



## Características de crescimento, fisiológicas, nutricionais e eficiência agrônômica da adubação fosfatada de plantas de café

**Douglas Ramos Guelfi Silva<sup>(1)</sup>; Wantuir Filipe Teixeira Chagas<sup>(2)</sup>; Helbert Rezende de Oliveira Silveira<sup>(3)</sup>; Thales Vinícius Mendes Mariano<sup>(4)</sup>; André Luiz Carvalho Caputo<sup>(4)</sup>; Roberto dos Anjos Reis Jr<sup>(5)</sup>.**

<sup>(1)</sup>Professor do Departamento de Ciência do Solo/Universidade Federal de Lavras (DCS/UFLA), Lavras, Minas Gerais; <sup>(2)</sup> Estudante de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Lavras, MG; <sup>(3)</sup> Doutor em Fisiologia Vegetal; <sup>(4)</sup> Estudante de Agronomia da Universidade Federal de Lavras <sup>(4)</sup> Estudante de Agronomia da Universidade Federal de Lavras, bolsista de iniciação científica do CNPq; <sup>(5)</sup> Pesquisa & Desenvolvimento; Wsct; Londrina, PR; roberto@wsct.com.br

**RESUMO:** Os fertilizantes fosfatados têm sua produção dependente de matérias-primas não renováveis e representam um percentual cada vez maior do custo de produção agrícola. Várias estratégias têm sido utilizadas para aumentar a eficiência da adubação fosfatada. Dentre estas, o uso de fertilizantes de eficiência aumentada. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características de crescimento, fisiológicas, nutricionais e a eficiência agrônômica do superfosfato triplo revestido com Policote (SFT+P) em comparação ao superfosfato triplo (SFT), sem revestimento, em plantas de café. O experimento foi delineado inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 2x5: superfosfato triplo e superfosfato triplo revestido com Policote e cinco doses de fósforo (P), 0; 5; 10; 15; 20 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/vaso, com três repetições. A parcela experimental foi formada por vasos com 14 kg de solo. Foram utilizadas mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L., cultivar Acaíá IAC 474-19) nas quais foram quantificadas: altura e massa seca de plantas, teor e acúmulo de P, área foliar, taxa fotossintética líquida e calculados índices de eficiência agrônômica. A adubação fosfatada influenciou todas as características avaliadas. As doses de P promoveram aumento no crescimento e na taxa fotossintética líquida do cafeeiro. O revestimento do SFT com Policote aumentou a altura e a massa seca das plantas, o acúmulo de P nas folhas e a taxa fotossintética líquida. A eficiência agrônômica do SFT revestido com Policote foi maior em comparação ao SFT sem revestimento.

**Termos de indexação:** *Coffea arabica* L., fertilizante fosfatado, Policote.

### INTRODUÇÃO

Os fertilizantes fosfatados são um importante recurso para agricultura atender à crescente demanda por alimentos da população mundial. Este recurso tem sua produção dependente de matérias-primas não renováveis (rochas fosfatadas) e representam um percentual cada vez maior do custo de produção agrícola. 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. Devido à importância da segurança alimentar, econômica e ambiental dos fertilizantes é necessária a realização de estudos visando o aumento do aproveitamento do P pelas plantas. Várias estratégias têm sido utilizadas para aumentar a eficiência da adubação fosfatada. Dentre estas, o uso de fertilizantes de eficiência aumentada. O aumento da eficiência da adubação fosfatada com uso do revestimento com Policote Phós (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). O objetivo deste trabalho foi avaliar as características de crescimento, fisiológicas, nutricionais e a eficiência agrônômica do superfosfato triplo revestido com Policote (SFT+P) em comparação ao superfosfato triplo (SFT), sem revestimento, em plantas de café.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, durante o ano de 2014, utilizando o horizonte B de um Latossolo Vermelho, com textura argilosa (**Tabela 1**). O experimento foi delineado inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 2x5: superfosfato triplo (SFT) e superfosfato triplo revestido com Policote Phós (SFT+P) e cinco doses de fósforo (P), 0; 5; 10; 15; 20 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/vaso, com três repetições. A parcela experimental foi formada por vasos com 14,0 kg de solo. Foram utilizadas mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L., cultivar Acaíá IAC 474-19), produzidas a partir da semeadura em areia lavada e peneirada, com cinco meses de idade (após apresentarem o 3º par de folhas verdadeiras). Os tratamentos, juntamente com adubação de 5,33 g N + 6,72 g K<sub>2</sub>O/vaso (utilizando sulfato de amônio e KCl como fontes), foram homogeneizados no solo da parcela experimental em 15/02/2014, seguido pelo transplântio das mudas de café (duas plantas/vaso), após a poda da região apical do sistema radicular das mesmas (para garantir bom pegamento). A umidade do solo das parcelas experimentais foi mantida na capacidade de campo ao longo do experimento. Foi realizada adubação foliar com B e Zn (utilizando ácido bórico e sulfato de zinco a 0,3% como fontes) aos 60 dias após o transplântio. Na



colheita (10/11/14), as plantas foram retiradas dos vasos e, com auxílio de água corrente, a parte aérea e as raízes foram lavadas sobre peneiras, seguido por secagem em estufa com circulação forçada (70 °C, até peso constante). Na colheita do experimento foram avaliados: altura (AP) e a massa seca (MSP) de plantas, teor (TP) e o acúmulo (AcP) de fósforo nas folhas, área foliar (AF) e taxa fotossintética líquida (TFL). A TFL foi avaliada por meio de analisador de gás por infravermelho (LI-6400XT Portable Photosynthesis System, LI-COR, Lincoln, USA), no 3º ou 4º par de folhas completamente expandidas, entre 9 e 10 horas (horário solar) com utilização de fonte artificial de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) em câmara fechada fixada em 1500  $\mu\text{mol}$  de fótons  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Blue + Red LED LI-6400-02B, LI-COR, Lincoln, USA). Foram calculados índices de eficiência agrônômica do fósforo (EAP) e de eficiência aparente de recuperação do fósforo (EARP), com as fontes avaliadas neste trabalho, utilizando as equações descritas por Fageria (2005). Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A AP, a MSP, o AcP, a AF, a EAP, EARP e a TFL foram significativamente influenciadas pelas fontes e doses de fósforo (**Tabela 2**). Para estas características, a média do SFT+P foi superior àquelas observadas com o SFT. A **tabela 3** ilustra o aumento, em porcentagem, das características avaliadas utilizando o SFT+P em comparação ao SFT. A AP e a MSP aumentaram em função das doses de P aplicadas. Para AP, os valores máximos foram de 75,1 e 92,9 cm nas doses de 20 e 13,4 g  $\text{P}_2\text{O}_5$ /vaso, ao utilizar SFT e SFT+P (**Figura 1a**), enquanto que, para a MSP os valores máximos de 188,0 e 233,8 g/vaso nas doses de 20 e 18,9 g  $\text{P}_2\text{O}_5$ /vaso com a aplicação de SFT e SFT+P (**Figura 1b**). O TP foi significativamente influenciado ( $p \leq 0,05$ ) apenas pelas doses de fósforo. Para cada 1 g de  $\text{P}_2\text{O}_5$  aplicada houve aumento de 0,3 g/kg no teor foliar de P (**Figura 1c**) e atingiu o valor máximo de 1,3 g/kg, na dose de 20 g  $\text{P}_2\text{O}_5$ /vaso. O acúmulo total de P nas folhas do cafeeiro aumentou linearmente com as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  aplicadas e os valores máximos de 98,64 e 147,36 mg/vaso, com à aplicação de SFT e SFT+P ocorreram na dose de 20 g  $\text{P}_2\text{O}_5$ /vaso (**Figura 1d**). Os valores de AF foram influenciados pelas doses de P e os valores máximos foram de 3.004 e 4.269  $\text{mm}^2$  nas doses de 20 e 15,6 g  $\text{P}_2\text{O}_5$ /vaso para o SFT e SFT+P (**Figura 1e**). A EAP e a EARP diminuíram linearmente, em função da dose de P. A EAP foi reduzida até valores de 4,30 e 7,43 g de massa seca/g  $\text{P}_2\text{O}_5$  com a dose de 20 g  $\text{P}_2\text{O}_5$ /vaso após a aplicação do SFT e SFT+P, respectivamente (**Figura 1f**), enquanto que a EARP foi reduzida até 4,30 e 7,42 g AcP/g  $\text{P}_2\text{O}_5$  com a dose de 20 g  $\text{P}_2\text{O}_5$ /vaso após a aplicação do SFT e SFT+P, respectivamente (**Figura 1g**). A TFL aumentou em função das doses de P aplicadas alcançando os valores máximos de 2,08 e 2,31  $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , com as doses de 20 e 17,1 g  $\text{P}_2\text{O}_5$ /vaso aplicadas na forma de SFT e

SFT+P, respectivamente (**Figura 1h**).

## CONCLUSÕES

A adubação fosfatada influenciou positivamente as características de crescimento, fisiológicas e nutricionais das plantas de café. O revestimento do superfosfato triplo com Policote Phós aumentou a altura e a massa seca do cafeeiro, o acúmulo de fósforo nas folhas, a taxa fotossintética líquida, a eficiência agrônômica da adubação fosfatada e a eficiência aparente de recuperação de fósforo em comparação ao superfosfato triplo sem revestimento.

## REFERÊNCIAS

- ARF, M. V.; REIS JR, R. A.; PEREIRA, L. R. Eficiência da Adubação Fosfatada com MAP revestido com Policote na Cultura da Soja em área de 1º ano de cultivo. 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.
- 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, N. K., HEINEMANN, A.B., REIS JÚNIOR, R.A. Comparação da eficiência de fontes de fósforo na produção de arroz de terras altas. In: Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Florianópolis, 2013.
- 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](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: SBCS, 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: SBCS, 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, D. R. G.; CHAGAS, W. F. T.; EMRICH, E. B.; SILVEIRA, M. T. P.; CAPUTO, A. L. C. Eficiência agrônômica da adubação fosfatada com fertilizantes de eficiência aumentada na cultura da alface: I. Solo Argiloso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2013, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBSCS, 2013a. CD-ROM.  
SILVA, D. R. G.; EMRICH, E. B.; CHAGAS, W. F. T.; SILVEIRA, M. T. P.; CAPUTO, A. L. C. Eficiência agrônômica da adubação fosfatada com fertilizantes de eficiência aumentada na cultura da alface: II. Solo Arenoso. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2013, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBSCS, 2013b. 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.; FAVARO, M. T. O. Eficiência Agrônômica de Fertilizante Fosfatado Revestido com Polímero na Cultura da Soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2011, Uberlândia. Anais... Uberlândia: SBSCS, 2011. CD-ROM  
ZANÃO JR, L. A.; REIS JR, R. A. Produtividade da Soja em Função de Doses e Fontes de Adubação Fosfatada. In: FERTBIO, 2010, Guarapari. Anais... Guarapari: INCAPER, 2010. CDROM.

**Tabela 1 - Análise química e física do solo utilizado no experimento.**

pH	M.O.	P-rem	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al)	SB	V
(H <sub>2</sub> O)	dag/kg	mg/L	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	g/kg	%
5,5	1,52	2,31	0,9	8,0	0,40	0,10	0,0	2,08	0,52	20,02
m	t	T	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila	Silte	Areia
%	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	g/kg	g/kg	g/kg
0,0	0,52	2,60	0,04	2,19	25,09	3,98	0,5	670	140	190

P, K, Fe, Zn, Mn, Cu - Extrator Mehlich 1; Ca - Mg - Al - Extrator: KCl - 1 mol/L; H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0; B - Extrator água quente; P-rem = Fósforo Remanescente

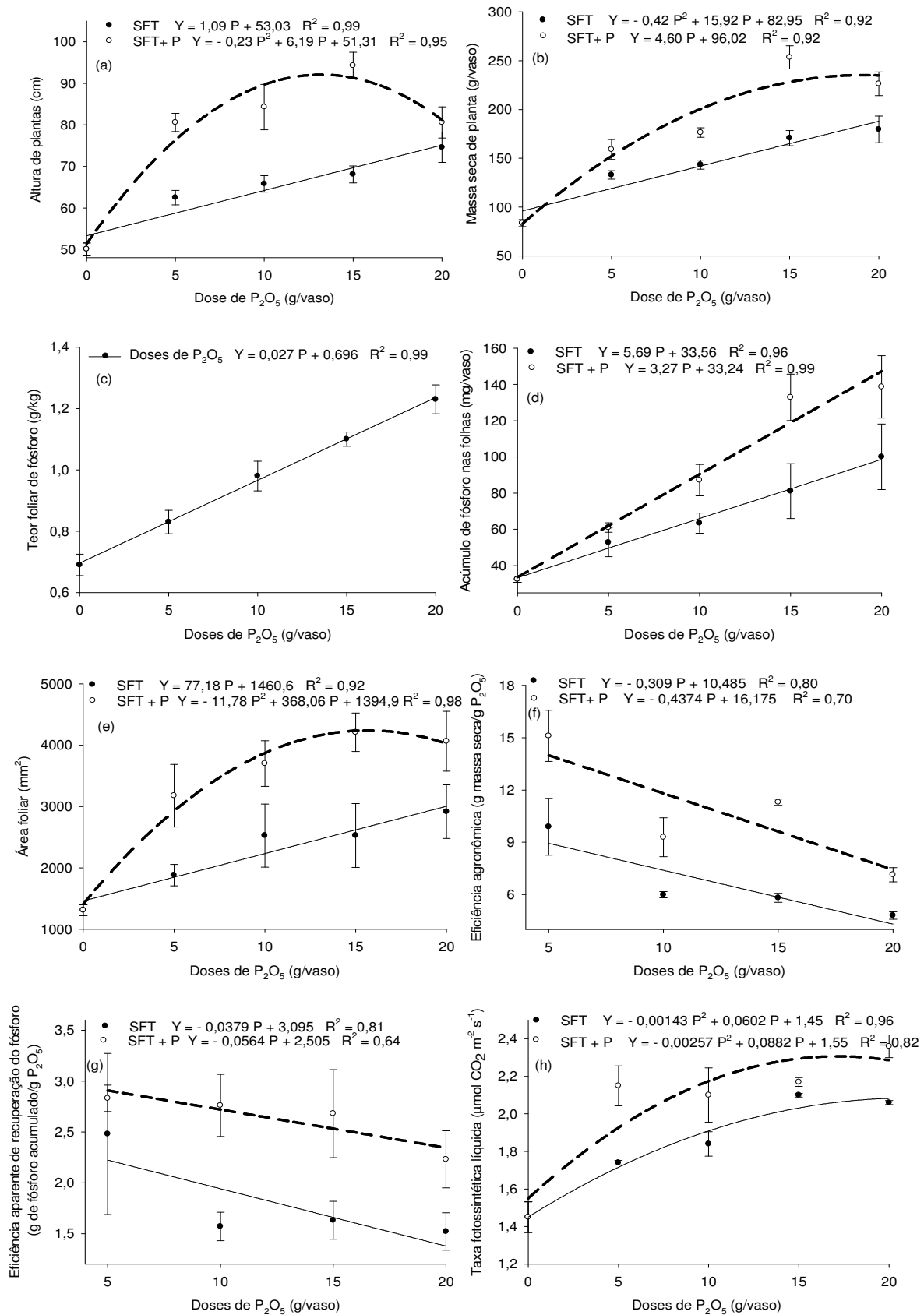
**Tabela 2 - Valores médios e teste F para altura (AP) e massa seca (MSP) de plantas, teor (TP) e acúmulo (AcP) de fósforo nas folhas, área foliar (AF) e taxa fotossintética líquida (TFL), índices de eficiência agrônômica do fósforo (EAP) e de eficiência aparente de recuperação do fósforo (EARP), em função de doses e fontes de fósforo.**

	AP (cm)	MSP (g/vaso)	TP (g/kg)	AcPF (mg/vaso)	AF (cm <sup>2</sup> )	TFL (μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	EA (g/g)	EARP (g/g)
SFT (0 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /vaso)	50,1	83,5	0,69	32,43	1309,6	1,45	-	-
SFT (5 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /vaso)	62,5	132,9	0,87	52,75	1882,1	1,74	9,89	2,48
SFT (10 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /vaso)	65,8	143,4	0,96	63,45	2525,4	1,84	5,99	1,57
SFT (15 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /vaso)	68,1	170,7	1,08	81,14	2528,8	2,10	5,81	1,63
SFT (20 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /vaso)	74,6	179,6	1,30	100,04	2915,8	2,06	4,80	1,52
SFT +Policote (0 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /vaso)	50,1	83,5	0,69	32,43	1309,6	1,45	-	-
SFT +Policote (5 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /vaso)	80,6	159,1	0,79	61,00	3176,6	2,15	15,1	2,83
SFT +Policote (10 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /vaso)	84,3	176,4	1,00	87,18	3701,1	2,10	9,29	2,76
SFT +Policote (15 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /vaso)	94,3	253,4	1,13	132,89	4210,0	2,17	11,3	2,68
SFT +Policote (20 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /vaso)	80,6	226,3	1,15	138,69	4063,9	2,36	7,14	2,23
Média								
SFT	64,2b	142,0b	0,95	65,96b	2232,4b	1,84b	6,62b	1,80b
SFT +Policote	78,0a	179,7a	0,98	90,44a	3308,4a	2,05a	10,7a	2,63a
0 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /vaso	50,1	83,5	0,69	32,43	1309,6	1,45	-	-
5 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /vaso	71,6	146,0	0,83	56,88	2529,4	1,95	12,5	2,66
10 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /vaso	75,1	159,9	0,98	75,32	3113,3	1,97	7,64	2,16
15 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /vaso	81,2	212,1	1,10	107,02	3409,9	2,13	8,57	2,15
20 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /vaso	77,6	202,9	1,23	119,36	3489,9	2,21	5,97	1,87
Média Geral	71,15	160,9	0,97	78,20	2770,4	1,94	8,67	2,21
CV (%)	7,21	9,20	9,85	9,90	38,0	6,07	22,1	18,4
Fcalc								
(ANOVA)								
Fonte	54,0**	48,6**	0,68 <sup>ns</sup>	68,79**	51,7**	22,5**	38,6**	24,94**
Dose	34,2**	72,5**	29,88**	116,74**	28,9**	37,8**	17,7**	3,85*
Fonte*Dose	6,34**	6,3**	1,23 <sup>ns</sup>	10,38**	3,78*	3,05*	1,34 <sup>ns</sup>	1,29 <sup>ns</sup>
Dose/SFTriplo	9,34**	19,6**	-	30,97**	7,21**	15,0**	-	-
Dose/SFTRiplo+Policote	31,2**	59,2**	-	96,15**	25,4**	25,8**	-	-

<sup>ns</sup> - não significativo; \* - p<0,05; \*\* - p<0,01. Médias seguidas pela mesma letra são estatisticamente iguais entre si.

**Tabela 3 - Aumento médio percentual de altura (AP) e massa seca (MSP) de plantas, acúmulo (AcP) de fósforo nas folhas, área foliar (AF) e taxa fotossintética líquida (TFL), índices de eficiência agrônômica do fósforo (EAP) e de eficiência aparente de recuperação do fósforo (EARP)**

	(%)	(%)	(%)	(%)	
AP	+ 21,5	AF	+ 48,2	AcPF	+ 37,1
MSP	+ 26,5	TFL	+ 11,4	EA	+ 61,6
				EARP	+ 46,1



**Figura 1** – Altura de plantas (cm) (a), massa seca de planta (b), teor foliar (c) e acúmulo total de fósforo (d), área foliar (e), eficiência agrônômica (f), eficiência aparente de recuperação (g), taxa fotossintética líquida (h) em função de doses de fósforo aplicadas na forma de superfosfato simples e superfosfato triplo revestido com Policote.