Curso de Agronomia Artigo Original

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA ADUBAÇÃO FOSFATADA E PRESENÇA DE MICROORGANISMOS (BACILLUS SUBTILIS E BACILLUS MEGATERIUM) NA PRODUTIVIDADE DA SOJA (GLYCINE MAX)

EVALUATION OF THE EFFECTS OD PHOSHATE FERTILIZATION AND THE PRESENCE OF MICROORGANISMS (BACILLUS SUBTILIS AND BACILLUS MEGATERIUM) ON SOYBEAN (GLYCINE MAX) PRODUCTIVITY

Diogo Becker[1], Tiago Alessandro Moretto[2], Tiago Martini Pontarolli Filho[3], André Luiz Oliveira de Francisco[4]

[1] Estudante do Curso de Agronomia
[2] Estudante do curso de Agronomia
[3] Estudante do curso de Agronomia
[4]Professor Doutor do curso de Agronomia

Resumo: Neste estudo realizado na Fazenda Escola do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (CESCAGE) durante a safra 2023/2024, investigou-se o impacto das doses de fósforo associadas à presença do *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* no cultivo da soja variedade 5659 RSF I PRO. O objetivo foi compreender a interação entre esses elementos (insumo biológico e adubação) e seu efeito no crescimento e produtividade da cultura. O experimento foi montado com delineado em blocos causalizados em parcelas subdivididas, com 4 repetições. Nas subparcelas aplicou-se diferentes doses de fósforo (0%, 50%, 100%, 150% e 200%) a partir da dose recomendada através da análise de solo, estando nas parcelas principais presença e ausência de inoculação de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, totalizando 40 parcelas. Durante o experimento foram coletados dados de produtividade, altura de planta, número de vagens por planta e peso de mil grãos. Análises estatísticas foram aplicadas, ANOVA, sendo aplicado quando observada diferença nos testes de regressão para os dados quantitativos e teste de Tukey a 5% para os dados qualitativos, além de observada existência de interação entre os dados. Os tratamentos foram efetivos ao influenciar positivamente a altura das plantas, o número de folhas e vagens com doses adequadas de fósforo. A inoculação de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* apresentou uma correlação não significativa com a produtividade. A combinação promissora da utilização dos bacillus para otimizar o fosforo do cultivo da soja, necessita de mais resultados. Assim destacamos a importância de doses adequadas de fósforo para evitar impactos negativos no desenvolvimento das plantas.

Palavras-chave: Fósforo. *Bacillus subtilis. Bacillus Megaterium*. Soja. Produtividade.

Abstract: In this study conducted at the Fazenda Escola of the Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (CESCAGE) during the 2023/2024 growing season, the impact of phosphorus doses associated with the presence of *Bacillus subtilis* and *Bacillus megaterium* on the cultivation of soybean variety 5659 RSF I PRO was investigated. The objective was to understand the interaction between these elements (biological input and fertilization) and their effect on crop growth and productivity. The experiment was set up in a randomized block design with subdivided plots and four replications. In the subplots, different phosphorus doses (0%, 50%, 100%, 150%, and 200%) were applied based on the recommended dose from soil analysis, while the main plots included the presence and absence of *Bacillus subtilis* and *Bacillus megaterium* inoculation, totaling 40 plots. Data on productivity, plant height, number of pods per plant, and the weight of a thousand grains were collected during the experiment. Statistical analyses, including ANOVA, were applied, with regression tests for quantitative data and Tukey's test at a 5% significance level for qualitative data when differences were observed, as well as interaction analysis among variables. Treatments were effective in positively influencing plant height, the number of leaves, and pods with appropriate phosphorus doses. Moderate inoculation of *Bacillus subtilis* and *Bacillus megaterium* showed a non-significant correlation with productivity. The promising combination of using Bacillus to optimize phosphorus in soybean cultivation requires further results. Thus, we emphasize the importance of adequate phosphorus doses to avoid negative impacts on plant development.

Keywords: Phosphorus**.** *Bacillus subtilis. Bacillus Megaterium*. Soy. Productivity.

Contato: diogobsax@gmail.com. tiagomoretto1125@gmail.com. tiagopontarolli@gmail.com. andre.francisco@cescage.edu.br.

1 Introdução

A soja é um dos insumos mais produzidos do Brasil, tendo ela liderança no agronegócio, “espetacular crescimento da produção de soja no país, de cerca de 262 vezes ao longo dos últimos 47 anos, determinou uma cadeia de mudanças sem precedentes na história da agricultura brasileira” (EMBRAPA 2021). Um a quatro dólares exportados pelo sistema agroindustrial brasileiro é oriundo da soja, dando para ela também um elevado valor de venda (beirando os 160 reais por saca de 60 kg), com tudo, o aumento da produção e demanda da soja faz com que venham a surgir necessidades para o agricultor de uma área maior de plantio (Antunes *et al*., 2015). Por mais que o sistema produtivo da soja esteja maximizado, ainda tem muito a ser melhorado, principalmente no que se refere ao uso de diferentes fórmulas de nutrição que buscam estratégias para a maior produção. A soja por si já facilita muito em relação a isto por ser uma cultura bem avançada, que dispensa o uso maior de fontes nitrogenadas, porém, ainda precisamos da aplicação de outros nutrientes essenciais como o fósforo, potássio, boro e demais nutrientes auxiliares para a cultura, podendo melhorar a estrutura biológica do solo (Silva, 2022).

O fósforo é um nutriente essencial para a soja, desempenhando um papel fundamental no crescimento das plantas. Contudo, sua absorção é prejudicada pela sua forte retenção no solo, especialmente em solos com alta fixação de fósforo, como ocorre em diversas regiões produtoras no Brasil (Fageria & Baligar, 2003). Mais de 70% do fósforo aplicado ao solo pode permanecer em formas não disponíveis para as plantas, o que torna a fertilização ineficaz (Pavinato et al., 2012). Nesse contexto, a microbiologia do solo emerge como uma estratégia importante, com microrganismos como *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* mostrando capacidade de solubilizar fósforo e aumentar sua disponibilidade para as plantas (Santos et al., 2013). O uso desses microrganismos pode ser uma alternativa sustentável à aplicação excessiva de fertilizantes, melhorando a eficiência do uso do fósforo e reduzindo os impactos ambientais (Figueiredo *et al*., 2012).

Microrganismos solubilizadores de fosfato (como bactérias do gênero *Bacillus* e fungos dos gêneros *Penicillium* e *Aspergillus*) têm se mostrado eficazes na solubilização de fósforo imobilizado, tornando-o mais acessível para as plantas. A utilização de inoculantes microbianos tem se destacado como uma forma de aumentar a eficiência da adubação fosfatada, especialmente em solos com baixa disponibilidade de fósforo. Estudos indicam que a inoculação com esses microrganismos pode melhorar a produtividade da soja, reduzindo a necessidade de grandes quantidades de fertilizantes fosfatados (Souza *et al*., 2018; Aguiar *et al*., 2020; Ribeiro *et al.,* 2021).

Segundo Silva (2021), "os solos com deficiência de fósforo (P) apresentam grandes desafios para a agricultura, uma vez que esse nutriente é essencial para o crescimento das plantas, especialmente no desenvolvimento das raízes e na formação de sementes. A disponibilidade de fósforo (P) no solo é influenciada por fatores como pH, textura e o processo de fixação em formas pouco solúveis, especialmente em solos ácidos. Para suprir essa carência, o uso de fertilizantes à base de fósforo é frequentemente adotado, o que, no entanto, gera custos elevados para os produtores. Esse cenário ressalta a necessidade de buscar alternativas mais sustentáveis e eficientes no uso de fósforo, a fim de reduzir a dependência de fertilizantes e promover uma agricultura mais econômica e ambientalmente responsável."

De acordo com Almeida (2020), "a microbiologia do solo desempenha um papel

fundamental na melhoria da disponibilidade de fósforo para as plantas, principalmente em solos com deficiência desse nutriente. Microrganismos como bactérias e fungos micorrízicos têm a capacidade de solubilizar o fósforo presente em formas pouco acessíveis às plantas, como fosfatos insolúveis, transformando-o em compostos solúveis que podem ser absorvidos pelas raízes. Essa interação simbiótica reduz a necessidade de fertilizantes à base de fósforo, contribuindo para a diminuição dos custos com insumos e promovendo uma agricultura mais sustentável. A utilização de biofertilizantes e a promoção da atividade microbiológica no solo podem, assim, ser alternativas viáveis para otimizar o fornecimento de fósforo (P), reduzindo a dependência de fertilizantes sintéticos e minimizando os impactos ambientais."

A inoculação de sementes e a inoculação entre linhas têm sido amplamente estudadas e aplicadas na agricultura, especialmente para culturas como a soja, que já possui uma excelente associação com microrganismos, como as bactérias do gênero *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. Essas bactérias, responsáveis pela fixação biológica de nitrogênio, são amplamente utilizadas na soja para melhorar a disponibilidade de nitrogênio, um dos nutrientes essenciais para o crescimento da planta, reduzindo a necessidade de fertilizantes nitrogenados sintéticos (Silva, 2022).

Contudo, a microbiologia do solo oferece um vasto potencial além dessas associações tradicionais. Organismos como o Bacillus e outros microrganismos benéficos, como Pseudomonas e Trichoderma, têm sido cada vez mais explorados por suas propriedades de promoção do crescimento vegetal e controle biológico de patógenos. Esses microrganismos não só ajudam a melhorar a qualidade do solo, promovendo maior disponibilidade de nutrientes como fósforo e potássio, mas também podem aumentar a resistência das plantas a estresses bióticos e abióticos, promovendo um ambiente mais saudável e eficiente para o crescimento das culturas (Lima *et al.,* 2023). Com isso, além de reduzir os custos com fertilizantes e defensivos, o uso dessas tecnologias pode contribuir para sistemas de produção mais sustentáveis e rentáveis.

Os microrganismos têm um papel essencial na cultura da soja, com destaque para *Bradyrhizobium, Azospirillum* e *Trichoderma*, que são amplamente utilizados devido aos seus benefícios diretos para a planta. No entanto, novos avanços estão sendo estudados tanto no mercado quanto no campo, com destaque para bactérias como *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis*, que têm mostrado grande potencial. Esses microrganismos, já desenvolvidos e disponíveis comercialmente, se destacam por sua eficácia comprovada em melhorar a rizosfera do solo, promovendo uma maior aeração e favorecendo a saúde do solo e o crescimento das plantas (Silva *et al.,* 2014; Santos *et al*., 2017).

A microbiologia do solo oferece diversos benefícios para a agricultura, principalmente no que tange à melhoria da fertilidade e à sustentabilidade dos sistemas de cultivo. De acordo com Souza (2019), "os microrganismos do solo, como bactérias, fungos, actinobactérias e arqueias, desempenham papéis essenciais no ciclo de nutrientes, promovendo a mineralização de matéria orgânica e a disponibilização de nutrientes essenciais para as plantas, como nitrogênio, fósforo e enxofre. Além disso, muitos desses microrganismos são responsáveis pela promoção do crescimento vegetal, seja por meio da produção de hormônios, seja pela solubilização de minerais pouco disponíveis. A atividade microbiológica também contribui para o controle biológico de patógenos, reduzindo a necessidade de produtos químicos. Dessa forma, a microbiologia do solo não apenas melhora a eficiência dos sistemas agrícolas, mas também promove práticas mais sustentáveis e menos dependentes de insumos externos."

A soja, por ser uma cultura amplamente estudada e de grande importância econômica, já demonstrou uma excelente aderência ao uso de insumos biológicos, como a inoculação de microrganismos. De acordo com Silva (2021), "esses insumos, particularmente as bactérias fixadoras de nitrogênio, como *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*, são aplicados com sucesso na soja, potencializando o crescimento das plantas e reduzindo a dependência de fertilizantes nitrogenados." Além disso, novas abordagens, como o uso de microrganismos do gênero Bacillus, estão ganhando destaque, pois esses organismos não apenas promovem a solubilização de nutrientes e melhoram a resistência a patógenos, mas também ajudam a otimizar a absorção de outros nutrientes essenciais, como fósforo e potássio.

Como afirma Lima et al. (2022), "esses microrganismos benéficos têm o potencial de aumentar a disponibilidade de nutrientes e promover a saúde do solo, resultando em uma maior produtividade das culturas." Esses avanços na microbiologia do solo podem resultar em um aumento significativo na produtividade e na sustentabilidade dos sistemas agrícolas. No entanto, para que esses insumos biológicos sejam eficazes em uma região específica, como Ponta Grossa, é fundamental realizar testes exaustivos que avaliem o desempenho dos microrganismos nesse contexto regional, levando em consideração as particularidades do solo e do clima. Como ressalta Pereira (2020), "a realização de testes locais é essencial para fornecer informações precisas sobre a adaptação e eficácia dos microrganismos no aumento da produtividade agrícola." Dessa forma, o produtor rural pode ser adequadamente orientado sobre as melhores práticas para maximizar os benefícios da inoculação biológica, garantindo maior eficiência no uso dos insumos e um crescimento mais saudável das plantas.

Em Ponta Grossa a grande diversidade ambiental de solos e microambientes isto associados a um com altitudes consideráveis e temperatura amena, promovendo melhor qualidade do sistema e superação de deficiências de fósforo (P) ou mesmo redução dos níveis de adubação fosfatada neste sistema de produção exigente da soja. Podendo assim com resultados colhidos gerar uma economia em mais um nutriente na cultura da soja, assim germinado informações e conhecimento para munir os produtores da melhor forma e dosagem eficaz que influencia diretamente na redução da adubação fosfatada na soja com ajuda de inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo (P).

2 Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Escola do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE, situado na BR 376, km 503 Distrito Industrial – Ponta Grossa – PR, cujas coordenadas geográficas são de Latitude 25° 10’39.2” S e Longitude 50°06’53.1” W, com uma altitude aproximada de 819m e com solo classificado em Latossolo Vermelho distrófico típico. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb, subtropical úmido, apresentando conforme IAPAR, temperatura média anual de aproximadamente 18°C e precipitação média a anual de aproximadamente 1550 mm.

A cultivar implantada foi a soja 56I59RSF I PRO, peneira 6.5 tratada com Standak Top (Piraclostrobina, Tiofanato Metílico e Fipronil), cromo, boro, molibdênio, polímero, pó secante e grafite. O plantio foi realizado no dia 09/12/2023, data a qual é encaixa dentro do tempo ideal para o cultivo de soja na região dos campos gerais, no Paraná.

Antes da implantação do trabalho, foi realizada a dessecação pré-plantio, 7 dias antes a implantação, para respeitar o residual dos produtos utilizados. Na dessecação foi aplicado (DICLOSULAM + HALAUXIFENO-METÍLICO), (Glifosato com Sal de Potassio + Sal de Isoporpilamina) e, (Cletodin). Esta sequência de herbicidas foi essencial, pois a área apresentava azevém (*Lolium multiflorum*). capim colchão (*Digitaria horizontalis*), buva (*Conyza* spp.) e nabo (*Raphanus sativus L*).

O experimento foi conduzido em blocos casualizados com 4 repetições, 40 parcelas, de 5x4 metros, gerando 10 tratamentos, tendo como base o tratamento principal com ou sem inoculante a base de *Bacilus megatherium* e *Bacilus subtilis*, sendo utilizado produto comercial registrado na dose recomendada pelo fabricante. Na Tabela 1, apresenta-se a disposição do experimento no campo.

Tabela 1 - Croqui da disposição do experimento no campo.

Bloco 1		**Bloco 2**		**Bloco 3**		**Bloco 4**	
T3	S2	T1	S3	S5	T4	T2	S5
T1	S4	T5	S5	S2	T1	T5	S4
T5	S1	T4	S2	S1	T3	T3	S2
T2	S5	T3	S4	S3	T2	T1	S1
T4	S3	T2	S1	S4	T5	T3	S3

Legenda: S1 – Parcela sem inoculante e com dosagem de fosforo igual a 0%. S2 – Parcela sem inoculante e com dosagem de fosforo igual a 50%. S3 - Parcela sem inoculante e com dosagem de fosforo igual a 100%. S4 Parcela sem inoculante e com dosagem de fosforo igual a 150%. S5 Parcela sem inoculante e com dosagem de fosforo igual a 200%. T1 - Parcela com inoculante e com dosagem de fosforo igual a 0%. T2 - Parcela com inoculante e com dosagem de fosforo igual a 50%. T3 - Parcela com inoculante e com dosagem de fosforo igual a 100%. T4 - Parcela com inoculante e com dosagem de fosforo igual a 150%. T5 - Parcela com inoculante e com dosagem de fosforo igual a 200%.
Fonte: Elaborada pelos autores**.**

A dosagem de fósforo equivalente a 100% refere-se à quantidade ideal desse nutriente que o solo necessita para garantir um crescimento saudável das plantas. Essa quantidade é determinada a partir da análise do solo, que avalia seus níveis de fósforo disponível e suas características de capacidade de retenção. O valor de 100% representa a necessidade do solo em termos de fertilização, de forma a atender ao máximo de demanda das plantas, sem excesso que poderia gerar desperdício ou impactos ambientais. Para garantir uma produção eficiente e sustentável, é essencial aplicar a dose recomendada, ajustada conforme as variáveis específicas de cada área agrícola. A análise de solo, portanto, se torna uma ferramenta crucial para o manejo adequado da fertilização fosfatada, evitando tanto a deficiência quanto a toxicidade do fósforo (Costa *et al.,* 2019; Moreira *et al.,* 2021).

Dentro destes tratamentos principais, temos as doses de fósforo (P) distribuídas como subparcelas (parcela subdividida), tendo as seguintes subdivisões: com inoculante e com variadas doses de P e sem inoculante e com variadas doses de P. A Tabela 2 mostra o resultado da análise de solo realizada para dar início ao experimento.

Tabela 2 - Análise de solo da área do experimento antes da sua realização.

Nutriente	Quantidade	Unidade de Medida
Cálcio (Ca)	35,90	cmol/dm³
Magnésio (Mg)	16,30	cmol/dm³
Potássio (K)	2,26	cmol/dm³
Fósforo Mehilch	1,30	mg/dm³
CTC (pH 7,0)	104,99	cmol/dm³
pH em CaCl	5,20	Índice
Acidez Potencial (H+Al)	50,53	cmol/dm³

***V%=51,87**

Fonte: Laboratório Interpartner (2023).

A cultivar foi semeada de forma mecânica, semeadora de 5 linhas e trator, na implantação do experimento obtivemos 14 sementes por metro no espaçamento de 0,45 cm entre linhas, sendo que cada bloco contou com 10 linhas do cultivo. Na implantação das parcelas foi definido que primeiramente seria implantado a cultivar sem o tratamento biológico com inoculante, para que não haja nenhuma discrepância nos tratamentos realizados, após a implantação das parcelas sem inoculante, foi realizado a limpeza do sistema de sementes.

Toda a parte referente a adubação foi balanceada a partir da análise de solo da área. A adubação de base foi derivada de fonte e K, sendo que o material utilizado foi o KCL, dose relativa da adubação da área pela análise de solo. Sobre adubação fosfatada, o P foi lançado na parcela com aplicação de forma manual, parcela por parcela, com as doses necessárias para as correções nas percentagens definidas, para termos o controle da melhor forma, já que ele e um dos parâmetros do experimento.

Antes da distribuição do P, foi realizada a separação de cada tratamento, com bandeiras, linhas e estacas. Houve bordadura de 1 metro em cada subparcela. Tendo como área útil cada subparcela uma área de 3x4m. Sua distribuição também balizada pela análise de solo, a qual em cada tratamento dentro das doses de 0%, 50%, 100%, 150% e 200% obtiveram-se um peso correto para a distribuição do P na parcela.

Tabela 3 - Dosagens de fósforo.

Tratamentos	Doses de fósforo (%)	Peso (Kg)
T1	0%	0,000
T2	50%	0,670
T3	100%	1,350
T4	150%	2,000

T5	200%	2,670

Fonte: Elaboração dos autores.

Os fungicidas utilizados na 1° aplicação foram o (Epoxiconazol + Fluxapiroxade + Piraclostrobina) + Clorotalonil. Para o controle de Oidium (*Erysiphe diffusa*). Na 2° aplicação foi utilizado (tebuconazol + Imperfluaxan) + Clorotalonil, para o controle preventivo da Ferrugem Asiática (*Phakopsora pachyrhizi)*. Na 3° aplicação foi utilizado (Picoxistrobina + Ciproconazol) + Cloratalonil, para auxiliar no final de ciclo contra Ferrugem Asiatica (*Phakopsora pachyrhizi*) e demais manchas. Em relação a controle de insetos foram aplicadas juntamente com os fungicidas o inseticida (Acetamiprido + Bifentrina).

Ao decorrer do ciclo, foram avaliadas as métricas de desempenho, como número de folhas por pé, que foi contado durante o ciclo da cultura, número de vagens e altura de plantas por parcelas.

A metodologia para medir o número de folhas por pé de soja foi avaliar o desenvolvimento vegetativo no estágio R1 na floração plena, sendo selecionadas amostras representativas da lavoura. A contagem das folhas considerou apenas as totalmente desenvolvidas, com trifólios completamente abertos. Os dados coletados foram registrados e analisados para calcular a média de folhas por planta e, se necessário, realizar comparações estatísticas.

A avaliação do número de vagens por pé de soja foi realizada durante o estágio reprodutivo da planta, R6 (enchimento das vagens). A metodologia envolveu a seleção de plantas representativas da área de cultivo, preferencialmente em amostras aleatórias dentro dos talhões. O processo incluiu a identificação das plantas, a contagem manual das vagens em cada planta e o registro dos dados, a contagem foi feita em múltiplos pontos da área de cultivo. Essa abordagem foi útil para ajudar o monitoramento do potencial produtivo da cultura e identificar fatores limitantes.

A metodologia para avaliar a altura de plantas de soja envolveu medições realizadas em diferentes estágios do ciclo da cultura, a partir do estágio vegetativo V4 até o reprodutivo R8. Garantindo representatividade, as plantas foram selecionadas aleatoriamente dentro de uma área delimitada do talhão, evitando bordas. A altura foi medida da superfície do solo até o ponto mais alto da planta. As medições foram realizadas em um número definido de plantas por parcela (geralmente entre 5 e 10). Um artigo relevante sobre a metodologia de avaliação da altura de plantas em soja é o trabalho de Ferreira Júnior et al. (2014), que investigou a influência da correção do solo e da sobressemeadura de forrageiras na altura das plantas de soja. Nesse estudo, os autores realizaram medições no estágio R8 (maturidade plena da planta), utilizando um delineamento experimental de blocos casualizados com repetições. A análise estatística incluiu ANOVA e o teste de Tukey para comparar médias, destacando que fatores como correção do solo que influencia significativamente o desenvolvimento das plantas, refletido na altura média alcançada por elas.

. A colheita foi realizada de forma manual respeitando o espaçamento das parcelas, também para ter um controle de forma mais eficaz. Antes da colheita foi realizado o arranque de plantas deixando a área da parcela que era 5x4 para 3x2, assim fazendo com que padronize de melhor forma as parcelas e diminua de forma significante a interferência das outras parcelas dentro da parcela analisada.

A trilhagem da soja foi realizada de forma manual, a qual após o processo estava com 20% de umidade. O desconto de umidade para soja é realizado para compensar a perda de peso causada pela redução do teor de água durante a secagem. O cálculo geralmente é feito utilizando tabelas específicas de desconto de umidade. Essas tabelas indicam o percentual de desconto com base na umidade inicial e final do grão

(Agais, 2019).

Os dados obtidos do trabalho foram submetidos a análise de variância para blocos casualizados em parcelas subdivididas (ANOVA), através do programa estatístico Agrostat. Nos casos em que os dados apresentem diferenças significativas, nos mesmos teremos aplicação dos testes de regressão para os dados quantitativos e teste de Tukey a 5% para os dados qualitativos, além de observada existência de interação entre os dados. Após analises os dados foram discutidos e demonstrados para a verificação dos comportamentos e gráficos e tabelas foram criados para tal.

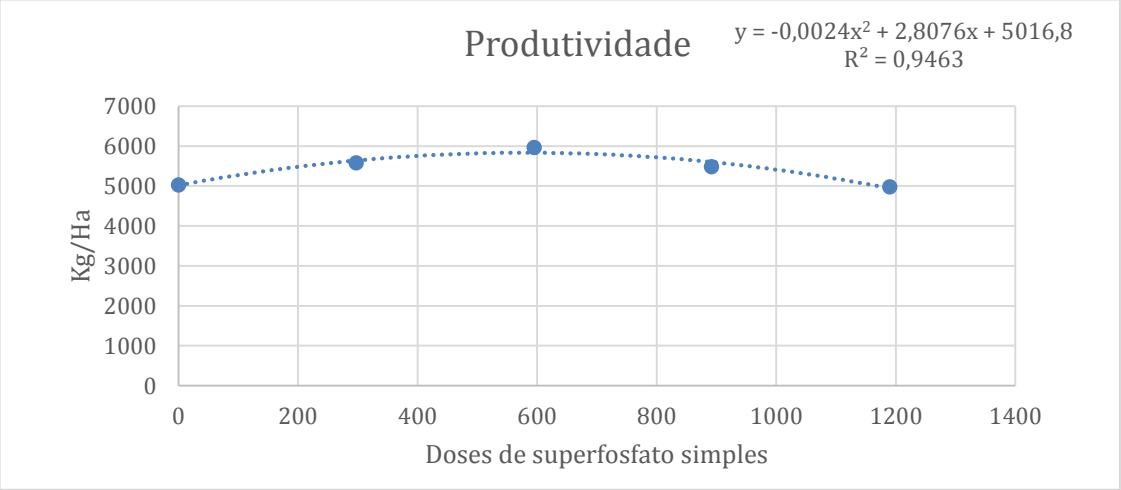
3 Resultados e discussão

De acordo com os resultados obtidos, não houve diferença significativa a 5% para os seguintes fatores: número de vagens por planta, número de grãos por vagens e peso de mil grãos. O trabalho de Flores *et al.* (2014) avaliou a resposta da soja a diferentes doses de fósforo aplicadas ao solo e observou que, para as variáveis como número de sementes por vagem e massa de mil sementes, não houve diferenças significativas entre os tratamentos.

O trabalho de Gonçalves *et al*. (2016) avaliou diferentes doses de fósforo aplicadas no cultivo de soja em Sinop, Mato Grosso, e concluiu que variáveis como o número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Esses resultados reforçam a importância de ajustes criteriosos no manejo de fósforo no solo para otimizar os benefícios sem excessos. Os autores destacam que essas características da planta se mostraram estáveis, independentemente doses de fósforo testadas. Isso sugere que, em determinadas condições, a adubação fosfatada pode não ter impacto nas variáveis relacionadas ao rendimento da soja.

Contudo, as análises estatísticas demonstraram que houve diferenças significativas em outros dados do experimento. Houve efeito apenas das doses de P na produtividade, conforme demonstrado no gráfico 1, onde as doses de P independente da inoculação ou não promoveram efeito sobre a cultura. Por fim, houve também diferença significativa com relação à altura de plantas, onde tivemos interação entre doses e inoculantes promovendo efeito sobre o dado.

Gráfico 1 - Produtividade em relação a doses de Superfosfato simples



Fonte: Elaborada pelos autores.

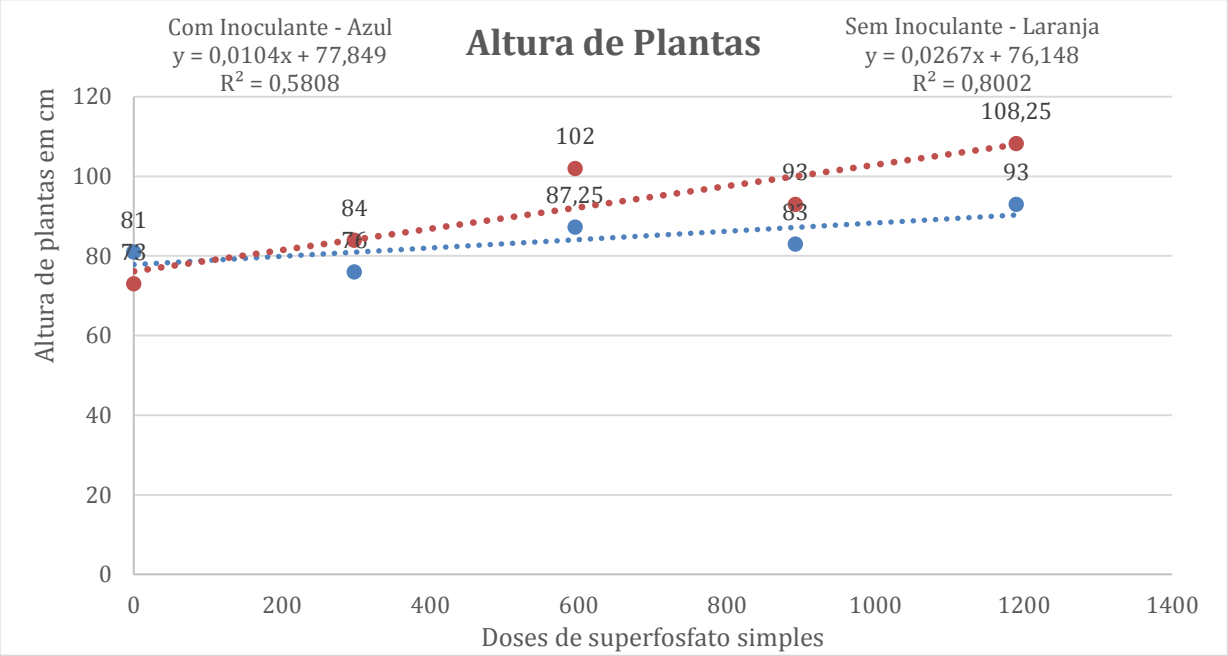
A dose de P que se demonstrou mais representativa para produtividade foi a de

100%, a qual se equivale a correção do fosforo no solo. "A aplicação de 100% da dose de fósforo no sulco de plantio e a lanço foi avaliada na cultura da soja, demonstrando que a distribuição a lanço apresentou os melhores resultados em produtividade de grãos. Esse manejo destacou-se como eficiente em comparação com outras formas de aplicação, evidenciando a importância do planejamento na adubação fosfatada para maximizar os rendimentos" (TEIXEIRA et al., 2013). "A aplicação de 100% da dose de fósforo demonstrou ser a mais eficiente na produtividade da soja em diferentes formas de aplicação, conforme evidenciado por estudos realizados em solos de textura média e baixa disponibilidade de fósforo. Essa abordagem garantiu a máxima absorção e otimização do nutriente no desenvolvimento da cultura" (Silva *et al.,* 2009).

Obteve-se em média geral de número de vagens o valor de 42, a qual se deve a diversos fatores, este número se deve também ao P no solo. O estudo de Serafim et al. (2012) avaliou os efeitos da adubação com fósforo e potássio na soja e constatou que a adubação com fósforo aumentou significativamente o número de vagens por planta, refletindo na melhoria do rendimento da cultura. Este estudo reforça a importância da nutrição adequada para otimizar a produção da soja, destacando o papel fundamental do fósforo no desenvolvimento das vagens.

O fósforo no solo desempenha um papel crucial no desenvolvimento da soja, afetando diretamente a formação de vagens e, consequentemente, a produtividade da cultura. Estudos apontam que a aplicação de fósforo no solo, seja por meio de adubação de base ou via fertilização foliar, pode aumentar o número de vagens por planta, resultando em maiores rendimentos. No entanto, a resposta à adubação varia de acordo com a dose de fósforo aplicada e as condições do solo. Por exemplo, doses excessivas de fósforo podem reduzir a eficiência da fertilização e afetar negativamente a disponibilidade do nutriente no solo, conforme demonstrado em diversos estudos (SILVA et al., 2019; MALAVOLTA, 1989).

Gráfico 2 – Altura de plantas



Fonte: Elaborada pelos autores.

A avaliação dos desdobramentos foi de interação significativa entre tratamentos e doses de P com inoculante e sem inoculante. No gráfico observa-se a linearidade, que com a maior dose de P e sem inoculante performou melhor, assim a melhor dose de P para altura de Plantas e de 200%, isso sugere que, em condições específicas, a aplicação de doses mais altas de P pode favorecer o crescimento das plantas, independentemente do uso do inoculante. O estudo de Kaneko et al. (2020) avaliou os efeitos das doses de fósforo (P_2O_5) na produtividade de soja. Os resultados indicaram que a aplicação de fósforo aumentou linearmente a produtividade de grãos, proporcionando a maior produtividade e eficiência agronômica, além de impactar positivamente na altura das plantas. O trabalho também comparou diferentes fontes de fósforo, evidenciando que todas as fontes testadas apresentaram resultados superiores ao tratamento controle, sem diferenças significativas entre elas.

Pesquisas indicam que o fósforo é um nutriente essencial para o desenvolvimento das plantas, influenciando a formação de raízes e o crescimento vegetativo. A interação com inoculantes, como microrganismos benéficos, pode modificar a resposta das plantas ao P, mas neste caso, a maior dose de P sem inoculante demonstrou ser a mais eficiente em termos de altura das plantas. Estudos semelhantes confirmam a importância do fósforo no aumento do crescimento vegetal e da produtividade, como destacado por Lima et al. (2017) e Silva et al. (2019), que observam variações significativas no crescimento das plantas em função de diferentes níveis de adubação fosfatada.

Tabela 4 - Altura de plantas

Tratamento	T1 0%	T2 50%	T3 100%	T4 150%	T5 200%
Com Inoculante	73 b	84 b	102 a	93 a	93 b
Sem Inoculante	81 a	76 a	87,25 b	83 b	108,25 a

Obs: Letras minúsculas indicam resultado de dados qualitativos por TUKEY a 5% dentro dos itens na mesma coluna.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Na Tabela 4, que trata sobre a altura das plantas, observa-se que a aplicação de *Bacillus subtilis e Bacillus megaterium* como inoculantes resultou em uma altura inferior quando comparado ao tratamento sem inoculante, o que segue a mesma linearidade do gráfico 2. Entretanto, tivemos a maior interação dos tratamentos sem o inoculante com a dose de 200%. Em estudos sobre o uso de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* na soja, Schwaab e Aguiar (2020) observaram que a inoculação com essas bactérias não teve impacto significativo nos componentes de rendimento, como altura das plantas ou número de vagens. Isso está alinhado com a sua observação, em que a combinação de doses de fósforo mais altas e a inoculação não resultaram em melhoria significativa, o que pode ser influenciado por fatores abióticos, como as condições do solo e o ambiente.

Anda, na Tabela 4, é apresenta a altura das plantas de soja em função das doses de P e do uso de inoculante, evidenciando o aumento na altura das plantas em tratamento sem inoculante e maior dose de P (200%). O tratamento com 200% de P e sem inoculante obteve a maior altura (108,25 cm), sugerindo que a aplicação mais alta de fósforo, sem o inoculante, favoreceu o crescimento das plantas. Este dado é

consistente com outros estudos, como o de Pereira et al. (2019), que demonstraram que doses elevadas de P podem melhorar o crescimento das plantas, especialmente em solos com deficiências desse nutriente.

Por outro lado, o tratamento com inoculante, embora tenha apresentado um aumento na altura das plantas, não superou o tratamento sem inoculante em doses mais altas de fósforo, o que nos mostra que, em algumas condições, a adubação fosfatada seja mais eficaz para o crescimento vegetativo da soja, principalmente em solos com níveis adequados de fósforo. Contudo a interação entre as doses de P e o uso de inoculantes revela uma compreensão fundamental dos efeitos nutricionais e biológicos sobre o crescimento da soja. A observação de que a maior dose de P (200%) sem inoculante resultou em maior altura das plantas sugere que, sob determinadas condições, a adubação fosfatada pode ser o fator limitante para o crescimento, sem necessidade de microrganismos adicionais.

No entanto, a ausência de inoculantes não significa que eles não possam desempenhar um papel importante em outras variáveis, como a fixação biológica de nitrogênio, resistência a patógenos, desenvolvimento radicular e redução de estresses. Isso é sustentado por Lima *et al.* (2018), que observaram que o uso de inoculantes pode ter um impacto maior em outros aspectos da produtividade, mas não necessariamente no crescimento das plantas quando o fósforo já está disponível em quantidades suficientes no solo. Em estudos sobre o efeito de fósforo na soja, outros pesquisadores, como Souza *et al*. (2020), observaram que a combinação de inoculantes e fósforo pode resultar em melhores respostas, dependendo da interação com as características específicas do solo e o estado nutricional das plantas.

4 Conclusão

No presente trabalho conclui-se que a melhor dose P foi a de 100% para produtividade a qual foi de 115 Sc/há, assim não havendo diferenças significativas entre número de vagens e doses de P, número de grãos por vagens e peso de mil grãos. Houve apenas interação entre doses de P e inoculante com relação ao dado de altura de plantas. Entretanto, sem inoculante, promoveu uma melhor altura de plantas. Assim se observa a necessidade de mais trabalhos voltados a interação entre bacilos e doses de fosforo em nossa região para verificação em mais épocas do ano e sistemas de produção.

Agradecimentos

Agradecemos primeiramente a Deus, por estar sempre conosco e não nos deixar desanimar nesta caminhada e sempre superar as dificuldades que encontramos pelo caminho, também agradecemos a saúde e dedicação para chegar aonde hoje estamos. Nosso sincero agradecimento ao Profº Dr. Andre. L. O. Francisco pela valiosa orientação, paciência, dedicação e ensinamentos ao longo do desenvolvimento deste trabalho, em nome do qual agradecemos a todos os professores da faculdade por todo o ensinamento e dedicação para nos tornarmos ótimos profissionais da área.

Eu, Diogo Becker, agradeço aos meus pais, Vanderlei e Rosicléia Becker pela educação e pela sabedoria com que me prepararam para essa jornada da vida, agradeço a minha esposa Fernanda, por me incentivar nos momentos difíceis e compreender a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização desse trabalho, ao meu filho, Kevin, cujo sorriso, alegria e abraços me motivaram a não

desistir nos momentos difíceis.

Eu, Tiago Moretto, agradeço aos meus pais, Hilda e Alexander, pelo apoio constante e pelos valores que me transmitiram ao longo da vida, vocês foram minha base em todos os momentos desta jornada acadêmica, à minha namorada, Thalia, por estar ao meu lado com carinho, paciência e incentivo, sua presença tornou os desafios e as conquistas ainda mais significativas.

Eu, Tiago Pontarolli, agradeço aos meus pais, Carla Pontarolli e Tiago Pontarolli, que sempre me apoiaram com amor e sacrificaram tanto para que eu tivesse a oportunidade de estudar e conquistar meus objetivos, sou eternamente grato por sua confiança, paciência e por sempre acreditarem em mim, mesmo nos momentos mais difíceis, à minha namorada Lorena Hertel, que sempre de alguma forma me apoia e me incentiva a ser uma pessoa melhor, pessoal e profissional e por sempre estar ao meu lado em todos os momentos, aos meus amigos e colegas de TCC, Tiago Alessandro Moretto e Diogo Becker, pela união no projeto e por compartilhar o conhecimento e a troca de ideias, sempre contribuindo para o crescimento de todos.

Por fim, agradecemos a todos que, de alguma forma, colaboraram com o sucesso deste trabalho, seja por meio de incentivo, colaboração direta ou por sua presença ao longo dessa trajetória.

Referências

AGAIS – ARMAZENAGEM DE GRÃOS. ***Dedução da equação de quebra de umidade em grãos*.** Viçosa, MG: AGAIS, 2015.

AGUIAR, M. L. et al. *Efeitos dos inoculantes microbianos no aumento da disponibilidade de fósforo em solos de Cerrado*. **Agrociência**, v. 26, n. 5, p. 1023-1032, 2020.

ALMEIDA, Ricardo. O papel da microbiologia na eficiência do uso de fósforo no solo. Rio de Janeiro: **Editora Ciências do Solo,** 2020.

ANEKO, F. H.; RINZO, R. T.; OLIVEIRA, B. L. Doses e fontes de fósforo na cultura da soja. **Revista Cultura Agronômica**, v. 29, n. 4, p. 400-411, 2020.

ANTUNES, Anne Carolyni Lippi; NAZARÉ, Tiago Bittencourt; BORGES, Cássio dos Santos; LIPPI, Raphael. **A logística de transporte da soja no Brasil: comparação entre os modais e a atual situação do país.** Cataguases: Faculdades Integradas de Cataguases (FIC-UNIS), 2015.

BARCELLOS, T. **Como o inoculante BiomaPhos contribui para o aumento da produtividade**. 22 de outubro de 2021. Disponível em: https://blog.aegro.com.br/biomaphos. Acesso em: 26 outubro 2024.

CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesq. agropec. Bras. Brasília**, v.39, n.12, p.1231-1237, dez. 2004.

COSTA, J. L. **Manejo de solos e fertilização fosfatada**. São Paulo: Editora Agro, 2019.

FAGERIA, N. K., & Baligar, V. C. (2003). **Fósforo na agricultura brasileira.** Embrapa.

FERREIRA JÚNIOR, R. M. **Influência da correção do solo e da sobressemeadura de forrageiras na altura de plantas de soja.** Embrapa, 2014

FIGUEIREDO, MVB; MARTINS, CM; FERNANDES JÚNIOR, PI; RIBEIRO, VP; GONÇALVES, MC; GOMES, EA; MENDES, IC Bacilos e microrganismos benéficos na agricultura: **Perspectivas para a soja. Ciência Rural,** v. 5, pág. 883-890, 2012.

FLORES, A. F.; LIMA, L. O.; SILVA, M. M. Avaliação de componentes de produção da soja sob diferentes doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Londrina, v. 38, n. 5, p. 1371-1380, 2014.

GATIBONI, L. C.; **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

GIOVELLI, J.; TABALDI, L. A. Níveis de Fósforo e Inoculação de Sementes por Bacillus megaterium (CNPMS B119) e Bacillus subtilis (CNPMS B2084) no Crescimento e Desenvolvimento de Plantas de Soja. **Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, [S. l.], v. 26, n. 4, p. 451–458, 2023.

GONÇALVES, R. Efeito de doses de fósforo na produtividade de soja em solos argilosos. **Anais da Agronomia Moderna,** Sinop, 2016.

LIMA, Ricardo; PEREIRA, Marcos. **Avanços na microbiologia do solo: novas possibilidades para a agricultura sustentável**. Curitiba: Editora Ciências Agrárias**,** 2023.

PANTANO, G.; Grosseli, G. M.; Mozeto, A. A.; Fadini, P. S. Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar. Química Nova. São Carlos, SP, v. 39, p. 732-740, 2016. Mendes, I. C.; Junior, F. B. R. **Microrganismos e disponibilidade de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica.**: Embrapa Cerrados. Planaltina, DF, p. 9-26, 2003.

PAVINATO, PS Fixação de fósforo no solo e sua relação com o uso de fertilizantes e microrganismos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 6, pág. 1821-1832, 2012.

PEREIRA, Marcos. Inoculação de microrganismos em soja: desafios e perspectivas. Londrina: Editora Agrociência, 2020.

RIBEIRO, J. S. O uso de microrganismos na solubilização de fósforo para melhorar a produtividade da soja. **Ciência Agronômica**, v. 52, n. 2, p. 345-355, 2021.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 38, p. 576-586, 2008.

SANTOS, M. F., (2013). Uso de microrganismos na solubilização de fósforo em solos

tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 48(4), 428-436.

SANTOS, M. F., (2017). Microrganismos do solo e suas aplicações na agricultura sustentável. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 52(3), 250-259

SCHUMACHER, M. V.; CECONI, D. E.; SANTANA, C. A. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de plantas de Peltophorum dubium (Sprengel) Taubert. **Pesquisa Florestal Brasileira.** Colombo, n. 47, p. 99–114, 2003.

SCHWAAB, S.; AGUIAR, GR Efeitos da inoculação de Bacillus subtilis e *Bacillus megaterBacillus megaterium no desempenho da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 6.

SERAFIM, R. S.; SANTOS, J. L.; SILVA, A. C. Efeito da adubação fosfatada e potássica na produtividade e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1851-1858, 2012

SILVA, AC da; LIMA, EPC de; BATISTA, Henrique Rogê. A importância da soja para o agronegócio brasileiro: uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação**. V Encontro de Economia Catarinense**, 2011.

SILVA, Ana Clara da. **Fontes de fósforo na nutrição e na produtividade da cultura da soja**. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Agronômica) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2022.

SILVA, F. N.., Resposta da soja à adubação fosfatada em solos de diferentes texturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1220-1227, 2009.

SILVA, Felipe. **Soja: do plantio à colheita**. Oficina de Textos, 2022.

SILVA, João. A fixação biológica de nitrogênio na soja e o papel das bactérias benéficas. São Paulo: **Editora Agropecuária**, 2022.

SILVA, João. **Desafios no manejo de fósforo em solos agrícolas**. São Paulo: Editora Agropecuária, 2021.

SILVA, M. R., (2014). Efeito de microrganismos na rizosfera da soja e suas implicações para a produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 38(6), 1705-1713.

SOUZA, F. P. Efeito de doses de fósforo e inoculante sobre o crescimento e produtividade da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 44, n. 3, p. 101-110, 2020

SOUZA, J. A. *Microrganismos solubilizadores de fosfato e a absorção de fósforo pela soja*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v. 42, n. 3, p. 745-758, 2018.

SOUZA, Marcos. Benefícios da microbiologia do solo para a agricultura sustentável. Campinas: **Editora Ciências Agrária**s, 2019.

TEIXEIRA, R. F.; SILVA, M. A.; MOREIRA, L. G.
Formas de aplicação da adubação fosfatada na cultura da soja em sistema de semeadura direta. **Revista de Ciências Agro-Ambientais,** Alta Floresta-MT, v. 11, n. 1, p. 9-15, 2013

VALLE, S. F.; Giroto, A. S.; Guimarães, G. G. F.; Nagel, K. A.; Galinski, A.; Cohnen, J.; Jablonowski, N. D.; Ribeiro, C. Co-fertilização de enxofre e estruvita-fósforo em fertilizante de liberação lenta melhora o cultivo de soja. **Front Plant Sci.** 10 de maio de 2022.