação ao manejo e controle fitossanitário, foram realizados de acordo com a ocorrência de pragas, doenças e plantas daninhas. A respeito do controle inicial de plantas daninhas, foi realizado por

meio de capina manual e uso de herbicidas específicos, com a utilização de bomba costal de 20 litros. Aos dezenove dias após semeadura foi realizada capina manual das plantas daninhas. Após vinte e cinco dias de semeadura foi realizada aplicação de herbicida, com a dose de 1,2 L/ha de bentazona 600 g/l. Ademais, a respeito do controle de plantas daninhas, foram realizados levantamentos de populações e o controle foi realizado de acordo com manejo de plantas daninhas na cultura do feijoeiro (COBUCCI, 2004).

Aos trinta dias após a semeadura foi realizado adubação de cobertura de nitrogênio e potássio, nas doses de 60 kg de N/ha e 80 kg de K₂O/ha. Aos Trinta e seis dias após a semeadura, de acordo com monitoramento de pragas, foi realizado aplicação de Imidacloprido 250 g/l e Bifentrina 50 g/l com objetivo de controlar vaquinha-verde-amarela (*Diabrotica speciosa*).

No estágio fenológico R5 (após 43 dias de semeadura) no período de pré-floração e no estágio R7 (após 54 dias de semeadura) no período de formação das vagens, foram realizadas as aplicações do sulfato de manganês via foliar a base de manganês 7,00% – 86,10 g/L e enxofre 4,00% - 49,20g/L, nas doses de 0,0 L/ha, 0,5 L/ha, 1,0 L/ha, 1,5 L/ha e 2,0 L/ha de acordo com divisão das parcelas para cada dose e época de aplicação. As aplicações foram realizadas via foliar, com a utilização de um pulverizador manual, sendo o volume de calda utilizado o equivalente a 200 L/ha (Figura 2).

No estágio fenológico R9, na maturação fisiológica, foi realizada a aplicação de herbicida para dessecação, a fim de facilitar o processo de colheita, com aplicação de 2,0 L/ha de diquate 200 g/l. Por fim, a colheita foi realizada no dia 24 de janeiro de 2023, noventa e quatro dias após a semeadura (Figura 3). As avaliações foram realizadas no final do ciclo da cultura, no estágio fenológico R9, sendo analisados as variáveis do rendimento de grãos a 13% de umidade e os componentes de rendimento (número de vagem por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade). Para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes, foram coletadas também 10 plantas de cada parcela e levadas para o laboratório.



Figura 2. Estádios fenológicos da aplicação foliar de sulfato de manganês (estádio R5 e R7, respectivamente).

Fonte: Próprio autor.



Figura 3. Colheita e grãos de feijão em sacos plásticos para avaliação dos tratamentos.

Fonte: Próprio autor.

3.5. Variáveis analisadas

Para avaliação da produtividade e qualidade fisiológica das sementes foram analisados os seguintes componentes:

3.5.1 Número de vagem por planta (NVP): foram coletadas dez plantas ao acaso da área

útil de cada parcela. O número de vagem por planta foi obtido pela relação entre o número total de vagens e o número de plantas coletadas de cada parcela.

3.5.2 Número de grãos por plantas (NGP): foi obtido pela relação entre o número total de grãos e as dez plantas coletadas da área útil de cada parcela

3.5.3 Número de grãos por vagem (NGV): foi obtido a partir da contagem de todos os grãos das plantas amostradas, para posterior divisão pelo número de vagens (item 3.5.1.) e então resultar o valor de número de grãos por vagem (Figura 4).



Figura 4. Contagem e separação de grãos e vagens para quantificação das variáveis.
Fonte: Próprio autor.

3.5.4 Massa de 100 grãos (M100): foram realizadas quatro amostras de 100 grãos da área útil de cada parcela, com posterior pesagem destes, obtendo-se uma média final da massa para cada unidade experimental, com umidade corrigida para 13% (base úmida) (BRASIL,2009) (Figura 5).



Figura 5. Pesagem da massa de 100 grãos.

Fonte: Próprio autor.

3.5.5 Produtividade dos grãos (P): foi determinada pela colheita manual de todas as plantas contidas na área útil da parcela e secadas ao sol, até atingirem o ponto de debulha, quando foi realizada a trilha manual. Após isso, foi realizado a limpeza e pesagem dos grãos. Os dados foram corrigidos para umidade de 13 % e a produtividade foi expressa em kg/ha.

3.5.6 Teste de Germinação (TG): foram realizadas quatro amostras de 50 sementes por tratamento. As sementes foram dispostas em rolos de papel germitest, umedecidos com água deionizada utilizando 2,5 vezes a massa do papel seco, e posteriormente foram colocados em estufa incubadora Biochemical Oxygen Demand (B.O.D.) sob temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. As avaliações foram realizadas aos nove dias após a instalação do teste, contabilizando quantidade de plântulas normais, e o resultado determinado em porcentagem, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) (Figura 6).



Figura 6. Preparação e contagem no teste de germinação.

Fonte: Próprio autor.

3.5.7 Comprimento de plântulas (CP): foi obtido pela média de 10 plântulas de cada subamostra, totalizando 40 plântulas por tratamento. A medição do comprimento da parte aérea e das raízes foi obtido com auxílio de uma régua graduada e os resultados expressos em centímetro (cm) (NAKAGAWA, 1999) (Figura 7).



Figura 7. Medição do comprimento de plântulas normais.

Fonte: Próprio autor

3.5.8 Teste de envelhecimento acelerado (EA): foram realizadas quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, espalhando-se na superfície em uma tela metálica fixada e suspensa no interior de caixa plástica do tipo gerbox, contendo 40 ml de água deionizada, mantida a 41°C, por 72 h em estufa incubadora Biochemical Oxygen Demand (B.O.D). Posteriormente, as sementes foram retiradas da câmara e postas para germinar sobre as mesmas condições do teste de germinação, e foram avaliadas as plântulas normais, no quinto dia após a instalação do teste e os resultados expressos em porcentagem (BRASIL, 2009).

3.6. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para época de aplicação e, para as doses de sulfato de manganês, foram realizadas análise de regressão utilizando-se o utilizando o software R, versão 4.2.3.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a tabela 2, verifica-se que, de acordo com o teste F, não houve interação significativa entre dose e época de aplicação para as variáveis número de grãos por vagem e produtividade. Porém, nota-se que houve interação significativa entre dose e época para as variáveis número de vagem por planta, a nível de 1% de significância, e para número de grãos por planta e massa de 100 grãos, a nível de 5% de significância. Além disso, todas as variáveis de produção tiveram interação significativa entre o tratamento adicional e fatorial, exceto a variável número de grãos por vagem.

Tabela 2. Resultado do teste F para as variáveis número de vagem por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100) e produtividade, em função de doses e épocas de aplicação de sulfato de manganês associado a inoculação com *Bacillus subtilis* em *Phaseolus vulgaris*.

TRATAMENTOS	NVP	NGP	NGV	M100(g)	PRODUTIVIDADE (Kg/ha)
Dose	4,13 ^{ns}	13,94**	0,77 ^{ns}	24,58**	67,07**
Época	4,44*	11,93**	0,20 ^{ns}	1,46 ^{ns}	1,46 ^{ns}
Dose*época	4,58**	2,50*	2,02 ^{ns}	2,63*	2,37 ^{ns}
Adicional*fatorial	38,67**	103,95**	2,52 ^{ns}	169,72**	535,95**
CV(%)	7,42%	3,31%	8,49%	3,69%	3,31%

* e ** Significativo a 5 e 1% respectivamente, pelo teste F; e ^{ns} - Não significativo. CV%: coeficiente de variação.

Com relação ao número de grãos por vagem, não houve interação significativa tanto entre dose e época de aplicação, bem como para a diferença significativa entre os tratamentos fatorial e adicional. Trabalhos realizado por Sulino, et al. (2021), utilizando diferentes doses de enxofre, manganês e zinco na cultura do feijão, com diferentes doses e nas épocas de aplicação V4 e R5, também não obtiveram diferenças significativas para essa variável. Além disso, Rodrigues, et al., (2021) testando diferentes doses e épocas de aplicação de manganês no feijão irrigado, não obtiveram interação significativa entre doses e épocas de aplicação. O número de grãos por vagem sofre pouca influência do ambiente e dos tratamentos, pois é uma característica condicionada pela herdabilidade genética das cultivares (ANDRADE et al., 1998)

De acordo com a figura 8, observa-se que houve regressão linear crescente para a variável número de vagem por planta, ou seja, à medida que se aumentam as doses de sulfato de manganês, aumenta-se o número de vagem por planta, tanto no estágio fenológico R5 quanto no R7. Quando observado a época de aplicação, verifica-se que a época R7 (formação da

vagem) apresentou maior número de vagem por planta, quando comparado com a época R5. Esses resultados corroboram com Oliveira et al. (2015), que utilizaram fertilizante foliar a base de boro, cobre e manganês na cultura do feijão, observaram que estes nutrientes possibilitaram o maior pegamento de flores e redução no abortamento de vagens, em que a média foi de 10,79 vagens por planta.

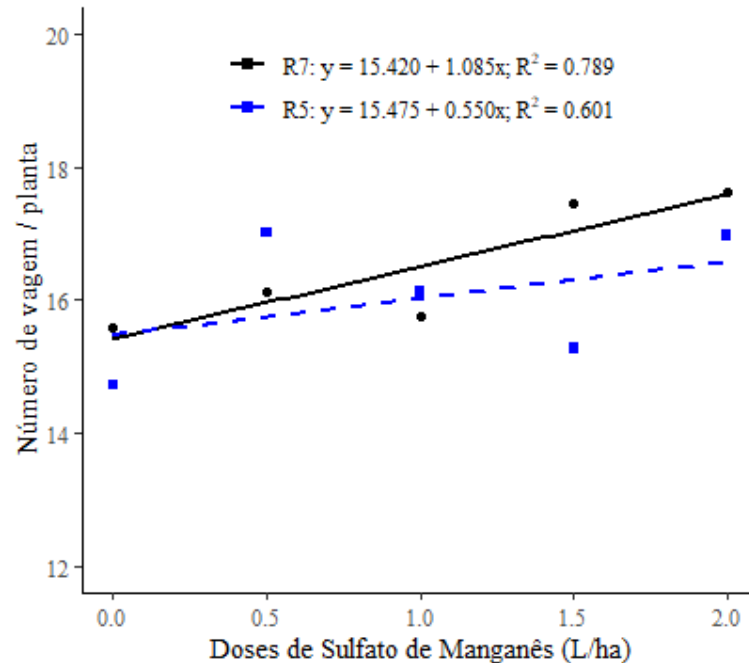


Figura 8: Número de vagem por planta na cultura do feijão sob aplicação foliar de sulfato de manganês em diferentes doses e épocas de aplicação, associado a inoculação de *Bacillus subtilis*. Ipameri – GO, UEG, 2024.

Ademais, resultados semelhantes foram obtidos por Fernandes, et al. (2007), em que de acordo com a aplicação de doses crescentes de manganês via foliar, foi observado um aumento do número de vagem por planta até a dose máxima estimada de 258 g/ha, com um valor máximo de 15,97 vagens por planta, e que foi 7% maior que o valor do tratamento testemunha (sem aplicação de Mn). Também, Sulino et al., (2021) obtiveram resultados positivos com a aplicação de fertilizante foliar a base de enxofre, manganês e zinco, em que no estágio fenológico R5 houve um incremento médio de 2,33 vagens por planta em relação a testemunha. Essa disparidade pode ser atribuída à influência dos nutrientes contidos no fertilizante foliar, que favoreceram a fixação de flores ao serem aplicados durante o estágio fenológico R5.

De acordo com Bevilaqua et al. (2002), que utilizaram pulverização foliar com micronutrientes na cultura da soja, observaram um aumento no número de vagem por planta. Conforme o autor, isso ocorre devido a adubação foliar poder aumentar ou manter a concentração de nutrientes nas folhas, no período de formação e enchimento dos grãos. Nesse período, a absorção de nutrientes pelas raízes é reduzida e esse manejo aumenta o conteúdo de

nutrientes na planta e o metabolismo formador de estruturas reprodutivas, favorecendo os aspectos de produção.

Com relação ao tratamento adicional/testemunha em comparação com fatorial, houve diferença significativa para a variável número de vagem por planta, em que no tratamento fatorial proporcionou maior número de vagem por planta (Figura 9). Sendo assim, a aplicação via foliar de sulfato de manganês com a inoculação de *Bacillus subtilis* proporcionou maior número de vagem por planta, com incremento de 30,9% quando comparado com o tratamento adicional/ testemunha, sem nenhum tratamento.

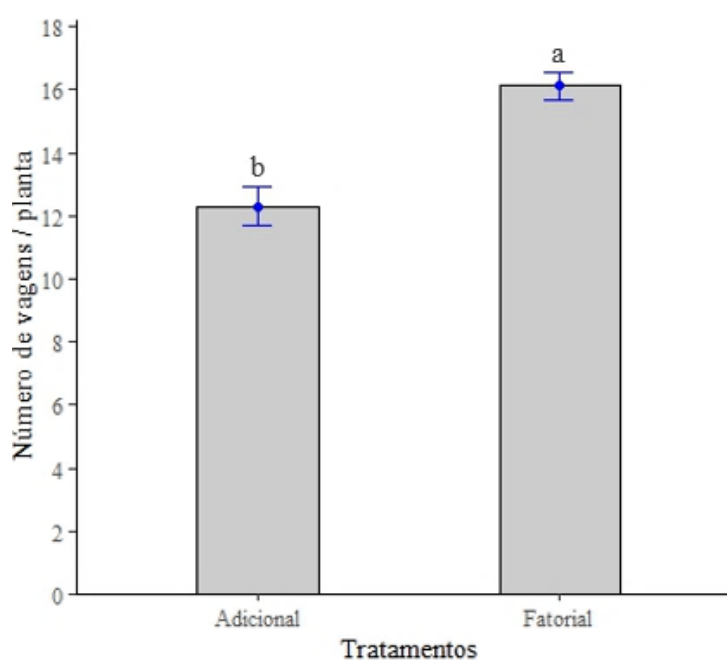


Figura 9. Número de vagem por planta na cultura do feijão sob aplicação foliar de sulfato de manganês em diferentes doses e épocas de aplicação, associado a inoculação de *Bacillus subtilis* – tratamento adicional e fatorial. As barrinhas em representam o desvio-padrão. Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada tratamento não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ipameri – GO, UEG, 2024.

Esses resultados estão de acordo com Teixeira et al. (2004) e Fernandes et al. (2007), que trabalharam com aplicação foliar com produto a base de manganês e obtiveram maior quantidade de vagem por planta em comparação com a testemunha. Isso pode ser explicado devido ao manganês poder ter atuado na diminuição da taxa de abortamento de flores e vagens, e consequentemente maior número de flores e vagens. Já a presença do *Bacillus subtilis* pode ter contribuído para essa variável pois essa bactéria é capaz de aumentar a solubilização de nutrientes, aumentar a fixação de nitrogênio e potencializar a síntese de fitormônios, e consequentemente contribuir para aumento dos componentes de produção (MANJULA e PODILE, 2005).

Belloni, (2016), realizando aplicação de diferentes fontes e doses de manganês na cultura do feijão, observou que o tratamento com manganês quelatado proporcionou maior número de vagem por planta em relação a testemunha, o que reflete em maior produtividade da cultura. Ademais, Mattos (2017) trabalhando com promoção do crescimento de soja a partir da inoculação de sementes com microrganismos não noduladores, identificou que os tratamentos com *Bacillus subtilis* promoveram maior número de vagem por planta, porém, não diferindo do tratamento testemunha.

Contudo, Magliavacca (2018), verificando a absorção de diferentes fontes insolúveis de manganês na cultura da soja, não verificou diferença significativa entre o tratamento fatorial (76,9 NVP) e o tratamento controle/testemunha (73,42 NVP), apresentando diferença de 4,73%. Para Oliveira et al., (2017), que utilizaram diferentes doses de *Bacillus subtilis* via tratamento de semente e associado com aplicação foliar, não observaram diferenças significativas entre os tratamentos testemunha e com aplicação do produto comercial.

Na Figura 10, para a variável número de grãos por planta, nota-se um comportamento linear dos dados tanto para época R5 quanto para R7. Nesse sentido, pode ser observado que de acordo com o aumento das doses, ocorreu um aumento do número de grãos por planta, podendo inferir que doses crescentes de sulfato de manganês contribuem para um maior número de grãos por planta.

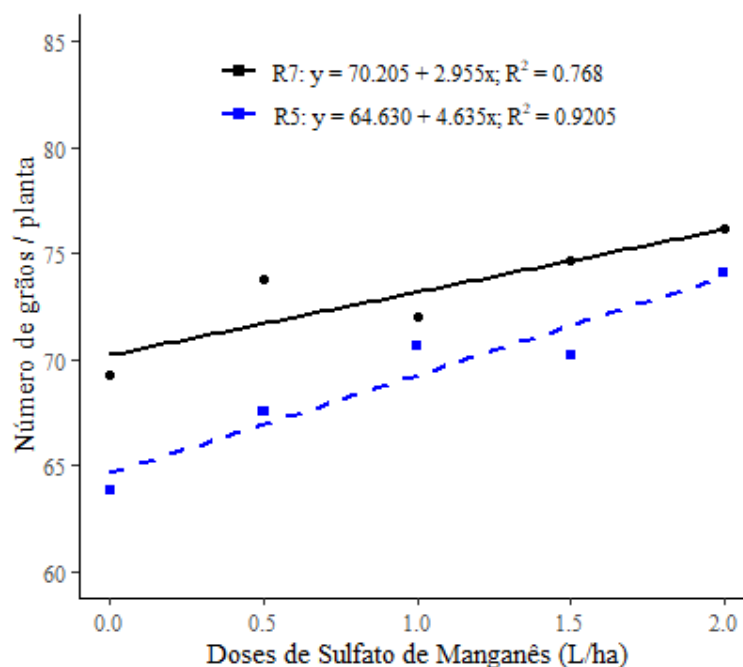


Figura 10: Número de grãos por planta na cultura do feijão sob aplicação foliar de sulfato de manganês em diferentes doses e épocas de aplicação, associado a inoculação de *Bacillus subtilis*. Ipameri – GO, UEG, 2024.

Esses resultados estão de acordo com Araújo (2018), que testou a aplicação de diferentes doses de manganês foliar na cultura da soja, em que observou um aumento no número de grãos por planta, nos tratamentos com aplicação de 90 e 180 ml/ha do produto a base de manganês. Ainda, Castagnel (2009), avaliando doses de adubação foliar de boro na cultura do feijão, verificou ajuste de regressão linear para essa variável, obtendo maior valor de médio no tratamento 60 g/ha, com resultado de 61,2 grãos por planta.

Dentre as diversas funções do manganês, está a atuação no metabolismo do nitrogênio e nos compostos cíclicos, como precursor de aminoácidos, fitohormônios, fenóis e ligninas. Além disso, as funções de ativação enzimática, biossíntese, transferência de energia e regulação fitohormonal são fundamentais para a formação, desenvolvimento e maturação dos grãos (MELARATO et al., 2002). Sendo assim, o aumento de doses proporcionou maior formação e desenvolvimento dos grãos, aumentando assim o número de grãos por planta.

Em comparação ao tratamento adicional/testemunha com tratamento fatorial, observa-se que houve diferença significativa para a variável número de grãos por planta, em que o tratamento fatorial obteve maior média (71,41) em comparação com tratamento adicional (58,22) (Figura 11). Esses resultados corroboram com Santos et al. (2021) que trabalhando com adubação foliar de macro e micronutrientes a base de cálcio e boro na cultura do feijão, obteve diferença significativa entre o tratamento com adubação foliar na dose de 4 L/ha (67) e a testemunha (43).

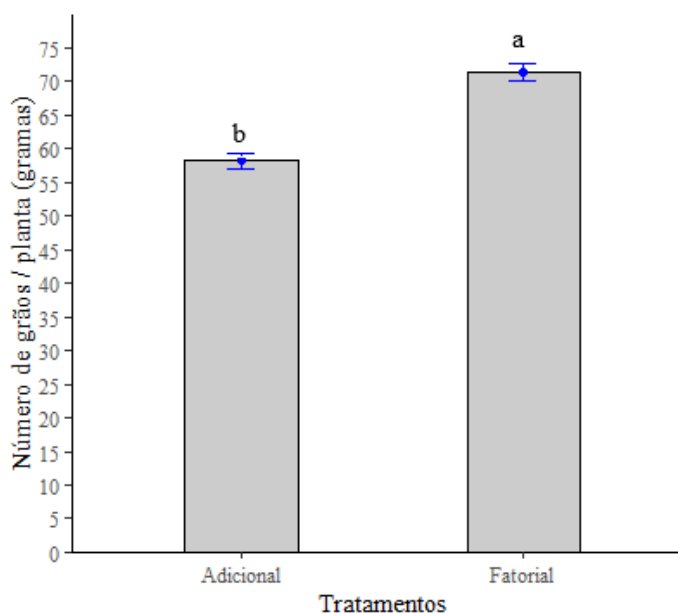


Figura 11. Número de grãos por planta na cultura do feijão sob aplicação foliar de sulfato de manganês em diferentes doses e épocas de aplicação, associado a inoculação de *Bacillus subtilis* – tratamento adicional e fatorial. As barrinhas representam o desvio-padrão. Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada tratamento não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ipameri – GO, UEG, 2024.

Para Mattos (2017) utilizando *Bacillus subtilis* na cultura da soja, para promoção do crescimento de soja a partir da inoculação de grãos com microrganismos não noduladores, identificou que o tratamento com *Bacillus subtilis* proporcionou maior número de grãos por planta, diferindo do tratamento testemunha.

O sulfato de manganês pode ter exercido papel importante na formação dos grãos, pois a presença do enxofre favorece o aumento do número de grãos por planta. Esse resultado está de acordo com César et al. (2008), que demonstrou a importância da presença de enxofre na cultura do feijão, auxiliando na formação dos grãos e na fixação das vagens nas plantas, além da presença do manganês, que pode ter auxiliado no aumento da taxa fotossintética e consequentemente aumento no número de grãos.

Além disso, com a presença de *Bacillus subtilis*, por ser um promotor de crescimento de plantas, essa bactéria pode ter atuado na melhoria da absorção de nutrientes pelo sistema radicular da planta, e consequentemente no aumento das características de produção, por meio do aumento da síntese de metabolitos e de fitormônios, como o ácido indolbutírico (AIB) e ácido indolilacético (AIA), que podem ser responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento dos órgãos reprodutivos das plantas (MELO et al., 2021; ARAUJO, 2008).

Para a variável massa de 100 grãos, foi observado um comportamento linear dos dados, para ambas as épocas de aplicação (Figura 12). Desse modo, o aumento das doses de sulfato de manganês aumentou o peso de 100 grãos de feijão. Resultados semelhantes foram encontrados por Fernandes et al. (2007), que realizaram aplicação foliar de fontes de manganês na cultura do feijão, e verificaram que a massa de 1000 grãos obteve influência linear conforme o aumento das doses de manganês foliar. Porém, Frasca et al. (2020), utilizando bioestimulante e micronutrientes na cultura do feijão, não obteve incremento nos valores em função dos tratamentos realizados para massa de 1000 grãos.

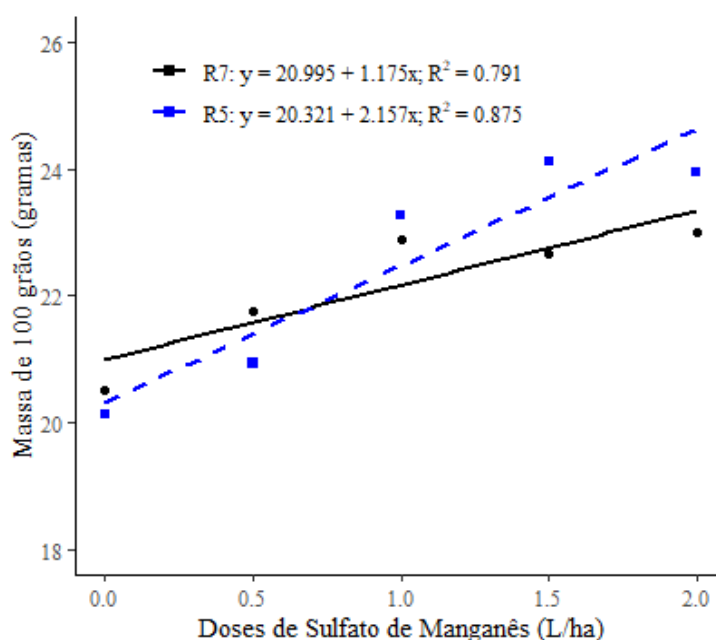


Figura 12. Massa de 100 grãos (gramas) na cultura do feijão sob aplicação foliar de sulfato de manganês em diferentes doses e épocas de aplicação, associado a inoculação de *Bacillus subtilis*. Ipameri – GO, UEG, 2024.

Esse aumento da massa de 100 grãos de acordo com as doses de sulfato de manganês por ser explicado pois esses nutrientes desempenham funções em rotas bioquímicas que garantem a formação de lipídeos, proteínas e ainda contribuem na estruturação das membranas celulares (MALAVOLTA et al., 1997). Nesse sentido, o sulfato de manganês pode ter contribuído para a formação de proteínas e carboidratos, havendo assim um aumento no peso dos grãos de acordo com as doses. Esse fato apresenta relevância no aspecto qualitativo, tendo-se em vista a possibilidade de os grãos que receberam o manganês apresenta um conteúdo de reserva maior.

Fato esse que está relacionado ao maior controle genético do peso dos grãos em relação ao número de vagem por planta, que é mais responsivo aos tratamentos. Assim, o peso dos grãos é dotado de maior resistência às fontes de variações, sofrendo pouca influência de tratamentos que modifiquem o ambiente, tais como a aplicação de nutrientes (CARVALHO et al., 2015).

O tratamento fatorial apresentou diferença significativa na massa de 100 grãos, com acréscimo de 24,6%, quando comparados com o tratamento adicional/testemunha (Figura 13). Esses resultados corroboram com Fernandes (2007) em que o aumento das doses de manganês favoreceu o aumento do peso de 1000 grãos em até 8,8% em relação à testemunha. Esse fator pode ser elucidado pois o manganês é um ativador enzimático em diversas rotas bioquímicas que asseguram a produção de proteínas, lipídeos e contribuem para a estruturação das membranas celulares (MALAVOLTA, 2006), o que pode ter sido importante para o aumento do peso dos grãos.

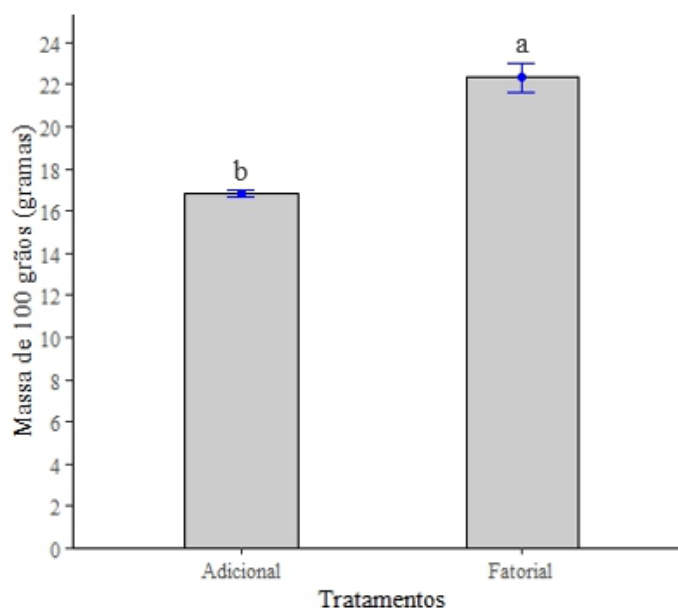


Figura 13. Massa de 100 grãos (gramas) na cultura do feijão sob aplicação foliar de sulfato de manganês em diferentes doses e épocas de aplicação, associado a inoculação de *Bacillus subtilis* – tratamento adicional e fatorial. As barrinhas representam o desvio-padrão. Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada tratamento não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ipameri – GO, UEG, 2024.

Dessa forma, esses fatos também se alinham ao de Pessoa et al. (2000) e Teixeira et al. (2005) que ressaltaram a importância do fornecimento adequado e equilibrado de nutrientes para o feijoeiro, que pode contribuir com o aumento da produtividade. Dentre as variáveis observadas, destacaram-se tanto o número de vagens por planta, como massa de 100 grãos, em que esses componentes são importantes para aumentar a produtividades por meio da aplicação foliar de micronutrientes.

Além disso, com relação a presença do *Bacillus subtilis*, que também pode ter contribuído para o aumento de 100 grãos, essa bactéria pode trazer benefícios no crescimento e produção de grãos. A quantidade de nitrogênio nas plantas está diretamente relacionada com a presença de clorofila, a qual as bactérias promotoras de crescimento, como por exemplo o *Bacillus subtilis*, pode promover o seu acréscimo. Nesse sentido, a maior quantidade de clorofila nas folhas pode resultar em maior produção de fotossíntese e fotoassimilados, que serão destinados para o enchimento e consequentemente aumento do peso dos grãos (PINDI, et al., 2014).

Com relação a produtividade, na Tabela 3, verificou-se que não houve interação significativa entre doses e épocas de aplicação de sulfato de manganês. Esses resultados assemelham-se à Nascente, et al. (2017), em que não se constatou alterações significativas na produtividade de feijão em função das doses e épocas de aplicação de nitrogênio via foliar. Também não houve diferença significativa entre as épocas de aplicação.

Por outro lado, constatou-se efeito isolado significativo para o fator dose, em que houve resposta crescente às doses de sulfato de manganês, apresentando assim ajuste de regressão linear crescente (Figura 14). Esses resultados corroboram com Rodrigues et al. (2021), trabalhando com diferentes doses e épocas de aplicação de manganês foliar, e foi verificado comportamento linear dos dados, obtendo diferença significativa entre os tratamentos, em que as doses de 150, 300 e 450 g de manganês/ha proporcionaram as maiores produtividades, correspondendo a 3.175, 3.000 e 3.500 kg/ha respectivamente.

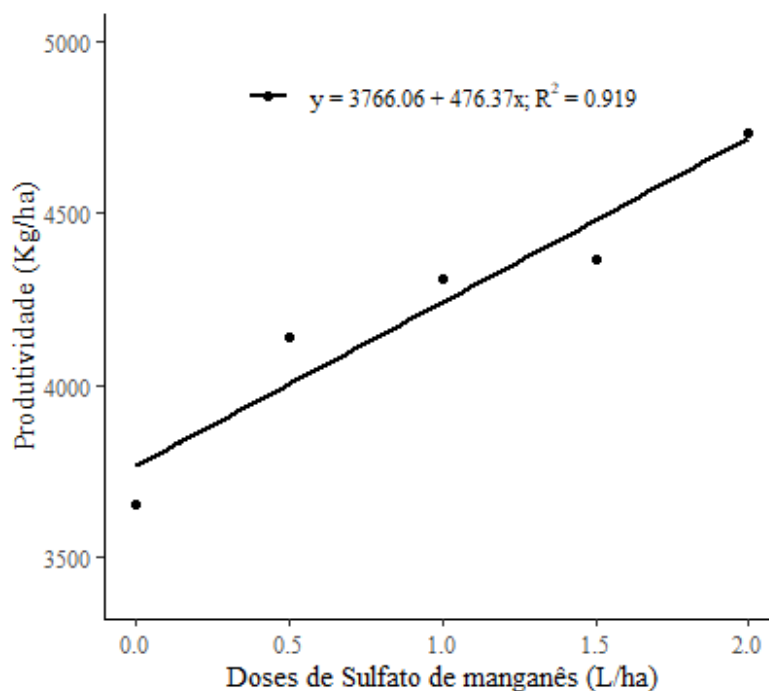


Figura 14: Produtividade (Kg/ha) da cultura do feijão sob aplicação foliar de diferentes doses de sulfato de manganês associado a inoculação de *Bacillus subtilis*. Ipameri – GO, UEG, 2024.

Nesse sentido, esse aumento de produtividade, em consequência da aplicação de fontes de manganês foliar, se deve ao fato de que esse elemento tem importantes funções na planta, destacando-se na participação da fotossíntese e no metabolismo do nitrogênio e, também, nos compostos cíclicos como precursor de aminoácidos aromáticos, hormônios, fenóis e ligninas (FERNANDES, 2007). Com isso, a adubação com produtos à base de manganês é capaz de aumentar o rendimento e a qualidade das culturas, devido à melhoria da nutrição e ao aumento da fotossíntese nas plantas, resultando em maior rendimento/produção (MOUSAVI, 2011). Também, o aumento da produtividade foi reflexo, principalmente, do acréscimo proporcionado pela aplicação de Mn foliar na massa de 100 grãos, em que essas duas variáveis obtiveram resultados e comportamentos semelhantes.

Com relação às doses, a dose de 2 L/ha de sulfato de manganês obteve maior produtividade em ambas as épocas de aplicação. Sulino, (2021), testando adubação foliar com

produto a base de enxofre, manganês e zinco, obteve maior produtividade com a dose de 0,5 L/ha desse composto.

Sendo assim, é importante salientar que mesmo com teor de sulfato de manganês elevado (Tabela 1), é possível aumentar a produtividade da cultura do feijoeiro, por meio de aplicação de manganês foliar, nos estádios de pré-florescimento (R5) e formação da vagem (R7). Também, a disponibilidade de Mn às plantas é dependente de diversos fatores, como: pH, potencial de oxi-redução, matéria orgânica e equilíbrio com outros cátions, principalmente o ferro, cálcio e magnésio (BORKERT et al., 2001; FAGERIA, 2001).

Ao se falar do comparativo entre o tratamento fatorial e a testemunha, obteve-se diferença significativa entre esses tratamentos, em que o tratamento fatorial (4.242,43 kg/ha) apresentou maior produtividade em relação à testemunha (2.596,05 kg/ha) (Figura 15). Esses resultados corroboram com Carvalho et al. (2015) que utilizaram produtos à base de manganês via foliar na cultura da soja, e obtiveram resultados superiores em relação ao tratamento testemunha.

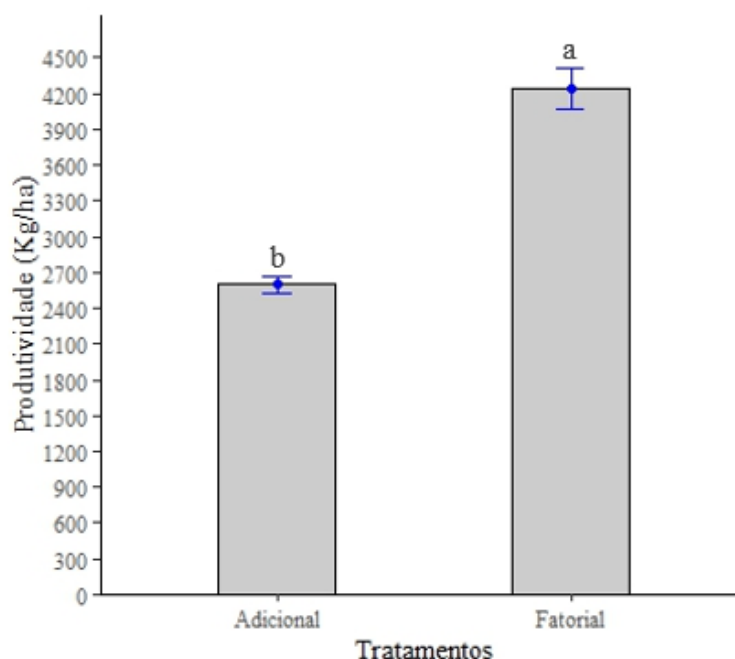


Figura 15. Produtividade (kg/ha) da cultura do feijão sob aplicação foliar de sulfato de manganês em diferentes doses e épocas de aplicação, associado a inoculação de *Bacillus subtilis* – tratamento adicional e fatorial. As barrinhas representam o desvio-padrão. Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada tratamento não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Ipameri – GO, UEG, 2024.

De acordo com estudos realizados por Filho, (2020) com aplicação de diferentes doses de *Bacillus subtilis* (inoculado) na presença e ausência de molibdênio via foliar, em duas cultivares de soja, obteve níveis de produção elevados (acima de 3.000 kg/ha) e o tratamento com aplicação de 1,0 L/50kg de sementes do produto à base de *Bacillus subtilis* proporcionou

produtividade 11,6% maior que a testemunha.

Lanna Filho et al. (2010) afirmam que *Bacillus subtilis* é um promotor de crescimento de plantas, e inclusive tem potencialidade para o incremento da produtividade. A presença do *Bacillus subtilis* pode ter contribuído para o aumento da produtividade, pois entre suas funções está a síntese de fitohormônios, como auxinas, ácido indolacético, giberelinas e citocininas, o que favorece o crescimento do sistema radicular das plantas bem como a absorção de água e nutrientes, possibilitando uma maior produção de grãos (BUCHELT et al., 2019).

Com relação ao sulfato de manganês, esse pode ter atuado no aumento da produtividade por meio da ativação de diversas enzimas no processo fotossintético da planta, em especial, as descarboxilases e as desidrogenases, envolvidas no Ciclo de Krebs. Nas leguminosas, o manganês também participa do processo de fixação biológica de nitrogênio (PES e ARENHARDT, 2015), que também pode ter potencializado a produtividade.

No que diz respeito aos dados referentes a qualidade fisiológica, destaca-se que não houve interação significativa entre dose e época para o teste de germinação, comprimento de plântula e envelhecimento acelerado. Também, não houve diferença significativa para a comparação entre os tratamentos adicional e fatorial, para todas as variáveis da qualidade fisiológica. No entanto, houve diferença significativa isolada no quesito dose, para a variável comprimento de plântula (Tabela 3).

Tabela 3. Resultado do teste F para as variáveis teste de germinação (TG), comprimento de plântulas (CP) e envelhecimento acelerado (EA) em função de doses e épocas de aplicação de sulfato de manganês associado a inoculação de *Bacillus subtilis* em *Phaseolus vulgaris*.

Tratamentos	TG (%)	CP (cm)	EA (%)
Dose	1,22 ^{ns}	2,81 [*]	1,44 ^{ns}
Época	0,61 ^{ns}	1,24 ^{ns}	10,76 ^{ns}
Dose*época	0,40 ^{ns}	1,79 ^{ns}	3,62 ^{ns}
Adicional*fatorial	0,0062 ^{ns}	1,18 ^{ns}	2,04 ^{ns}
CV(%)	2,42	17,04	7,98

* e ** Significativo a 5 e 1% respectivamente, pelo teste F; e ^{ns} - Não significativo. CV%: coeficiente de variação.

Sendo assim, para o teste de germinação, foi observado que não houve interação significativa entre dose e épocas de aplicação, bem como para os tratamentos adicional e fatorial. Porém, o valor médio para o teste de germinação foi de 94%, portanto, bem acima do padrão mínimo para comercialização de sementes de feijão no Brasil, que atualmente é de 80% (Brasil, 2009).

Resultados semelhantes encontrados por Teixeira et al. (2005), que trabalharam com aplicação foliar de manganês e zinco, não verificaram diferenças significativas para o teste de germinação. César, et al. (2008), trabalhando com enxofre em cobertura na cultura do feijão, também não observaram ajuste estatisticamente significativo para avaliar esse fator em função das doses de enxofre.

Para a resposta ao teste de envelhecimento acelerado, observa-se que não houve interação significativa tanto entre dose e época de aplicação, quanto entre o tratamento fatorial e adicional. Também não houve diferença significativa isolada para os quesitos dose ou época de aplicação. Assim, tanto as doses quanto as épocas de aplicação não influenciaram o vigor das sementes.

De acordo com Melarato et al. (2002), testando o potencial fisiológico de sementes de soja utilizando diferentes fontes de manganês foliar, não verificaram diferenças entre os tratamentos, indicando que as fontes e modos de aplicação de manganês utilizados não ocasionaram aumento no vigor das sementes.

Uma hipótese para explicar os resultados no teste de germinação e envelhecimento acelerado seria que o manganês está envolvido na formação de lignina, uma das substâncias presentes na parede celular e que apresenta características de impermeabilização. Assim, esse fator pode ter exercido efeito sobre a capacidade de absorção de água por meio do tegumento, para realizar o processo de germinação (FERNANDES et al., 2007). Dentre as funções do manganês na planta está a ativação de enzimática, dentre elas, as enzimas relacionadas a formação de lignina presente na parede celular, a qual confere maior permeabilidade e resistência do tegumento, podendo assim influenciar na qualidade das sementes (CARVALHO, 2013).

Analisando a variável comprimento de plântula, observa-se que não houve interação significativa entre as doses de sulfato de manganês e as épocas de aplicação. Verificando cada fator separadamente, nota-se que houve diferença significativa para o fator doses, independente da época de aplicação, em que dose zero de sulfato de manganês, somente com o tratamento de sementes com *Bacillus subtilis*, obteve maior média. No entanto, verifica-se um pequeno decréscimo do comprimento de plântula de acordo com o aumento das doses de sulfato de manganês, com menor valor de comprimento na dose de 1,0 L/ha. Isso pode ser observado na Figura 16, que apresentou função linear decrescente no ajuste da regressão para as doses, independente da época de aplicação.

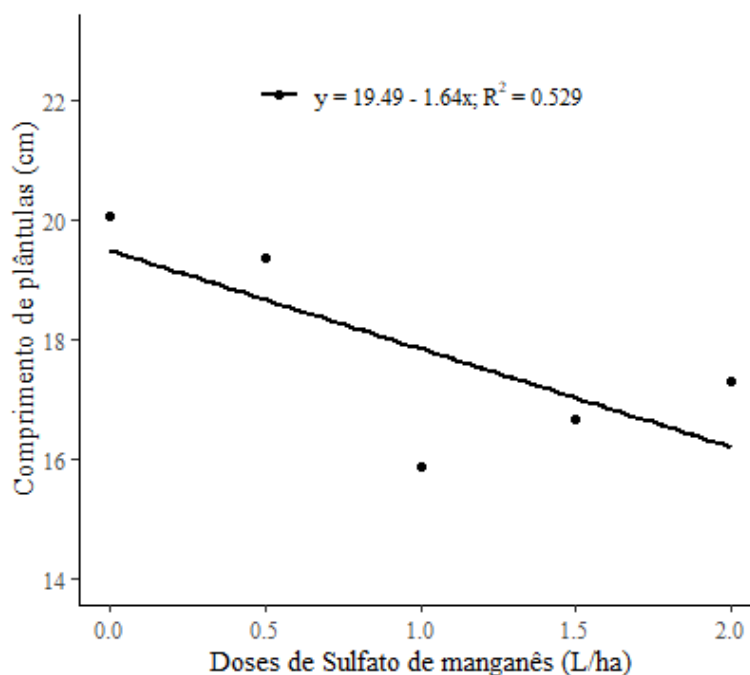


Figura 16: Comprimento de plântula de feijoeiro sob diferentes doses de aplicação foliar de sulfato de manganês associado a inoculação de *Bacillus subtilis*. Ipameri – GO, UEG, 2024. Ipameri-GO, 2023.

Resultados semelhantes foram encontrados por Ignácio et al., (2015) trabalhando com adubação foliar com sulfato de manganês na germinação, vigor e tempo de armazenamento de sementes de soja, verificaram que as doses mais elevadas de sulfato de manganês influenciaram negativamente a contagem de plântulas anormais.

Também, resultados encontrados por Deuner et al. (2015), analisando a utilização de diferentes manejos nutricionais na cultura da soja, dentre eles, a aplicação de complexos nutricionais a base de macronutrientes associado ao cobalto e molibdênio via foliar, em diferentes estádios fenológicos, não observaram melhoria na qualidade de sementes pelo teste de comprimento radicular e parte aérea de plântula. Contudo, esse mesmo autor, utilizando macronutrientes associado ao manganês, via foliar, apresentou uma das maiores médias comprimento de plântula, 36,8 centímetros.

Outros trabalhos realizados por Soratto et al., (2005), que observaram a resposta de cultivares de feijão em solução nutritiva contendo manganês, e chegaram à conclusão de que altos níveis de manganês em solução nutritiva provocam a redução da produção de matéria seca, que é um indicativo de crescimento das plantas. Nesse sentido, a diminuição do comprimento de plântula no presente trabalho também pode estar relacionada com as concentrações do sulfato de manganês, pois o excesso desses nutrientes pode gerar estresse oxidativo nas células das plantas, resultando na produção excessiva de radicais livres e danos às membranas celulares e proteínas.

Embora tenha influenciado alguns componentes da produção e produtividade de sementes, a adubação foliar com Mn não afetou de maneira relevante a qualidade fisiológica das sementes de feijão, o que pode estar associado ao alto teor de Mn no solo (10 mg/dm^3) (Tabela 1) que, apesar de não ter sido suficiente para obtenção de máxima produtividade, pode ter limitado a adequada formação das sementes. Mann et al. (2002) e Teixeira et al. (2005) também verificaram efeito mais expressivo da aplicação foliar de Mn na produtividade do que na qualidade das sementes de soja e feijão, respectivamente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dose de 2 L/ha de sulfato de manganês associado à inoculação de *Bacillus subtilis* proporcionou maior produtividade. Além disso, os componentes de produção, como número de vagem por planta, o número de grãos por planta e a massa de 100 grãos foram influenciados pelas doses e épocas de aplicação e apresentaram maiores valores de acordo com o aumento das doses de sulfato de manganês.

A aplicação de sulfato de manganês no estágio R7 contribuiu para alguns componentes de produção, principalmente para as variáveis número de vagem por planta e número de grãos por planta. Com relação a produtividade, a aplicação foliar de sulfato de manganês independe da época de aplicação. Além disso, todas as características agronômicas de produção, exceto o número de grãos por vagem, obtiveram resultados superiores nos tratamentos com sulfato de manganês e *Bacillus subtilis*, quando comparadas com a testemunha.

Ademais, a aplicação de sulfato de manganês associado a inoculação de *Bacillus subtilis* não influenciou na germinação e no envelhecimento acelerado. No entanto, houve redução no comprimento de plântulas de acordo com acréscimo de doses de sulfato de manganês, independente da época de aplicação.

6. CONCLUSÃO

A aplicação foliar de sulfato de manganês proporcionou incrementos na produtividade da cultura do feijão, principalmente na dose de 2 L/ha. Para o aumento da produtividade, a aplicação de sulfato de manganês independe da época de aplicação.

A inoculação de *Bacillus subtilis* associada a aplicação foliar de sulfato de manganês proporcionou incrementos para a maioria das características de produção.

A aplicação foliar de sulfato de manganês associado a inoculação de *Bacillus subtilis* tiveram pouca interferência na qualidade fisiológica de sementes de feijão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, M.J.B. de; DINIZ, A.R.; CARVALHO, J.G. de; LIMA, S.F. de. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, v.22, p.499-508, 1998.
- ARAÚJO, F.F. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostras e desenvolvimento de milho, soja e algodão. **Revista ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 456-462, mar./abr., 2008.
- ARAUJO, G. L. **Adubação foliar de manganês na cultura da soja no cerrado maranhense**. 2018. Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2018.
- ASCOLI, A.R. **Doses e fontes de boro via foliar nas características agronômicas e composição e qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro**. Universidade Estadual Paulista. Ilha solteira, SP., 121f. 2020.
- BEVILAQUA, G. A. P., SILVA FILHO, P. M., POSSENTI, J. C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 31-34. 2002.
- BELLONI, A.L. **Efeito de fontes e doses de manganês no desenvolvimento do cultivar TAA bola cheia de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Universidade Federal de São Carlos. Centro de ciências agrárias, São Carlos. 2016.
- BRAGA JÚNIOR, G.M. **Eficiência de *Bacillus subtilis* no biocontrole de fitopatógenos e promotor de crescimento vegetal**. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Tocantins. 2015.
- BRAGA JÚNIOR, G.M; CHAGAS, L.F.B; AMARAL, L.R.O; MILLER, L.O; CHAGAS JUNIOR, A.F. Efficiency of inoculation by *Bacillus subtilis* on soybean biomass and roductivity. **Revista Brasileira de Ciências Agrarias**, Recife, v.13, n.4, e5571, 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.
- BORKERT, C.M.; PAVAN, M.A.; BATAGLIA, O.C. **Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: ferro e manganês**. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da; RAIJ, B. van; ABREU, C.A. de. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: CNPq/Fapesp/Potafos, 2001. p.151-185.
- BUHELDT, A. C.; METZLER, C. R.; CASTIGLIONI, J.L.; DASSOLLER, T. F.; LUBIAN, M. S. Aplicação de bioestimulantes e *Bacillus subtilis* na germinação e desenvolvimento inicial da cultura do milho. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 6, n. 4, p.69-74, ISSN 2358-6303, out./dez. 2019.
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica**. Boa Vista, v. 8, n. 16, p. 40- 55. 2014.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.

CARVALHO, E.R. **Manganês via foliar em soja convencional e transgênica RR: efeitos na qualidade de sementes, atividade enzimática, lignina e produtividade**. (Tese doutorado) Universidade Federal de Lavras. 2013.

CARVALHO, E.R; OLIVEIRA, J.R; COSTA NETO, J; SILVA, C.A.T; FERREIRA, V.F. Doses e épocas de aplicação de manganês via foliar no cultivo de soja convencional e em derivada transgênica RR. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 2, p. 352-361, Mar./Apr. 2015.

CASTAGNEL, J; BENETOLI, T.R. Adubação foliar de boro na cultura do feijão. **Cultivando saber**. Cascavel, v.2, n.3, p.7⁻¹⁶, 2009.

CÉSAR, M.L; FONSECA, N.R; TOLEDO, M.Z; SORATTO, R.P; CAVARIANI, C; CRUSCIOL, C.A.C. Aplicação de enxofre em cobertura e qualidade fisiológica de sementes de feijão sementes de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 30, supl., p. 681-686, 2008.

COBUCCI, T. Manejo e controle de plantas daninhas em feijão. In VARGAS,L.; ROMAN, E.S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, Cap. 12, p. 453-480. 2004.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. **Boletim da safra de grãos**. v.10. Safra 2022/23, décimo segundo levantamento, 2023. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos> >. Acesso em: 31 outubro de 2023.

DIAZ, P.A.E; BARON, N.C; RIGOBELLO, E.C. Bacillus spp. as plant growth-promoting bacteria in cotton under greenhouse conditions. **Australian Journal of Crop Science**,v. 13, n. 12, p. 2003.

DEUNER, C. MENEGHELLO, G.E; BORGES, C.T; GRIEP, L; ALMEIDA, A.S; DEUNER, S. Rendimento e qualidade de sementes de soja produzidas sob diferentes manejos nutricionais. **Revista de Ciências Agrárias**, v.38, n.3, p. 357-365, 2015.

DZIWORNUN, A. K.; SHRESTHA, A.; MATTHUS, E.; ALI, B.; WU, L.B.; FREI, M. Responses of contrasting rice genotypes to excess manganese and their implications for lignin synthesis. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 123, p. 252-259, 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. Brasília, DF., 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 4.ed. Revisada. Embrapa Solos Rio de Janeiro, 358p. 2018.

FAGERIA, V.D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.24, p.1269-1290, 2001.

FERNANDES, D.S; SORATTO, R.P; KULCZYNSKI, S.M; BISCARO, G.A; REIS, C.J.

Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão em consequência da aplicação foliar de manganês. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.3, p.419-426, mar. 2007.

FILHO, S.A.L. **Doses de *Bacillus subtilis* na presença e ausência de molibdênio em dois cultivares de soja**. Universidade Estadual Paulista – Ilha solteira, 2020.

FLORES, R. A.; RODRIGUES, R. A.; CUNHA, P. P.; DAMIN, V.; ARRUDA, E. M.; ABDALA, K. O.; DONEGÁ, M. C. Grain yield of *Phaseolus vulgaris* in a function of application of boron in soil. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Basel, v. 18, n. 1, p. 144-156, 2018.

FRASCA, L. L. DE., NASCENTE, A. S., LANNA, A. C., CARVALHO, M. C. S., COSTA, G. G. Bioestimulantes no crescimento vegetal e desempenho agrônômico do feijão comum de ciclo superprecoce. **Revista Agrarian**. v.13, n.47, p.27-41, Dourados. 2020.

FRITZE, D. Taxonomy of the genus *Bacillus* and related genera: The endospore-forming Bacteria. **Pfytopathology**, v.94, n.11, p.1245-1248, 2004.

GALPERIN, M. Y. Genome Diversity of Spore-Forming Firmicutes. **Microbiology Spectrum**, 1(2), 1–15. <https://doi.org/10.1128/microbiolspectrum>. (2013).

IGNÁCIO, V.L; NAVA, I.A; MALAVASI, M.M. GRIS, E.P. Influence of foliar fertilization with manganese on germination, vigor and storage time of RR soybean seeds. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n.5, p. 446-452, set-out, 2015.

KOLLING, D.F; OZELAME, O. Utilização de nitrogênio e enxofre em cobertura no feijão preto safrinha. **Revista Scientia Agraria**. vol. 18 n°. p. 204-211. Curitiba Out/Dez., 2017.

LANNA FILHO, R.; FERRO, H. M.; PINHO, . C. de. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 12-20, 2010.

LIMA, F.F; NUNES, A. P. L.; FIGUEIREDO, M.V. B.; ARAUJO, F.F; LIMA, L.M; ARAUJO, A.S.F. *Bacillus subtilis* e adubação nitrogenada na produtividade do milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 6, núm. 4, pp. 657-661. Universidade Federal Rural de Pernambuco Pernambuco, 2011.

MAGLIAVACCA, R.A. **Aplicação foliar de fontes insolúveis de manganês na soja (*Glycine max* L)**. USP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2019.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. 319p. Piracicaba: **POTAFOS**, 1997.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Livroceres, 2006. 638p.

MANJULA, K.; PODILE, A. R. Increase in seedling emergence and dry weight of pigeon pea in the field with chitin-supplemented formulations of *Bacillus subtilis* AF 1. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v.21, p.1057–1062, 2005.

MANN, E.N.; REZENDE, P.M.; CARVALHO, J.G.; CORRÊA, J.B.D. Efeito da adubação com manganês, via solo e foliar em diferentes épocas na cultura da soja [*Glycine max*(L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.2, p.264-273, 2001.

MANN, E.N.; REZENDE, P.M. de; MANN, R.S.; CARVALHO, J.G. de; PINHO, E.V.R. von. Efeito da aplicação de manganês no rendimento e na qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1757-1764, 2002.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed. **London: Academic Press**, 1995. 889p.

MARTINS, S.A. **Desenvolvimento do feijão comum tratado com *Bacillus subtilis***. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Lavras - UFLA. 58 p. 2013.

MATTOS, M. **Promoção do crescimento de soja a partir da inoculação de sementes com microrganismos não noduladores**. Universidade Federal da Fronteira Sul, RS, 2017.

MELARATO, M.; PANOBIANCO, M.; VITTI, G.C.; VIEIRA, R.D. Manganês e potencial fisiológico de sementes de soja. **Ciência Rural**, v.32, p.1069-1071. 2002.

MELO, T. A.; NASCIMENTO, I. T. V. S.; SERRA, I. M. R. S. O gênero *Bacillus* aplicado ao controle biológico de doenças de plantas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, e18110917817, 2021.

MOUSAVI S.R.; SHAHSAVARI M.; REZAEI M. A. General overview on manganese (Mn) importance for crops production. **Journal of Basic and Applied Scientific**. n.5, p.1799–1803. 2011.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas**. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1999. p. 49-85.

NARIMANI, H.; RAHIMI, M. M.; AHMADIKHAH, A.; VAEZI, B. Study on the effects of foliar spray of micronutrient on yield and yield components of durum wheat. **Archives of Applied Science Research**, Udaipur, v. 2, n. 6, p.168-176, 2010.

NASCENTE, A.S; MONDO, V.H.V; GONZAGA, A.C.O; CARVALHO, M.C.S; LACERDA, M.C. Doses e épocas de aplicação foliar de N afetando a produtividade de grãos do feijoeiro comum. **Revista Agrarian**. v.10, n.37, p. 199-208, Dourados, 2017.

NETO, E.B; BARRETO, L.P; COELHO, J.B.M. Considerações sobre nutrição mineral e o caso do Feijão Vigna. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, vols. 11/12, p.85, 2014/2015. Recife, PE., 2015.

NUNES, R.T.C; SOUZA, U.O; NETO, A.C.A; MORAIS, O.M; FOGAÇA, J.J.N.L; SANTOS, J.L; CARDOSO, A.D; JOSÉ, A.R.S. Produção e qualidade de sementes de feijão-caupi em função de doses de molibdênio e da população de plantas. **Revista de Ciências Agrárias**, 533-542. 2017.

OLIVEIRA, I.P.; ARAÚJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coord.). Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: **Potafos**. p.169-221, 1996.

OLIVEIRA, I. B., MENDONÇA, G. W., BINOTTI, F. F. S.; ASCOLI, A. A., COSTA, E. Fertilizante foliar em feijoeiro de inverno e sua influência na produtividade e qualidade fisiológica das sementes. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 2, n. 2, p.

57-67. 2015.

OLIVEIRA, C. A. B., PELÁ, G. M., PELÁ, A. Inoculação com *Rhizobium tropici* e adubação foliar com Molibdênio na cultura do feijão comum. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, Suplemento 1, p. 43-50, dez. ISSN 2358-6303. 2017.

OLIVEIRA, G. R. F; SILVA, M. S; PROENÇA, S. L; BOSSOLANI, J. W; CAMARGO, J. A; FRANÇO, F. S; SÁ, M. E. Influência do *Bacillus subtilis* no controle biológico de nematoides e aspectos produtivos do feijoeiro. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering** v. 11, n.1, p. 47-58, 2017.

PES, L.Z; ARENHARDT, M.H. **Fisiologia Vegetal**. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Rede e-Tec Brasil. 81 p.: il.; 28 cm ISBN: 978-85-63573-90-2. 2015.

PESSOA, A. C. S.; RIBEIRO, A. C.; CHAGAS, J. M.; CASSINI, S. T. A. Concentração foliar de molibdênio e exportação de nutrientes pelo feijoeiro “Ouro Negro” em resposta à adubação foliar com molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n.1, p.75-84, 2000.

PINDI, P. K.; SULTANA, T.; VOOTLA, P. K. Plant Growth Regulation of Bt-Cotton through *Bacillus* Species. **3 Biotech**, v. 4, n. 3, p. 305–315, 1 jun. 2014.

PRADO, R. M. **Mineral nutrition of tropical plants**. Berna: Springer Nature, 2021. 349p.

REZENDE, P.M; CARVALHO, E.R; SANTOS, J.P; ANDRADE, M.J.B; ALCANTARA, H.P. Enxofre aplicado via foliar na cultura da soja. [*glycine max* (L.)merril]. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1255-1259, set./out., 2009.

RODRIGUES, M.G; RAMOS, E.W.V.B; BUSO, W.H.D. Feijoeiro comum irrigado submetido à diferentes doses de manganês e épocas de aplicação. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 8, n. 4, e6018, out./dez.2021.

RUAS, J. F. Feijão. **Perspectivas Agropecuárias.**, Brasília, v.5, p. 45-58, set. 2017

SAHARAN, B. S. Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Critical Review. **Life Sciences and Medicine Research**, 2011.

SANTOS, R. M. **Resposta produtiva do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L. TAA DAMA.) sob déficit hídrico em diferentes fases**. Dissertação (mestrado) 78p. - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2021.

SANTOS, G.M; SILVA, S.A; FABIAN, A.J; BERNADINI, M; BATISTA, A.N.G; PRATA, J.C; SILVA, I.R. **Adubação foliar com cálcio e boro e a produtividade de feijão**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Campus Uberaba. 8º EnPE - Encontro de Pesquisa e Extensão, 2021.

SFREDO, G. J.; KLEPKER, D. Resposta da soja à aplicação de enxofre nos cerrados do Piauí. In:Reunião de pesquisa de soja na região central do Brasil, 25., 2003, Uberaba, MG. Londrina: **Embrapa Soja**. p. 136-137, 2003.

SILVA, D.J; VENEGAS, V.H.A; RUIZ, H.A; SANT’ANNA, R. Translocação e redistribuição

de enxofre em plantas de milho e de soja. **Pesquisa. Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 715-721, jun. 2003.

SORATTO, R.P; SILVA, T. R. B.; BORGHI, E; SILVA, L. M. da³; ROSOLEM, C.A. Resposta de quatro cultivares de feijão ao manganês em solução nutritiva. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.11, n. 2, p. 235-240, abr-jun, 2005.

SOUSA, G.M; FILHO, F.R.C; ANDRADE, C.L.L; VENTURA, M.V.A. Análise econômica do uso de bioestimulantes na cultura do feijão em diferentes métodos de aplicação. **Brazilian Journal of Science**, 24-31, 2023.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.) Cerrado: correção do solo e adubação. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2004. 416 p.

SULINO, W.C; BUSO, W.H.D. Adubação foliar (S, Mn e Zn) em diferentes estádios fenológicos do feijoeiro comum irrigado. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, e388101018830, 2021

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. Ed. Porto Alegre: ArtMed, 2013.193p.

TEIXEIRA, I.R; BORÉM, A; ARAÚJO, G.A.A. Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta à adubação foliar com manganês e zinco. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.83-88, 2005.

TEIXEIRA, I.R; BORÉM, A; ARAÚJO, G.A.A. Manganese and zinc leaf application on common bean grown on a “cerrado” soil. **Scientia Agrícola**, v. 61, p 77-81, 2004.

YASSEN, A.; ABOU EL-NOUR, E. A. A.; SHEDEED, S. Response of wheat to foliar Spray with urea and micronutrients. **Journal of American Science**, New Haven, v. 6, n. 9, p.14-22, 2010.

ZAYED, B. A.; SALEM, A. K. M.; EL SHARKAWY, H. M. Effect of different micronutrient treatments on rice (*Oriza sativa* L.) growth and yield under saline soil conditions. **World Journal of Agricultural Sciences**, Ithaca, v. 7, n. 2, p.179-184, 2011.