



Eficiência Agronômica e Produtividade Milho em resposta à Fontes e Doses de Fósforo

Rafael Umbelino Bento⁽¹⁾; Leonardo Willian Agapito Mendes⁽¹⁾; Lucas Brennon Romão Crispim⁽¹⁾; Rodrigo Teles Mendes⁽²⁾; Adilson Pelá⁽³⁾; Roberto dos Anjos Reis Jr⁽⁴⁾

⁽¹⁾Graduando em Agronomia UEG-Câmpus Ipameri; ⁽²⁾Eng. Agrônomo – Universidade Estadual de Goiás; ⁽³⁾Prof. Dr. Universidade Estadual de Goiás – Campus Ipameri; ⁽⁴⁾Eng. Agrônomo, D.Sc.; Wscst; roberto@wscst.com.br

RESUMO: Os objetivos deste trabalho foram avaliar as características morfológicas e a produtividade de milho em resposta à doses e fontes de fósforo e avaliar a eficiência agronômica de fertilizante fosfatado revestido com Policote Phós. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, arranjado em esquema fatorial incompleto (5x2)+1, com quatro repetições, sendo cinco doses de fósforo (20, 40, 80, 120 e 160 kg P₂O₅ ha⁻¹), duas fontes de fósforo (MAP e MAP revestido por Policote_3A) e Controle (sem fósforo). Os tratamentos foram aplicados no sulco de semeadura em 07/11/14. Na colheita (10/05/2015), foram avaliados diâmetro de colmo, altura de plantas e de inserção da 1^a espiga, diâmetro e comprimento de espiga, números de fileira de grãos/espiga, de grãos/fileira e de grãos/espiga, massa de 1000 grãos, produtividade e massas fresca e seca de parte aérea de plantas. Com os dados de produtividade foi calculado o Índice de Eficiência Agronômica do Fósforo. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão. O diâmetro de colmo, as alturas de plantas e de inserção da 1^a espiga, diâmetro e comprimento de espiga, números de fileira de grãos/espiga, de grãos/fileira e de grãos/espiga, a massa de 1000 grãos e as massas fresca e seca de parte aérea de plantas não responderam significativamente à adubação fosfatada. A adubação fosfatada aumentou a produtividade de milho. O uso do MAP revestido com Policote_3A mostrou-se mais eficiente que o MAP, pois resultou em maiores produtividades de milho e eficiência agronômica do uso do fósforo.

Termos de indexação: fertilizante de eficiência aumentada, fixação, Policote

INTRODUÇÃO

O fertilizante fosfatado é um importante recurso para agricultura atender à crescente demanda por alimentos da população mundial. O fertilizante (mineral) fosfatado tem sua produção dependente de fontes não renováveis (rochas fosfatadas), representa um percentual cada vez maior do custo de produção agrícola e apresenta baixa eficiência de utilização na agricultura, uma situação insustentável. A baixa eficiência da adubação fosfatada tem sido relatada por diferentes pesquisadores (Dorahy *et al.*, 2008; Takashi & Anwar, 2007; Murphy & Sanders, 2007). As perdas acumuladas de fósforo desde a etapa de lavra até a assimilação pelas culturas podem chegar a 98% (Cekinski, 1990). Rodrigues (1980), em estudo com

100 solos, determinou que a fixação de fósforo pode chegar até 72% da quantidade aplicada. Esta baixa eficiência é frequente em solos cultivados na região dos Cerrados, que possuem elevada acidez, alta saturação de alumínio e baixa saturação por bases. O baixo aproveitamento dos fertilizantes pelas lavouras também resulta em problemas de contaminação do meio-ambiente, os quais devem ser evitados para preservação ambiental. Devido à importância de segurança alimentar, econômica e ambiental dos fertilizantes, é necessário a realização de estudos visando o aumento da eficiência de sua utilização na agricultura. Várias estratégias têm sido utilizadas para aumentar a eficiência da adubação fosfatada. Dentre estas, o uso de fertilizantes de eficiência aumentada tem sido estudado com mais frequência recentemente. Aumento de eficiência da adubação fosfatada com uso do revestimento com Policote (polímeros com afinidade por Fe e Al) tem sido constatado por diferentes pesquisadores (Santini *et al.*, 2009; Kaneko *et al.*, 2010; Zanão & Reis Jr, 2010; Cruz & Friedrich, 2011; Zanão *et al.*, 2011; Arf *et al.*, 2012; Scudeler *et al.*, 2012; Fageria *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2013a; Silva *et al.*, 2013b). Os objetivos deste trabalho foram avaliar as características morfológicas e a produtividade de milho em resposta à doses e fontes de fósforo e avaliar a eficiência agronômica de fertilizante fosfatado revestido com Policote Phós.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na fazenda experimental da Universidade Estadual de Goiás, Campus Ipameri, utilizando Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (Embrapa, 2006), cuja análise físico-química deste na camada de 0 a 20 cm de profundidade apresentou os seguintes valores: argila = 57,5%; silte = 7,5 %; areia = 35,0 %; pH = 6,4 ; P-Mehlich = 15,9 mg dm⁻³; K = 94 mg dm⁻³; Al = 0,0 mmolc dm⁻³; Ca = 28 mmolc dm⁻³; Mg = 13 mmolc dm⁻³; H + Al = 12 mmolc dm⁻³; Zn = 0,9 mg dm⁻³; B = 0,73 mg dm⁻³; Cu = 0,7 mg dm⁻³; Fe = 13 mg dm⁻³; Mn = 2,2 mg dm⁻³; CTC = 38 mmolc dm⁻³; V = 26 %; M.O. = 33 g dm⁻³. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, arranjado em esquema fatorial incompleto (5x2)+1, com quatro repetições, sendo cinco doses de fósforo (20, 40, 80, 120 e 160 kg P₂O₅ ha⁻¹), duas fontes de fósforo (MAP e MAP revestido por Policote_3A) e Controle (sem fósforo). A parcela experimental foi formada por quatro linhas, espaçadas de 0,50 m, com cinco metros de comprimento. A área



útil da parcela foi constituída pelas duas fileiras centrais, descartando-se 0,50 m de cada extremidade, perfazendo 4,0 m². O híbrido 30F53H (70.000 pls/ha) foi semeado em 07/11/2014, após adubação com 30 kg N + 75 kg K₂O/ha⁻¹, utilizando sulfato de amônio e KCl como fontes, e aplicação dos tratamentos no sulco de semeadura. Foi realizada adubação de cobertura com 150 kg N/ ha⁻¹ + 60 kg K₂O/ ha⁻¹, utilizando sulfato de amônio e KCl como fontes, sobre a superfície do solo, quando as plantas estavam no estágio V3 (três folhas totalmente expandidas). Os demais tratamentos culturais foram realizados de forma preventiva para o controle de plantas daninhas, pragas e doenças. Na colheita (10/05/2015), após maturação fisiológica dos grãos, foram avaliados diâmetro de colmo (DC), altura de plantas (AP) e de inserção da 1^a espiga (AIE), diâmetro (DE) e comprimento (CE) de espiga, números de fileira de grãos/espiga (NFE), de grãos/fileira (NGF) e de grãos/espiga (NGE), massa de 1000 grãos (M1000), produtividade (com umidade corrigida para 14%) e massas fresca (MFPA) e seca (MSPA) de parte aérea de plantas. Para obtenção de massa seca, o material vegetal foi submetido à secagem em estufa (70°C) até peso constante. Com os dados de produtividade foi calculado o Índice de Eficiência Agrônômica do P (IEAP) observado nas fontes avaliadas, utilizando a equação descrita por Fageria (2005): Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão.

RESULTADO E DISCUSSÃO

O diâmetro de colmo (DC), alturas de plantas (AP) e de inserção da 1^a espiga (AIE), diâmetro (DE) e comprimento (CE) de espiga, números de fileira de grãos/espiga (NFE), de grãos/fileira (NGF) e de grãos/espiga (NGE) não foram significativamente influenciados pelos tratamentos (**Tabela 1**), apresentando médias de 1,86 cm, 2,35 m, 1,26 m, 50,8 cm, 16,2 cm, 15,3 fileiras/espiga, 499,3 grãos/fileira e 32,9 grãos/espiga. Estas características não foram influenciadas pela adubação fosfatada.

A massa de 1000 grãos (M1000) e as massas fresca (MFPA) e seca (MSPA) de parte aérea de plantas não foram significativamente influenciadas pela adubação fosfatada (**Tabela 1**), apresentando médias de 321,9 g, 45,9 t/ha e 37,8 t/ha, respectivamente.

A produtividade de milho foi significativamente influenciada pela adubação fosfatada, variando entre as doses e fontes de fósforo (**Figura 1**). Ao utilizar o MAP como fonte, a adubação fosfatada aumentou a produtividade de milho de 5736,6 kg/ha (controle) até o máximo de 8.730,8 kg/ha, com a dose de 104,0 kg P₂O₅/ha. Ao utilizar o MAP revestido com Policote, a adubação fosfatada aumentou de 5905,2 kg/ha (Controle) até o valor máximo de 11.370,3 kg/ha, com a dose de 97,6 kg P₂O₅/ha.

O Índice de Eficiência Agrônômica de Fósforo (IEAP) também foi significativamente influenciado pela adubação fosfatada. Com o aumento das doses da

adubação fosfatada, houve redução do IEAP (**Figura 2**). Em média, o IEAP observado ao utilizar o MAP revestido com Policote foi 70,0% superior àquele observado com a utilização do MAP.

CONCLUSÕES

O diâmetro de colmo, as alturas de plantas e de inserção da 1^a espiga, diâmetro e comprimento de espiga, números de fileira de grãos/espiga, de grãos/fileira e de grãos/espiga, a massa de 1000 grãos e as massas fresca e seca de parte aérea de plantas não responderam significativamente à adubação fosfatada.

A adubação fosfatada aumentou a produtividade de milho. O uso do MAP revestido com Policote_3A mostrou-se mais eficiente que o MAP, pois resultou em maiores produtividades de milho e eficiência agrônômica do uso do fósforo.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Goiás, Campus Ipameri, professores e funcionários, pelo apoio.

Aos colegas do grupo de pesquisa "Produz+"

REFERÊNCIAS

- ARF, M. V.; REIS JR, R. A.; PEREIRA, L. R. Adubação Nitrogenada com Ureia revestida por Policote na Cultura do Algodão. In: FERTBIO, 2012, Maceió. Anais... Maceió: SBCS, 2012. CD-ROM.
- CEKINSKI, E. Fertilizantes fosfatados. In: CEKINSKI, E.; CALMANOVICI, C.E.; BICHARA, J.M.; FABIANI, M.; GIULIETTI, M.; CASTRO, M.L.M. M.; SILVEIRA, P.B.M.; PRESSINOTTI, Q.S.H.C.; GUARDANI, R. (Ed.) Tecnologia de produção de fertilizantes. São Paulo: IPT, 1990. p.95-129.
- CRUZ, F. A. B.; FRIEDRICH, M. E. Adubação Fosfatada Na Cultura da Soja no Oeste Baiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2011, Uberlândia. Anais... Uberlândia: SBCS, 2011. CD-ROM.
- DORAHY, C. G. et al. Phosphorus Use-Efficiency by Cotton Grown in an Alkaline Soil as Determined Using 32 Phosphorus and 33 Phosphorus Radio-Isotopes. Journal of Plant Nutrition, v. 31, n. 11, p. 1877–1888, 15 out. 2008.
- Embrapa, 2006
- EMBRAPA. Cultivares de soja – regiões sul e central do Brasil. Londrina, Embrapa Soja. 62 p. 2010. (Acessado em 05/06/2011)
[http://www.cnpso.embrapa.br/download/Folheto Soja.pdf](http://www.cnpso.embrapa.br/download/Folheto%20Soja.pdf)
- FAGERIA, N. K. Soil fertility and plant nutrition research under controlled conditions: basic principles and methodology. Journal of plant nutrition, 28: 1975 – 1999. 2005.
- FAGERIA et al. Comparação da Eficiência de Fontes de Fósforo na Produção de Arroz de Terras Altas In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2013, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBCS, 2013. CD-ROM.
- KANEKO, F. H.; LEAL, A; SILVA, D. C.; REIS JR, R. A. Experimento de longa duração sobre adubação fosfatada com MAP revestido por Policote – Ano II. In: FERTBIO, 2010, Guarapari. Anais... Guarapari: INCAPER, 2010. CD-ROM.
- MURPHY, L.; SANDERS, L. 2007. Improving N and P use efficiency with polymer technology. T. Vyn (ed.) 2007



- Indiana CCA Conference Proceedings. pp. 1-13. http://www.agry.purdue.edu/CCA/2007/2007/Proceedings/Larry%20MURPHY-CA_KLS.pdf
- RODRIGUES, M. R. Fatores que afetam a fixação de fosfatos nos solos do estado de São Paulo. Piracicaba, 1980. 88p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- SANTINI, J. M. K.; PERIN, A.; GAZOLLA, P. R.; GUARESCHI, R. F. REIS JR, R. A. Adubação Antecipada na Cultura da Soja com Superfosfato Triplo e Cloreto de Potássio Revestidos por Polímeros em Condições Edafoclimáticas de Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2009, Fortaleza. Anais... Fortaleza: SBSCS, 2011. CD-ROM
- SANTOS, R. R.; ÁVILA, M. O. T.; PEREIRA, H. M. B.; MATTIELLO, E. M.; REIS JR, R. A. Absorção de P e crescimento do milho fertilizado com superfosfato triplo revestido com Policote. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2013, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBSCS, 2013. CD-ROM.
- SCUDELER, F. ; FRANCO, G. ; PRADA NETO, I. ; PEREIRA, L. R. ; REIS JR, R. A. Adubação fosfatada na cultura da soja com MAP revestido com Policote. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2012, CUIABÁ. Anais... CUIABÁ: EMBRAPA SOJA, 2012. CD-ROM.
- SILVA et al. Eficiência agrônômica da adubação fosfatada com fertilizantes de eficiência aumentada na cultura da alfafa: I. Solo Argiloso In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2013, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBSCS, 2013. CD-ROM.
- SILVA et al. Eficiência agrônômica da adubação fosfatada na cultura da alfafa com fertilizante de eficiência aumentada: II. Solo Arenoso In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2013, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBSCS, 2013. CD-ROM.
- TAKASHI, S.; ANWAR, M. R. Wheat grain yield, phosphorous uptake and soil phosphorous fraction after 23 years of annual fertilizer application to an Andosol. Field Crops Research, 101(2):160-171. 2007.
- ZANÃO Jr, L. A.; DALCHIAVON, F.; ZAGATTO, M. R.; SANTOS, C. Eficiência agrônômica do revestimento da uréia com polímero aplicada em cobertura na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2011, Uberlândia. Anais... Uberlândia: SBSCS, 2011. CD-ROM.
- ZANÃO JR, L. A.; REIS JR, R. A. R. Produtividade da Soja em Função de Doses e Fontes de Adubação Fosfatada In: FERTBIO, 2010, Guarapari. Anais... Guarapari: INCAPER, 2010. CD-ROM.

Tabela 1 – Resultados do teste F para diâmetro de colmo (DC), altura de plantas (AP) e de inserção da 1ª espiga (AIE), diâmetro (DE) e comprimento (CE) de espiga, números de fileira de grãos/espiga (NFE), de grãos/fileira (NGF) e de grãos/espiga (NGE), massa de 1000 grãos (M1000), produtividade (Prod) e massas fresca (MFPA) e seca (MSPA) de parte aérea de plantas e índice de eficiência agrônômica de fósforo (IEAP), bem como respectivas médias e coeficientes de variação observados na análise de variância do experimento.

	DC	AP	AIE	DE	CE	NFE	NGF	M1000	Prod	MFPA	MSPA	IEAP	NGE
Controle (000 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	1,66	2,18	1,24	48,52	15,20	15,37	462,4	307,0	5400	42,18	35,80	-	30,30
MAP (020 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	1,88	2,15	1,26	51,47	15,97	15,00	493,0	307,0	7833	46,45	40,01	121,65	32,97
MAP (040 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	1,74	2,86	1,19	49,03	17,30	15,77	489,8	322,1	6775	42,65	35,44	34,40	31,57
MAP (080 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	1,87	2,32	1,28	53,07	17,99	15,22	516,07	328,5	8441	45,05	36,11	38,05	33,47
MAP (120 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	2,0	2,20	1,23	53,10	16,12	15,35	534,4	324,5	9041	58,16	44,67	30,33	34,95
MAP (160 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	1,84	3,90	1,28	48,83	16,26	15,12	501,1	311,6	7716	41,62	35,55	14,50	33,15
MAP+Policote 3A (020 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	1,85	2,28	1,24	49,93	15,11	15,55	529,1	331,7	8666	46,96	37,02	163,33	34,07
MAP+Policote 3A (040 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	1,97	2,37	1,37	51,03	17,06	16,30	475,7	319,2	9666	43,0	37,80	106,65	31,92
MAP+Policote 3A (080 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	1,96	2,17	1,23	52,48	16,26	15,25	491,3	337,12	10333	48,62	41,51	61,65	32,40
MAP+Policote 3A (120 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	1,89	2,10	1,25	52,13	16,26	15,00	496,8	317,9	11591	41,38	31,60	51,58	33,15
MAP+Policote 3A (160 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	1,82	2,33	1,30	48,91	16,23	14,65	503,2	334,3	9050	48,94	40,29	22,83	34,20
Média	1,86	2,49	1,25	51,10	16,53	15,29	506,81	318,7	7961b	46,78	38,36	47,8b	33,22
MAP+Policote 3A	1,90	2,25	1,28	50,89	16,18	15,35	499,24	328,0	9861a	45,78	37,64	81,2a	33,15
000 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹	1,66	2,18	1,24	48,52	15,20	15,37	462,4	307,0	5400	42,18	35,80	-	30,30
020 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹	1,86	2,21	1,25	50,70	16,12	15,27	511,07	319,4	8250	46,70	38,51	142,5	33,52
040 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹	1,86	2,12	1,28	50,03	15,19	16,03	482,77	320,7	8220	42,83	36,62	70,5	31,75
080 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹	1,91	2,24	1,25	52,78	17,18	15,23	503,71	332,8	9387	46,83	38,81	49,9	32,93
120 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹	1,94	2,15	1,24	52,61	17,13	15,17	515,65	321,2	10316	49,77	38,14	41,0	34,05
160 kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹	1,83	3,11	1,29	48,87	16,18	14,88	502,16	323,0	8383	45,28	37,92	18,7	33,67
Média Geral	1,86	2,35	1,26	50,77	16,25	15,32	499,37	321,9	8592	45,91	37,8	64,5	32,92
CV (%)	13,33	44,8	5,32	8,48	9,26	4,12	10,66	10,86	9,35	12,19	16,30	14,30	52,9
Fcalc	0,63 ^{ns}	1,01 ^{ns}	1,96 ^{ns}	0,69 ^{ns}	1,45 ^{ns}	1,93 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,48 ^{ns}	10,36 ^{**}	1,71 ^{ns}	1,76 ^{ns}	8,39 ^{**}	0,54 ^{ns}
(ANOVA)	0,71 ^{ns}	1,27 ^{ns}	4,94 ^{**}	2,08 ^{ns}	0,35 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,61 ^{ns}	2,69 ^{ns}	1,91 ^{ns}	6,06 ^{**}	0,64 ^{ns}
Tratamentos	2,92 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,19 ^{ns}	2,15 ^{ns}	0,02 ^{ns}	2,12 ^{ns}	1,08 ^{ns}	40,85 ^{**}	1,09 ^{ns}	0,60 ^{ns}	-	2,37 ^{ns}
Blocos	0,17 ^{ns}	0,50 ^{ns}	2,26 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,95 ^{ns}	32,88 ^{**}	0,18 ^{ns}	0,17 ^{ns}	7,68 ^{**}	0,004 ^{ns}
Tratamento Adicional	0,26 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,78 ^{ns}	1,22 ^{ns}	2,40 ^{ns}	3,66 [*]	0,44 ^{ns}	0,25 ^{ns}	6,18 ^{**}	0,91 ^{ns}	0,19 ^{ns}	4,11 ^{**}	0,50 ^{ns}
Fonte	0,54 ^{ns}	1,11 ^{ns}	3,48 [*]	0,20 ^{ns}	0,56 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,30 ^{ns}	3,06 [*]	4,01 [*]	4,11 ^{**}	0,26 ^{ns}
Dose													
Fonte*Dose													

(ns) – não significativo; * - p<0,05; ** - p<0,01.

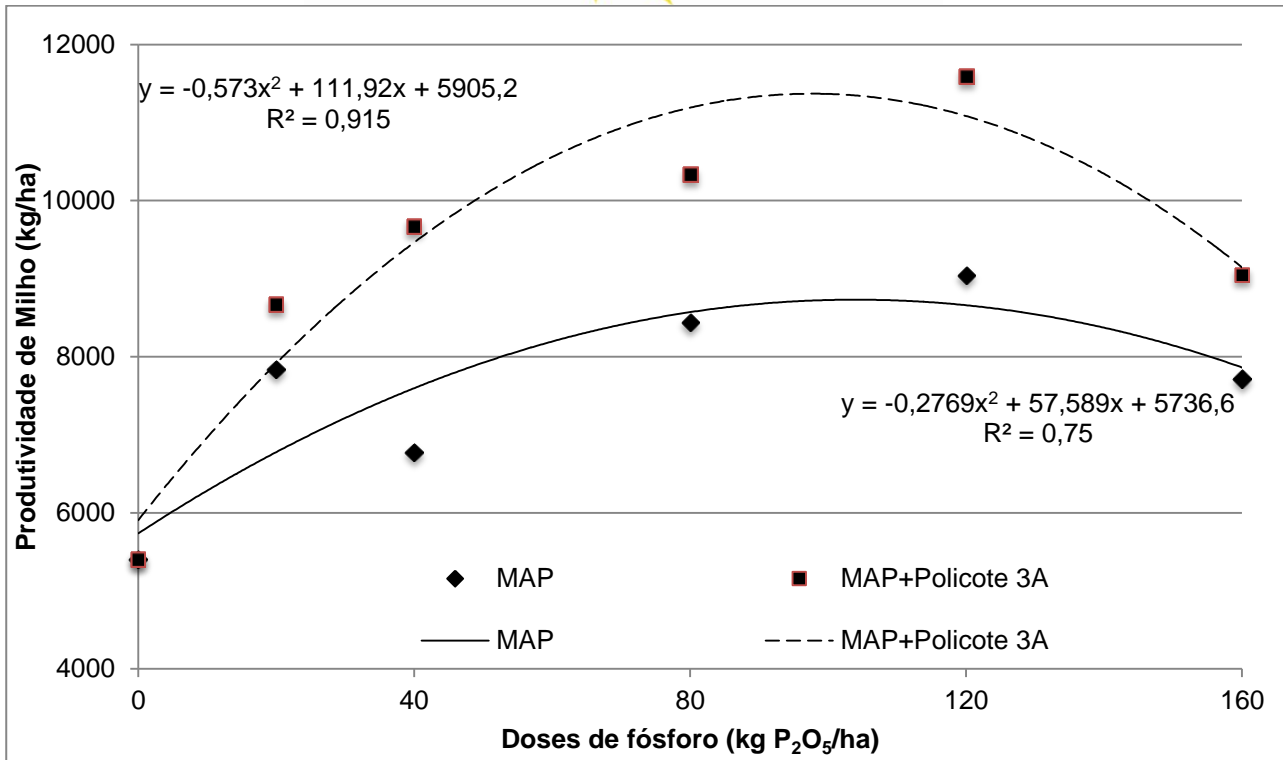


Figura 1 – Produtividade de milho em resposta à adubação fosfatada.

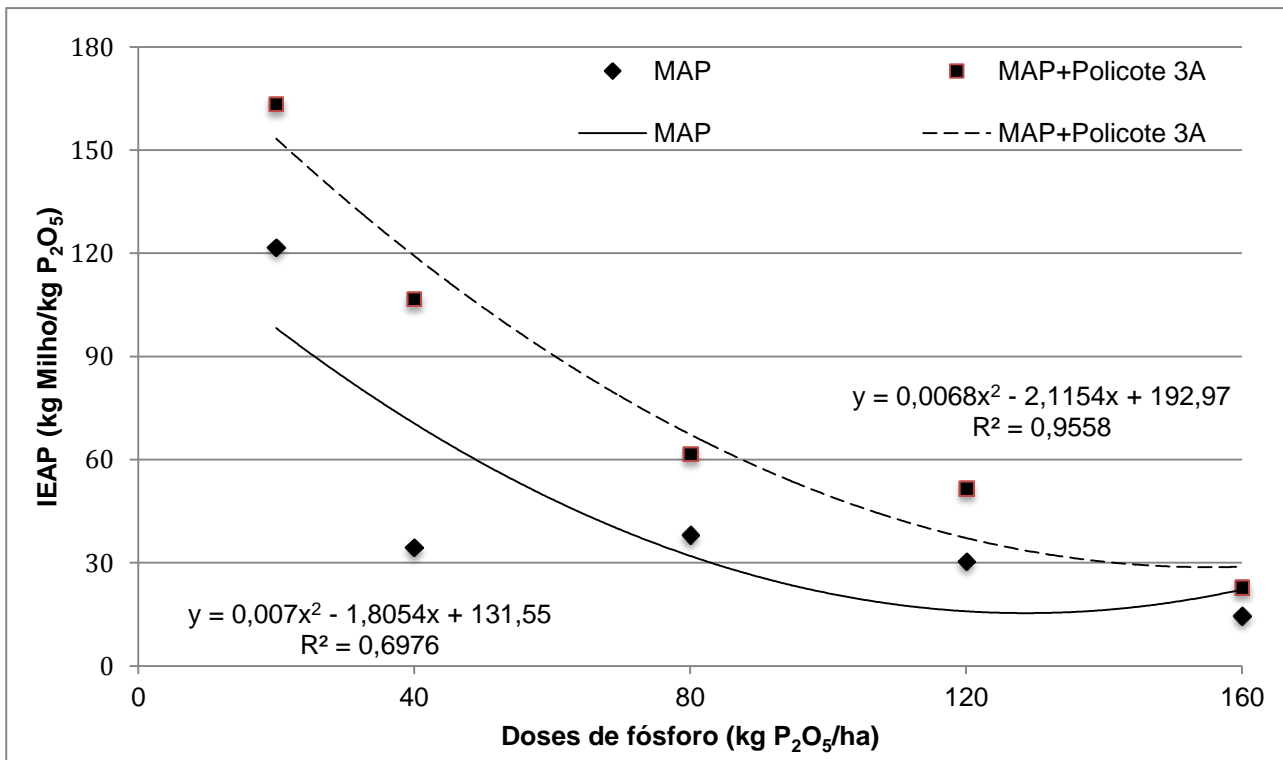


Figura 2 – Índice de Eficiência Agrônômica de Fósforo (IEAP) em resposta à adubação fosfatada.