



Matéria Seca, Teores de Nutrientes e Eficiência Agronômica de Fontes de Fósforo em Cana-de-Açúcar

Clístenes W. A. Nascimento⁽¹⁾; Roberto dos Anjos Reis Jr⁽²⁾; Luiz Henrique Vieira Lima⁽¹⁾; Albérico Alves da Silva Júnior⁽¹⁾; Roberto Felipe da Silva⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidade Federal Rural de Pernambuco; Recife, PE, clistenes@depa.ufrpe.br

⁽²⁾ Pesquisa & Desenvolvimento; Wsct; Londrina, PR; roberto@wsct.com.br

RESUMO: O fertilizante fosfatado tem sua produção dependente de fontes não renováveis, representa percentual cada vez maior do custo de produção agrícola e apresenta baixa eficiência de utilização na agricultura, uma condição insustentável visando atender à crescente demanda por alimentos pela população. Os objetivos deste trabalho foram avaliar produção de matéria seca e teores de nitrogênio e fósforo da parte aérea da cana-de-açúcar e eficiência agronômica da adubação fosfatada em função de doses e fontes de fósforo. O experimento, delineado em blocos ao acaso, com três repetições, foi formado por fatorial 5x2, composto por cinco doses de fósforo e duas fontes de fósforo (MAP e MAP revestido por Policote). Aos 90 dias após o plantio foi realizada avaliação da produção de matéria seca e de teores de nitrogênio e fósforo da parte aérea das plantas. As características avaliadas responderam positivamente às doses de fósforo. As fontes de P testadas foram igualmente eficientes no aumento da biomassa das plantas. As plantas supridas com MAP revestido com Policote apresentaram menores concentrações de N e P para produções de matéria seca equivalentes, sugerindo um melhor aproveitamento do fósforo. O Índice de Eficiência Agronômica de Fósforo variou com as fontes utilizadas, sendo o MAP revestido com Policote mais eficiente no suprimento de P para conversão em biomassa quando comparado ao MAP. Esta resposta foi claramente dependente dos teores de argila e matéria orgânica dos solos, o que demonstra o potencial do revestimento com Policote no aumento da eficiência do uso de P em solos com alta capacidade de fixação de fósforo.

Termos de indexação: fertilizante, 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. 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 a produção de matéria seca e teores de nitrogênio e fósforo da parte aérea da cana-de-açúcar e eficiência agronômica da adubação fosfatada em função de doses e fontes de fósforo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um experimento relacionado ao estudo de diferentes fertilizantes fosfatados aplicados em doses crescentes no cultivo da cana-de-açúcar em ambiente protegido na Universidade Federal Rural de Pernambuco (Recife - PE). Para isso, foram utilizando dois tipos de solo, cujas caracterizações estão descritas na **tabela 1**. O experimento, delineado em blocos ao acaso, com três repetições, foi formado por um fatorial 5x2, sendo composto por cinco doses de fósforo (0 ; 100 ; 200 ; 400 e 800 mg P₂O₅ dm⁻³) e duas fontes de fósforo (MAP: 11-52-00 e MAP revestido por Policote: 10-49-00). A parcela experimental foi formada por um vaso contendo 12 kg de solo. Em 25/08/14 foi realizada calagem com homogeneização de carbonato de cálcio e óxido de magnésio P.A. (26,2 e 15,6 g/dm³ solo, na proporção molar de 3:1 de CaCO₃:MgO) com o solo da parcela experimental, com dose de corretivo para elevar o pH dos solos para 6,5 baseada em curva de incubação prévia. Após a adição do corretivo, o solo foi mantido com umidade



próxima à capacidade de campo por 18 dias. Em 12/09/14 foram aplicados os tratamentos, juntamente com adubação com $250 \text{ mg dm}^{-3} \text{ N}$ (complementar à dose de N do MAP) + $150 \text{ mg dm}^{-3} \text{ K}$, utilizando-se sulfato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente, como fontes. Os fertilizantes foram homogeneizados no solo da parcela experimental, seguido do plantio de mudas micropropagadas da variedade RB951541. A umidade do solo nos vasos foi mantida a 80% da CC mediante pesagens e irrigação diárias. Aos 90 dias após o plantio foi realizada a coleta das plantas com determinação matéria seca da parte aérea das plantas, após secagem em estufa de circulação forçada de ar, e teores de nitrogênio e fósforo, por meio de digestão do material vegetal, seguindo o método 3051A (USEPA, 1998). Amostras de 1,000 g da parte aérea foram colocadas em tubos de teflon aos quais foram adicionados 9 mL de HNO_3 e 3 mL de HCl (pa). O conjunto foi mantido em sistema fechado (micro-ondas), por 8'40" na rampa de temperatura, tempo necessário para atingir 175°C , mantendo-se esta temperatura por mais 4'30". Os teores de P foram determinados por colorimetria. Visando a determinação do teor de N nas plantas, foi também realizada a digestão sulfúrica das amostras com determinação do elemento por destilação-titulação (Embrapa, 2009). Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão. Foi calculado ainda o Índice de Eficiência Agronômica do P observado nas fontes avaliadas com a dose de 200 mg dm^{-3} , utilizando a equação descrita por Fageria (2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doses de P aumentaram a produção de matéria seca das plantas (**Figura 1**). No geral, as doses entre 100 e 200 mg dm^{-3} de P_2O_5 proporcionaram as melhores respostas. A resposta às doses de fósforo é explicada pelos baixos teores deste elemento observados no solos utilizados neste experimento. Tais solos não apresentaram alto poder de retenção de fósforo, explicado pelos teores de P-rem observados nestes. Isto, possivelmente, explicaria a ausência e resposta às fontes de fósforo utilizadas neste trabalho, em uma situação em que existe resposta à adubação fosfatada. Aumento de produtividade com o uso de fontes de fósforo revestidas com Policote foram observadas por vários autores (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). Entretanto, estes autores utilizaram solos de Cerrado, que normalmente apresentam alto poder de fixação de fósforo.

As doses de fósforo, para ambas as fontes e para ambos os solos, aumentaram linearmente as concentrações de P (**Figura 2**) e N (**Figura 3**) nas plantas. Foi observada que as plantas supridas com

MAP revestido com Policote apresentaram teores mais baixos de N e P em seus tecidos, para produções de biomassa semelhantes. Isso sugere um melhor aproveitamento destes nutrientes pelas plantas, o qual foi confirmado pelos dados de eficiência agronômica das fontes, apresentados abaixo.

O MAP revestido com Policote, neste caso, apresentou a melhor eficiência para ambos os solos, sendo a eficiência mais alta observada para o solo 1 (**Tabela 2**), provavelmente devido aos seus mais baixos teores de P e aos mais elevados teores de matéria orgânica e argila (**Tabela 1**). Em solos com maior capacidade tampão, onde elevados doses de P são requeridas para obtenção de elevadas produtividades, o uso de fontes de P mais eficientes é essencial para redução dos custos com adubação e dos possíveis riscos ambientais com o uso de doses elevadas do elemento. O aumento da eficiência agronômica do fósforo ao utilizar adubo fosfatado revestido com Policote também foi observada por vários autores (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)

CONCLUSÕES

Foram observadas respostas positivas das doses crescentes de P, para os dois solos em estudo, sobre as produções de matéria seca das plantas de cana-de-açúcar, sendo as doses de 100 e 200 mg dm^{-3} aquelas de melhor resposta agronômica. As fontes de P testadas (MAP e MAP revestido com Policote) foram igualmente eficientes no aumento da biomassa das plantas.

As doses e fontes de P aumentaram linearmente os teores de N e P nas plantas. As plantas supridas com MAP revestido com Policote apresentaram menores concentrações de N e P para produções de matéria seca equivalentes, sugerindo um melhor aproveitamento do fósforo.

O Índice de Eficiência Agronômica de Fósforo (IEAP) variou com as fontes utilizadas, sendo o MAP revestido com Policote mais eficiente no suprimento de P para conversão em biomassa quando comparado ao MAP. Este resposta foi claramente dependente dos teores de argila e matéria orgânica dos solos, o que demonstra o potencial do revestimento com Policote no aumento da eficiência do uso de P em solos com alta capacidade de fixação de fósforo.

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 ³²P and ³³P Radio-Isotopes. Journal of Plant Nutrition, v. 31, n. 11, p. 1877-1888, 15 out. 2008.

EMBRAPA. Manual de Análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2ª Edição. Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

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

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: SBCS, 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: SBCS, 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.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. Method 3051a – Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. 1998. Revision 1 Feb 2007. 30p. Disponível em <<http://www.epa.gov/epawaste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3051a.pdf>> acessado em: 25 fev. 2010.

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: SBCS, 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

	pH	M.O.	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	V	m	Argila	P-rem
Solo	(H ₂ O)	g/kg	mg/dm ³		-----	mmol/dm ³	-----		---- % ----		g/kg	mg/L
1	4,87	70,29	12	1,60	21,5	7,0	3,5	77,5	28,0	3,2	180	38
2	5,11	39,76	14	2,00	28,5	12,5	6,5	61,0	41,0	6,2	130	46

P, K - Extrator Mehlich 1; Ca - Mg - Al - Extrator: KCl - 1 mol/L; H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0.

Tabela 2 – Índice de Eficiência Agrônômica de Fósforo (IEAP) de duas fontes do nutriente (MAP e MAP revestido com Policote), na dose 200 mg dm⁻³, para cana-de-açúcar

Fertilizante	Solo	PCP ¹ (kg/ha)	PSP ² (kg/ha)	DAP ³ (kg/ha)	IEAP(%)
MAP	1	9527,25	8679,94	400	2,12
MAP+Policote	1	9722,44	8486,54	400	3,10
MAP	2	10960,58	9999,82	400	2,40
MAP+Policote	2	11318,58	10284,56	400	2,60

¹) Produtividade com fósforo; ²) Produtividade sem fósforo; ³) Dose aplicada de fósforo

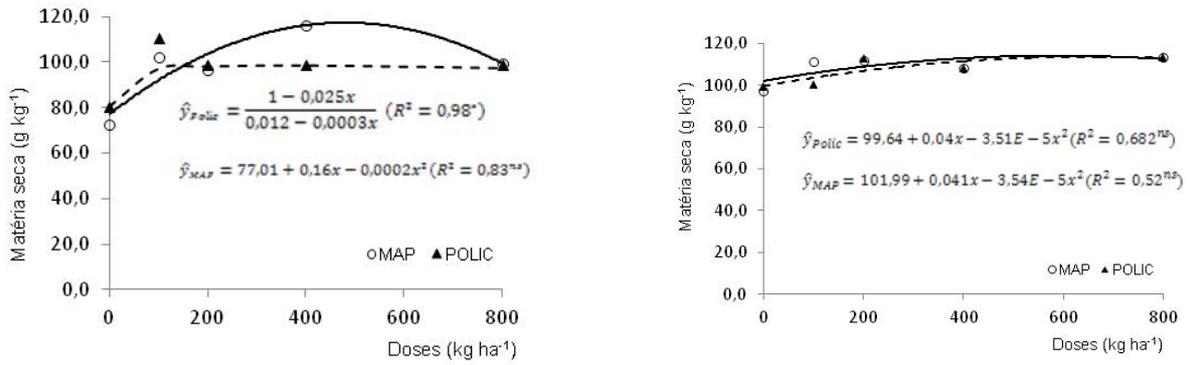


Figura 1 – Produção de matéria seca da parte aérea de plantas de cana-de-açúcar submetidas a doses crescentes de fósforo nas formas de MAP e de MAP revestido com Policote em dois tipos de solos.

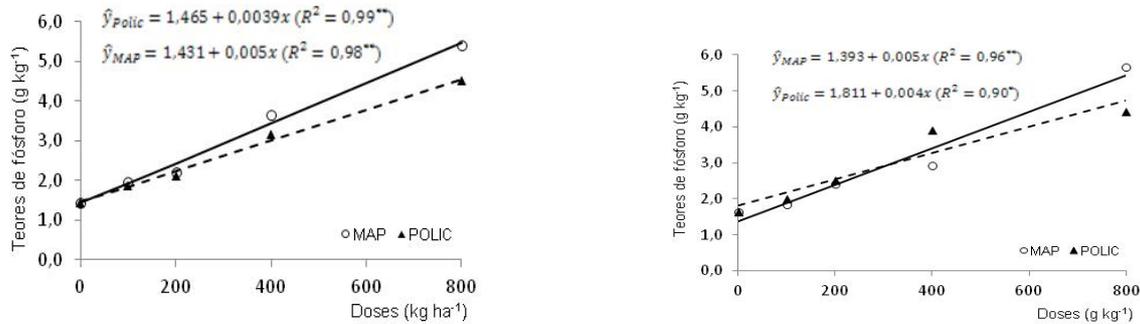


Figura 2 – Efeito de doses e fontes de P, aplicadas em dois tipos de solo, sobre as concentrações de fósforo em plantas de cana-de-açúcar.

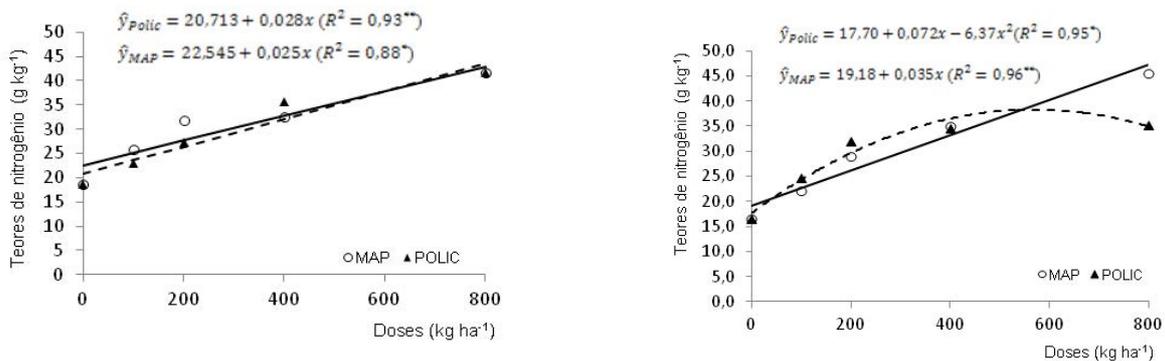


Figura 3 – Efeito de doses e fontes de P sobre as concentrações de nitrogênio em plantas de cana-de-açúcar.