

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE FONTES ALTERNATIVAS DE FÓSFORO  
EM CULTIVO DE CANA PLANTA**

Bruno Nicchio<sup>1\*</sup>, Gaspar Henrique Korndörfer<sup>2</sup>, Hamilton Seron Pereira<sup>2</sup>;  
Gustavo Alves Santos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Trabalho parte de Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Campus Umuarama, Cx. P. 593, CEP: 36.800-000, Uberlândia, MG, BR. \*autor correspondente; E-mail: bruno\_nicchio@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), Campus Umuarama, Uberlândia, MG, BR.

<sup>3</sup>KP Consultoria, Uberlândia, MG, BR.

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar o desempenho de fertilizantes aplicados ao solo no sulco de plantio da cana planta, na produtividade agroindustrial do primeiro corte de cana-de-açúcar (variedade RB 86-7515), cultivada em um Latossolo Vermelho distrófico álico. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições. Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 5 x 2 + 1. O primeiro fator constituiu-se pelas cinco fontes de P, o segundo fator pelas doses e o tratamento adicional constou-se na ausência da aplicação de fertilizante fosfatado. Os tratamentos foram: testemunha (sem aplicação de P) e doses de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; com superfosfato triplo (SFT), fosfato vale 1 e 2, fosfato acidulado parcialmente calcinado farelado e granulado. As fontes alternativas de fósforo (fosfato vale 1 e 2, fosfato acidulado parcialmente calcinado farelado e granulado) não foram eficientes em aumentar a produção de colmos e açúcar mas os fosfatos vale 1 e 2 foram eficientes em aumentar os teores de fósforo no solo, profundidade 0 a 20 cm. A Eficiência Agronômica Relativa calculada com base na produtividade do primeiro corte da cana diminuiu na seguinte ordem: superfosfato triplo (100%) > fosfato vale 1 (78%) > fosfato vale 2 (76%) > fosfato acidulado parcialmente calcinado farelado (69,7%) > fosfato acidulado parcialmente calcinado granulado (49,3%). A aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> via superfosfato triplo e 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> via fosfato vale 2 proporcionaram maior lucratividade por hectare que às demais fontes de fósforo.

**Palavras-chave:** adubação fosfatada, produtividade e *Saccharum* spp.

**AGRONOMIC EFFICIENCY OF ALTERNATIVE PHOSPHORUS SOURCES IN  
PLANT CANE CULTIVATION**

**ABSTRACT:** Therefore, the performance of fertilizers applied in the bottom of plant cane furrows on agro industrial yield in the first harvest of cane (cultivar RB 86-7515), was evaluated on a Latossolo Vermelho distrófico álico. The experimental design was randomized blocks, with four replications. Treatments were arranged as a 5 x 2 + 1 factorial. The first factor consisted of five P sources, the second one by doses, and the additional treatment consisted of the lack phosphate fertilization. Treatments were: control (no P fertilization) and doses of 200 or 400 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> using triple superphosphate (SFT), decanted phosphate, precipitate phosphate, mealed natural phosphate and granulated natural phosphate. Alternative phosphorus sources (vale 1 and 2 phosphates, mealed partially calcinated acidified phosphate and the granulated one), were not effective on increasing stalk and sugar production but vale phosphates

1 and 2 were effective to increase P soil content. Relative Agricultural Efficacy was determined based on yield of the first harvest of cane and decreased in the following order: triple superphosphate (100%) > vale phosphate 1 (78%) > vale phosphate 2 (76%) > mealed partially calcinated acidified phosphate (69.7%) > granulated partially calcinated acidified phosphate (49.3%). Application of 200 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> by triple superphosphate and 400 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> by vale phosphate 2 resulted in greater profitability per hectare in comparison to the others phosphorus sources.

Key words: phosphate fertilization, yield and *Saccharum* spp.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), cuja cadeia produtiva gera milhões de postos de trabalho, desenvolvimento de novas tecnologias e produção dos mais variados produtos, como açúcar, etanol, celulose, biogás, energia pela biomassa (bagaço), palha até a venda de créditos de carbono. Isso justifica as crescentes pesquisas voltadas para obtenção de maiores incrementos na produtividade. Na safra 18/2019, a produção total de cana-de-açúcar foi estimada em 615,8 milhões de toneladas e produtividade de 71,32 t ha<sup>-1</sup> em uma área total de 8.634,2 mil hectares, distribuídas em todos estados produtores (Conab, 2018). A produção de etanol deverá alcançar um patamar de 29 bilhões de litros, em razão da preferência pela produção de açúcar que deve alcançar uma produção de 39,46 milhões de toneladas na safra 2017/2018 e até 47,34 milhões de toneladas até 2018/2019 (Nascimento, 2016; Conab, 2018).

Conforme descrito na literatura o P é um dos nutrientes essenciais que exerce função chave no metabolismo dessa cultura, sendo importante em uma série de processos fisiológicos das plantas como desdobramento de açúcar e formação de sacarose (matéria-prima para a produção de açúcar e álcool). O melhor enraizamento, perfilhamento e absorção de outros nutrientes são favorecidos pelo provimento deste nutriente em quantidade e forma correta, pela prática da adubação fosfatada. Apesar disso, somente de 10 a 15% do P aplicado nos solos de Cerrado via adubação é aproveitado pela cultura o que eleva os custos de produção devido aos problemas enfrentados nos solos de Cerrado (Raij, 2011; Rein et al., 2015; Cruz et al., 2018; Garcia et al., 2018).

Na cultura da cana-de-açúcar a adubação fosfatada tem sido realizada comumente com aplicação de fosfatos solúveis, que também encarece o manejo da adubação na cultura. Entretanto, têm-se buscado fontes alternativas, como fosfatos de menor solubilidade que

apresentam menor custo. Essas fontes alternativas são resultantes de resíduos gerados pelas indústrias de adubos através da fabricação de macronutrientes e que poderiam provocar danos ao ambiente. Deste modo o tratamento e beneficiamento destes resíduos poderiam resultar em adubos alternativos para o setor agrícola (Rein et al., 2015; Lisboa et al., 2016).

As utilizações desses resíduos visam não somente a reutilização, mas substituir o uso de fontes convencionais e a necessidade que a cultura tem de fósforo ao longo do seu ciclo. Esses fosfatos podem apresentar maior efeito residual e com isso favorecer o melhor aproveitamento pela cana, cultura que apresenta um ciclo médio de 18 meses para cana planta e 12 meses para cana soca (Sousa et al., 2015; Rein et al., 2015; Lisboa et al., 2016). Vários estudos na literatura indicam que as fontes solúveis proporcionam melhores resultados em curto prazo, já as fontes insolúveis apresentam melhores efeitos residuais depois de certo tempo ou resultados semelhantes às fontes solúveis (Sousa et al., 2015; Santos et al., 2012; Fink et al., 2016; Fiorini et al., 2016).

Diante do exposto, estabeleceu-se como hipótese que o uso de fontes alternativas de P na cultura da cana-de-açúcar aplicadas no sulco de plantio poderia proporcionar incremento na produtividade, semelhante às fontes solúveis comumente utilizadas. Desta forma, objetivou-se avaliar o desempenho de fertilizantes fosfatados aplicados ao solo no sulco de plantio da cana planta, na produtividade agroindustrial do primeiro corte de cana-de-açúcar (variedade RB 86-7515), cultivada em um Latossolo Vermelho distrófico álico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de 2013 a 2014, na Fazenda Paraíso 2, utilizada pela Companhia Mineira de Alcool e Açúcar (CMAA), localizada no município de Uberaba-MG. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distrófico álico, com 20% de argila (Santos et al., 2018), cujas características químicas e físicas são apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1** - Caracterização química das amostras de solo utilizadas no experimento.

pH CaCl <sub>2</sub>	P-Meh	P-Res	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	CTC a pH 7,0	V
	---mg dm <sup>-3</sup> ---				-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			----%----	
5,3	9,1	6,0	0,3	1,6	1,0	1,10	2,9	4,0	72

Ca, Mg = (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); P = (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol L<sup>-1</sup>); H+Al = acidez potencial (Acetato de cálcio); V= Saturação por bases.

O experimento foi instalado adotando-se delineamento experimental em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições. Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial  $5 \times 2 + 1$ .

O primeiro fator constituiu-se de cinco fontes de fertilizantes fosfatados: superfosfato triplo (sendo o SFT considerado como tratamento padrão, ou seja, controle positivo em relação às fontes alternativas testadas), fosfato vale 1 e 2, fosfato acidulado parcialmente calcinado farelado e granulado. O segundo fator constituiu-se das doses de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. O tratamento adicional foi à testemunha, ausência da aplicação de fertilizante fosfatado. Além disso, também foi utilizado um tratamento com 100 kg ha<sup>-1</sup> de SFT objetivando calcular o equivalente em SFT via regressão.

As características químicas dos fosfatos utilizados neste experimento encontram-se na tabela 2.

**Tabela 2** - Caracterização dos fertilizantes fosfatados, com relação aos teores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em CNA+H<sub>2</sub>O, Ca, Mg e S.

Fontes	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				Ca	Mg	S
	H <sub>2</sub> O	CNA <sup>1</sup> +H <sub>2</sub> O	ÁC <sup>2</sup> 1:100	Total	Total	Total	Total
	----- % -----						
SFT <sup>3</sup>	37	41	-	45	13	-	-
Fosfato Vale 2	2,4	12	-	14	12	-	-
Fosfato Vale 1	1,2	3	-	7	20	-	-
FAPC Farelado <sup>4</sup>	-	16	-	28	14	1	8
FAPC Granulado <sup>4</sup>	-	16	-	28	14	1	8

<sup>1</sup>CNA = citrato neutro de amônio; <sup>2</sup>ÁC = ácido cítrico a 2 %; <sup>3</sup>Superfosfato triplo; <sup>4</sup>fosfato acidulado parcialmente calcinado; <sup>5</sup>Fosfato Natural Alvorada; Segundo ABNT n° 18<sup>3</sup> e 36<sup>4</sup>.

As parcelas experimentais foram compostas por cinco linhas de 10 m de comprimento (75 m<sup>2</sup>) espaçadas em 1,5 m entre si e 2 m nas cabeceiras. Após aplicação dos tratamentos realizou-se o plantio da cana variedade RB 86-7515, na profundidade de 35 - 40 cm. Foi realizada adubação de plantio manualmente com aplicação dos tratamentos e 45 kg ha<sup>-1</sup> N (150 kg ha<sup>-1</sup> NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) + 150 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O (250 kg ha<sup>-1</sup> KCl) e no quebra lombo com OM (Organomineral) 05-12-22 + 0,5 % B na dose de 530 kg ha<sup>-1</sup>. No cobridor foi utilizado Regente (0,25 kg ha<sup>-1</sup>) mais Comet (0,5 L ha<sup>-1</sup>).

No momento da colheita da cana planta (18 meses), a cana de cada parcela foi cortada crua e manualmente de nove metros lineares, sem falha, das três linhas centrais da parcela, despontada e em seguida pesada com o auxílio de um tripé acoplada a uma balança (capacidade

para 0,5 a 2 t) para determinação do peso de cada uma das parcelas. O peso de colmos obtido foi extrapolado para  $t\ ha^{-1}$ , resultando nos valores de TCH (tonelada de colmos por hectare).

Além disso, foram retirados 10 colmos cortados em cada uma das parcelas, amostrando o material colhido para envio ao laboratório e determinação do Açúcar Teórico Recuperado (ATR) ( $kg\ TC^{-1}$ ) de acordo com metodologia de Consecana (2006). Utilizando-se os resultados de produção de colmos por hectare (TCH) e os valores de Pol da cana (%) foram calculados os valores de produção de açúcar por hectare (TAH) de cada um dos tratamentos.

Após a colheita da cana planta foram retiradas amostras de solo nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade. As coletas foram realizadas com auxílio de um trado acoplado em um motor a gasolina, amostrando-se dois pontos em cada uma das cinco linhas da parcela para cada amostra composta. As amostras, depois de homogeneizadas foram secas ao ar e posteriormente submetidas à análise de P (extraído com Mehlich1 e Resina) e Ca, seguindo metodologia descrita pela Embrapa (2009).

Segundo Sousa et al. (2015), utilizando a diferença de produtividade entre os tratamentos que receberam aplicação de fertilizantes fosfatados e a testemunha, calculou-se o lucro estimado com a aplicação de 200 e 400  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  via fertilizantes fosfatados antes do plantio da cana-de-açúcar levando em consideração o preço do  $kg$  de  $P_2O_5$  pago na usina, o custo de aplicação desses fertilizantes, o ganho de produtividade (lucro) dos fertilizantes fosfatados em relação à testemunha e o preço médio pago pela tonelada de cana-de-açúcar.

Os dados foram submetidos à análise de variância (Teste F,  $p>0,05$ ) havendo significância as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância com auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2014), e cada tratamento comparado com a testemunha pelo teste de Dunnett ( $p>0,05$ ) com auxílio do programa estatístico ASSISTAT versão 7.6 beta (Silva, 2016). As doses crescentes de SFT foram submetidas à análise de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados abaixo (tabela 4) indicam que não foi observada influência significativa das fontes de P em cada dose de  $P_2O_5$  sobre a tonelada de colmos por hectare (TCH) e açúcar (TAH). No entanto, maiores acréscimos nas médias de produtividade com aplicação de SFT

(184,4 t ha<sup>-1</sup>), e FP (175,7 t ha<sup>-1</sup>) foram apresentados. A TCH média variou de 153,7 a 184,4 t ha<sup>-1</sup> e de TAH de 24,1 a 29,1 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 4).

Apesar de não ser demonstrada diferença significativa, segundo Santos et al. (2009), a adubação fosfatada influencia positivamente o rendimento agrícola da cana planta. Os autores verificaram que o superfosfato triplo apresentou o melhor desempenho, dentre outras estudadas. Teixeira et al. (2014), indicaram que a produção de colmos e o rendimento de açúcar da cana planta aumentaram com as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fornecidas por SFT e organomineral. Mesmo não sendo observada diferença significativa, observou-se que a produtividade em plantas que receberam aplicação de SFT de forma localizada (sulco), foi superior em uma avaliação de primeiro ano.

**Tabela 4** - Tonelada de colmos por hectare (TCH) e tonelada de açúcar por hectare (TAH) em função da aplicação de diferentes fertilizantes fosfatados no plantio da cana planta (Variedade RB 86-7515), CMAA, Uberaba - MG.

Tratamentos	TCH				TAH			
	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )				Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )			
	0	100	200	Média	0	100	200	Média
	----- t ha <sup>-1</sup> -----							
Testemunha	153,7	-	-	153,7	24,1	-	-	24,1
SFT <sup>1</sup>	-	188,8	180,0	184,4 a	-	30,2	28,1	29,1 a
F. Vale 1	-	165,4	185,9	175,7 a	-	25,6	28,6	27,1 a
F. Vale 2	-	173,8	178,7	176,3 a	-	27,1	28,6	27,8 a
FAPC <sup>2</sup> Farelado	-	176,1	173,6	174,9 a	-	27,8	27,3	27,5 a
FAPC <sup>2</sup> Granulado	-	158,7	175,9	167,3 a	-	24,9	27,0	26,0 a
CV (%)	10,24				6,35			
DMS	36,36				11,43			

<sup>1</sup>Superfosfato Triplo; <sup>2</sup>Fosfato Decantado; <sup>3</sup>Fosfato Precipitado; <sup>4,5</sup>Fosfato Acidulado Parcialmente Calcinado; Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância; \* significativo pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Korndörfer e Melo (2009), observaram respostas positivas na produção de colmos em cana planta pelo incremento das doses de superfosfato triplo aplicado de forma localizada, mesmo não observando diferença significativa entre fontes de P nas formas fluída e sólida (Superfosfato Triplo e Simples, Ácido Fosfórico e Ácido Fosfórico + Fosfato Natural). Caione (2011), também não observou diferença significativa na produtividade de cana planta pela aplicação de diferentes fontes de P no sulco de plantio (fosfato de Arad, farinha de ossos e SFT), apresentando uma produção média de colmos de 142 t ha<sup>-1</sup>.

Solos mais argilosos que apresentam maior capacidade de adsorção de P e necessitam de maiores dosagens quando comparados a solos mais arenosos, porém esses solos podem favorecer a solubilização de fosfatos naturais, o que pode justificar a falta de diferenças significativas (Novais e Smyth, 1999; Valladares et al., 2003; Rein et al., 2015). Assim como proposto neste experimento, uma das opções para reduzir a fixação do P aplicado via fertilizantes ao solo seria o aumento da concentração do nutriente em volume restrito do solo (localização), com isso, reduzindo o volume total de solo fertilizado em contato com a dose de P aplicada. No entanto, a localização excessiva do fertilizante fosfatado pode favorecer ao desenvolvimento insuficiente do sistema radicular. Apesar disso, tem-se sugerido também a aplicação do fosfato insolúvel localizada na linha de plantio, de forma a privilegiar a planta no aproveitamento do P oriundo do fosfato natural, minimizando o dreno do nutriente no solo, todavia, no meio científico esses aspectos ainda permanecem contestáveis. Ainda existem muitas divergências quanto a melhor forma de utilização das diversas fontes fosfatadas disponíveis do país (Novais e Smyth, 1999; Rein et al., 2015).

Outro fato que deve ser destacado é o teor inicial de P no solo ( $9,1 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $6,0 \text{ mg dm}^{-3}$  de P extraídos por Mehlich1 e Resina), pois de acordo com Albuquerque et al. (1980), a resposta da cultura à adubação fosfatada foi dependente da disponibilidade de P no solo, porém, não houve resposta da cana à adubação fosfatada quando os teores foram iguais ou superiores a  $9 \text{ mg dm}^{-3}$  de P em áreas cultivadas com cana-de-açúcar em Alagoas. Do mesmo modo Weber et al. (1993), obtiveram resultados mais consistentes em área onde o teor de fósforo nativo encontrava-se abaixo de  $9 \text{ mg dm}^{-3}$ .

Os resultados dos totais de açúcar por  $\text{ha}^{-1}$  (TAH) não foram influenciados pelas fontes e doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Porém, na dose de  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  os tratamentos com SFT e FAPC farelado, quando aplicados apresentaram diferença de TAH de 2,1 e  $0,5 \text{ t ha}^{-1}$  nos mesmos tratamentos. Mesmo não sendo observada diferença significativa, o tratamento SFT e FD apresentou acréscimo no TAH de 3,7 e  $3 \text{ t ha}^{-1}$  em relação à testemunha. Avaliando a produção acumulada de açúcar (cana planta + cana-soca), Korndörfer et al. (1998), observaram um aumento de 17,8 para  $21,6 \text{ t ha}^{-1}$  com aumento de doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Também Teixeira et al. (2014), verificaram que a adição das doses crescentes de  $\text{P}_2\text{O}_5$  promoveu resposta positiva e linear sobre o rendimento de açúcar da cana planta em vasos quando foi aplicado o fertilizante organomineral.

Os resultados dos teores de fósforo (P) extraídos por Mehlich1 na profundidade de 0 – 20 cm demonstram que o tratamento F. Vale 1 (34 mg dm<sup>-3</sup>) apresentou maiores teores médios (Tabela 5). Na dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> também foram observados incrementos nos teores de P extraídos por Mehlich1 no tratamento F. Vale 2 (33,3 mg dm<sup>-3</sup>) em relação à testemunha (7,3 mg dm<sup>-3</sup>). Na profundidade de 20 – 40 cm não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, porém nota-se que os maiores incrementos nos teores de P extraídos por Mehlich1 foram observados nos tratamentos F. Vale 1, 2 e SFT (Tabela 5).

Maiores incrementos nos teores de P extraídos por Resina na profundidade de 0 – 20 cm foram observados nos tratamentos F. Vale 1 e 2 na dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> em relação à testemunha.

**Tabela 5** - Teores de fósforo (P) extraídos por Mehlich1 e Resina, em um Latossolo Vermelho (0-20 cm e 20-40 cm) em função da aplicação de diferentes fertilizantes fosfatados no plantio da cana planta (Variedade RB 86-7515), CMAA, Uberaba - MG.

Tratamentos	P – Mehlich1							
	0 – 20 cm				20 – 40 cm			
	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )				Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )			
	0	100	200	Média	0	100	200	Média
	----- mg dm <sup>-3</sup> -----							
Testemunha	7,3	-	-	7,3	5,4	-	-	5,4
SFT <sup>1</sup>	-	15,2	23,0	19,1 b	-	16,9	39,4	28,1 a
F. Vale 1	-	35,4*	32,6*	34,0 a	-	25,4	46,7	36,0 a
F. Vale 2	-	10,0	33,3*	21,7 b	-	19,5	33,9	26,7 a
FAPC <sup>2</sup> Farelado	-	9,3	17,4	13,3 b	-	8,0	30,8	19,4 a
FAPC <sup>2</sup> Granulado	-	13,3	20,3	16,8 b	-	8,8	24,4	16,6 a
CV (%)	62,49				87,04			
DMS	25,25				41,95			

Tratamentos	P – Resina							
	0 – 20 cm				20 – 40 cm			
	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )				Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )			
	0	100	200	Média	0	100	200	Média
	----- t ha <sup>-1</sup> -----							
Testemunha	4,5	-	-	4,5	4,6	-	-	4,6
SFT <sup>1</sup>	-	13,6	26,4	20,0 a	-	17,1	50,2	33,7 a
F. Vale 1	-	33,0	33,1*	33,0 a	-	22,4	49,0	35,7 a
F. Vale 2	-	11,8	36,2*	23,9 a	-	16,6	32,5	24,6 a
FAPC <sup>2</sup> Farelado	-	11,4	11,9	11,7 a	-	8,2	15,1	11,7 a
FAPC <sup>2</sup> Granulado	-	15,6	12,7	14,1 a	-	11,0	11,3	11,0 a
CV (%)	73,05				104,30			
DMS	28,55				46,25			

<sup>1</sup>Superfosfato Triplo; <sup>2</sup>Fosfato Decantado; <sup>3</sup>Fosfato Precipitado; <sup>4,5</sup>Fosfato Acidulado Parcialmente Calcinado; Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância; \* significativo pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Semelhante aos resultados observados, Caione (2011), constatou que a farinha de ossos promoveu elevação dos P no solo extraído por Resina, sendo mais eficiente na disponibilização de fósforo durante três cultivos de cana, onde o superfosfato triplo foi eficiente no fornecimento de fósforo apenas no primeiro ano de cultivo.

Na profundidade de 20 – 40 cm, mesmo não sendo observada diferença significativa, quando aplicou-se 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> o tratamento SFT (50,2 mg dm<sup>-3</sup>) apresentou maiores incrementos nos teores de P extraídos por Resina, seguido do fosfato precipitado e decantado com 49 e 32,5 mg dm<sup>-3</sup> (Tabela 5). Diferente dos resultados obtidos, Peres (2014), ao avaliar a eficiência de fontes de P e micronutrientes na produção de cana soca, verificou que independente da fonte de P utilizada (superfosfato triplo e polifosfato), houve aumento nos teores de P ao longo de 3 profundidades (0-5 cm; 10-15 cm e 15-20 cm) e a soqueira respondeu significativamente à aplicação de P. Segundo o autor, tendo conhecimento de como as características do solo influenciam na disponibilidade de P, fica implícita a sua importância para a determinação da forma e dose de aplicação do fertilizante fosfatado, além da cultura, do clima e do sistema de cultivo adotado.

Nos dois extratores avaliados, os teores de P no tratamento SFT, F. Vale 1 e 2, apresentaram-se no nível considerado “MUITO BOM” (> 18 mg dm<sup>-3</sup>) de acordo com a 5ª – Aproximação – CFSEMG, (Alvarez et al., 1999). Os demais tratamentos estiveram no nível considerado “MÉDIO” (8,1 - 12 mg dm<sup>-3</sup>) e “BOM” (12,1 - 18 mg dm<sup>-3</sup>), exceto a testemunha que esteve no nível BAIXO” (4,1 – 8,0 mg dm<sup>-3</sup>) conforme descrito por Alvarez et al. (1999).

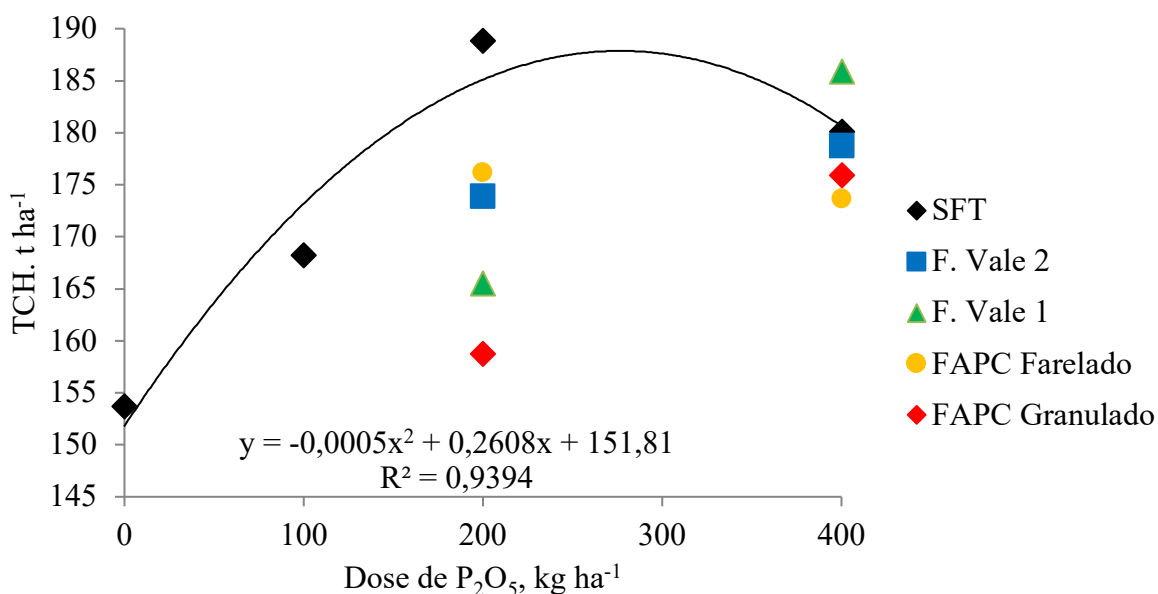
É importante ressaltar que os dados apresentados neste trabalho são somente do primeiro ano. De acordo com Sousa e Lobato (2003), os adubos fosfatados adicionados ao solo, além do efeito imediato sobre a cultura que se segue à adubação apresentam também efeito residual nas culturas subsequentes ou na estabelecida (cana-de-açúcar). Segundo Pereira et al. (1995), a avaliação do efeito residual de P através de ciclos de culturas subsequentes, como a cultura da cana-de-açúcar, é de suma importância, devido a necessidade da racionalização da adubação fosfatada para essa cultura, assim a avaliação do efeito residual pode ser feito experimentalmente pelas respostas das socas (Rein et al., 2015). Conforme Sousa et al. (2015), o efeito residual de fontes de P que apresentam solubilidade muito baixa, como a dos fosfatos naturais brasileiros, melhora até o terceiro ano depois de sua aplicação no solo, decrescendo a partir desse período, isso se a área estiver sendo cultivada com preparo convencional (aração e gradagem).

Sobre os teores de Ca, o F. Vale 1 apresentou incrementos médios em comparação com as demais fontes, e nas duas doses de  $P_2O_5$  diferiu-se do tratamento testemunha, em ambas as profundidades (Tabela 5). Caione (2011) observou aumento nos teores de Ca no solo cultivado com cana quando aplicou-se farinha de ossos em relação ao fosfato de Arad e SFT.

Em relação à eficiência agrônômica relativa (EAR), realizou-se o cálculo da dose equivalente entre SFT (fonte padrão - controle positivo em relação às fontes testadas) e os fertilizantes fosfatados alternativos, ou seja, a dose de SFT que produziria a mesma quantidade de colmos com os fertilizantes fosfatados alternativos realizou-se análise de regressão com a produtividade em função da aplicação de SFT (Figura 1). Assim, observou-se efeito das doses com aplicação de SFT na produção de colmos em cana planta, que apresentou uma produtividade máxima estimada de  $185,81 \text{ t ha}^{-1}$ . Contudo, para o alcance dessa produtividade seria necessária aplicação de  $260,80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  via SFT.

**Tabela 6** - Teores de cálcio (Ca) nas amostras de um Latossolo Vermelho em função da aplicação de diferentes fertilizantes fosfatados no plantio da cana planta (Variedade RB 86-7515), CMAA, Uberaba – MG.

Tratamentos	Ca							
	0 – 20 cm				20 – 40 cm			
	Doses de $P_2O_5$ ( $\text{kg ha}^{-1}$ )				Doses de $P_2O_5$ ( $\text{kg ha}^{-1}$ )			
	0	100	200	Média	0	100	200	Média
	----- $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----							
Testemunha	1,4	-	-	1,4	1,4	-	-	1,4
SFT <sup>1</sup>	-	1,6	1,7	1,7 b	-	1,5	1,7	1,6 b
F. Vale 1	-	2,0*	2,0*	2,0 a	-	2,0*	2,1*	2,1 a
F. Vale 2	-	1,6	1,6	1,6 b	-	1,5	1,6	1,6 b
FAPC <sup>2</sup> Farelado	-	1,7	1,6	1,6 b	-	1,5	1,7	1,6 b
FAPC <sup>2</sup> Granulado	-	1,6	1,7	1,6 b	-	1,6	1,6	
CV (%)	14,73				16,26			
DMS	0,52				0,56			



Superfosfato Triplo; Fosfato Vale 1 e 2; Fosfato Acidulado Parcialmente Calcinado.

**Figura 1** - Doses de SFT na produção de colmos em cana planta, CMAA, Uberaba – MG.

Conforme apresentado na figura, para que a produtividade com aplicação de  $200\ kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  via F. Vale 1 e 2, FAPC farelado e granulado sejam alcançada com SFT, seria necessário aplicação de 58,8, 105,9, 121,5 e 28  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  via SFT, respectivamente. Para alcançar a mesma produtividade com aplicação de  $400\ kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ , via F. Vale 1 e 2, FAPC farelado e granulado, necessitaria de aplicação de 247,4, 141,6, 104,6 e 120,1  $kg\ ha^{-1}$  via SFT, respectivamente.

Esses resultados demonstram que a partir da dose máxima obtida, as diferenças de produtividade diminuem dadas as elevadas concentrações de P no sulco de plantio que pode ter influenciado em um maior consumo de P pela cultura, além de sua necessidade, pois a extração de P pela cana-de-açúcar é relativamente pequena quando comparado com o N e o potássio (K). Para uma produção de  $100\ t\ ha^{-1}$ , de acordo com Orlando Filho (1993), a extração de P seria de 43  $kg\ P_2O_5$  podendo variar de acordo com a variedade e do tipo de solo em que está sendo cultivada.

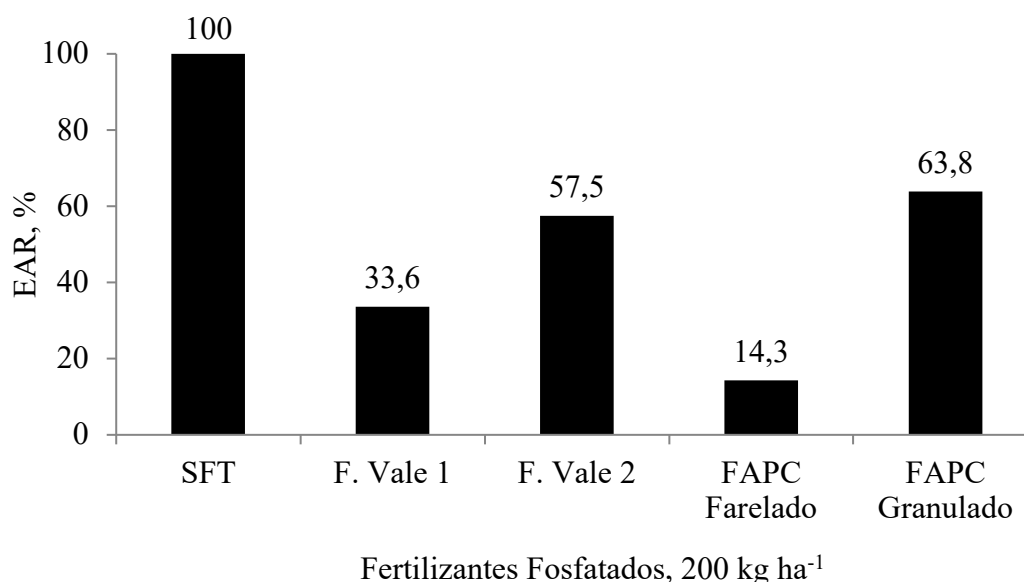
Utilizando a produção de colmos de cana planta, calculou-se o índice de eficiência agrônômica relativa (EAR) dos fosfatos aplicados. O FAPC granulado e F. Vale 2 apresentou maior EAR em relação aos fertilizantes alternativos na dose de  $200\ kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ . Na dose de  $400\ kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  o tratamento F. Vale 1 apresentou maior EAR em relação ao SFT (Tabela 6).

**Tabela 6** - Eficiência agrônômica relativa (EAR) na cana planta em função da aplicação de diferentes fertilizantes fosfatados no sulco de plantio da cana planta (Variedade RB 86-7515), CMAA, Uberaba - MG.

Fertilizantes	Eficiência Agrônômica Relativa (EAR)		
	200*	400*	Média
	-----%		
SFT <sup>1</sup>	100,0	100,0	100,0
F. Vale 1	33,6	122,1	77,9
F. Vale 2	57,5	94,8	76,2
FAPC <sup>2</sup> farelado	14,3	75,5	69,7
FAPC <sup>2</sup> granulado	63,8	84,2	49,3

\*Doses em kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; <sup>1</sup>Superfosfato Triplo; <sup>2</sup>Fosfato Acidulado Parcialmente Calcinado.

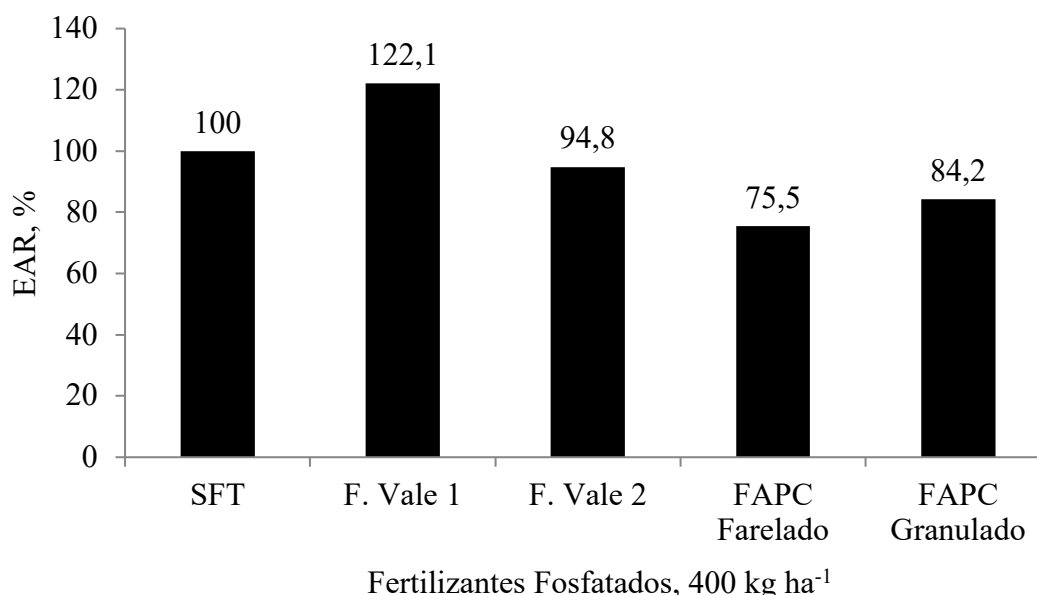
Conforme observado a seguir (figura 2), verificou que esse índice na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> diminuiu na seguinte ordem: SFT (100%) > F. Vale 2 (57,5%) > FAPC Granulado (63,8%) > F. Vale 1 (33,6%) > FAPC Farelado (14,3%). Santos et al. (2012), utilizando a soma da produção de três cortes da cana-de-açúcar na dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> constataram que esse índice diminuiu na seguinte ordem: SFT (100 %) > Termofosfato yoorin (89%) > MAP (80%) > Fosfato Itafós (67%) > Fosfato Arad (60%). Segundo o autor, o EAR das fontes indica que esses fertilizantes oferecem boas perspectivas de uso na cana-de-açúcar.



Superfosfato Triplo; Fosfato Acidulado Parcialmente Calcinado;

**Figura 2** - Eficiência agrônômica relativa (EAR) dos fertilizantes fosfatados, calculado com base na produção de cana planta, em função da aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no sulco de plantio de cana-de-açúcar (RB 86-7515).

Em relação à dose de 400 kg ha<sup>-1</sup>, conforme a figura 3 observa-se uma diferença na diminuição desse índice: F. Vale 2 (122,1%) > SFT (100%) > F. Vale 1 (94,8%) > FAPC Granulado (84,2%) > FAPC Farelado (75,5%). Weber et al. (1993), pesquisando a eficiência de fosfatos solúveis, fosfatos naturais e fosfatos naturais parcialmente acidulados durante 5 anos, observaram que as respostas obtidas foram proporcionais às quantidades de P solúvel fornecida e que o P liberado pelas fontes menos solúveis não restabeleceu o potencial de produção das culturas, sendo que os fosfatos naturais apresentaram eficiência agrônômica de no máximo 45%.



Superfosfato Triplo; Fosfato Acidulado Parcialmente Calcinado;

**Figura 3** - Eficiência agrônômica relativa (EAR) dos fertilizantes fosfatados, calculado com base na produção de cana planta, em função da aplicação de 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no sulco de plantio de cana-de-açúcar (RB 86-7515).

Assim como observado por Santos et al. (2012), o EAR da maioria das fontes indica que podem oferecer boas perspectivas de uso ao longo do tempo em solo de cerrado para cultura da cana. Assim, devem-se avaliar as respostas das fontes nos próximos cultivos de cana (soca e ressoca).

Observando os valores gastos com a aplicação dos fertilizantes fosfatados na época da instalação do experimento e fixando o valor da tonelada de cana-de-açúcar em R\$ 56,30, calculou-se o lucro estimado conforme proposto por Sousa et al. (2015). Verificou-se que para

a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> os tratamentos mais vantajosos foram: SFT, F. Vale 2 e FAPC farelado (Tabela 7). Esses tratamentos aplicados apresentaram uma receita que paga a aplicação dos fertilizantes fosfatados gerando um lucro compensatório. Sousa et al. (2015), ao avaliar aplicação de diferentes fontes de P em área total na dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> verificou que os tratamentos economicamente mais vantajosos foram o SFT seguido do termofosfato Yoorin, MAP, fosfato natural de Itafós e fosfato reativo de Arad.

**Tabela 7** - Cálculo do lucro estimado após uma safra em função da aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de diferentes fertilizantes fosfatados aplicados no sulco de plantio de cana planta (Variedade RB 86-7515), CMAA, Uberaba - MG.

Fertilizantes*	A**	B	C	D	E	F	G	H
	R\$ t <sup>-1</sup>	R\$ kg <sup>-1</sup>	R\$ ha <sup>-1</sup>	R\$ t <sup>-1</sup>	---- t ha <sup>-1</sup> ----		---- R\$ ha <sup>-1</sup> ----	
Test	--	--	--	--	153,7	--	--	--
SFT <sup>1</sup>	1427,0	3,17	18,52	634,22	188,8	35,1	1976,13	1341,91
F. Vale 1	190,0	2,71	35,83	542,86	165,4	11,7	658,71	115,85
F. Vale 2	190,0	1,36	17,91	271,43	173,8	20,1	1131,63	860,20
FAPC <sup>4</sup> farelado	824,0	2,94	29,43	588,57	176,1	22,4	1261,12	672,55
FAPC <sup>5</sup> granulado	829,0	2,96	29,43	592,14	158,7	5,0	281,50	-310,64

<sup>1</sup>Superfosfato Triplo; <sup>2</sup>Fosfato Acidulado Parcialmente Calcinado.

\*As formulações de fertilizantes fosfatados usadas em cada experimento estão apresentadas na Tabela 30.

\*\*Valor do fertilizante obtido na tabela de Fevereiro de 2014.

A- Preço do fertilizante na Usina

B- Preço do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na Usina

C- Custo da aplicação do fertilizante (R\$ 25,00 até 600 kg de fertilizante aplicado, R\$ 28,84 de 0,7 a 3 t de fertilizantes aplicado e R\$ 35,00 acima de 3 t; valor baseado na aplicação de SFT)

D- Preço de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado

E- Produtividade (1º corte de cana)

F- Ganho de produtividade em relação à testemunha

G- Ganhos em reais pelo preço da tonelada de cana comercializada (R\$ 56,30)

H- Lucratividade, receita – gastos pela aplicação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = (G-D)

Em relação à dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, verificou-se que os tratamentos que apresentaram maior lucro compensatório foram: F. Vale 2 e 1, SFT e FAPC granulado (Tabela 8). Aplicando-se 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> via F. Vale 2 e 1 foram observados os maiores ganhos, R\$ ha<sup>-1</sup> de R\$ 864,6 e R\$ 727,1 respectivamente. Contudo, a maior dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> não foi à dose que trouxe maiores lucros, mesmo com uma maior produção para maioria dos tratamentos, devido aos maiores custos com o produto por hectare.

A aplicação dos fertilizantes alternativos trouxe uma receita menor em comparação ao SFT com aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup>. Mas quando aplicou-se 400 kg ha<sup>-1</sup> somente os FAPC farelado e granulado apresentaram menor receita em relação ao SFT. Mesmo que essas fontes apresentem maiores receitas que o SFT, deve-se destacar a inviabilização na aplicação desses fertilizantes alternativos no sulco de plantio, já que seria necessária aplicação de grande quantidade de fertilizante para atingir a dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> proposta. Por exemplo: para aplicar-se 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> via F. Vale 1 (tratamento que apresentou acréscimo de 5,9 t ha<sup>-1</sup> produtividade em relação ao SFT), necessitaria de aplicar-se 5,7 t ha<sup>-1</sup> desse fertilizante no sulco de plantio o que inviabilizaria sua aplicação. Contudo, já que esses fosfatos alternativos apresentaram vantagens em maior receita em relação ao SFT como dito anteriormente, poder-se-ia avaliar a aplicação desses fosfatos em área total. Lisboa et al. (2016) ao avaliarem aplicação de fosfato decantado e MAP, verificaram que adubação em área total apresentou resposta positiva para produção de massa verde de cana-de-açúcar.

**Tabela 8** - Cálculo do lucro estimado após uma safra em função da aplicação de 400 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de diferentes fertilizantes fosfatados aplicados no sulco de plantio de cana planta (Variedade RB 86-7515), CMAA, Uberaba - MG.

Fertilizantes*	A**	B	C	D	E	F	G	H
	R\$ t <sup>-1</sup>	R\$ kg <sup>-1</sup>	R\$ ha <sup>-1</sup>	R\$ t <sup>-1</sup>	---- t ha <sup>-1</sup> ----	----	---- R\$ ha <sup>-1</sup> ----	----
Test	--	--	--	--	153,7	--	--	--
SFT <sup>1</sup>	1427,0	3,17	37,04	1268,44	180,0	26,3	1480,69	212,25
F. Vale 1	190,0	2,71	71,65	1085,71	185,9	32,2	1812,86	727,15
F. Vale 2	190,0	1,36	35,83	542,86	178,7	25,0	1407,50	864,64
FAPC <sup>2</sup> farelado	824,0	2,94	58,86	1177,14	173,6	19,9	1120,37	-56,77
FAPC <sup>2</sup> granulado	829,0	2,96	58,86	1184,29	175,9	22,2	1249,86	65,57

<sup>1</sup>Superfosfato Triplo; <sup>2</sup>Fosfato Acidulado Parcialmente Calcinado.

\*As formulações de fertilizantes fosfatados usadas em cada experimento estão apresentadas na Tabela 30.

\*\*Valor do fertilizante obtido na tabela de Fevereiro de 2014.

A- Preço do fertilizante na Usina

B- Preço do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na Usina

C- Custo da aplicação do fertilizante (R\$ 25,00 até 600 kg de fertilizante aplicado, R\$ 28,84 de 0,7 a 3 t de fertilizantes aplicado e R\$ 35,00 acima de 3 t; valor baseado na aplicação de SFT)

D- Preço de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado

E- Produtividade (1º corte de cana)

F- Ganho de produtividade em relação à testemunha

G- Ganhos em reais pelo preço da tonelada de cana comercializada (R\$ 56,30)

H- Lucratividade, receita – gastos pela aplicação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = (G-D)

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Apoio a Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).

## CONCLUSÕES

As fontes alternativas de fósforo (fosfato vale 1 e 2, fosfato acidulado parcialmente calcinado farelado e granulado) não foram eficientes em aumentar a produção de colmos e açúcar, mas os fosfatos vale 1 e 2 foram eficientes em aumentar os teores de fósforo no solo, profundidade 0 a 20 cm.

A Eficiência Agronômica Relativa calculada com base na produtividade do primeiro corte da cana diminuiu na seguinte ordem: superfosfato triplo (100%) > fosfato vale 1 (78%) > fosfato vale 2 (76%) > fosfato acidulado parcialmente calcinado farelado (69,7%) > fosfato acidulado parcialmente calcinado granulado (49,3%).

A aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> via superfosfato triplo e 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> via fosfato vale 2 proporcionaram maior lucratividade por hectare que às fontes alternativas de fósforo.

## REFERÊNCIAS

ALVAREZ, V. H. A.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solo. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 1999. p.143-167.

CAIONE, G. **Avaliação de fontes de fósforo no desenvolvimento, produtividade e composição bromatológica de cana-de-açúcar**. 2011, 74p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2011.

CRUZ, C. V.; FERNANDES, D. M.; GROHSKOPF, M. A.; CRUZ, I. V. Corn fertilization with triple superphosphate in a Typic Hapludox soil under the residual effect of alternative phosphorus sources. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.17, n.2, p.166-173, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica., 2009. 627p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. Agrotec**, v.38, n.2, p.109-112, 2014.

FINK, J. R.; INDA, A. V.; BAVARESCO J.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; BAYER, C. Adsorption and desorption of phosphorus in subtropical soils as affected by management system and mineralogy. **Soil and Tillage Research**, v.155, p.62-68, 2016.

FIORINI, I. V. A.; PINHO, R. G. V.; PIRES, L. P. M.; SANTOS, À. O.; FIORINI, F. V. A.; CANCELLIER, L. L.; RESENDE, E. L. Avaliação de fontes de enxofre e das formas de micronutrientes revestindo o NPK na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.1, p.20-29, 2016.

GARCIA, J. C.; MENDES, M. B.; BELUCI, L. R.; AZANIA, C. A. M.; SCARPARI, M. S. Fontes de fósforo mineral e organomineral no estado nutricional e no crescimento inicial da cana-de-açúcar. **Nucleus**, v.15, n.1, p.523-531, 2018.

KORNDÖRFER, G. H. FARIA, R. J.; MARTINS, M. Efeito do fósforo na produção da cana-de-anco e cana-soca em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.10, p.667-673, 1998.

KORNDÖRFER, G. H.; MELO, S. P. Fontes de fósforo (fluida ou sólida) na produtividade agrícola e industrial da cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33 n.1, p.92-97. 2009.

LISBOA, L. A. M.; VIANA, R. S.; PASCOALOTO, I. M.; HEINRICHS, R.; FIGUEIREDO, P. A. M. Efeitos da fosfatagem no desenvolvimento da cana-de-açúcar. **Ciência & Tecnologia**, v.8, n.1, p.31-41, 2016.

NASCIMENTO, C. A. C. **Frações de fósforo no solo e aproveitamento de fosfatos pela cana-de-açúcar**. 2016. 77p. (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solos e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

ORLANDO FILHO, J. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G. M. S., OLIVEIRA, E. A. M (Ed.). **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p.133-146.

PEREIRA, J. R.; FARIA, C. M. B.; MORGADO, L. B. Efeito de níveis e do resíduo de fósforo sobre a produtividade da cana-de-açúcar em vertissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.1, p.43-48, 1995.

PERES, C. E. B. **Eficiência agrônômica de fontes de fósforo e micronutrientes sobre a produtividade e qualidade tecnológica em soqueira de cana-de-açúcar**. 2014. 116p. Journal of Agronomic Sciences, Umuarama, v.8, n.2, p.39-56, 2019.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

REIN, T. A.; SOUSA, D. M. G.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; NUNES, R. S.; KORNDÖRFER, G. H. **Manejo da Adubação Fosfatada para Cana-de-açúcar no Cerrado**. Embrapa Cerrados, 2015. 12p. (Circular Técnica, 29).

SANTOS, G. A.; SOUSA, R. T. X.; KORNDÖRFER, G. H. Lucratividade em função do uso e índice de eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados aplicados em pré-plantio de cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, v.28, n.6, p.846-851, 2012.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA, 5. ed., 2018. 356p.

SANTOS, V. R.; FILHO, M. G.; ALBULQUERQUE, A. W.; COSTA, J. P. V.; SANTOS, C. G.; SANTOS, A. C. I. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.13, n.4, p.389-396, 2009.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado**. Informações Agrônômicas, Piracicaba, n.102, 2003. p.1-16 (Encarte técnico).

SOUSA, R. T. X. **Fertilizante organomineral para a produção de cana-de-açúcar**. 2014. 81p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Instituto de Ciências agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

SOUSA, R. T. X.; KORNDÖRFER, G. H.; SOARES, R. A. B.; FONTOURA, P. R. F. Phosphate Fertilizers for Sugarcane Used at Pre-Planting (Phosphorus Fertilizer Application). **Journal of Plant Nutrition**, p. 1444-1455, 2015.

TEIXEIRA, W. G.; SOUSA, R. T. X.; KORNDÖRFER, G. H. Resposta da cana-de-açúcar a doses de fósforo fornecidas por fertilizante organomineral. **Bioscience Journal**, v.30, n.6, p. 1729-1736, 2014.

VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **Bragantia**, v.62, n.1, p.111-118, 2003.

WEBER, H.; BOLSANELLO, J.; AZEREDO, D. F. Doses e fontes de fósforo em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 5, 1993, Águas de São Pedro. **Anais**. Piracicaba: STAB, 1993. p.70-75.