

DOSES E MODOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO NAS CULTURAS DA SOJA E DO MILHO SAFRINHA EM SUCESSÃO

*Setor de Fertilidade do solo: Eng. Agr. Dr. Douglas de Castilho Gitti, Eng. Agr. Marcos
Antonio S. Spak, Tec. Agr. Reinaldo P. do Nascimento*

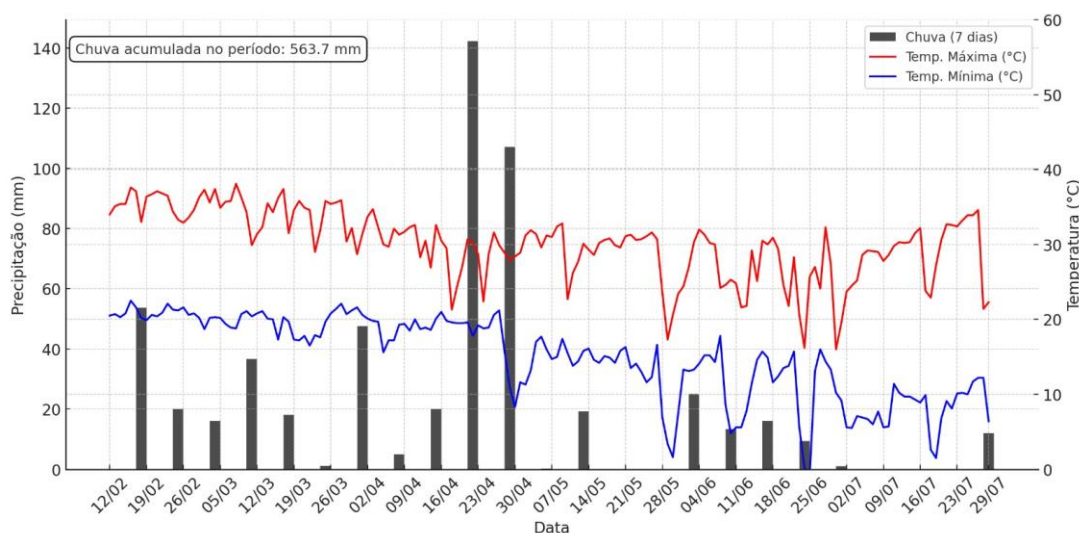
OBJETIVO

Avaliar a influência na produtividade das culturas em função de diferentes estratégias de adubação da aplicação de fósforo na cultura da soja e do milho safrinha em área com teores de adequados de fósforo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2025, no município de Maracaju MS, Brasil, em área experimental da Fundação MS localizada na Fazenda Alegria, Talhão Arroz. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Aw, com precipitação pluvial média anual de 1.500 a 1.750 mm, temperatura média anual de 27 °C.

Gráfico 1. Precipitação pluviométrica por decêndio e acumulado por mês no período de condução do experimento. Fundação MS, Maracaju, MS, 2025. Fonte: Estação meteorológica Farmers Edge.



O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico de textura argilosa. A caracterização química e de textura do solo da área experimental foi realizada com a coleta da análise de solo na profundidade de 0-20 e 20-40 cm, sendo os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química e de textura do solo da área experimental nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. Fundação MS, Maracaju, MS, 2025.

Prof (cm)	---- pH ---- CaCl ₂ H ₂ O	MO gdm ⁻³	P Mehlich	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V		
					----- mmolc dm ⁻³ -----						(%)		
0-20	5,4 6,1	33,4	13,9,0	5,5	52,9	14,2	0,0	44,3	72,7	117,1	62,1		
20-40	4,8 5,6	21,9	2,5	1,8	30,3	6,2	0,0	54,3	54,3	92,6	41,4		
Prof (cm)	S	Zn	B	Cu	Mn	Fe	Relação Ca/Mg	K	Ca	Mg	H	Al	Argila
			mg dm ⁻³							% da CTC			(%)
0-20	9,6	4,6	0,10	5,7	118,5	26,7	3,7	4,7	45,2	12,2	37,9	0,0	50,0
20-40	42,3	1,1	0,29	6,8	45,7	65,4	4,1	1,9	32,8	6,68	58,6	0,0	50,0

Análise realizada em 28/03/2020 – Maracaju, Talhão Arroz. Código FMS 10653 0-20 cm e 20-40 cm 10654.

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados com cinco repetições e 8 tratamentos (Tabela 2). Os estádios de desenvolvimento do milho foram definidos segundo a escala fenológica proposta por Ritchie (1989).

Tabela 2. Descrição dos tratamentos na cultura da soja e milho safrinha. Fundação MS, 2025.

Nº	SOJA			MILHO	
	Doses de P (kg/ha) *	Doses de Super Tripla (46% P ₂ O ₅)	Modos de aplicação	Dose de N (kg/ha) - V1	
1	0	0	Sulco	115	
2	50	109	Sulco	115	
3	100	217	Sulco	115	
4	150	326	Sulco	115	
5	0	0	Lanço	115	
6	50	109	Lanço	115	
7	100	217	Lanço	115	
8	150	326	Lanço	115	

KCl: 200 kg/ha todos os tratamentos. * SUPERTRIPLO (46%P₂O₅). ** UREIA (46%N)

As parcelas foram constituídas por 5 linhas com 10 m de comprimento, considerando-se como área útil as 3 linhas centrais com 10 m de comprimento.

As sementes de milho foram tratadas com Fortenza[®] TSI (2 mL kg⁻¹ de sementes), Cruiser[®] TSI (3 mL kg⁻¹ de sementes) e Poncho[®] TSI (4 mL kg⁻¹ de sementes).

A semeadura do milho foi realizada no dia 18 de fevereiro de 2025 utilizando o Híbrido FS700 PWU na densidade de semeadura de 3,5 sementes por metro com 0,5 m entre linhas, ocorrendo à emergência das plântulas seis dias após a semeadura.

A adubação fosfatada foi realizada na cultura da soja e constituiu-se dos tratamentos, com diferentes doses de fosforo, onde foi aplicado Super Fosfato Triplo (46 % de P₂O₅) a lanço em pré semeadura e no sulco de semeadura. Nos tratamentos 2, 3 e 4, foi realizado aplicação via sulco de semeadura, nas doses de 109, 217 e 326 kg ha⁻¹, respectivamente. Já nos tratamentos 6, 7 e 8, foi realizada adubação a lanço em pré semeadura, nas doses de 109, 217 e 326 kg ha⁻¹, respectivamente. Os tratamentos 1 e 5 não receberam adubação fosfatada, sendo considerados tratamentos controle.

O fornecimento de potássio foi realizado na cultura da soja com aplicação em pré semeadura de 150 kg ha⁻¹ de KCl (00-00-60) em todos os tratamentos para atender a demanda das culturas da soja e do milho safrinha em sucessão. Foi aplicado em todos os tratamentos a dose de 250 kg ha⁻¹ de ureia (46%N) à lanço no estágio V1 do milho safrinha.

A colheita foi realizada no dia 21 de julho de 2025 aos 147 dias após a emergência das plântulas (DAE).

Foram realizadas as seguintes avaliações:

Análise foliar: foi realizada a coleta de 15 folhas por tratamento no florescimento feminino, posteriormente as amostras foram secas, identificadas e encaminhadas ao laboratório para determinação de macro e micronutrientes.

Número de fileira por espiga e número de grãos por fileira: foi determinado o número de fileiras e grãos em 5 plantas por parcela no momento da colheita.

População final de plantas: foi determinado a quantidade de plantas em 20 metros lineares antes da colheita, logo após convertido em plantas por hectare.

Produtividade: foi realizada a colheita mecanizada das parcelas aos 147 DAE. As amostras foram pesadas e os dados transformados em kg ha⁻¹, corrigindo-se a produtividade para 13% de umidade (b.u.).

Massa de 100 grãos: foi retirada uma amostra de 100 grãos de cada parcela para a análise da massa dos grãos, corrigindo-se para 13% de umidade (b.u.).

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância, as médias entre os fatores doses de fosforo (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹) e modo de aplicação (Sulco e Lanço) foram submetidas a análise fatorial, e as médias foram analisadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$) e pelo teste de regressão. Foi utilizado o programa estatístico Sisvar para análise dos resultados

RESULTADOS

Tabela 3. Teores foliares de macronutrientes no florescimento feminino da cultura do milho obtidos em função de doses de fosforo e diferentes formas de aplicação (sulco e lanço), aplicados na cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2025.

TRATAMENTOS	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg ⁻¹ -----					
Dose de P (kg ha⁻¹) (D)						
0	24,12	2,50	23,12	4,62	3,62	1,50 ¹
50	23,50	2,25	22,00	4,62	3,62	1,00
100	24,37	2,25	21,50	4,62	3,75	1,12
150	23,00	2,00	21,62	4,25	3,25	1,00
Modo de Aplicação (M)						
Sulco	23,93	2,37	21,62	4,12 b	3,37	1,25
Lanço	23,56	2,12	22,50	4,93 a	3,75	1,06
Teste F						
Dose - D	0,73 ^{ns}	1,47 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,56 ^{ns}	4,93 ^{**}
Modo - M	0,26 ^{ns}	2,21 ^{ns}	1,05 ^{ns}	5,79 [*]	1,70 ^{ns}	3,09 ^{ns}
D*M	1,79 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,31 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,26 ^{ns}
Regressão - D	-	-	-	-	-	RQ
DMS (5%) - M	1,50	0,34	1,77	0,70	0,59	0,22
CV (%)	8,63	21,14	10,93	21,08	22,82	26,06
Médias	23,75	2,25	22,06	4,53	3,56	1,15

^{**}, ^{*} e ^{ns} – significativo a 1 e 5% de probabilidade, e não significativo pelo teste de F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação. DMS – diferença mínima significativa. (1) $Y = 1,45625 - 0,008375x + 0,000038x^2$ ($R^2 = 0,77$).

Tabela 4. Teores foliares de micronutrientes no florescimento feminino da cultura do milho obtidos em função de doses de fosforo e diferentes formas de aplicação (sulco e lanço), aplicados na cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2025.

TRATAMENTOS	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	----- mg kg ⁻¹ -----				
Dose de P (kg ha⁻¹) (D)					
0	222,25	90,25	16,00	5,25	10,25
50	211,12	96,25	15,12	5,25	10,87
100	211,50	98,50	16,87	5,50	11,37
150	196,62	97,37	15,00	5,25	10,50
Modo de Aplicação (M)					
Sulco	220,81	94,12	18,50 a	5,37	10,93
Lanço	199,93	97,06	13,00 b	5,25	10,56
Teste F					
Dose - D	0,79 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,16 ^{ns}	1,94 ^{ns}
Modo - M	3,14 ^{ns}	0,46 ^{ns}	21,97 ^{**}	0,16 ^{ns}	1,13 ^{ns}
D*M	1,21 ^{ns}	1,72 ^{ns}	0,88 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,71 ^{ns}
Regressão - D	-	-	-	-	-
DMS (5%) - M	24,46	8,92	2,43	0,63	0,73
CV (%)	15,82	12,70	21,07	16,24	9,25
Médias	210,37	95,59	15,75	5,31	10,75

^{**}, ^{*} e ^{ns} – significativo a 1 e 5% de probabilidade, e não significativo pelo teste de F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação. DMS – diferença mínima significativa.

Tabela 5. Número de grãos por fileira, número de fileiras por espiga e população final de plantas da cultura do milho obtidos em função de doses de fosforo e diferentes formas de aplicação (sulco e lanço), aplicados na cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2025.

TRATAMENTOS	Número de grãos por fileira	Número de fileiras por espiga	Pop. Final (plantas ha ⁻¹)
Dose de P (kg ha⁻¹) (D)			
0	32,90 ¹	17,80	63.000
50	34,50	17,80	62.000
100	36,70	18,10	61.666
150	33,40	17,60	63.500
Modo de Aplicação (M)			
Sulco	33,75	18,00	63.333
Lanço	35,00	17,65	61.750
Teste F			
Dose - D	2,52*	0,59 ^{ns}	0,15 ^{ns}
Modo - M	1,38 ^{ns}	1,70 ^{ns}	0,52 ^{ns}
D*M	0,29 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,24 ^{ns}
Regressão - D	-	-	-
DMS (5%) - M	2,17	0,54	4.704
CV (%)	9,78	4,76	8,59
Médias	34,37	17,82	62.541

**, * e ^{ns} – significativo a 1 e 10% de probabilidade, e não significativo pelo teste de F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação. DMS – diferença mínima significativa. ¹ $y = 32,5950 + 0,0809x - 0,0005x^2$ ($R^2 = 0,78$).

Tabela 6. Massa de 100 grãos e produtividade da cultura do milho obtidos em função de doses de fosforo e diferentes formas de aplicação (sulco e lanço) aplicados na cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2025.

TRATAMENTOS	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (sc ha ⁻¹)
Dose de P (kg ha⁻¹) (D)		
0	30,29	156,70 ¹
50	29,92	160,80
100	28,89	166,10
150	31,03	166,80
Modo de Aplicação (M)		
Sulco	30,29	163,15
Lanço	29,77	162,05
Teste F		
Dose - D	1,38 ^{ns}	1,71 ^{ns}
Modo - M	0,45 ^{ns}	0,09 ^{ns}
D*M	3,03*	0,91 ^{ns}
Regressão - D	-	-
DMS (5%) - M	1,54	7,43
CV (%)	7,96	7,06
Médias	30,03	162,60

**, * e ^{ns} – significativo a 1 e 5% de probabilidade, e não significativo pelo teste de F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação. DMS – diferença mínima significativa. ¹ y = 157,2600 + 0,0712x (R² = 0,93).

Tabela 7. Desdobramento da interação entre doses de fosforo e modos de aplicação de fertilizantes fosfatados na massa de 100 grãos da cultura do milho. Fundação MS, Maracaju, MS, 2025.

TRATAMENTOS	Modo de Aplicação	
	Sulco	Lanço
Dose	M100 (g)	
0	29,74	30,84
50	30,94	28,89
100	27,76	30,03
150	32,71 A	29,35 B
DMS (5%) – (Modo em dose)	3,09	-
Regressão – (Dose em Modo)	-	-

. Médias seguidas por letras distintas maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação. DMS – diferença mínima significativa.

Tabela 8. Produtividade de grãos da soja (6 anos) obtidos em função de doses de fosforo e diferentes formas de aplicação (sulco e lanço) em aplicação na cultura da soja com o milho safrinha em sucessão. Fundação MS, Maracaju, MS, 2025.

TRATAMENTOS	Produtividade da soja (sc ha ⁻¹)						Média
	2019/20	2020/21	2021/22	2022/23	2023/24	2024/25	
Dose de P₂O₅ (kg ha⁻¹)							
0	64.7	71.9 ¹	70.5 ²	80.0 ³	80.8 ⁴	92.6 ⁵	76.7 ⁶
50	66.6	67.0	75.0	88.8	87.0	100.8	80.9
100	65.8	73.9	72.0	91.6	85.1	99.2	81.3
150	66.3	75.0	76.0	91.0	90.8	104.1	83.9
Modo de Aplicação							
Sulco	66.3	72.2	72.2	86.9	85.46	98.34	80.2
Lanço	65.5	71.9	74.6	88.2	86.34	99.98	81.1
Teste F							
Dose – D	1,2 ^{ns}	4,45*	2,69*	8,00**	4,63**	15,26**	-
Modo – M	1,4 ^{ns}	0,02 ^{ns}	2,35 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,20 ^{ns}	1,74 ^{ns}	-
D*M	0,8 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,53 ^{ns}	1,60 ^{ns}	1,83 ^{ns}	-
Regressão - D	-	RL	RL	RQ	RL	RL	-
DMS (5%) - M	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)	3,6	7,08	6,7	3,79	7.14	3,95	-
Médias	65,9	72,07	73,4	87,59	85.9	99,16	80.7

**, * e ^{ns} – significativo a 1 e 5% de probabilidade, e não significativo pelo teste de F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação. DMS – diferença mínima significativa. ¹ y = 157,2600 + 0,0712x (R² = 0,93). 1) y = 94,221 + 0,06592x (R² = 0,77). 2) y = 81,677 + 0,05634x (R² = 0,76). 3) y = 80,2706 + 0,1950x + 0,0008x² (R² = 0,97). 4) y = 71,3528 + 0,0271x (R²=0,50). 5) y = 94,221 + 0,0659x (R² = 0,77).

Tabela 9. Produtividade de grãos do milho safrinha (6 anos) obtidos em função de doses de fosforo e diferentes formas de aplicação (sulco e lanço) em aplicação na cultura da soja com o milho safrinha em sucessão. Fundação MS, Maracaju, MS, 2025.

TRATAMENTOS	Produtividade do milho safrinha (sc ha ⁻¹)						Média
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
Dose de P₂O₅ (kg ha⁻¹)							
0	118.9	48.8	149.4	129.0 ¹	101.7 ²	156.7 ³	117.4
50	121.2	46.9	153.4	126.6	98.0	160.8	117.8
100	120.0	46.0	158.3	137.7	110.6	166.1	123.1
150	117.1	45.2	151.9	137.8	109.1	166.8	121.3
Modo de Aplicação							
Sulco	118.5	46.2	152.3	129.9	104.3	163.1	119.1
Lanço	120.0	47.2	154.0	135.5	105.3	162.0	120.7
Teste F							
Dose - D	0,43 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,88 ^{ns}	3,15*	1,64**	1,71 ^{ns}	-
Modo – M	0,78 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,18 ^{ns}	2,97 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-
D*M	1,94 ^{ns}	0,17 ^{ns}	2,43 ^{ns}	2,05 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,91 ^{ns}	-
Regressão - D	-	-	-	RL	RL	RL	-
DMS (5%) - M	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)	7,55	21,92	8,21	7,84	14,09	7,06	-
Médias	119,8	46,74	153,2	132,7	104,8	162,6	119.9

**, * e ^{ns} – significativo a 1 e 5% de probabilidade, e não significativo pelo teste de F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação. DMS – diferença mínima significativa. 1) $y = 127,119 + 0,07518x$ ($R^2 = 0,68$). 2) $y = 99,6350 + 0,0695x$ ($R^2 = 0,56$). 3) $y = 157,2600 + 0,0712x$ ($R^2 = 0,93$).

Tabela 10. Teores de fosforo no solo analisados por Mehlich e Resina, obtidos em coleta estratificada após a colheita da soja em função de doses de fosforo aplicado a lanço e no sulco de semeadura da cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2024/2025.

TRATAMENTOS	P Meh.	P Res.
	----- mg dm ⁻³ -----	
Dose de P (kg ha⁻¹) (D)		
0	8,91 ¹	27,16 ²
50	12,08	35,25
100	14,75	33,08
150	26,91	70,25
Modo de Aplicação (M)		
Sulco	13,16 b	37,00
Lanço	18,16 a	45,87
Profundidade (P)		
0-10 cm	16,66	44,79
10-20 cm	14,66	38,08
Teste F		
Dose - D	12,41**	6,46**
Modo - M	5,01*	1,33 ^{ns}
Profundidade - P	0,80 ^{ns}	0,76 ^{ns}
D*M	0,72 ^{ns}	1,33 ^{ns}
D*P	0,13 ^{ns}	0,25 ^{ns}
M*P	8,46**	5,12*
D*M*P	2,62 ^{ns}	1,56 ^{ns}
Regressão - D	RQ	RL
DMS (5%) - P	4,56	15,67
DMS (5%) - M	4,56	15,67
CV (%)	49,39	64,17
Médias	15,66	41,43

**, * e ^{ns} – significativo a 1 e 5% de probabilidade, e não significativo pelo teste de F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação. DMS – diferença mínima significativa. (1) $Y = 9,416667 - 0,021667x + 0,0009x^2$ ($R^2 = 0,97$), (2) $Y = 22,375 + 0,254167x$ ($R^2 = 0,70$).

Tabela 11. Desdobramento da interação entre modos de aplicação de fosforo e profundidade de coleta no teor de fosforo no solo analisado por Mehlich após a colheita da cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2024/2025.

TRATAMENTOS	Modo de aplicação	
	Lanço	Sulco
Profundidade	P Mehlich (mg kg ⁻¹)	
0 - 10 cm	22,41 aA	10,91 B
10 - 20 cm	13,91 b	15,41
DMS (5%) – (Modo)	6,45	
DMS (5%) – (Profundidade)	6,45	

^{**}, ^{*} e ^{ns} – significativo a 1 e 5% de probabilidade, e não significativo pelo teste de F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação. DMS – diferença mínima significativa.

Tabela 12. Desdobramento da interação entre modos de aplicação de fosforo e profundidade de coleta no teor de fosforo no solo analisado por Resina após a colheita da cultura da soja. Fundação MS, Maracaju, MS, 2024/2025.

TRATAMENTOS	Modo de aplicação	
	Lanço	Sulco
Profundidade	P Resina (mg kg ⁻¹)	
0 - 10 cm	57,91 aA	31,66 B
10 - 20 cm	33,83 b	42,33
DMS (5%) – (Modo)	22,17	
DMS (5%) – (Profundidade)	22,17	

^{**}, ^{*} e ^{ns} – significativo a 1 e 5% de probabilidade, e não significativo pelo teste de F, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV – Coeficiente de variação. DMS – diferença mínima significativa. (1) $Y = 8,6175 + 0,1411x$ ($R^2 = 0,78$), (2) $Y = 6,77375 + 0,292725x - 0,001903x^2$ ($R^2 = 0,95$).

CONCLUSÃO

Considerando as condições edafoclimáticas e para o período de condução do presente experimento, pode-se concluir que:

O aumento das doses de fósforo (P_2O_5 – fonte super triplo) proporcionaram aumentos na produtividade de grãos do milho safrinha, em aplicação na cultura da soja em sucessão, de 4,1 sacas/ha (2,6%) e 9,4 sacas/ha (6,0%) em relação ao tratamento sem aporte de fertilizante fosfatado após 6 anos de condução do experimento (safras 2019/20, 2020/21, 2021/22, 2022/23, 2023/24 e 2024/25) para as doses de 50 e 100 kg/ha de P_2O_5 , respectivamente, independente do modo de aplicação do fertilizante (sulco e lanço), sendo que a dose de 100 kg/ha de P_2O_5 se mantém com a maior média de produtividade durante os 6 anos de condução do experimento.

A aplicação do fertilizante fosfatado em superfície do solo de fósforo (P_2O_5) está proporcionando acúmulo de fósforo no solo na camada de solo de 0-10 cm e pode ser de 1,6 vezes superior em relação a camada de 10-20 cm, independente da dose de fósforo aplicada. Para a aplicação de fósforo no sulco de semeadura, o aumento no teor de fósforo é linear e não há diferença em relação as duas camadas avaliadas.

REFERÊNCIAS

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. How a corn plant develops. Ames: Iowa State University of Science and Technology/ Cooperative Extension Service, 1989.

BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T. & CANTARELLA, H. (ed.) Cultura do milho; fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p.63-145.