

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**ANTÔNIO DAS GRAÇAS ALVES NETO**

**FONTES DE FÓSFORO E ENXOFRE NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR**

**UBERLÂNDIA  
AGOSTO DE 2018**

**ANTÔNIO DAS GRAÇAS ALVES NETO**

**FONTES DE FÓSFORO E ENXOFRE NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR**

**Orientador: Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

**UBERLÂNDIA  
AGOSTO DE 2018**

**ANTÔNIO DAS GRAÇAS ALVES NETO**

**Fontes de fósforo e enxofre na cultura da cana-de-açúcar**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

**Uberlândia (MG), 10 de agosto de 2018**

**Banca de Avaliação**

---

**Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira - UFU**  
**Orientador**

---

**Camila de Andrade Carvalho Gualberto - UFU**  
**Membro**

---

**Luiz Henrique Silveira- UFU**  
**Membro**

## RESUMO

O fósforo solúvel no solo proveniente da apatita, fertilizantes, esterco ou da matéria orgânica poderá formar compostos com o cálcio, ferro, alumínio, manganês e com superfícies reativas de certos minerais de argila tais como: caulinita, óxidos de ferro e óxidos de alumínio nos solos. Essas reações diminuem a disponibilidade de fósforo para as plantas. Com relação ao enxofre 95% deste elemento se encontra na matéria orgânica seu ciclo no solo depende da ação de microrganismos para sua disponibilização para as plantas. Sabendo disso o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência agrônômica da combinação de fontes de fósforo e enxofre para a cultura da cana-de-açúcar em condições de casa de vegetação sendo estas SFT, SFT+ Pastilha S, SFT + Gesso, FNR Bayovar + Pastilha S, FNR Bayovar + Gesso, FN Baixa Reatividade<sup>1</sup> + SFT + S<sup>0</sup>, FN Alta Reatividade<sup>2</sup> + SFT + S<sup>0</sup>. Para essa determinação experimento implantado foi conduzido na casa de vegetação pertencente ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia (ICIAG/UFU), em Uberlândia, MG. O experimento foi implantado utilizando um tipo de solo de textura média utilizando amostras de solo retiradas dos 20 cm superficiais da fazenda Glória localizada em Uberlândia, MG. E foi determinado que aplicação de fontes de fósforo (P) associadas ao S apresentou maior produção de massa seca. Além disso, pode-se destacar que as fontes aciduladas com baixa concentração apresentaram resultados satisfatórios, no desenvolvimento das mudas em relação à altura de plantas e produção de massa seca equivalendo-se as fontes aciduladas e superiores a testemunha.

**Palavras-chave:** Fosfato Natural Reativo Bayóvar; Gesso; S elementar e cana de açúcar.

## ABSTRACT

Phosphorus soluble in soil from apatite, fertilizers, manure or organic matter may form compounds with calcium, iron, aluminum, manganese and with reactive surfaces of certain clay minerals such as: kaolinite, iron oxides and aluminum oxides in alone These reactions decrease the availability of phosphorus to plants. With respect to sulfur 95% of this element is in organic matter its cycle in the soil depends on the action of microorganisms for its availability to the plants. The objective of this work was to evaluate the agronomic efficiency of the combination of phosphorus and sulfur sources for sugarcane cultivation under greenhouse conditions, such as SFT, SFT + Pastilha S, SFT + Gesso, FNR Bayovar + Pastilha S, FNR Bayovar + Gesso, FN Low Reactivity1 + SFT + S0, FN High Reactivity2 + SFT + S0. For this determination, the experiment was carried out in the greenhouse belonging to the Institute of Agrarian Sciences of the Federal University of Uberlândia (ICIAG / UFU), in Uberlândia, MG. The experiment was implemented using a medium texture soil type using soil samples taken from the surface 20 cm of Glória farm located in Uberlândia, MG. It was determined that the application of phosphorus sources (P) associated with S presented higher dry mass production. In addition, it can be highlighted that the acid sources with low concentration presented satisfactory results, in the development of the seedlings in relation to the height of plants and dry mass production, being equivalent to the sources acidulated and superior to the control.

Keywords: Reactive Bayóvar Phosphate; Plaster; S elementary and cane sugar.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	8
2	DESENVOLVIMENTO .....	9
3	OBJETIVO.....	11
4	MATERIAL E MÉTODOS .....	12
4.1	Experimento em casa de vegetação .....	12
4.2	Avaliações .....	14
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	15
6	CONCLUSÃO .....	19
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	20

## 1 INTRODUÇÃO

Os solos brasileiros têm baixa fertilidade natural devido à alta acidez, baixa saturação por bases, e baixa disponibilidade de nutrientes, na qual o fósforo (P) se destaca. O material de origem apresenta baixo teor do nutriente, e há uma alta capacidade de adsorção, além de baixa eficiência de absorção e utilização do P, apresentada pela maioria das variedades modernas empregadas comercialmente (Novais e Smyth, 1999).

Grande quantidade de P é aplicada nas culturas, porém apenas de 5% a 20% é absorvido pelas plantas em decorrência do fenômeno de fixação que ocorre no solo Raij et al, (1996). Devido a esse fator torna-se necessário a utilização de fontes de P que apresentem boa disponibilidade durante o ciclo da planta.

Os fosfatos naturais apresentam, normalmente, menor eficiência, em especial no ano da aplicação e nas culturas anuais, as quais apresentam alta demanda de P num curto espaço de tempo (Goedert et al., 1986; Goedert e Lopes, 1987; Raij, 1991; Sousa e Lobato, 2003). Já os fosfatos solúveis em água mais vendidos no Brasil como superfosfato triplo aumentam rapidamente o teor de P no solo, no entanto sua disponibilidade é diminuída ao longo do tempo devido ao processo de adsorção do P.

Segundo Novais & Smyth (1999), o ideal seria ter um produto com solubilidade homogeneamente intermediária, entre fosfatos naturais de baixa reatividade e fosfatos acidulados de liberação rápida de P para o meio.

No Brasil as pesquisas com avaliação agrônômica com fontes de P aumentaram consideravelmente a partir do início década dos anos 70, em face da elevação do preço dos fertilizantes fosfatados solúveis da dependência do País do seu suprimento do exterior (Braga et.al.,1980; Defilippe, 1980). Devido à alta importação de fosfatos e ao preço elevado, devem-se procurar novas fontes nacionais e estrangeiras (Nicchio, 2015). Desde a década de noventa, a procura por fontes alternativas de fosfato tem sido uma preocupação constante (Nogueira, 1990).

Se tratando do enxofre (S) o mesmo é reconhecido junto com nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), como um nutriente-chave necessário ao desenvolvimento das culturas. O elemento participa de numerosos compostos, como aminoácidos, proteínas, coenzimas, sulfolípídeos, flavonóides, lipídeos, glucosinolatos, polissacarídeos, compostos não saturados, sulfóxidos, alcalóides, nucleotídeos, compostos reduzidos, entre outros. Junto com o N, o S está presente em todas as funções e processos que são parte da vida da planta, da absorção iônica aos papéis do RNA e DNA, inclusive controle hormonal para o crescimento e a diferenciação celular. Isto explica a existência de uma relação N/S (12/1 a 15/1) que está associada com o crescimento e a produção da planta. Por exercerem funções similares na planta, a clorose provocada pela falta de N é semelhante à causada pela deficiência de S a diferença está no fato que a primeira ocorre nas folhas mais velhas e a segunda o faz nas mais novas, consequência da pouca mobilidade do S no floema.

Entendendo a necessidade e a importância dos fertilizantes e corretivos que fornecem os elementos fósforo e enxofre para as culturas o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência agrônômica destas fontes para a cana-de-açúcar em condições de casa-de-vegetação.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A principal forma química do P no solo é o íon ortofosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ). Em geral, os solos brasileiros e dos Cerrados apresentam baixo teor disponível de P, devido às reações no solo de dissolução/precipitação de minerais carreadores de P, adsorção/dessorção do fosfato das superfícies do solo e a hidrólise da matéria orgânica, controlando as quantidades de P na solução do solo (MALAVOLTA, 2006; HINSINGER, 2001).

O P já nas primeiras horas depois de aplicado no solo tende a precipitar-se com ferro (Fe), alumínio (Al) e manganês (Mn), ou ainda, ser adsorvido pela superfície das argilas e dos óxidos de Fe e Al, formando compostos de menor solubilidade, consequência da mineralogia e pH desses solos (SOUSA e LOBATO, 2002; EMBRAPA, 2007; NOVAIS et al., 2007). O pH é um fator determinante na forma química de P na solução que ocorre nas formas iônicas  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (fosfato diácido),  $\text{HPO}_4^{2-}$  (fosfato monoácido) ou  $\text{PO}_4^{3-}$  (fosfato) e também na eficiência de sua utilização pelas plantas (RAIJ, 1991; SILVA, 2011).

No solo, as diferentes formas de P relacionadas à sua disponibilidade são agrupadas em três frações: o fósforo em solução, o fósforo lábil e o fósforo não lábil. Na solução do solo o teor de P é normalmente baixo em solos de Cerrado, menor que  $0,1 \text{ mg dm}^{-3}$  (em maior

proporção na forma de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e em menor  $\text{HPO}_4^{2-}$ ) estando em equilíbrio rápido com as formas lábeis da fase sólida. O P não-lábil (forma indisponível as plantas) está em maior proporção do P inorgânico do solo, apenas lentamente pode voltar as formas lábeis (GOEDERT et al., 1986; RAIJ et al., 1991).

A indisponibilização de P pode ser tão mais intensa quanto mais intemperizado, ácido, argiloso e oxidado for o solo (EMBRAPA, 2007). A mobilidade do P no solo é mínima e, conseqüentemente, suas perdas por lixiviação são desprezíveis (CAIONE, 2011). Com isso, tornam-se necessárias aplicações de doses P superiores às requisitadas pelas culturas pelo fato desses compostos serem insolúveis e indisponíveis às plantas. Assim a análise de solo é de suma importância para quantificação de P disponível (somatório do P-solução e P-Lábil) no solo e melhor recomendação de adubação (SOUSA et al., 2004; SILVA, 2011). Visto a grande afinidade deste nutriente com os componentes do solo, estima-se que a quantidade de P acumulada nos solos agrícolas, caso estivesse disponível poderia sustentar a produção agrícola mundial por cerca de um século (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Com isso é importante salientar que a correção do solo irá promover a neutralização do ferro e do alumínio e das cargas positivas que poderiam adsorver o fosfato. Outro fator que tem influência na disponibilização de P para as plantas segundo Sá (2004) é a matéria orgânica, pois de acordo com o seu conteúdo no solo, os sítios de adsorção de P são recobertos por radicais orgânicos, formando complexos que ficam mais disponíveis às plantas.

No caso do enxofre as plantas absorvem este elemento na forma de  $\text{SO}_4^{2-}$  na solução do solo, sendo que esta forma é altamente sujeita a lixiviação, como também podem adquirir este elemento de aminoácidos contendo enxofre e do S elementar, pelas folhas e frutos as plantas também podem absorvem este elemento da atmosfera na forma de  $\text{SO}_2$ . As transformações do enxofre no solo são controlados por fatores bióticos relacionados a mineralização, imobilização, oxirredução e assimilação pelas plantas. Os processos abióticos são adsorção, a precipitação e a dissolução do enxofre orgânico.

O enxofre quando presente na solução do solo pode ser adsorvido aos coloides inorgânicos do solo como também em solos argilosos que apresentam altos teores de óxidos de ferro e alumínio devido à alta fixação deste elemento. Já em solos arenosos a disponibilidade do enxofre é baixa devido ao fato destes apresentarem baixos teores de matéria orgânica, conseqüentemente, menores reservas de S orgânico.

### **3 OBJETIVO**

O objetivo do presente trabalho está em avaliar a eficiência agronômica da combinação de fontes de fósforo e enxofre para cultura da cana-de-açúcar em condições de casa de vegetação.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Experimento em casa de vegetação

Para estudar a eficiência de fontes de fósforo contendo enxofre na cultura da cana de açúcar o experimento implantado foi conduzido na casa de vegetação pertencente ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia (ICIAG/UFU), em Uberlândia, MG. O experimento foi implantado utilizando um tipo de solo de textura média (Latosolo Vermelho distrófico) utilizando amostras de solo retiradas dos 20 cm superficiais da fazenda Glória localizada em Uberlândia, MG. As características químicas e físicas do solo encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização química e física das amostras de solo (0-20 cm) utilizadas no experimento em casa de vegetação, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia – MG.

pH CaCl <sub>2</sub>	P	S	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
----- Cmolc.dm <sup>-3</sup> -----									
4,1	3,4	13,0	4,2	0,05	0,2	0,1	0,3	4,6	9,7
-----g kg <sup>-1</sup> -----									
Areia Grossa		Areia Fina		Silte		Argila			
231		485		45		239			

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>); SB = Soma de Bases / V= Saturação por bases; Análise textural pelo Método da Pipeta, realizada no LAMAS/ICIAG/UFU.

As amostras de solo foram dispostas em vasos de 10 kg e posteriormente corrigidas no dia 01/02/2016, onde o solo ficou incubado por um período de 15 dias, visando à correção do solo (Figura 1). Durante o tempo de incubação o solo foi irrigado em sua capacidade de campo recebendo: 1,07 g CaCO<sub>3</sub> kg de solo<sup>-1</sup>; 0,25 g MgCO<sub>3</sub> kg de solo<sup>-1</sup>; 275 mL H<sub>2</sub>O kg de solo<sup>-1</sup>. Os tratamentos (tabela 2) foram aplicados ao volume total de solo de cada vaso em uma única aplicação no dia 18/02/2016 neste mesmo dia foi feito o plantio das mudas de cana-de-açúcar (MPB), da variedade RB86 7515 (Figura 1). Todos os tratamentos receberam a mesma dose de nitrato de amônio 200 mg kg<sup>-1</sup> e cloreto de potássio 166 mg kg<sup>-1</sup> além disso receberam 50 mg kg<sup>-1</sup> micronutrientes.



**Figura 1** - Correção do solo, aplicação da adubação padrão e dos tratamentos e plantio das mudas.

O experimento implantado apresenta-se em um desenho experimental de blocos casualizados (DBC) sendo 10 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos consistiram da aplicação das fontes de fósforo e enxofre acrescentadas ao solo no dia do plantio das mudas nas doses de acordo com a tabela 2.

**Tabela 2.** Tipo de fertilizante e quantidade de nutrientes fornecidas ao solo em cada tratamento.

Tratamentos	Fontes	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S
		----- mg kg <sup>-1</sup> -----	
Test	—	0	0
2	SFT	120	0
3	SFT+Pastilha S	120	40
4	SFT+ Gesso	120	40
5	MAP + Pastilha S	120	40
6	MAP + Gesso	120	40
7	FNR Bayovar + Pastilha S	120	40
8	FNR Bayovar + Gesso	120	40
9	FN Baixa Reatividade <sup>1</sup> + SFT + S <sup>0</sup>	120	20
10	FN Alta Reatividade <sup>2</sup> + SFT + S <sup>0</sup>	120	17

<sup>1</sup>Rocha de Catalão (GO/BR); <sup>2</sup> Rocha Bayóvar (Perú)

As principais características das fontes de fósforo e enxofre se encontram na tabela 3.

**Tabela 3.** Caracterização das fontes de P e S, com relação aos teores de  $P_2O_5$ total, em  $H_2O$ , em CNA+ $H_2O$  e em  $\acute{A}C^2$  1:100 e Ca, Mg e S.

Fonte de P e S	$P_2O_5$			Ca	N	S
	CNA <sup>1</sup> + $H_2O$	$\acute{A}C^2$ 1:100	Total			
----- % -----						
SFT	41	-	46	13	-	-
MAP	48	-	48	12	10	-
FNR Bayóvar	-	14	29	32	-	-
FN Baixa Reatividade + SFT + S <sup>0</sup>	21	-	21	17	-	10
FN Alta Reatividade + SFT + S <sup>0</sup>	19	-	19	17	-	12
Gesso	-	-	-	17	-	15
Enxofre Elementar Pastilha	-	-	-	-	-	90

1CNA = citrato neutro de amônio; 2 $\acute{A}C$  =  $\acute{A}$ cido Cítrico a 2%.

#### 4.2 Avaliações

Neste experimento foram plantadas mudas pré-brotadas (MPB) de cana em vasos com a capacidade de 10 kg de solo. As primeiras avaliações foram feitas 45 dias após a instalação do experimento que foi colhido 100 dias após a aplicação dos tratamentos e plantio das mudas. Durante a condução foram realizadas as avaliações de altura de plantas; diâmetro de colmos; avaliação de índice SPAD (teor de clorofila A, B Total produção de matéria seca; e os teores de P (extrator Mehlich1 e Resina), S, Ca e Mg e pH do solo (Figura 2).

#### 4.3. Análises Estatísticas



**Figura 2.** Colheita, coleta de solo e determinação da massa seca.

Submeteu-se os resultados às análises de variância e sendo o teste F significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de significância com a

utilização do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014), e cada tratamento comparado com a testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância com auxílio do programa estatístico ASSISTAT versão 7.6 beta (ASSIS, 2012).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi verificado aos 45 dias após a aplicação dos diferentes fosfatos combinados com enxofre no Latossolo vermelho distrófico que não houve diferença significativa para as variáveis avaliadas (altura de planta, diâmetro e índice de SPAD), cujas médias foram 32,6 cm, 13,5 cm, SPAD 39,9A, 14,5 B, e 54,4 Totais (Tabela 4).

**Tabela 4.** Altura, diâmetro de plantas e índice SPAD (folha +3), em mudas de MPB (variedade RB86 7515) cultivadas em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico 45 dias após a aplicação dos tratamentos.

Tratamentos	Altura	Diâmetro	Índice SPAD		
			A	B	Total
	cm	mm			
Testemunha	31,6 a	12,3 a	37,8 a	14,4 a	52,2 a
SFT	35,6 a	13,3 a	37,8 a	13,1 a	50,9 a
SFT + Pastilha S	32,1 a	11,9 a	38,5 a	14,0 a	52,5 a
SFT + Gesso	37,0 a	16,9 a	41,8 a	15,3 a	57,1 a
MAP + Pastilha S	37,8 a	14,0 a	42,9 a	15,6 a	58,2 a
MAP + Gesso	35,7 a	12,8 a	41,5 a	15,2 a	57,1 a
FNR Bayóvar + Pastilha S	35,2 a	12,4 a	39,5 a	15,1 a	54,6 a
FNR Bayóvar + Gesso	36,7 a	14,0 a	39,0 a	13,8 a	52,8 a
FN Baixa Reatividade <sup>1</sup> + SFT + S <sup>0</sup>	35,3 a	13,9 a	37,2 a	14,2 a	51,5 a
FN Alta Reatividade <sup>2</sup> + SFT + S <sup>0</sup>	39,5 a	13,4 a	39,9 a	14,3 a	54,2 a
Médias	32,6	13,5	39,9	14,5	54,4
CV	11,35	18,42	17,39	24,44	18,94
DMS	8,24	5,07	14,01	7,23	20,87

1Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância;  
\*Médias diferentes da testemunha por Dunnett (P<0,05);

O que explica a não diferenciação dos tratamentos em relação à testemunha é provavelmente o fato da avaliação ter sido realizada há poucos dias após a aplicação dos

tratamentos, ou seja, aos 45 dias, caso esta mesma avaliação estivesse sido feita com alguns dias os tratamentos que receberam alguma fonte fosfatada combinada com alguma das fontes de enxofre poderiam ter se diferenciado em relação à testemunha. Esse fato foi observado por Santos et al., 2010 quando trabalhando com torta de filtro enriquecida com o superfosfato triplo onde foi observado que não houve efeito significativo para o perfilhamento da cana nos primeiros 30 dias. Porém aos 60, 90, e 120 dias a variável apresentou comportamento linear positivo. Também foi verificado que para a dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> não houve efeito significativo aos 30 dias, porém aos 60, 90 e 120 dias foram constatados o efeito significativo. Trabalhando com a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> o mesmo comportamento foi verificado aos 30 dias com efeito significativo aos 60, 90 e 120 dias após aplicação do tratamento.

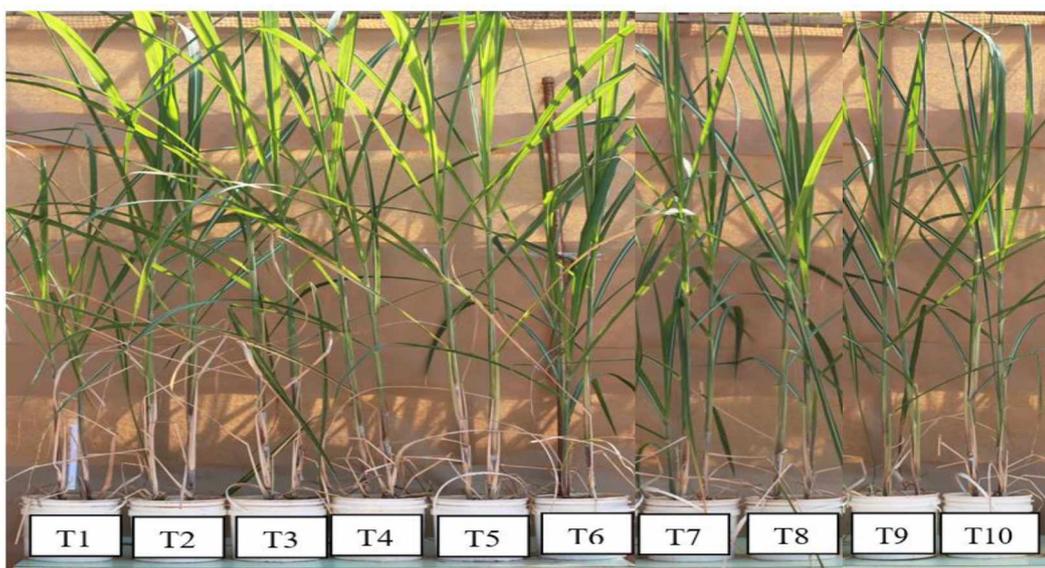
Aos 100 dias foi possível notar diferença estatística para todos os tratamentos que receberam a aplicação de alguma fonte de fósforo combinada com enxofre em relação à testemunha (Tabela 5).

**Tabela 5.** Altura, diâmetro de plantas e índice SPAD (folha +3), em mudas de MPB (variedade RB86 7515) cultivadas em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico 100 dias após a aplicação dos tratamentos.

Tratamentos	Altura	Diâmetro	Massa Seca	Índice SPAD		
				A	B	Total
	cm	mm	g			
Testemunha	54,5 b	14,1 a	5,3 b	34,8	10,3	45,2
SFT	90,3 a*	17,4 a*	13,0 ab	35,9	11,3	47,3
SFT + Pastilha S	86,3 a*	17,2 a*	18,5 a*	34,9	11,2	46,1
SFT + Gesso	95,2 a*	16,8 a*	18,6 a*	34,9	10,7	45,6
MAP + Pastilha S	95,6 a*	17,0 a*	23,5 a*	34,8	10,4	45,2
MAP + Gesso	88,2 a*	15,8 a	18,0 a*	33,6	10,3	44
FNR Bayóvar + Pastilha S	92,5 a*	17,3 a*	16,1 ab*	39,3	12,5	51,9
FNR Bayóvar + Gesso	96,0 a*	17,5 a*	17,7 a*	35,4	10,8	46,2
FN Baixa Reatividade <sup>1</sup> + SFT + S <sup>0</sup>	86,0 a*	17,0 a*	18,0 a*	35,5	11,3	46,9
FN Alta Reatividade <sup>2</sup> + SFT + S <sup>0</sup>	91,1 a*	14,1 a	15,7 ab*	35,9	11,7	47,6
Médias	87,5	16,4	16,4	35,5	11	42
CV	9,8	7,4	27,1	10,9	15,3	11,8
DMS	17,6	2,48	9,08	-	-	-

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes da testemunha por Dunnett (P<0,05);

Também é possível observar que o menor diâmetro dos colmos foi verificado com os tratamentos MAP + Gesso e FN Alta Reatividade<sup>2</sup> + SFT + S<sup>0</sup>. Os incrementos da massa seca da parte aérea dos tratamentos com S pastilha (SFT, MAP e FNR Bayóvar) foram de 14,0 e 6,0 g, respectivamente, em comparação com a testemunha (5,3 g) e com o SFT (13,0 g). As mesmas fontes de fósforo agora associadas ao gesso apresentaram um acréscimo médio na ordem de 12,8 e 5,1 g em relação à testemunha e ao SFT. Os tratamentos com fosfatos naturais de alta e baixa reatividade + SFT + S<sup>0</sup> tiveram incrementos de 11,5 g em relação a testemunha e de 3,8 g em relação ao SFT nestes casos a presença do enxofre possivelmente influenciou o aumento de produção e a eficiência dos fosfatos em disponibilizar P, mesmo sem diferença para o S no solo (Tabela 4). Os teores médios de índice SPAD foram de 35,5 A, 11,0 B e 42,0 Total, sem diferença significativa entre os tratamentos.



**Figura 3** Mudanças de MPB aos 90 dias após aplicação de fontes de fósforo contendo enxofre em amostra de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd-2). \*T1: Testemunha; T2: SFT; T3: SFT + Pastilha S; T4: SFT + Gesso; T5: MAP + Pastilha S; T6: MAP + Gesso; T7: FNR Bayóvar

Nicchio (2014), também trabalhando com fontes de fósforo sendo elas o fosfato acidulado parcialmente calcinado (FAPC) e o fosfato decantado (FD) nas doses de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> observou acréscimo de massa seca em relação aos demais tratamentos, sendo que quando comparado ao SFT os incrementos médios foram de 28 e 23,5% em relação à testemunha para a cultura do milho. No segundo cultivo os tratamentos com fosfato decantado (FD) e o fosfato precipitado (FP) apresentaram maior produção média de massa seca com o SFT apresentando menor produção.

Para as variáveis pH do solo, S e Mg não foram observadas diferenças significativas, os quais apresentaram os teores médios de 4,8, 16,5 mg dm<sup>-3</sup> de S e 0,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg.

Para os teores de P (Mehlich e Resina), os maiores teores no solo foram observados com os tratamentos SFT, MAP + S pastilha (29,4 e 28,2 mg dm<sup>-3</sup> de P), FNR Bayóvar + Gesso (34,0 e 24,05 mg dm<sup>-3</sup> de P) e FN Bayóvar + SFT (27,12 mg dm<sup>-3</sup> pelo extrator Resina) quando comparado com a testemunha (1,52 e 3,55 mg dm<sup>-3</sup> de fósforo Mehlich1 e Resina respectivamente).

Para os teores de Ca, verificou-se que os tratamentos com fosfato reativo (FNR Bayóvar + S pastilha e FNR Bayóvar + Gesso) e aditivados (FN Baixa Reatividade<sup>1</sup> + SFT + S<sup>0</sup> e FN Alta Reatividade<sup>2</sup> + SFT + S<sup>0</sup>) apresentaram maiores teores em relação aos demais tratamentos.

**Tabela 11.** pH, teores de fósforo (P) extraídos por Mehlich1 e Resina, enxofre (S), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd-2) cultivadas com mudas de MPB (variedade RB 86-7515), 90 dias após a aplicação dos tratamentos.

Tratamentos	pH	P-Meh	P-Res	S	Ca	Mg
	CaCl <sub>2</sub>	--- mg dm <sup>-3</sup> ---		--- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ---		
Testemunha	4,8	1,52 b	3,55 b	12,0 a	1,8 b	0,3 a
SFT	4,9	29,4 a*	26,12 a*	13,2 a	2,0 b	0,2 a
SFT + Pastilha S	4,9	8,5 b	10,10 ab	13,5 a	2,1 b	0,3 a
SFT + Gesso	4,8	8,2 b	14,47 ab	20,0 a	2,1 b	0,3 a
MAP + Pastilha S	4,8	28,2 a	24,45 a*	16,3 a	2,1 b	0,2 a
MAP + Gesso	4,8	12,0 b	19,45 ab*	20,1 a	2,0 b	0,2 a
FNR Bayóvar + Pastilha S	5,0	26,6 a	21,72 ab*	18,4a	2,3 a*	0,2 a
FNR Bayóvar + Gesso	4,9	34,0 a*	24,05 a*	17,3a	2,4 a*	0,2 a
FN Baixa Reatividade <sup>1</sup> + SFT + S <sup>0</sup>	4,9	10,1 b	11,20 ab	14,9 a	2,4 a*	0,3 a
FN Alta Reatividade <sup>2</sup> + SFT + S <sup>0</sup>	5,1	15,2 b	27,12 a*	20,0 a	2,8 a*	0,3 a
Médias	4,8	17,3	18,2	16,5	2,2	0,2
CV	3,5	77,6	42,1	30,9	11,5	26,4
DMS	0,35	27,51	15,64	17,51	0,52	0,15

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; \*Médias diferentes da testemunha por Dunnett (P<0,05);

Isso ocorre devido ao fato destas fontes apresentarem uma quantidade considerável de cálcio em sua composição como o FNR Bayóvar, o SFT e o gesso. Nicchio, 2015 também trabalhando com fontes de fósforo observou acréscimo nos teores de fósforo no solo com o uso do fosfato decantado (FD) ao se aplicar  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , apresentando teores iguais a  $73,1 \text{ mg dm}^{-3}$  no primeiro cultivo e  $28,4 \text{ mg dm}^{-3}$  no segundo cultivo, sendo superiores aos demais tratamentos. Neste mesmo experimento ao comparar o fosfato acidulado parcialmente calcinado em relação ao SFT, os maiores valores de fósforo extraídos por resina foram observados aos 89 dias após o plantio. E como o SFT possui aproximadamente 12% de cálcio em sua composição o solo que recebeu este tratamento aos 35 dias apresentou o maior valor médio de cálcio quando comparados com os demais tratamentos.

## 6 CONCLUSÃO

A aplicação de fontes de fósforo (P) associadas ao S apresentou maior produção de massa seca. Além disso, pode-se destacar que as fontes aciduladas com baixa concentração (FN Baixa Reatividade + SFT +  $\text{S}^0$  e FN Alta Reatividade + SFT +  $\text{S}^0$ ) apresentaram resultados satisfatórios, no desenvolvimento das mudas em relação à altura de plantas e produção de massa seca equivalendo-se as fontes aciduladas e superiores a testemunha.

A aplicação de SFT, MAP + Pastilha S, FNR Bayóvar + Gesso e FN Alta Reatividade + SFT +  $\text{S}^0$  foram mais eficientes em aumentar os teores de P no solo (extrator Resina) quando comparado com os teores da testemunha.

Os tratamentos FN Baixa Reatividade + SFT +  $\text{S}^0$  e FN Alta Reatividade + SFT +  $\text{S}^0$  apresentaram resultados intermediários nos teores de P do solo.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAGA, J.M.; MASCARENHAS, H. A. A.; FEITOSA, C.T.; HIROCE, R.& RAIJ, B. van. Efeitos de fosfatos sobre o crescimento e produção da soja. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 4:36-39, 1980.

DEFILIPPE, G. **Panorama da rocha fosfática e ácido fosfórico**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROCHA FOSFÁTICA, 5., São Paulo, 1990. Anais. São Paulo, IBRAFOS, s.d. p.5-9.

FRANSOLOSIO, J. F.; LANA, M. C.; FONTANICA, S.; CZYCZ, R. V. Eficiência de adubos fosfatados associados ao enxofre elementar na cultura do milho. **Rev. Ceres**, Viçosa, 57:5:686-694, 2010.

GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. Fósforo. In: GOEDERT, W.J., ed. **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo, Nobel, 1986. p.129-166.

GOEDERT, W.J. & LOBATO, E. Eficiência agronômica de fosfatos em solo de cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, 8:97-102, 1984.

GOEDERT, W.J. & LOPES, A.S. **Eficiência agronômica de fertilizantes fosfatados para culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamento**. In: SEMINÁRIO SOBRE RECUPERAÇÃO DE FÓSFORO, São Paulo, 1987. Anais. São Paulo, IBRAFOS, 1987. p.24-49.

HOROWITZ, N. **Oxidação e eficiência agronômica do enxofre elementar em solos do Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. 111p.

NOGUEIRA, A. V. Eficiência agronômica, como fertilizante, de um lodo de esgoto e de dois resíduos provenientes da indústria siderúrgica. Viçosa, Universidade Federal de

- Viçosa, 1990. 85p (**Dissertação de mestrado**).
- NOVAIS, R.F. de ; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV/DPS, 1999. 399 p.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1991. 343p.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. 285p.
- STAMFORD, N. P.; MOURA, A. M. M. F.; SANTOS, K. S.; SANTOS, P. R. Atuação de *Acidithiobacillus* na solubilização de fosfato natural em solo de tabuleiro cultivado com Jacatupé (*Pachyrhizus erosus*). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:75-83, 2004.