

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E  
TECNOLOGICA  
INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ**

**DANIELLY DA SILVA**

**SUPERFOSFATO TRIPLO NA EFICIÊNCIA DE USO DE  
FÓSFORO E DESENVOLVIMENTO RADICULAR EM  
GENÓTIPOS DE SOJA**

**URUTAÍ - GOIÁS  
2025**

DANIELLY DA SILVA

**SUPERFOSFATO TRIPLO NA EFICIÊNCIA DE USO DE  
FÓSFORO E DESENVOLVIMENTO RADICULAR EM  
GENÓTIPOS DE SOJA**

Trabalho de Curso apresentado ao IF Goiano  
Campus Urutaí como parte das exigências do  
Curso de Graduação em Agronomia para  
obtenção do título de Bacharel em  
Agronomia.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr. Alexandre Igor de  
Azevedo Pereira.

URUTAÍ - GOIÁS  
2025

DANIELLY DA SILVA

**SUPERFOSFATO TRIPLO NA EFICIÊNCIA DE USO DE  
FÓSFORO E DESENVOLVIMENTO RADICULAR EM  
GENÓTIPOS DE SOJA**

Monografia apresentada ao IF Goiano Campus Urutaí como parte das exigências do Curso de Graduação em Agronomia para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovada em 27 de dezembro de 2024



**Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira**  
(Orientador e Presidente da Banca Examinadora)  
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí.



**Prof. Dr. Carmen Rosa da Silva Curvêlo**  
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí



**Dr. Lucas Adjunto Ulhoa**  
**Bolsista Pós-Doutorado do Centro de Excelência em Bioinsumos**  
Unidade de Referência em Bioinsumos  
URB Controle Biológico de Pragas  
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí

URUTAÍ - GOIÁS  
2025

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) – Instituto Federal Goiano**

S586s

Silva, Danielly da.

Superfosfato triplo na eficiência de uso de fósforo e desenvolvimento radicular em genótipos de soja [manuscrito] / Danielly da Silva. – Urutaí, GO: IF Goiano, 2025.

23 fls. : il., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2025.

1. Correlações. 2. Fosfatagem. 3. Fósforo. 4. Rendimento. 5. *Glycine max (L.)*. I. Pereira, Alexandre Igor Azevedo. II. Título. III. Instituto Federal Goiano.

CDU 633.34:661.15'2

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

### IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado)            | <input type="checkbox"/> Artigo científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado)      | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação)  | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Danielly da Silva

Matrícula:

2018101200240160

Título do trabalho:

Superfósforo tripla na eficiência de uso de fósforo e desenvolvimento radicular em genótipos de soja

### RESTRICÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 03 /02 /2025 |

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

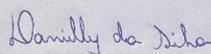
- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Urutaí, Goiás, Brasil

Local

29 /01 /2025

Data



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

  
Assinatura do(a) orientador(a)

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO**

Campus Urutaí - Código INEP: 52063909

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2.5, CEP 75790-000, Urutaí (GO)

CNPJ: 10.651.417/0002-59 - Telefone: (64) 3465-1900

**ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulada **Superfosfato triplo na eficiência de uso de fósforo e desenvolvimento radicular em genótipos de soja**, sob orientação de Alexandre Igor de Azevedo Pereira, apresentada pela aluna **Danielly da Silva (2018101200240160)** do Curso **Bacharelado em Agronomia (Campus Urutaí)**. Os trabalhos foram iniciados às **8:00 hs da manhã** pelo Professor presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- **Alexandre Igor de Azevedo Pereira** (Orientador)
- **Carmen Rosa da Silva Curvelo** (Examinadora Interna)
- **Lucas Adjuto Ulhoa** (Examinador Externo)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo do Trabalho de Conclusão de Curso, passou à arguição da candidata. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo aluno, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

[ x ] Aprovado

[ ] Reprovado

Nota (quando exigido): 9,0

**Observação / Apreciações:**

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu **Alexandre Igor de Azevedo Pereira** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

URUTAÍ / GO, 27/12/2024

Lucas Adjuto Ulhoa

Carmen Rosa da Silva Curvelo

  
Alexandre Igor de Azevedo Pereira

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus pais e família, que me apoiaram e me deram suporte no decorrer do curso.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por me conceder saúde e força para superar os desafios enfrentados. Meu reconhecimento vai também para meu orientador, Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira, pelo apoio nas correções e pelos incentivos recebidos. Ao IF Goiano pelo suporte institucional e acadêmico que foi crucial durante o meu percurso. A todos professores pelos valiosos ensinamentos compartilhados. A minha família pelo amor, apoio e encorajamento incondicional; sem vocês, esta conquista não teria sido possível. Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUÇÃO.....	10
MATERIAL E MÉTODOS.....	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	13
CONCLUSÃO.....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	19

# SUPERFOSFATO TRIPLO NA EFICIÊNCIA DE USO DE FÓSFORO E DESENVOLVIMENTO RADICULAR EM GENÓTIPOS DE SOJA

Danielly da Silva<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup>Instituto Federal Goiano Campus Urutaí, Rodovia Prof. Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, CEP 75790-000 Urutaí, GO, Brasil. E-mail: danielly.silva@estudante.ifgoiano.edu.br

**RESUMO** - A soja constitui-se atualmente na principal cultura do agronegócio nacional. O fósforo é um nutriente limitante na obtenção de altas produtividades, especialmente nas condições de solo do Cerrado brasileiro. Assim, objetivou-se analisar o efeito de doses de superfosfato triplo no rendimento de genótipos de soja em condições de Cerrado. O estudo foi conduzido em Pires do Rio, GO, Brasil. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizado, em esquema fatorial 4x5, correspondente a quatro genótipos de soja (AS3680, NA5909, NA7337 e TMG1180), em cinco níveis de fósforo (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) utilizando o Superfosfato Triplo (41% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 9% de Ca), em 4 repetições. As variáveis relacionadas a produtividade foram avaliadas aos 146 dias após a semeadura. As análises estatísticas foram realizadas no R Core Team (2019). O estudo revelou interação significativa ( $p \leq 0,05$ ) dentre os genótipos de soja e doses fosfatadas, além da significância ( $p \leq 0,05$ ) nos efeitos principais. As regressões foram ajustadas e estimadas com pontos ótimos próximo a 100 kg ha<sup>-1</sup> de de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para os diversos caracteres. Correlações positivas, negativas e suas tendências foram consideradas dentre as variáveis para cada genótipo de soja, além do agrupamento da interação dos fatores. Os caracteres de maior contribuição para elevação dos níveis de rendimento foram o peso de mil grãos, estande de plantas e legumes por planta. Utilizando o superfosfato triplo como fonte fosfatada, recomenda-se o cultivo do genótipo AS3680 que apresentou o maior rendimento (91.57 sc ha<sup>-1</sup>) com a dose de 95.65 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, correspondendo a incrementos de 21.57% no rendimento.

**Palavras-Chaves:** Correlações, Fosfatagem, Fósforo, Rendimento, *Glycine max* (L.).

## TRIPLE SUPERPHOSPHATE IN THE EFFICIENCY OF PHOSPHORUS USE AND ROOT DEVELOPMENT IN SOYBEAN GENOTYPES

Danielly da Silva<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup>Instituto Federal Goiano Campus Urutaí, Rodovia Prof. Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, CEP 75790-000 Urutaí, GO, Brasil. E-mail: danielly.silva@estudante.ifgoiano.edu.br

**ABSTRACT** - Soybean is currently the primary crop in the national agribusiness sector. Phosphorus is a limiting nutrient for achieving high yields, particularly in the soil conditions of the Brazilian Cerrado. Thus, this study aimed to analyze the effect of triple superphosphate doses on the yield of soybean genotypes under Cerrado conditions. The study was conducted in Pires do Rio, Goiás, Brazil, using a randomized block design in a 4×5 factorial scheme, corresponding to four soybean genotypes (AS3680, NA5909, NA7337, and TMG1180) and five phosphorus levels (0, 100, 200, 300, and 400 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) using Triple Superphosphate (41% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 9% Ca), with four replications. Yield-related variables were evaluated at 146 days after sowing. Statistical analyses were performed using R Core Team (2019). The study revealed a significant interaction ( $p \leq 0.05$ ) between soybean genotypes and phosphate doses, in addition to significance ( $p \leq 0.05$ ) in the main effects. Regression models were fitted and estimated, with optimal points around 100 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> for various traits. Positive and negative correlations and their trends were assessed among the variables for each soybean genotype, along with factor interaction clustering. The traits contributing most to yield improvement were thousand-grain weight, plant stand, and pods per plant. Using triple superphosphate as a phosphorus source, the AS3680 genotype is recommended for cultivation, as it exhibited the highest yield (91.57 sc ha<sup>-1</sup>) with a dose of 95.65 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, corresponding to a 21.57% increase in yield.

**Keywords:** Correlations, Phosphating, Phosphorus, Performance, *Glycine max* (L.).

## INTRODUÇÃO

O Brasil possui inúmeros produtos agropecuários com significativo valor estratégico em nossa economia, a exemplo do etanol e açúcar, café, carnes e couro, produtos de origem bovina, suína e de aves, fruticultura e produtos florestais. Entretanto, a soja [*Glycine max* (L.) Merrill], constitui-se atualmente na principal commodity do agronegócio nacional. Além disso, representa o grão mais produzidos em todo mundo. Seu crescimento no Brasil é evidenciado, onde nos últimos 20 anos a produção praticamente quadruplicou no país. A estimativa de produção na safra 2019/2020 é de 125 milhões de toneladas, numa área cultivada de cerca de 36 milhões de hectares (CONAB, 2020).

No cenário agrícola brasileiro o Cerrado, por muito tempo foi conhecido como um solo muito pobre quimicamente. Entanto, com o surgimento de insumos capazes de corrigir as alterações de deficiências de pH e minerais, possibilitou o cultivo da soja na região (SOUSA et al., 2016). E em termos de nutrição, o fósforo (P) constitui-se num dos elementos químicos de elevada relevância, e até mesmo, limitante para o aumento de produtividade da soja. De acordo com trabalhos realizados por Veloso et al. (2007) e Neto et al. (2010), um dos nutrientes mais importantes para a produção de grãos na região dos Cerrados é o P, haja vista sua baixa disponibilidade em condições naturais, neste ambiente. Porém, quando adicionado via adubação proporciona benefícios ao produtor logo no primeiro ano de cultivo. Uma vez que o P pode limitar a produtividade nos solos do Cerrado, sendo necessário o emprego de fertilizantes fosfatados (Broch e Ranno, 2012).

Para a realização de uma adequada nutrição da cultura da soja em solos do Cerrado brasileiro, faz-se necessário a utilização de elevadas doses de fertilizantes fosfatado, devido ao predomínio de solos altamente intemperizados, caracterizados pela baixa disponibilidade de nutrientes às plantas (SANTOS et al., 2015). Vale ressaltar, que para atingir o máximo potencial genético das cultivares de soja, os baixos teores de P disponíveis nos solos do Cerrado é fator limitante, o que se torna necessário elevá-los a níveis ideais por meio da adubação fosfatada (Gonçalves et al. 2010).

O P é um componente integral de compostos importantes nas células vegetais, incluindo os açúcares fosfato, intermediários da respiração e da fotossíntese, bem como os fosfolipídios que compõem as membranas vegetais, ele também é um componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (como ATP) e no DNA e

no RNA (TAIZ et al., 2017). Participa decisivamente no enchimento de grãos de soja, contribuindo diretamente para elevação do rendimento da cultura.

Segundo Oliveira et al. (2012), para se obter uma melhor produção na cultura da soja, os produtores adotam diversas estratégias de manejo, com o intuito de promover o incremento de produtividade. Dentre as alternativas está o emprego da adubação fosfatada é fundamental. Portanto, diante do exposto, este trabalho objetivou-se analisar a dose de superfosfato triplo mais eficiente para altos rendimentos em genótipos de soja em condições de Cerrado.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi conduzido na Fazenda Morro do Peão, localizada no município de Pires do Rio, GO, Brasil. Foi realizada análise de solo na camada de 0-20 cm de acordo com metodologia proposta no livro da Embrapa, (2009), verificando-se as seguintes características: potencial de hidrogênio 5.7; cálcio 3, magnésio 0.8, alumínio 0.2, hidrogênio + alumínio 2, capacidade de troca catiônica 5.9, em cmolc dm<sup>-3</sup>; potássio 53, fósforo 59, enxofre 1.7, boro 0.2, cobre 1.4, ferro 51, manganês 23, zinco 8.3, sódio 1.5, em mg dm<sup>-3</sup>; argila 223, silte 50, areia 728, matéria orgânica 20 e carbono orgânico 12, em g dm<sup>-3</sup>. O solo foi classificado como Neossolo Quartzarênico (Embrapa, 2013).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizado, em fatorial 4x5 correspondente a quatro genótipos de soja (AS3680, NA5909, NA7337 e TMG1180), em cinco níveis de fósforo (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) utilizando como fonte nutricional o Superfosfato Triplo (41% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 10% de Ca), em 4 repetições, totalizando 20 tratamentos e 80 unidades experimentais, dimensionadas com seis fileiras espaçadas a 0.5 m e 5 m de comprimento. A tomada de dados foi realizada nas 4 linhas centrais. As principais características morfoagronômicas dos genótipos de soja estão dispostas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Principais características morfoagronômicas dos genótipos de soja

Genótipo		Peso de mil grãos (g)	Genética	Grupo de maturação	Hábito de crescimento	Ciclo (dias após a emergência)
Comum	Técnico					
AS3680	AS 3680 IPRO	160	Agroeste	6.8	Indeterminado	114 a 118
NA5909	NA 5909 RR	159	Nidera	6.2	Indeterminado	110 a 125
NA7337	NA 7337 RR	171	Nidera	7.6	Indeterminado	111 a 121
TMG1180	TMG 1180 RR	136	TMG	8.0	Semideterminado	115 a 120

O sistema de preparo do solo foi realizado com gradagem (grade aradora) e aração (grade niveladora) da área no dia 07/10/2023. A semeadura dos genótipos de soja foi realizada em 08/10/2023, distribuindo-se 18 sementes para NA7337 e TMG1180 (360.000 plantas ha<sup>-1</sup>), além de 15 sementes nos genótipos AS3680 e NA5909 (300.000 plantas ha<sup>-1</sup>) por metro linear no sulco utilizando plantadeira de uma linha e adubação fosfatada no sulco de semeadura, de acordo com a descrição dos tratamentos. Os tratos culturais pertinentes ao controle de plantas daninhas, pragas e doenças, foram realizados sempre que necessário, utilizando as boas práticas do manejo integrado.

As variáveis foram analisadas aos 146 dias após a semeadura em 13/03/2018. Determinou-se: população de plantas (STD, unidade por metro linear); altura de planta (PH, metro), e altura do primeiro nó reprodutivo (FRH, centímetro); vagens com um grão (POG %), vagens com dois grãos (PTWG, %), vagens com três grãos (PTHG, %), vagens com quatro grãos (PFG, %), vagens por planta (PPP, unidade), e grãos por planta (GPP, unidade), mediante contagem das vagens. Foi determinado também os valores; massa de mil grãos (TGM, gramas), e rendimento [RY sacas (sc) ha<sup>-1</sup>] mediante balança analítica com 4 casas decimais de precisão, corrigindo o peso para 13% de umidade de grãos.

A seguir, os dados obtidos foram submetidos as pressuposições do modelo estatístico, verificando-se a normalidade (SHAPIRO e WILK, 1965) e homogeneidade das variâncias (STEEL et al., 1997). Após, realizou-se a análise de variância com a finalidade de identificar as diferenças dentre os efeitos principais e simples das fontes de variação. Realizou-se também a regressão polinomial, analisando os modelos lineares, quadráticos e para selecionar os modelos significativos e que apresentaram o maior valor de correlação com as médias, observando-se a significância pelo teste F. Posteriormente as variáveis foram submetidas a correlação linear com intuito de compreender a tendência

de associação, com nível de significância a 5% pelo teste t. A análise de trilha foi realizada a partir da matriz de correlação fenotípica, considerando o RY como a variável dependente e STD, PH, FRH, POG, PTWG, PTHG, PFG, PPP, GPP e TGM como explicativas, nesta foi identificada a presença de elevada multicolinearidade dentre os dados, procedeu-se à análise de trilha sob multicolinearidade, com posterior ajuste do fator k aos elementos da diagonal da matriz de correlação. As análises estatísticas foram realizadas no R Core Team (2019).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O estudo revelou interação significativa ( $p \leq 0,05$ ), dentre os genótipos de soja e doses fosfatadas, além da, significâncias ( $p \leq 0,05$ ) nos efeitos principais. Pelo teste de média descreveu o fator qualitativo atribuindo rendimento superior a 90 sc ha<sup>-1</sup> no genótipo AS3680. As regressões foram ajustadas e estimadas com pontos ótimos próximo a 100 kg ha<sup>-1</sup> de de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para os diversos caracteres. Correlações positivas, negativas e suas tendências foram consideradas dentre os caracteres para cada genótipo de soja, além do agrupamento da interação dos fatores.

De acordo com a análise dos resultados discriminados na Tabela 2, observou-se que as variáveis de estande (STD), altura (HP) ( $p > 0,05$ ), altura do primeiro nó reprodutivo (FRH), legumes com um grão (POG), legumes com dois grãos (PTWG), legumes com quatro grãos (PFG), peso de mil grãos (TGM) e rendimento (YI) apresentaram significância ( $p \leq 0,01$ ) na interação genótipo x doses de P (Tabela 2). Estes resultados corroboram com os obtidos por Costa Leite et al. (2017). Todavia, os resultados obtidos no presente estudo divergem dos verificados por de Santos et al. (2015). O coeficiente de variação foi de baixo à médio, viabilizando o teste realizado para todas as características (Tabela 2) (GOMES, 2009). De acordo com Batistella Filho et al. (2013), os componentes de produção da soja, como PPP, GPP e TGM sofrem influência da dose de P e das condições edafoclimáticas do local do plantio. O estudo por Rosolem e Tavares (2006), indicam alta influência da adubação fosfatada sobre o pegamento floral em plantas de soja, conseqüentemente influenciando o número de vagens por planta.

**Tabela 2.** Resumo das análises de variância (QM calculado e CV (%)) para estande STD, altura de planta PH, altura do primeiro nó reprodutivo FRH, legumes com um grão POG, legumes com dois grãos PTWG, legumes com três grãos PTHG, legumes com quatro grãos PFG, legumes por planta PPP, grãos por planta GPP, peso de mil grãos TGM e rendimento YI de plantas de soja em função da adubação fosfatada

FV	GL	STD	PH	FRH	POG	PTWG	PTHG	PFG	PPP	GPP	TGM	YI
GxP	12	1.5*	116.0*	2.1**	21.2**	95.2**	124.1	0.1**	254.0	1099.7	112.2**	1.9**
Genótipos (G)	3	116.8* *	3968.7* *	24.6* *	388.9* *	4297.1* *	4052.6 *	0.4**	3850.4 *	45042.5 *	1782.2* *	20.5**
Concentração de Fósforo (P)	4	7.4**	68.0*	2.3*	15.1**	79.3**	96.5*	0.1**	236.4*	1024.0*	857.5**	4.9**
Blocos	3	0.4	127.3	2.0	0.3	0.3	1.5	0.1	13.9	97.2	0.1	0.1
Resíduo	57	0.4	88.6	0.6	0.6	2.3	2.7	0.1	15.7	98.6	2.4	0.2
CV%		4.78	11.55	9.85	6.30	3.09	4.42	16.30	3.86	4.26	0.31	2.02

\*\*significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F; \*significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

G e P? Concentração de P ou P2O5 em qual unidade?

As doses fosfatadas otimizadas foram da ordem de 73.90, 85.64 e 45.56 kg de P2O5 ha<sup>-1</sup> nos genótipos NA5909, NA7337 e TMG1180, respectivamente, com médias de 13.69, 15.97 e 16.40 unid m l<sup>-1</sup>, nesta ordem, para o STD. Em trabalho realizado por Batistella Filho et al. (2013), constataram um aumento significativo no STD em função da adubação fosfatada, quando comparados com outros tratamentos. As doses otimizadas de adubação fosfatada para a variável PH promoveram incrementos de 6.84, 3.78 e 6.36 cm nos genótipos AS3680, NA5909 e TMG1180, respectivamente. Incrementos na PH também foram verificados por Costa Leite et al. (2017) e Santos et al. (2015), ao trabalhar com adubação fosfatada. Segundo o estudo de Bonfim-Silva et al. (2014), as respostas positivas para PH de soja diante da aplicação da fertilização fosfatada estão associadas a necessidade do fósforo no metabolismo das plantas exercendo uma função de grande relevância na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese.

A dose da adubação fosfatada de 81.47 kg de P2O5 ha<sup>-1</sup> promoveu maior FRH no genótipo AS3680, média de 7.01 cm, para o genótipo NA5909 foi obtida com 86.31 kg de P2O5 ha<sup>-1</sup> com média de 8.17 cm, e em TMG1180 obteve 9.72 cm com a dose de P de 59.03 kg de P2O5 ha<sup>-1</sup>. Elevação na FRH também foi observada por Silva et al. (2015), onde a adições de P proporcionou média de 9.2 e se elevando a 10.3 cm com aplicação de adubo fosfatada. Porém, os resultados obtidos divergem dos observados por Neto et al. (2010) onde a FRH não respondeu à adubação fosfatada. Em relação a variável porcentagem POG houve efeito quadrático somente para o genótipo NA5909, obtendo o

percentual de 13.12% com a dose de 81.96 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. De acordo com estudo realizado por Perine et al. (2012) as características número de grãos por vagens, por planta e massa de mil grãos, devem receber maior ênfase na seleção de linhagens de soja com alto rendimento.

Quanto a porcentagem de PTWG houve efeito quadrático somente para o genótipo AS3680, com o percentual de 41.58% com a dose de 76.32 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. No estudo de Cavalli et al. (2016) não foram verificadas diferença significativa para a variável número de grãos por vagem. Entretanto, neste trabalho foi possível constatar uma elevação expressiva na quantidade de grão por vagem diante do emprego de doses crescentes de P. Os autores concluíram que o aumento desta variável apresenta grande relevância, em função de sua interferência direta na produtividade da soja.

Quanto ao percentual de PTHG houve efeito quadrático somente para os genótipos NA5909, com 0.29% na dose de 83.83 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e para o genótipo TMG1180 0.46% na dose de 63.43 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. No trabalho realizado por Silva et al. (2015), o número de grãos por planta apresentou uma resposta linear crescente significativa diante da aplicação de fertilizante fosfatado P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, promovendo incremento de aproximadamente 20%. De modo similar, Marin et al. (2015) observaram um efeito linear do fornecimento de P às plantas de soja para a porcentagem de PTHG. Esses resultados são contraditórios, o que fortalece a ideia de desenvolvimento de pesquisas quanto ao fornecimento de fósforo para a cultura da soja, especialmente no Bioma do Cerrado.

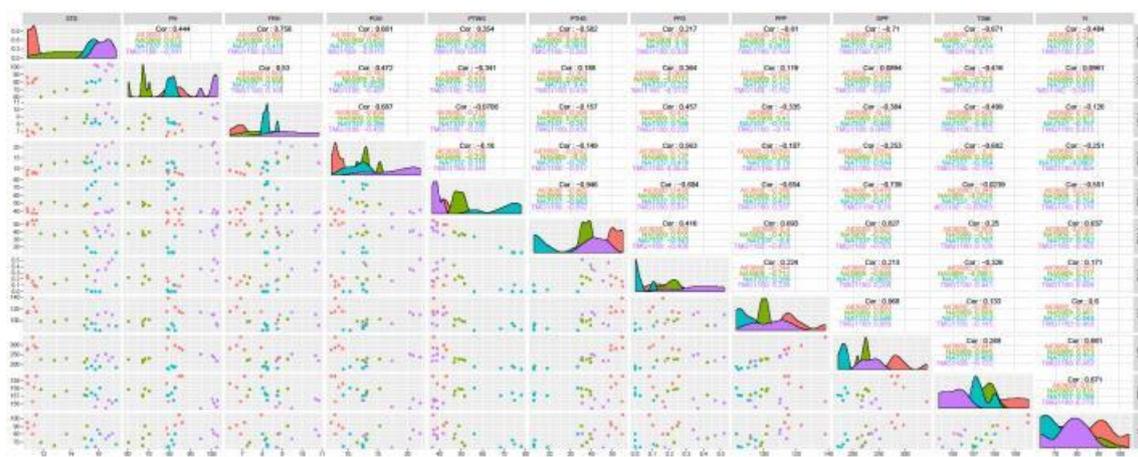
Efeito quadrático foi observado para todos os genótipos quanto ao TGM, onde o AS3680 obteve 159.67 g na dose de 104.36 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, já para o genótipo NA5909 obteve média de 157.95 g na dose de 186.80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, enquanto que o genótipo TMG1180 apresentou 159.57 g com a dose de 104.36 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e o genótipo NA7337 obteve 157.45 g com a dose de 60.49 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. No trabalho realizado por Silva et al. (2015), foram observados resultados próximos ao do experimento onde o TGM exibiu resposta quadrática do adubo fosfatado com 222.83 kg ha<sup>-1</sup>, com média de 172.71 g. Em estudo de Santos et al. (2015) com o emprego da adubação fosfatada obteve a média para o TGM de 169 g, elevando cerca de 5.5% em relação ao tratamento controle.

No presente estudo observou-se efeito quadrático para todos os genótipos quanto ao rendimento, onde o genótipo AS3680 apresentou um rendimento de 91.57 sc ha<sup>-1</sup> para a dose de 95.65 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, enquanto que o genótipo NA5909 75.64 sc ha<sup>-1</sup> com a

dose de 92.08 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, seguido pelos genótipos NA7337 com 69.30 sc ha<sup>-1</sup> na dose de 75.67 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e o genótipo TMG1180 com 76.23 sc ha<sup>-1</sup> na dose de 70.79 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, com seus incrementos de 20.48, 21.18, 11.53 e 12.9 sc ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Em trabalho realizado por Peter et al. (2016) observaram valores médios de 77.03 sc ha<sup>-1</sup> diante da aplicação da adubação fosfatada. Todavia, no trabalho de Silva et al. 2015 verificaram resultados abaixo do encontrado no presente experimento para a variável rendimento, exibindo resposta quadrática significativa diante da aplicação de doses de adubo fosfatado de 222.83 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, onde o rendimento foi de 49.95 sc ha<sup>-1</sup>. O estudo de Marin et al. (2015) constataram que a aplicação da adubação fosfatada na dose de 108.68 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, colaborou para o aumento do rendimento da cultura da soja em 71.92 sc ha<sup>-1</sup> evidenciando o emprego do fertilizante fosfatado neste componente.

As correlações com coeficientes de Pearson ( $p \geq 0.6$ ) aplicadas as médias dos genótipos de soja revelaram 6, 7, 7 e 6 pares significativos para os genótipos AS3680, NA5909, NA7337 e TMG1180, respectivamente. As correlações negativas foram reportadas nos pares TGMxPPP, TGMxGPP e YIxPPP no genótipo AS3680, PTHGxPTWG em NA5909, PTWGxYI e PTWGxPTHG para NA7337 e no genótipo TMG1180 PTHGxPOG e PTHGxPTWG. As demais correlações significativas foram positivas (Figura 2). As correlações traçam estratégias práticas ao produtor quanto a tomada de decisão para melhorar os caracteres de interesse através dos seus pares correlacionados.

Tais variações nas correlações fenotípicas de soja também foram reportadas por Ibrahim et al. (2018) e Ferrari et al. (2018). O grau de associação entre diferentes caracteres pode ser determinado pelo coeficiente de correlação, que se constitui numa importante constante estatística. Para Guleria et al. (2019) é essencial descobrir a influência dos caracteres para com o rendimento, de modo a dar peso durante a seleção genética, haja vista que este é muito afetado pela irregularidade ambiental. Categoricamente, também foram reportadas correlações significativas de ordem positivas e negativas (Figura 2).



**Figura 2.** Correlações fenotípicas das características geral e categóricas dos genótipos de soja (AS3680, NA5909, NA7337 e TMG1180) fertilizadas com adubação fosfatada. Variáveis: estande STD, altura de planta PH, altura do primeiro nó reprodutivo FRH, legumes com um grão POG, legumes com dois grãos PTWG, legumes com três grãos PTHG, legumes com quatro grãos PFG, legumes por planta PPP, grãos por planta GPP, peso de mil grãos TGM e rendimento RY. Significância: Cor  $\geq$  0.6 = significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

A análise de trilha com os efeitos diretos revelou que a elevação das médias de TGM, STD, FRW, PTHG, PPP e GPP, bem como, a redução do PTWG, potencializam o aumento do rendimento dos genótipos de soja. Indiretamente o TGM, STD, PTHG, PPP e GPP, também tiveram influência para com o rendimento. Segundo Silva et al. (2015), o aumento no rendimento é explicado pelo aumento ocasionado na produção de vagens por planta e no peso de mil grãos alcançados com a aplicação das doses crescentes da adubação fosfatada. De acordo com Silva (2016), o fósforo exerce função essencial nos processos metabólicos das plantas, desde a geração de energia, síntese de ácidos nucleicos, fotossíntese, glicólise, respiração, síntese de fosfolipídios, ativação e inativação de enzimas, reações redox, sinalização, metabolismo dos hidratos de carbono e fixação de nitrogênio. Diante de sua fundamental importância, a não adequação do fósforo do solo às necessidades da planta tem como consequência negativa a limitação de seu desenvolvimento e produtividade.

Assim, o estudo traz inovações no campo da pesquisa demonstrando a eficiência do superfosfato triplo como fonte fosfatada para o cultivo de grãos de soja, onde a escolha do material genético também é crucial quando se deseja alcançar altos níveis de rendimento. No entanto, demais trabalhos devem ser feitos utilizando demais ou a mesma fonte fosfatada, afim de melhor compreender a dinâmica do fósforo na soja dentre os

diversos tipos de solos e condições climáticas e genéticas prevalecem agroecossistema do cerrado brasileiro.

## **CONCLUSÃO**

Observou-se que os caracteres de maior contribuição para elevação dos níveis de rendimento foram o peso de mil grãos, estande de plantas e legumes por planta.

Utilizando o superfosfato triplo como fonte fosfatada, recomenda-se o cultivo do genótipo AS3680 que apresentou o maior rendimento (91.57 sc ha<sup>-1</sup>) com a dose de 95.65 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, correspondendo a incrementos de 21.57% no rendimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTELLA FILHO, F.; FERREIRA, M.E; VIEIRA, R.D.; CRUZ, M.C.P.; CENTURION, M.A.P.C.; SYLVESTRE, T.B.; RUIZ, J.G.C.L. Adubação com fósforo e potássio para produção e qualidade de sementes de soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.48, n.7. 2013.

BONFIM-SILVA, E. M.; GUIMARÃES, S. L.; FARIAS, L. N.; OLIVEIRA, J. R.; BOSA, C. K.; FONTENELLI, J. V. Adubação fosfatada no desenvolvimento e produção de feijão guandu em latossolo vermelho do cerrado em primeiro cultivo. Bioscience Journal, Uberlândia, v.30, p. 1380-1388. 2014.

BROCH, D. L.; RANNO, S. K. Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura da soja. In: Tecnologia e Produção: Soja e Milho 2011/2012. Fundação MS, Maracaju-MS, 2012.

CAVALLI, C.; LANGE, A.; CAVALLI, E.; SANTOS, P.H.; BALEN, A.B.; WRUCK, F.J. Doses de fósforo em superfície na cultura da soja em solo com fertilidade em construção. Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.25, n.1, p.93-104, 2016.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Brasília: v. 7, n.6, 2020.

COSTA LEITE, R.; CARNEIRO, J.S.S.; FREITAS, G.A.; CASALI, M.E.; SILVA, R.R. Adubação fosfatada na soja durante três safras consecutivas na nova fronteira agrícola brasileira. Revista Scientia Agraria, Curitiba, v.18, n.4, p.28-35, 2017.

EMBRAPA - Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 2009. 627 p.: il. (EMBRAPA- CNPS. Documentos, 1).

Ferrari, M., Carvalho, I. R., de Pelegrin, A. J., Nardino, M., Szareski, V. J., Olivoto, T., & da Rosa, T. C. . Path analysis and phenotypic correlation among yield components of soybean using environmental stratification methods. Australian Journal of Crop Science, v. 12, n.2, p. 193. 2018.

GOMES, F. P. (2009). Curso de estatística experimental. 15ªed. Piracicaba, ESALQ, 451.

- GONÇALVES, A. C.; NACKE, H.; MARENGONI, N. G. et al. Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.34, n.3, p. 660-666, 2010.
- GULERIA, H., KUMAR, P., JYOTI, B., KUMAR, A., PALIWAL, A., & PALIWAL, A. Genetic variability and correlation analysis in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) genotypes. *IJCS*, v. 7, n.1), p. 1928-1932. 2019.
- IBRAHIM, A. K., DAWAKI, K. D., & HASSAN, S. M. (2018). Genetic variability, heritability and correlation among soybean [*Glycine max*. (L.) Merrill] varieties. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, v. 1, n.2, p. 72-80, 2018.
- KÖPPEN WP, GEIGER R. Das geographische System der Klima. In Köppen WP, Geiger R *Handbuch der Klimatologie*. Borntrager, Berlin, 1936.
- MARIN, R.S.F.; BAHRY, C.A.; NARDINO, M.; ZIMMER, P.D. Efeito da adubação fosfatada na produção de sementes de soja. *Revista Ceres*, Viçosa, v.62, n.3, p.265-274, 2015.
- NETO, F.A.; GRAVINA, G.A.; SOUZA, N.O.S.; BEZERRA, A.A.C. Adubação fosfatada na cultura da soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia. *Revista Ciência Agronômica*, v.41, n.2, p.266-271, 2010.
- OLIVEIRA, T. C.; SILVA, J. SALGADO, F. H. M.; SOUSA, S. A.; FIDELIS, R. R. Eficiência e resposta à aplicação de fósforo em feijão comum em solos de cerrado. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Mossoró, v.7, n.1, p.16-24, 2012.
- PERINI, L.J.; FONSECA JÚNIOR, N.S.; DESTRO, D.; PRETE, C.E.C. Componentes da produção em cultivares de soja com crescimento determinado e indeterminado. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2531-2544, 2012
- PETER, D.G.; VILAR, C.C.; OSHIWATA, S.Y.; RODRIGUES, O.L. Modos de aplicação de fertilizante formulado NPK na cultura da soja em sistema de plantio direto. *Gl. Sci Technol*, Rio Verde, v.09, n.01, p.48 – 55, 016.
- R Core Team (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- ROSOLEM, C.A.; TAVARES, C.A. Sintomas de deficiência tardia de Fósforo em soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.30, p.385-389, 2006.

SANTOS, A.C.M.; CARNEIRO, J.S.S.; LEITE, R.C.; SOUZA, M.A.S.; FREITAS, G.A.; SILVA, R.R. Adubação fosfatada com fertilizante Basiduo® na cultura da soja no oeste da Bahia. *Revista J. Bioen. Food Sci.*, v.2, n.3, p.82-90, 2015.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. Analysis of variance test for normality, *Biometrika*. v.1, n.1, p.591-611, 1965.

SILVA, R.R.; COSTA LEITE, R.; FREITAS, G.A.; SILVA, P.S.S.; CARNEIRO, J.S.S. Eficiência de fertilizante fosfatado na cultura da soja no cerrado baiano. *Agropecuária Científica no Semiárido, Campina Grande*, v.11, n.4, p.13-22, 2015.

SOUZA, D.M.G.; NUNES, R.S.; REIN, T.A.; SANTOS JÚNIOR, J.D.G. Manejo da Adubação Fosfatada para Culturas Anuais no Cerrado. EMBRAPA: Circular Técnica 33, Planaltina-DF, junho de 2016, p.1-10.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. 3. ed. New York: Columbia, 1997. 666p.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora. 858p.

VELOSO, C.A.C.; EL-HUSNY, J.C.; CORRÊA, J.R.V.; CARVALHO, E.J.M.; SOUZA, F.R.S.; MARTINEZ, G.B.; RODRIGUES, A.L.N. Adubação fosfatada e potássica na cultura da soja em Latossolo Amarelo do Estado do Pará. In: XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Gramado-RS, de 05 a 10 de agosto de 2007, p.1-5.