



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

Campus de Ilha Solteira

JULIO CESAR DOS REIS PEREIRA

**COMBINAÇÕES DE FÓSFORO MINERAL E COMPOSTO
ORGÂNICO GRANULADO NO SISTEMA MILHO/SOJA/MILHO.**

Ilha Solteira
2018



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

Campus de Ilha Solteira

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA:
SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

JULIO CESAR DOS REIS PEREIRA

**COMBINAÇÕES DE FÓSFORO MINERAL E COMPOSTO ORGÂNICO
GRANULADO NO SISTEMA MILHO/SOJA/MILHO.**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia
de Ilha Solteira – UNESP como parte dos
requisitos para obtenção do título de Doutor
em Agronomia Especialidade: Sistemas de
Produção.

Prof. Dr. Salatiér Buzetti
Orientador

Ilha Solteira
2018

FICHA CATALOGRÁFICA

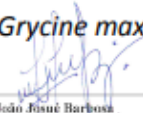
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

P436c Pereira, Júlio Cesar dos Reis.
Combinações de fósforo mineral e composto orgânico granulado no sistema milho/soja/milho / Júlio Cesar dos Reis Pereira. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2018
107 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2018

Orientador: Salatiér Buzetti
Inclui bibliografia

1. Adubação fosfatada. 2. Efeito residual. 3. *Zea mays* L.. 4. *Glycine max* L..


João Josué Barbosa,
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação
Diretor Técnico
CRB 8-5642

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Combinações do fósforo mineral e orgânico na semeadura do milho e efeito residual na soja e milho segunda safra

AUTOR: JULIO CESAR DOS REIS PEREIRA

ORIENTADOR: SALATIER BUZETTI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA, especialidade: SISTEMAS DE PRODUÇÃO pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. SALATIER BUZETTI

Departamento de Fiossankidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Itha Solteira

Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI

Departamento de Fiossankidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Itha Solteira

Prof. Dr. THIAGO ASSIS RODRIGUES NOGUEIRA

Departamento de Fiossankidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Itha Solteira

Dr. GUSTAVO PAVAN MATEUS

Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios

Prof. Dr. FLÁVIO HIROSHI KANEKO

Câmpus de Iturama / Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Itha Solteira, 05 de março de 2018

DEDICO

Aos meus pais

Marcilio Cruzado Pereira e Elizabeth dos Reis Pereira, exemplos de honestidade, dedicação e pela criação, ensinamentos e estrutura familiar. Que cada uma das minhas conquistas seja a realização de seus sonhos.

OFEREÇO a DEUS

À minha filha

Sabrina Pardim Pereira e minha companheira Bruna Taiane de Almeida pela compreensão e dedicação nos momentos difíceis e felizes.

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. Salatiér Buzetti, pela oportunidade, orientação, confiança, amizade e ensinamentos que tornaram possível a realização deste trabalho.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira, à Coordenação e aos professores do programa de Pós-Graduação, curso de Agronomia, em Sistema de Produção, pela oportunidade de realização deste curso, bem como, a minha formação acadêmica durante a graduação e mestrado, nesta honrada Universidade.

Aos membros da banca examinadora no exame de qualificação aos Prof. Dr. Marcelo Andreotti e Dra. Raíssa Pereira Dinalli, pelas sugestões e orientações valiosas.

Ao aceite da banca defesa da tese: Drs. Flávio Hiroshi Kaneko, Prof. Dr. Thiago Assis Rodrigues Nogueira, Dr. Gustavo Pavan Mateus e ao Prof. Dr. Marcelo Andreotti, que tanto contribuiu para este trabalho.

Ao Diretor técnico de serviços bibliotecário João Josué Barbosa, que contribuiu para as correções e normalização deste trabalho.

Ao Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos pela estrutura para realização deste trabalho, aos Prof. Dr. Luiz Malcolm Mano de Melo, Prof. Dr. Morel de Passos e Carvalho, ao ex-orientador Dr. Ricardo Antonio Ferreira Rodrigues pela longa amizade.

Ao Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia em especial ao Prof. Dr. Orivaldo Arf pela amizade e incentivo desde o meu ingresso na graduação, Prof. Dr. Edson Lazarini, Prof. Dr. Marco Eustáquio de Sá e ao Prof. Dr. Enes Furlani júnior. Aos amigos Dr. Ronaldo Cintra Lima e Dr. Douglas de Castilho Gitti pela amizade e incentivo.

RESUMO

Solos localizados em regiões de clima tropical apresentam, predominantemente, teores baixos de fósforo disponível (P), em função da sua mineralogia que tem alta capacidade de ser fixado por oxihidróxidos de Fe e Al. Portanto, é necessário o aporte de P nos sistemas de produção, além de estudos voltados para manutenção, ou aumento da disponibilidade do nutriente nestes solos. As tecnologias visando a utilização de fontes minerais de P, combinadas à fertilizantes orgânicos compostos, oriundos de resíduos agroindustriais, torna-se uma alternativa aos sistemas produtivos em condição de clima tropical. Neste trabalho objetivou-se, verificar o efeito da aplicação fertilizante superfosfato triplo (SFT), aplicado no sulco de semeadura, combinado ao fertilizante composto orgânico (FOC) granulado, com a seguinte composição: N total (15 g kg^{-1}); P_2O_5 total (25 g kg^{-1}); K_2O (10 g kg^{-1}); Ca (40 g kg^{-1}); Mg (10 g kg^{-1}); M.O. (400 g kg^{-1}); CTC ($450 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$); carbono orgânico (150 g kg^{-1}); pH CaCl_2 (7,0) e umidade (30 g kg^{-1}) na base seca (65°C), aplicado no sulco de semeadura, ou a lanço em área total, na cultura do milho, safra 2012/13, avaliou-se também o seu efeito na sucessão milho/soja/milho. O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram: SFT nas doses de 0; 37,5; 75; 112,5 e 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 combinadas ao FOC granulado nas doses de 6,0; 4,5; 3,0; 1,5; Mg ha^{-1} , respectivamente, mais o tratamento controle, avaliando seu efeito residual na sucessão da soja, safra 2013/14, aplicou-se a dose de 45 kg ha^{-1} de P_2O_5 do SFT e ausente no controle, no milho segunda safra 2014, aplicou-se 60 kg ha^{-1} do SFT, mais o tratamento controle. Foram avaliadas as concentrações foliares, os atributos químicos do solo, componentes morfológicos, e produtividades de grãos no sistema (milho/soja/milho).

Conclui-se que as combinações do SFT ao FOC alteraram positivamente as concentrações foliares de Ca, B, Fe e Mn, e o teores de P e m % no solo, os componentes vegetativos e produtividades de grãos de milho primeira safra. Na soja, as concentrações foliares de N, P e Mn, foram maiores, já a produtividade de grãos na soja, não respondeu ao efeito residual, porém houve aumento dos teores de P no solo, em função do efeito residual das combinações do SFT ao FOC. No milho segunda safra, os teores de P, M.O. e m % no solo foram afetados pelos efeitos residuais. As maiores produtividades no sistema milho/soja/milho, foram obtidas pelo efeito residual das adubações, nas doses de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ do SFT + 6 Mg ha⁻¹ do FOC aplicado na linha, ou em área total, promoveu incremento na ordem de 50 % e 49 % na produtividade kg ha⁻¹ de grãos, em relação ao tratamento controle. O SFT na dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ promoveu incrementos de 47 % nas produtividades de grãos, no sistema milho/soja/milho. A adubação combinada na dose de 112 kg ha⁻¹ de P₂O₅ do SFT + 1,5 Mg ha⁻¹ do FOC aplicado em na linha, ou em área total, teve incrementos de 47 % nas produtividades de grãos, no sistema milho/soja/milho.

Palavras-chave: *Zea mays* L. *Glycine max* L. Adubação fosfatada. Efeito residual.

ABSTRACT

Soils located in tropical climate regions present, predominantly, low available phosphorus content (P), depending on their facility to be fixed by Oxyhydroxide de Fe and Al. Therefore, it is necessary P input on soil to contribute to the production systems, in addition to studies for maintenance, or increase availability of the nutrient in these soils. Technologies aiming the use of P mineral sources, combined with organic fertilizers, originating from agro residues, become an alternative to production systems in tropical climate conditions. In this sense, it was intended, with this work, to evaluate the triple superphosphate fertilizer (SFT), applied at sowing furrow, combined to the granulated organic compound fertilizer (FOC), with the following composition: N (15 g kg⁻¹); P₂O₅ (25 g kg⁻¹); K₂O (10 g kg⁻¹); Ca (40 g kg⁻¹); Mg (10 g kg⁻¹); M. O. (400 g kg⁻¹); CTC (450 mmol_c dry matter (DM = 400 g kg⁻³); Organic carbon (150 g kg⁻¹); pH CaCl₂ (7.0) and humidity (30 g kg⁻¹) on dry base (65°C), applied in the furrow at sowing, or spread in total area, in corn crop, harvest 2012/13, aiming to evaluate also its effect on the succession of maize/soybean/maize. The experimental design adopted was randomized blocks, with four repetitions. The treatments were: SFT in the doses of 0; 37.5; 75; 112 and 150 kg ha⁻¹ of P₂O₅ combined with granulated FOC in doses of 6.0; 4.5; 3.0; 1.5; 0 Mg ha⁻¹, respectively, evaluating its residual effect in the soybean succession, harvest 2013/14, on a single dose of 45 kg ha⁻¹ of P₂O₅ (SFT) plus the control, in corn, second crop 2014, using 60 kg of P₂O₅ ha⁻¹ (SFT), plus the treatment control. Foliar concentrations, soil nutritional levels, vegetative, productive components and corn/soybean/corn grain productivity were evaluated. It is concluded that the combinations of SFT and FOC positively altered the foliar concentrations of Ca, B, Fe, Mn, and the levels of P and Al

saturation in the soil, as well as the vegetative components and grain yield in the first corn crop. In soybean the foliar concentrations of N, P and Mn were positively affected as well as grain productivity. On the soil P-levels also increased with the combination SFT and FOC. In corn, second harvest, there was a positive effect of P, M.O. and Al saturation in soil were positively affected. The vegetative components, as well as the grain yield, second crop, did not vary with the mode of FOC application. The highest yield in the corn /soybean / corn system was obtained by doses of 150 kg ha⁻¹ of PFT + 6 Mg ha⁻¹ of the FOC applied in the line, or in the total area, which promoted increase in the order of 50% and 49% , respectively, in relation to the control treatment. The SFT in the dose of 150 kg ha⁻¹ of P₂O₅ promoted increases of 47% in grain yield in the corn / soybean / corn system. The fertilization combined in the dose of 112 kg ha⁻¹ of P₂O₅ of the SFT + 1.5 Mg ha⁻¹ of the FOC applied in the line, or in the total area, increased 47% in grain yield in the corn / soybean /corn system.

Keywords: *Zea mays* L. *Glycine max* L. Phosphate fertilization. Residual effect.

LISTAS FIGURAS

Figura 1-	Temperaturas máximas, médias e mínimas, precipitação pluviométricas, durante o ciclo do cultivo do milho primeira safra 2012/13.....	36
Figura 2-	Temperaturas, máximas, médias e mínimas, precipitação pluviais durante os ciclos da soja e milho segunda safra 2013/14.....	37

LISTAS TABELAS

Tabela 1	Tratamentos experimentais, com as respectivas doses de superfosfato triplo (SFT) combinadas ao fertilizante orgânico composto (FOC) granulado e modo de aplicação no sulco de semeadura ou em área total no sistema milho/soja/milho.....	38
Tabela 2	Valores médios das concentrações foliares de N, P, K, Ca, Mg e S no milho primeira safra, em função das combinações dos fertilizantes SFT ao FOC, na região Noroeste Paulista, safra 2012/13.....	51
Tabela 3	Valores médios das concentrações foliares de B, Cu, Fe, Mn e Zn no milho primeira safra, em função das combinações dos fertilizantes SFT e FOC na região Noroeste Paulista safra 2012/13.....	52
Tabela 4	Valores médios dos atributos do solo (P- resina, M.O., pH, K, Ca, Mg, CTC e V%) no florescimento do milho primeira safra, em função das combinações dos fertilizantes SFT e FOC, na região Noroeste Paulista safra 2012/13.....	59
Tabela 5	Valores médios dos atributos nutricionais do solo (SB, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e m %) no florescimento no milho primeira safra, em função das combinações dos fertilizantes SFT e FOC, na região Noroeste Paulista safra 2012/13.....	60
Tabela 6	Valores médios dos componentes morfológicos, produtivos e produtividade de grãos do milho, primeira safra, em função das combinações dos fertilizantes SFT ao FOC, na região Noroeste Paulista, safra 2012/13.....	64
Tabela 7	Valores médios das concentrações foliares de N, P, K, Ca, Mg e S na cultura da soja, em função do residual das combinações dos fertilizantes SFT e FOC, na região Noroeste Paulista, safra 2013/14.....	69
Tabela 8	Valores médios das concentrações de B, Cu, Fe, Mn e Zn na soja, em função do residual das combinações dos fertilizantes SFT e FOC, na região Noroeste Paulista safra 2013/14.....	70
Tabela 9	Valores médios dos atributos do solo (P-resina, M.O, pH, K, Ca, Mg, CTC e V%) no florescimento da soja, em função do residual das combinações dos fertilizantes SFT e FOC, na região Noroeste Paulista, safra 2013/14.....	75

Tabela 10	Valores médios dos teores nutricionais do solo (SB, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e m%) no florescimento da soja, em função do residual das combinações dos fertilizantes SFT e FOC na região Noroeste Paulista safras 2013/14.....	76
Tabela 11	Valores médios dos componentes fenológicos, produtivos e produtividade de grãos de soja, em função das combinações dos fertilizantes SFT ao FOC, na região Noroeste Paulista, safra 2013/14.....	79
Tabela 12	Valores médios das concentrações foliares de N, P, K, Ca, Mg e S no milho segunda safra, em função do residual das combinações dos tratamentos com SFT e FOC, na região Noroeste Paulista, safra 2014.	83
Tabela 13	Valores médios das concentrações foliares do B, Cu, Fe, Mn e Zn no milho segunda safra, em função do residual das combinações dos tratamentos com SFT e FOC, na região Noroeste Paulista, safra 2014.	84
Tabela 14	Valores médios dos atributos da análise químicas do solo (P-resina, M.O., pH, K, Ca, Mg, CTC e V%) no florescimento do milho segunda safra, em função do residual das combinações dos tratamentos com SFT e FOC, na região Noroeste Paulista, safra 2014.....	91
Tabela 15	Valores médios dos atributos da análise químicas do solo (SB, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e m %) no florescimento do milho segunda safra, em função do residual das combinações dos tratamentos com SFT e FOC, na região Noroeste Paulista, safra 2014.....	92
Tabela 16	Valores médios dos componentes fenológicos, vegetativos e produtividade de grãos milho segunda safra, em função do residual das combinações dos tratamentos com SFT ao FOC na região Noroeste Paulista, safra 2014.....	96

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	Fósforo no solo-planta.....	17
2.2	Fertilizante superfosfato triplo (SFT) e suas interações no solo.....	19
2.3	Fertilizante orgânico composto (FOC) granulado, resíduos agroindustriais	21
2.4	Atributos químicos e biológicos relacionados a matéria orgânico no solo...	24
2.5	Combinação do SFT ao fertilizante orgânico composto (FOC)	27
2.6	Resposta do milho a aplicação de fertilizantes minerais e orgânicos.....	29
2.7	Resposta da soja a aplicação de fertilizantes minerais e orgânicos.....	31
2.8	Manejo e modo de aplicação da adubação orgânica no sulco e a lanço.....	33
2.9	Hipótese a serem respondidas com este trabalho	34
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1	Descrição da área e localização do experimento.....	35
3.2	Delineamento experimental.....	37
3.3	Implantação dos tratamentos SFT ao FOC no milho primeira safra.....	38
3.4	Condução do experimento do milho primeira safra.....	40
3.5	Condução do experimento da soja.....	41
3.6	Condução do experimento do milho segunda safra.....	42
3.7	Avaliações na condução do experimento sistema milho/soja/milho	42
3.7.1	<i>Amostragem foliar para caracterização do estado nutricional no milho primeira e segunda safra.....</i>	<i>42</i>
3.7.2	<i>Amostragem para a caracterização dos atributos química do solo no cultivo do milho primeira e segunda safra</i>	<i>42</i>
3.7.3	<i>Avaliações dos componentes morfológicos e produtivos no milho primeira e segunda safra.....</i>	<i>44</i>
3.8	Avaliações realizadas durante a condução do experimento na soja.....	45
3.8.1	<i>Amostragem foliar e caracterização do estado nutricional da planta soja...</i>	<i>45</i>
3.8.2	<i>Amostragem para caracterização dos atributos químicos do solo na soja</i>	<i>45</i>
3.8.3	<i>Avaliação dos componentes e produtividade da cultura da soja.....</i>	<i>46</i>
3.9	Análise estatística dos atributos no avaliados no milho/soja/milho	46
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.1	Concentrações foliares de macronutrientes no milho primeira safra.....	47
4.2	Concentrações de micronutrientes foliares no milho primeira safra.....	49
4.3	Atributos químicos no solo no cultivo milho primeira safra.....	53
4.4	Componentes morfológicos, produtivos e produtividade no sistema milho primeira safra.....	61
4.5	Concentrações foliares de macronutrientes na soja.....	65
4.6	Concentrações foliares de micronutrientes na soja.....	67
4.7	Atributos químicos no solo no cultivo na soja.....	71
4.8	Componentes morfológicos, produtivos e produtividade da cultura da soja..	77
4.9	Concentrações foliares de macronutriente no milho segunda safra.....	80

4.10	Concentrações de micronutrientes foliares no milho segunda safra.....	81
4.11	Atributos químicos do solo no cultivo do milho segunda safra.....	85
4.12	Componentes morfológicos e produtividades no milho segunda safra.....	93
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
5	CONCLUSÕES.....	98
	REFERÊNCIAS	99

1. INTRODUÇÃO

Os solos brasileiros localizados em regiões de clima tropical, apresentam predominantemente baixos teores de fósforo (P) disponíveis no solo. Devido a fixação do P pela reação com óxidos de Fe, Al e das argilas silicatadas, predominantemente em solos de Cerrado, desta forma, ocasionando baixo aproveitamento dos fertilizantes fosfatados.

Desta forma, recomendou-se o uso de práticas voltadas ao aumento da eficiência dos fertilizantes, como a calagem, gessagem, adubação verde e fontes orgânica, possibilitaram aumento no aproveitamento do P aplicado podendo ser superior a 40% (ALCARDE et al, 1998; KIEHL, 2010), aliado ao uso da prática da semeadura direta possibilitou essa melhoria no aproveitamento do P.

O fosfato no Brasil é objeto de estudos relacionados às fontes e a sua eficiência quanto ao seu uso, uma vez que as jazidas são finitas e os solos tropicais possuem alta capacidade de fixação do elemento. O Brasil ocupa a quarta posição de maior consumidor de fertilizantes mundial, respondendo por 6% do total. No entanto, ocupa a décima posição em relação à produção de fertilizantes, sendo responsável por apenas 2% da produção mundial.

As crescentes produtividades do milho e da soja alcançadas no País, somente são conseguidas com suprimento adequados de P, em quantidades compatíveis com as exigências nutricionais das culturas, que embora seja a menor na relação $N > K > P$, normalmente, no solo o fosfato é o mais requerido nesta relação $P > K > N$ (COELHO ; ALVES, 2003), visando a construção da fertilidade em solos com baixos teores de P iniciais.

Neste contexto, visando a construção da fertilidade do solo e o aproveitamento do P nos sistemas produtivos, os resíduos agroindustriais tornam-se fontes passíveis de recomendação, portanto, se faz necessário o uso do processo de compostagem, pelo qual seu produto resultante, é um fertilizante orgânico composto, que possibilita e contempla combinações com fontes minerais em um sistema produtivo.

Produtos de origem orgânica, tem sido mais largamente utilizado perto de suas localidades geradoras, a exemplo existe o esterco de poedeira, a cama de frango, a torta de filtro e o esterço bovino. No entanto, perde-se sua viabilidade pelo elevado teor de água contido na sua composição, seja pelo logística de transporte ou pela sua aplicação ao solo.

Os fertilizantes orgânicos compostos e granulados quando industrializados, possui baixa umidade, em torno de 2 a 3 %, são classificação quanto à granulometria entre 1 a 4 mm, com destaque a sua compatibilidade em mistura com outros fertilizantes minerais, permitindo elevar sua concentração nutricional inicial e valor agregado, visto que os altos custos e a baixa lucratividade das atividades agrícolas se tornam preocupação com a agricultura viável, o que leva à definição de um sistema que aliado a eficiência em suprir P, melhorando a nutrição no sistema solo-planta, e mantendo ou aumentando a produtividade das culturas no sistema produtivo.

Muitos estudos são voltados para verificar o efeito do P no solo, mas poucos são os estudos visando verificar efeitos de fertilizantes minerais combinados ao fertilizante orgânico composto e granulado, no sistema solo-planta e suas contribuições em sistema de produção nas culturas de cereais.

Perante o exposto, o baixo aproveitamento do P pelas culturas, aliado à grande demanda pela importação do fosfato, estimula estudos voltados para a manutenção ou aumento na disponibilidade P nos solos brasileiros. Desta forma, a combinação do fosfato

mineral ao fertilizante orgânico torna-se alternativa viável no sistema produtivo em condição de clima tropical.

Neste trabalho objetivou-se avaliar o efeito de doses de P_2O_5 na forma de superfosfato triplo (SFT) em combinação com as doses do fertilizante orgânico composto (FOC) granulado em função do modo de aplicação no milho primeira safra e seus efeitos na sucessão soja/milho, em condições de cerrado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fósforo no solo-planta

Os solos brasileiros, localizados em regiões de clima tropical, apresentam predominantemente baixos teores de fósforo (P) disponíveis. O P, sem dúvida, é o elemento mais utilizado em maiores doses na região do cerrado, devido a sua fixação do P pela reação com óxidos de Fe e Al, e argilas silicatadas do grupo 1:1, encontradas predominantemente em altas concentrações em solos de Cerrado (NOVAIS; SMYTH, 1999; GATIBONI, 2003). Desta forma, o P é o principal nutriente que limita o desenvolvimento de qualquer atividade agrícola rentável, sendo necessário o fornecimento de fertilizantes fosfatados (WIETHOLTER et al., 1994).

No solo, o P é adsorvido aos oxihidróxidos de Fe e Al, e essa adsorção se dá nos sítios ácidos de Lewis, onde os grupos OH e OH_2^+ ligados ao metal (Fe^{2+} e Al^{3+}), são trocados pelo P (RHEINHEIMER et al., 2008). Outras fontes de adsorção são as argilas silicatadas tipo 1:1, e solos alcalinos com altos teores de cálcio (GATIBONI, 2003).

Outras perdas de P podem ocorrer por remoções de nutrientes nas colheitas das culturas. Perdas, por lixiviação de P, são mínimas, por ser o nutriente muito pouco móvel na maioria dos solos. Ele geralmente permanece onde foi aplicado, ou onde ocorre a intemperização dos minerais do material de origem, no entanto, pode movimentar-se um pouco mais em solos arenosos do que em solos argilosos.

O P no solo é dividido em dois grandes grupos, o fósforo inorgânico (Pi) e o fósforo orgânico (Po), dependendo da natureza do composto a que está ligado (RHEINHEIMER et al., 2008). O grupo do Pi é dividido em duas partes, o P dos minerais primários, oriundos das transformações dos materiais de origem, sendo considerado o fósforo adsorvido, e a outra parte corresponde ao P da solução do solo em baixa concentração, porém é fonte de P disponível às plantas.

Os grupos do P_i e P_o podem atuar como fonte ou dreno do P disponível, dependendo do manejo do solo e da fertilização. Quando o solo não é fertilizado e há adições de resíduos vegetais, a fração orgânica tampona o P da solução do solo. Por outro lado, quando ocorrem fertilizações há o acúmulo de fósforo nas formas inorgânicas, que tamponam a solução. A fração orgânica é utilizada em menor escala, permitindo sua acumulação. Quando ocorre a adição de fertilizantes fosfatados, ocorre a redistribuição do P em todas as frações do solo, porém o acúmulo é mais pronunciado nas frações inorgânicas lábeis. Com o tempo, há aumento da energia de adsorção, e o P passa gradativamente para formas de menor labilidade, o que caracteriza o processo de fixação (BAROW, 1999; NOVAIS ; SMITH, 1999).

O P presente na solução do solo é absorvido na planta, pelo processo de difusão onde as raízes das plantas, são muito importantes neste processo, pois são elas que absorvem na solução do solo os íons $H_2PO_4^-$ ou HPO_4^{2-} , comumente encontradas nas faixas de pH entre 4,0 a 8,5 dos solos brasileiros (BARBER, 1984). A suplementação mineral de P às plantas é determinada pela capacidade do solo em repor o P na solução do solo (poder tampão) e manejo da fertilização fosfatada. As condições ambientais e do solo também afetam a biodisponibilidade de P e o crescimento das raízes (DEITH et al. 2005). A habilidade das plantas de absorver o P do solo irá depender da concentração dos íons em solução na superfície das raízes e da área da superfície radicular em contato com a solução (JONES; JACOBSEN, 2001).

Desta forma, a utilização de fertilizantes fosfatados solúveis passa a ser o fator determinante no fornecimento de P ao sistema solo-planta, principalmente quando os teores são considerados baixos, com reflexos negativos na produtividade de grãos das culturas no Brasil (SILVA et al., 2012).

2.2 Fertilizante superfosfato triplo (SFT) e sua interação no solo

A disponibilidade de rochas fosfáticas para a produção de fertilizantes fosfatados, em nível mundial, é mais que adequada para os próximos 100 anos e, possivelmente, para muitos anos mais. Entretanto, é preciso lembrar que o fósforo é um elemento essencial para a produção agrícola, sem sucedâneo e finito (LOPES et. al., 2004).

Os fosfatos solúveis, como o superfosfato triplo (SFT), na solução do solo, apresentam alta eficiência agrônômica em curto prazo e elevado custo por unidade de nutrientes. Contudo, ocorre forte competição entre o solo e planta pelo P desses fosfatos aplicados (NOVAIS et al., 2007), em função da sua facilidade em ser fixado por Fe e Al presentes nos solos.

Em condições de solos tropicais estudos revelam que a taxa de aproveitamento de P em solos seja da ordem de 5 a 25% (MALAVOLTA, 1980), de modo a influenciar negativamente as produtividades de grãos das culturas. Segundo Sousa e Lobato (2004), a qualidade dos fertilizantes, tipo de solo, época de aplicação, forma de aplicação ou localização e uniformidade de aplicação do adubo, são fatores que associados à umidade do solo, espécie vegetal cultivada e manejo da lavoura interferem na eficiência da adubação, podendo ocasionar perdas de nutrientes e consequente desperdício de recursos financeiros quando da adubação.

Desta forma, a construção ou a reposição do P no solo passa a ser fundamental para os sistemas produtivos. A limitação do P no solo ou na adubação reflete-se primeiramente na redução das produtividades colheitas. Quando as reservas diminuem ainda mais, não sendo refeitas pelo uso de fertilizantes fosfatados ao solo, a planta começa a mostrar o efeito visual da deficiência de P na planta “sintoma de deficiência”.

De maneira geral, o valor residual dos estoques de adubos fosfatados solúveis em água é de 60%, 45%, 35%, 15% e 5%, respectivamente, no primeiro ano com a aplicação em sulco de semeadura e o quinto ano após a adubação (SOUSA et al., 1987). Neste caso, se for feita uma adubação fosfatada corretiva com P, deve ser considerada como um investimento, e esta será amortizado em cinco anos nas proporções do valor residual. (SOUSA ; LOBATO, 2004).

Resende et al. (2006), estudando fontes e modos de aplicação de P durante três cultivos sucessivos em solo da região do Cerrado, obtiveram teores de P-resina, no tratamento controle de 8, 7 e 9 mg dm⁻³ e no tratamento com SFT aplicada em área total foram de 10, 9 e 10 mg dm⁻³, no entanto, os maiores valores foram obtidos com o SFT sendo aplicado na linha de semeadura com teores de 30, 28, e 10 mg dm⁻³. Portanto, o modo de aplicação afeta a sua disponibilidade, na aplicação a lanço, ocorre maior exposição do P aos óxidos de Fe e Al, facilitando sua fixação ao solo, ao passo que quando aplicado na linha ocorre maior concentração do P na solução.

Valderrama et al. (2011), estudando a aplicação de doses de N, P e K no milho irrigado em sistema de plantio direto em Latossolo Vermelho escuro, usando doses e comparando fertilizantes tradicionais, com os revestidos (ureia e ureia revestida, superfosfato triplo e superfosfato triplo revestido, cloreto de potássio e cloreto de potássio revestido), verificaram que as fontes não diferiram quando comparados os componentes de produção e a produtividade de grãos de milho irrigado. No entanto, o incremento das doses de N aumentou linearmente o teor de N foliar, número de espigas por hectare e a produtividade de grãos de milho. A aplicação de doses de P₂O₅ e K₂O não influenciou a produtividade de grãos da cultura quando analisadas isoladamente, a ausência de resposta pode ser devido ao alto teor inicial de 32 mg dm⁻³ de P.

Outras fontes de P de origem orgânica contribui para o efeito residual do P, quando se utilizou a torta de filtro, por mais de 3 anos, no cultivo de cana-de-açúcar, e ressaltam que a liberação é lenta e gradual e quando combinados a outros fertilizantes tiveram ganhos de produtividade, quando comparados somente com os minerais (SANTOS, 2009).

As reservas de P são finitas e devido ao elevado consumo na fase inicial das culturas, faz-se necessário o estudo de fontes alternativas de fosfato e ou combinações das duas fontes de P, mineral e orgânico. Neste sentido, os fertilizantes orgânicos surgem como alternativa de P que podem ser utilizados, isolados ou combinados ao fosfato mineral. No entanto, trabalhos avaliando a utilização destes resíduos agroindustriais no sistema produtivo milho/soja/milho são escassos.

2.3 Fertilizante orgânico composto (FOC) granulado de resíduos agroindustriais

A compostagem se caracteriza por um processo biológico, químico, bioquímico e aeróbio. Pode ser dividido em três fases: mesófila, com temperaturas até 40°C e a fase termófila com temperatura mais altas entre 50 - 70°C, sendo seu manejo controlado e manejado, assegurando a degradação de sólidos orgânicos, e a fase de maturação do composto, resultando em fertilizante orgânico composto, quimicamente e biologicamente estável, para uso na agricultura como insumo (KIEHL, 2004). Na fase termófila a elevação da temperatura é causada pelas atividades das bactérias, na qual são extremamente importantes, pois é nela que ocorre o controle dos microrganismos patogênicos e das plantas daninhas presentes na fase inicial do material orgânico.

A relação carbono/nitrogênio é representada pelos símbolos para os dois elementos químicos (C/N) e é o índice que indica o estágio que está a matéria orgânica

(crua, semicurada ou humificada). Nesta relação que atuam os microrganismos que necessitam de C disponível como fonte de energia e de N para síntese de seu protoplasma, absorvendo sempre o carbono e o N, em uma proporção C/N= 30/1, em qualquer que seja a relação na compostagem, a redução dessa relação é realizada pelos microrganismos, eliminando dois terços de C, na forma de gás carbônico CO₂ e um terço do N incorporado a suas próprias células vivas, desta forma ocorre a redução na relação (C/N) em torno de 10/1 (KIEHL, 2010).

Neste processo de compostagem ocorre a variação do pH, sendo a reação ácida na fase inicial do processo e alcalina à medida que há reações em valores de pH próximos a neutralidade (pH 7) e alcalinos superiores ao pH 8,0 (KIEHL, 1985).

Outro parâmetro importante dos fertilizantes orgânicos é a capacidade de troca catiônica (CTC), sendo sua capacidade de adsorção ou retenção eletrostática de cátions pelos húmus, causadas pela presença de cargas negativas presentes nos grupos carboxílicos e fenólicos associadas a alta superfície específica que a matéria orgânica adquire pela degradação, denominadas de micelas coloidais (KIEHL, 2010).

A matéria orgânica é fonte agentes quelantes, na qual ocorre quando há transformação dos resíduos orgânicos em matéria orgânica humificada, pois a partir destes compostos orgânicos, que envolve os macronutrientes catiônicos como o K, Ca e Mg e os micronutrientes metálicos (Fe, Zn, Mn e Cu) tornando-o pinçado, sequestrado ou quelatizado, também pode ser explicado quando o composto possui estrutura cíclicas capazes de aprisionar o cátion metálico no centro do anel (KIEHL, 2004). Os agentes quelantes presentes na matéria orgânica, além de aprisionar o metal em forma solúvel, podem, em certos casos, ser absorvido pelas raízes das plantas sem seu portador, o quelante. Assim, ocorre a quelatização dos elementos metálicos Fe, Al e Ca, na qual seu poder de fixação é minimizado.

Os fertilizantes orgânicos, podem se destacar por serem considerados como de liberação lenta, ou gradual de nutrientes, quando comparados com as fontes solúveis de referência ao mineral, na qual incluem os fertilizantes recobertos, encapsulados, insolúveis em água. Destacam-se também os fertilizantes estabilizados orgânicos, que são orgânicos granulados, produzidos por processo que utilizam polímeros orgânicos como o amido de milho, mandioca ou batata, utilizados como ligantes, e outro aglutinantes a base silicatos de cálcio ou neutro. Essas estruturas formam um micro agregado de tamanho e forma diferentes, na qual sua esfericidade e tamanho são adquiridas através de equipamentos rotativos, e em seguida encaminhados para o processo de secagem dos grânulos orgânicos, através de um secador rotativo contínuo, e após secagem plena, ocorre a sua classificação e seleção em um conjunto de peneiras de passantes ($>1\text{mm}$ e $<4\text{mm}$), selecionando a granulometria desejada para o fertilizante orgânico granulado (BRASIL, 2009).

A classificação permite que o FOC granulado tenha o mesmo tamanho e forma, porém com menor densidade de $0,80\text{ kg L}^{-1}$ da relação de M/V, em comparação com o mineral a exemplo (SFT, MAP e KCl). Exceto a ureia não entra nesta comparação, que tem densidade de $0,65\text{ kg L}^{-1}$.

Existem diferentes tipos de fertilizantes e várias granulometrias, ou seja, o tamanho de partículas de seus componentes: granulado e mistura granulada, mistura de grânulos, microgranulado, pó, farelado fino, farelado e farelado grosso. O fertilizante granulado é constituído de partículas em que cada grânulo contém os elementos declarados ou garantidos do produto. Enquanto que a mistura de grânulos, é o produto em que os grânulos contém, separadamente ou não, os elementos declarados ou garantidos do produto.

A padronização das normas, quanto a produção dos fertilizantes orgânicos, atribuída pela instrução normativa SDA/MAPA nº 25/2009, a qual aprova as normas, especificações e garantias do produto. Neste caso, o fertilizante orgânico composto (FOC) deve apresentar as seguintes garantias: N total (mínimo) 0,5 %; Carbono orgânico de 15 %; pH (mínimo) de 6,0; relação C/N (máxima) 20; CTC conforme declarado e umidade (máxima) de 50 % (BRASIL, 2009).

Já a instrução normativa SDA/MAPA nº 27/2006 trata-se dos limites máximos de contaminantes e patógenos admitidos nos fertilizantes orgânicos para uma aplicação segura na agricultura (BRASIL, 2006). O fertilizante orgânico composto classe B é de origem agroindustrial oriundos de resíduos, que alguma fase do seu processo teve contato com metais pesado, porém sem risco de aplicação na agricultura.

2.4 Atributos químicos e biológicos relacionados a matéria orgânica no solo

O efeito da matéria orgânica sobre os estoques de compostos fosfatados no perfil do solo é fundamental, uma vez que a sua presença ocasiona a reciclagem do fósforo adsorvido e a melhoria na eficiência de disponibilização deste nutriente para as culturas. (SOUSA ; LOBATO, 2004).

De acordo com Oliveira (2000), a decomposição da matéria orgânica no solo é fundamental para o desenvolvimento vegetal, pois mediante esse processo, ocorre o fornecimento de macro e micronutrientes para as plantas. Da decomposição dos resíduos orgânicos que chegam ao solo, resultam na liberação de nutrientes para as plantas (N, P, K e S) e micronutrientes. Dependendo da decomposição do resíduo vegetal, a taxa de mineralização durante o ano agrícola pode ser muito baixa, principalmente de resíduos

vegetais de cana-de-açúcar com elevada relação C/N, provocando imobilização da fonte nitrogenada (KIEHL, 1987).

A aplicação de M.O. no solo, é um fator que influencia a disponibilidade de P. De acordo com Hue et al. (1994), a adição de M.O. inicialmente eleva o pH resultando na redução do Al trocável e, conseqüentemente, na sua atividade na solução do solo. Além disto, o aumento na densidade de cargas negativas na superfície dos óxidos de Fe e Al diminui a adsorção de P (HAYNES ; MOKOLOBATE, 2001). Outra vantagem com a adição de fertilizantes orgânicos em solos tropicais é a mineralização do P orgânico, presente no fertilizante, passando a ser fonte principal de tamponamento do P, uma vez que os coloides minerais atuam principalmente como dreno e competem com as plantas pelo P.

Os microrganismos estão presentes nos fertilizantes orgânicos (KIEHL, 2004) e a sua seleção pode promover a atividade da fosfatase, que é um termo genérico atribuído a um conjunto de enzimas extracelulares de microrganismos e/ou plantas que promovem a desvinculação do fósforo de compostos orgânicos. Sua produção é resultado de modificações bioquímicas a nível celular desencadeadas pela diminuição da absorção de P pelos organismos (RHAGHOTHAMA, 1999) e suas quantidades no solo aumentam, quando os sistemas têm baixos teores de fósforo disponível no solo.

A absorção de fósforo pelos microrganismos cria um outro compartimento no solo, o P microbiano, que é o fósforo imobilizado pelas biomassas microbianas do solo (BMS) e pode representar de 2 a 24% do P orgânico do solo (BROOKES et al., 1984). Rheinheimer et al. (2000), trabalhando com solos do Rio Grande do Sul, cultivados sob sistema de cultivo convencional (SCC) e plantio direto (SPD), registraram percentuais de 14,2% do P orgânico total na forma de P microbiano na camada de 0-2,5 cm, em solo argiloso, independente do sistema de cultivo. Em solo de textura média, foram

encontrados percentuais de 9,2 e 16,5%, para os sistemas SCC e SPD e, em solo de textura arenosa, estes percentuais foram de 15,0 e 23,3%. A passagem de fósforo pela BMS, na camada de 0-17,5 cm, foi de 25 e 26 kg ha⁻¹ ao ano no solo muito argiloso, 11 e 18 kg ha⁻¹ ano no solo de textura média e 7 a 11 kg ha⁻¹ ano no solo arenoso, para os sistemas SCC e SPD, respectivamente.

O P microbiano pode funcionar como um amortecedor dos fenômenos de adsorção, imobilizando temporariamente o fósforo e evitando assim sua adsorção específica aos colóides e minerais do solo (TATE et al., 1991).

A elevação do pH aumenta as cargas negativas do solo, os íons fosfato livres, e a concentração de ânions orgânicos e inorgânicos que competem com o P pelos sítios de troca (ERNANI et al., 1998), diminuindo, com isso, sua adsorção (ERNANI et al., 1996).

A carga biológica de um solo é quantificada pela Biomassa Microbiana do Solo, (BMS) correspondentes aos microrganismos existentes no solo. Estudos revelam que estes microrganismos são indutores/estimuladores de fitohormônios para as plantas, Albuzio et al. (1989) relataram a presença de ácido 3-indol acético (AIA), ácido giberélico (GA) e citocininia (BAP) em frações de substâncias húmicas de menor tamanho molecular provenientes de solos. Muscolo et al. (1998) quantificaram a auxina AIA em substâncias húmicas isoladas de vermicomposto em uma concentração muito elevada, na faixa de 0,5-3,7% ($2,85 \times 10^{-2}$ a $2,11 \times 10^{-1}$ mol L⁻¹ de AIA).

Neste caso, os estimuladores de fitohormônios, induz em o crescimento de raiz e do ápice das plantas, como o P é imóvel no solo, e seu processo de absorção é por difusão, a raiz tem uma importante função na absorção do P pelas plantas.

2.5 Combinação do SFT ao fertilizante orgânico composto (FOC)

Os estudos com SFT revelaram que sua utilização favorece a maior produtividade do milho, maior exportação, no entanto maior fixação do P fornecido, resultando em pouco efeito residual no solo. O efeito oposto se aplica ao fosfato reativo (FR), em virtude da baixa sua solubilidade, que libera gradualmente o P, e pode implicar em menor produção inicial, mas propicia maior efeito de longo prazo, beneficiando os cultivos posteriores (RAJAN et al., 1996). O fósforo não solubilizado de forma imediata permaneceria mais protegido das reações com o solo, minimizando o processo de fixação sendo assim, a hipótese que o FOC, deve ter o mesmo comportamento dos FR.

Estudos realizados por Souza (1980), utilizando o SFT granulado, verificou-se que houve precipitação do fosfato em solos ácidos, pela formação de complexos com Al, Fe e Ca e nos resíduos dos grânulos a precipitações de fosfato bicálcico dihidratados. O P liberado pelos fertilizantes pode apresentar-se no solo em formas de maior ou menor complexidade, ligado, principalmente, a compostos de Fe, Al e Ca e à matéria orgânica do solo (MOS) (RAIJ, 2004). Contudo a combinação entre os fertilizantes SFT e o FOC podem amenizar ou diminuir a fixação por Fe e Al, presentes nos solos.

A redução dos teores de alumínio trocável pela adição de adubos orgânicos foi verificada por Ernani e Gianello (1983). Essa redução é atribuída ao efeito no pH, que são causados pelas reações de complexação dos grupos funcionais presentes no adubo orgânicos, por possuírem pH entre 7 - 8, e devido a presença dos grupos COOH^- e OH^- que são dissociados no lugar do H^+ , passando a complexar o Al e precipitando para camadas mais profundas, reduzindo a concentração do alumínio e sua toxidez na camada arável do solo.

No mercado existem várias empresas que comercializam os fertilizantes organominerais, sendo alternativa de uso em larga escala. Esses fertilizantes são compostos basicamente de duas partes na mistura, ou seja, fontes de origem minerais solúveis a exemplos da Ureia, MAP e KCl, e outra a fonte orgânica (granulada ou peletizada) que apresentam potencial uso agrícola. No entanto, apresenta maior custo por unidade de nutrientes, em relação aos fertilizantes minerais, em função da sua menor concentrações de NPK. Os fertilizantes organomineral apresentam em sua composição 8 % de carbono orgânico total na sua composição final. Quanto ao seu uso, poucos são os estudos que demonstram e validam a sua eficiência e quanto ao seu aproveitamento. O que ocorre na prática são erros de recomendações baseadas na mesma dose dos minerais, para compensação do custo ha^{-1} , quando, deveria utilizar a mesma equivalência nutricional do mineral, visando seu melhor aproveitamento nutricional e produtividade das culturas. Nestas recomendações, é possível que o custo do organomineral seja maior em 15 a 35 % que o mineral no custo ha^{-1} .

O agricultor pode fazer seu próprio fertilizante organomineral, utilizando fontes orgânicas oriundas de resíduos bovinos, cama de frango ou resíduos agroindustriais que sofreram o processo de compostagem, combinando aos fertilizantes minerais solúveis. Tal combinação resulta em um produto atrativo, rico em NPK, com CTC elevada, portanto pode ser disponível nas propriedades a um custo menor, viabilizando sua aplicação em culturas comerciais (COSTA et al., 2009). Neste sentido, Santos et al. (2011) relataram que fontes orgânicas tem capacidade de substituir parte, ou até mesmo todo o P exigido pelas plantas, alterando os atributos químicos do solo, com incrementos na disponibilidade de Ca, N, P, além dos teores de carbono orgânico.

A combinação entre os fertilizantes mineral e orgânico parece ser um sistema favorável, no qual, tem uma fonte solúvel de P e outras nutrientes, e outra fonte orgânica

de liberação gradual, proporcionando uma nutrição balanceada durante o ciclo da cultura. Ourives et al. (2010) verificaram os efeitos da M.O. na disponibilidade de fósforo, notando a elevação nos teores de P disponível devido a associação da M.O. com a adubação mineral convencional.

Outros efeitos são evidenciados pela adição da M.O. em que as cargas negativas geradas pela dissociação de grupos ácidos, como por exemplo, os ácidos carboxílicos (COOH^-) que, nos valores normais de pH do solo, ficam na forma ionizada (COO^-). As cargas negativas geradas pela dissociação dos grupos funcionais ácidos são capazes de reter um íon de carga contrária (íons positivos: Fe^{+2} , Al^{+3} , K^+ , Na^+ , Ca^{+2} + Mg^{2+}). Caso a CTC do solo seja baixa, os nutrientes liberados pela decomposição (mineralização) da matéria orgânica podem ser disponíveis as plantas (BUSATO, 2008; LOPES, 1998).

A utilização de fontes renováveis de P vem chamando atenção da pesquisa e do mercado consumidor nos últimos anos, principalmente de fertilizantes orgânicos adicionados ao fertilizante mineral, contribui para amenizar o efeito da fixação do P, em função da composição orgânica envolvendo os grânulos minerais, que protegem o P de ser fixado pelas argilas e oxihidróxidos de Fe e Al. Pesquisas realizadas por Kiehl (1993), demonstraram que com misturas de fertilizantes orgânicos ao mineral, contribui para amenizar o efeito da fixação, em função da composição orgânica, que envolve os grânulos minerais, protegendo os mesmos de serem fixados.

2.6 Respostas do milho a aplicação de fertilizantes minerais e orgânico

Nos sistemas produtivos de milho busca-se alternativas visando o melhor aproveitamento dos fertilizantes, proporcionando um balanço nutricional adequado para as plantas. Castoldi et al. (2011) verificaram que a adubação mineral apresentou teores

médios de N e K no tecido foliar do milho, de 23,63 e 11,38 g kg⁻¹. Na adubação orgânica, esses valores foram de 20,90 e 11,13 g kg⁻¹ e na organomineral de 19,69 e 10,76 g kg⁻¹ para N e K, respectivamente. Porém, as concentrações foliares de N encontradas neste trabalho estão abaixo dos teores adequados de 27-35 g kg⁻¹ para a cultura do milho recomendados por Raij et al. (1997). O teor de P no tecido foliar do milho não diferiu entre os sistemas e adubações, sendo o teor médio de 7,08 g kg⁻¹, superior aos teores considerados adequados estabelecidos por Malavolta et al. (1997).

Assim alguns autores sugerem que o milho deve ser usado no primeiro cultivo, visando a construção da fertilidade, pelo fato do milho ser mais responsivo às doses fosfatadas, enquanto, que a soja é menos responsiva, podendo ser cultivada apenas com a adubação de manutenção ou residual da cultura anterior (BENITES et al., 2010; ALTMANN, 2012).

Para a obtenção de altas produtividades na cultura do milho (acima de 8 Mg ha⁻¹ de grãos) são necessários de 80 a 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (MALAVOLTA, 1980). Portanto, deve ser levado em consideração os níveis de P e as interações com a M.O. no solo, bem como as exigências nutricionais do material genético em estudo.

Por outro lado, altas doses de P tem seu efeito contrário, podendo reduzir a absorção e o transporte do Zn e de outros micronutrientes. (YAMADA ; ABDALLA, 2003). Outros nutrientes têm sua disponibilidade alterada pela presença de M.O., é o caso do B que fica adsorvido (OFFIAH ; AXLEY 1993), por outro lado, pode ser, fonte dos nutrientes no processo de mineralização.

Moschen e Silva (2010) estudaram o efeito dos fertilizantes mineral, orgânico e organomineral na cultura do milho com os seguintes tratamentos T1: controle, T2: adubação orgânica (esterco de aves) na dose de 3100 kg ha⁻¹ e dois modos de distribuição (no sulco e em cobertura aos 25 dias após a semeadura), T3: adubação mineral aplicada

no sulco de semeadura na dose de 250 kg ha^{-1} , T4: adubação integrada - adubação mineral NPK (08-20-20) na dose de 250 kg ha^{-1} aplicada no sulco de semeadura + adubo orgânico na dose de 3100 kg ha^{-1} em cobertura efetuada 25 dias após a semeadura. O tratamento controle apresentou produtividade de 5.710 kg ha^{-1} de grãos, no mineral foi de 7.040 kg ha^{-1} de grãos, e no sistema orgânico a produtividade foi de 7.624 kg ha^{-1} de grãos, contudo, as combinações entre o fertilizante mineral e orgânico, encontrou-se maior produtividades de grãos de 8.166 kg ha^{-1} .

Avaliando a produtividade quanto ao uso da adubação mineral, foi superior às demais, produzindo em média 7.277 kg ha^{-1} , contudo apresentaram 54,62% de plantas acamadas, fato este que resultaria em perdas significativas na produtividade, caso a colheita tivesse sido mecanizada (CASTOLDI, et al., 2011). Ressalta-se, contudo, a necessidade de estudos de maior duração para a constatação ou não dos efeitos esperados da rotação de culturas e da adubação orgânica nas condições do Oeste do Paraná, e em outras localidades do Brasil.

2.7 Resposta da soja a aplicação de fertilizantes minerais e orgânico

Os nutrientes N e K são os mais extraídos pela soja, sendo que, no caso do N, parte é fornecida pelo solo (25 a 35%) e parte pela fixação simbiótica do N_2 atmosférico (65 a 85%) (BORKERT et al., 1994). Embora, dentre os três macronutrientes primários o P seja o menos extraído, normalmente é o nutriente utilizado em maior quantidade, seja pelo baixo teor no solo, seja pela sua dinâmica nos solos tropicais, principalmente pela sua fixação aos coloides (VITTI ; TREVISAN, 2000).

Nas adubações de manutenção, em solos de cerrado, recomenda-se a aplicação de 20 kg ha^{-1} de P_2O_5 e de K_2O , são produzidos 1 Mg^{-1} de grãos de soja, quando os teores de

P do solo estiverem acima de 12 mg dm^{-3} (SOUZA et al., 1997). No entanto, Hansel (2013) cita que para cada kg de P_2O_5 aplicado com a fonte de alta solubilidade converteu-se, em média, em 32 kg ha^{-1} de grãos de soja, sendo que ao se utilizar fontes de baixa solubilidade, para cada kg de P_2O_5 aplicado converteu-se em 29 kg ha^{-1} grãos de soja, neste caso, para produzir 3.000 kg de soja, seria necessário aplicar uma dose de $93,75 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 de fonte solúvel, ou seja fornecer $40,93 \text{ kg ha}^{-1}$ de P. No entanto, a curva de resposta da soja à adubação fosfatada torna-se constante a partir de 300 kg de P_2O_5 , sendo, portanto, inútil fornecer quantidades mais elevadas (LOBATO, 1982).

Lacerda et al. (2015), estudando o efeito da adubação sobre a produtividade e rentabilidade da rotação soja/milho/soja, em solo com a fertilidade construída, utilizando as doses máximas de 359 kg ha^{-1} de N; 453 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 277 kg ha^{-1} de K_2O , recomendadas na semeadura ou em cobertura em função da cultura, não verificaram respostas nas três safras, contudo relatam que o milho é mais sensível a redução da adubação.

O manejo combinado entre adubos verdes e orgânicos (crotalária e mucuna) e (esterco de galinha) proporcionou aumento de 30, 20 e 22% respectivamente na produtividade de soja, comparando com o monocultivo na soja (TANAKA et al., 1992).

Os trabalhos de pesquisas, na grande maioria demonstram que a cultura da soja é menos responsiva as alterações no manejo da fertilidade do solo em comparação ao milho (WENDLING et al., 2008).

2.8 Manejo e modo de aplicação da adubação orgânica no sulco e a lanço

Os manejos de aplicação dos adubos orgânicos mais discutidos na literatura são a aplicação a lanço e a localizada no sulco de semeadura (PRADO et al., 2001). A adubação a lanço faz com que praticamente 100% do fertilizante entre em contato direto com o solo, possibilitando elevada adsorção de alguns nutrientes, especialmente o fósforo, reduzindo o seu aproveitamento desse nutriente pela planta. Por outro lado, para diminuir a adsorção, utiliza-se a aplicação localizada do adubo e, como consequência, pequena porção do sistema radicular entra em contato com o nutriente proveniente do adubo (MALAVOLTA, 1981).

Deste modo, a aplicação de resíduos orgânicos no solo terá efeitos benéficos, dependendo da quantidade aplicada (dose), da reaplicação, do tipo de matéria orgânica contidos no resíduo, da capacidade do resíduo em elevar o pH do solo e dos teores de N (ABREU JUNIOR et al., 2005).

Os fertilizantes orgânicos granulados permitem que sejam aplicados com os mesmos equipamentos utilizados na aplicação do mineral, seja ele; semeadoras, cultivadores e distribuidores a lanço visando sua aplicação em área total, de modo a facilitar sua aplicação e posicionamento no solo, em diversas culturas (soja, milho e cana-de-açúcar).

Mas poucos são os estudos voltados para verificar o efeito do P mineral combinado ao FOC de origem agroindustrial nas culturas de cereais; milho/soja/milho. Neste contexto o baixo aproveitamento do P estimula estudos voltados para a manutenção ou aumento na disponibilidade nos solos brasileiros.

2.9 Hipóteses a serem respondidas com este trabalho

1 – As aplicações de altas doses de P na implantação das culturas, apresentam efeito residual do P sobre as culturas sucessoras.

2 – É possível reduzir a adubação de P mineral nas culturas sucessoras.

3 – É possível aumentar ou manter produtividade em um sistema de adubação com o P mineral, combinado ao FOC no sistema milho/soja/milho.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área e localização do experimento

A experimento de pesquisa foi conduzida em uma área experimental no Município de Coroados-SP, nas seguintes coordenadas geográficas: 21° 39'01'' latitudes e 50° 25' 51'' longitude, com altitudes de 414 m.

O solo foi classificado como um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura média franco arenoso (SANTOS et al, 2013), com as características químicas na camada de 0-0,20 m de profundidade do solo, de acordo com a metodologia descrita por Raij et al. (2001), foram de (resina) = 2,0 mg dm⁻³; M.O. = 10,0 g dm⁻³; pH (CaCl₂) = 4,8; K, Ca, Mg, H+Al + Al = 1,0; 18,0; 6,0; 25 e 2,0 mmol_c dm⁻³; respectivamente e V = 48%. O histórico da área do presente estudo, teve sua atividade voltada para a pecuária, cuja a espécie vegetal antecessora foi o capim brachiária (*Urochlos decumbens*) em sistema extensivo por mais 20 anos.

A análise textural do solo no presente trabalho teve a seguinte composição granulométrica na camada de 0 - 0,20m: argila 190 g kg⁻¹; silte 122 g kg⁻¹; e areia total de 688 g kg⁻¹ e o B textural nas camadas de 0,20-0,40 m de profundidade do solo.

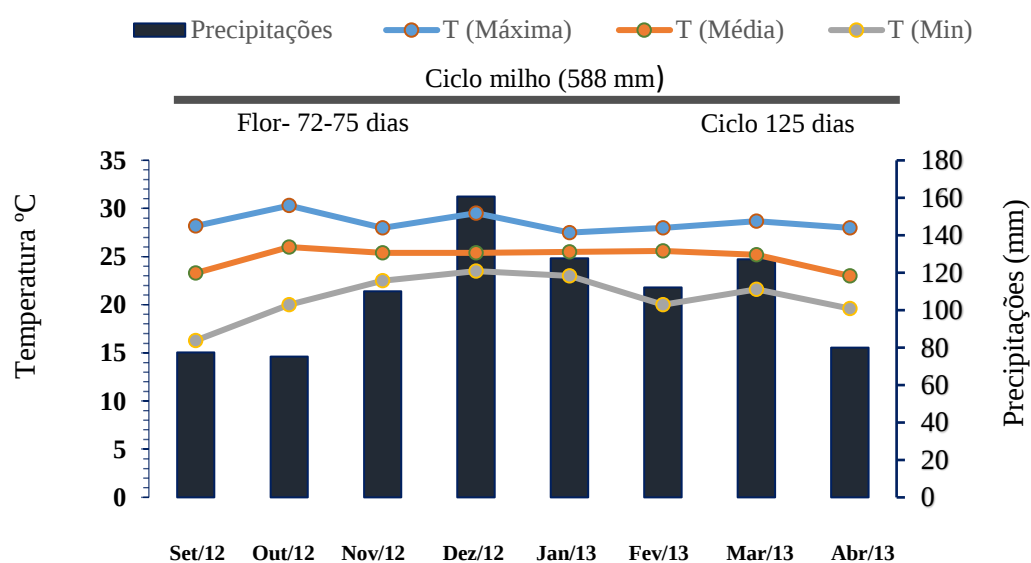
A classificação climática da região, segundo Köppen, é Aw, definida como tropical úmida, com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A temperatura média anual é de 22 °C, a precipitação pluvial média anual de 1.182 mm e a umidade relativa do ar média anual de 70% a 80%. Nas figuras 1 e 2 encontra-se os dados das temperaturas, e precipitações durante os ciclos das culturas do milho e da soja.

A cultura do milho, em situações adversas de baixas temperaturas (< 10°C) cessa o crescimento da planta, enquanto que temperaturas noturnas acima (> 30°C), por longos períodos, afetam a produtividade, pelo consumo de fotoassimilados. A faixa de

temperatura média consideradas ideais para o milho, variam entre 24°C e 30°C. Os valores das temperaturas mínimas, médias e máximas, bem como as precipitações durante a condução do milho primeira safra (Figura 1), verifica-se que as temperaturas médias, não ultrapassaram a 26°C na área experimental. Recomendam-se regiões com características climáticas que apresentem temperaturas noturnas amenas, deste modo favorecendo as produtividades das culturas (ALBUQUERQUE ; RESENDE, 2007).

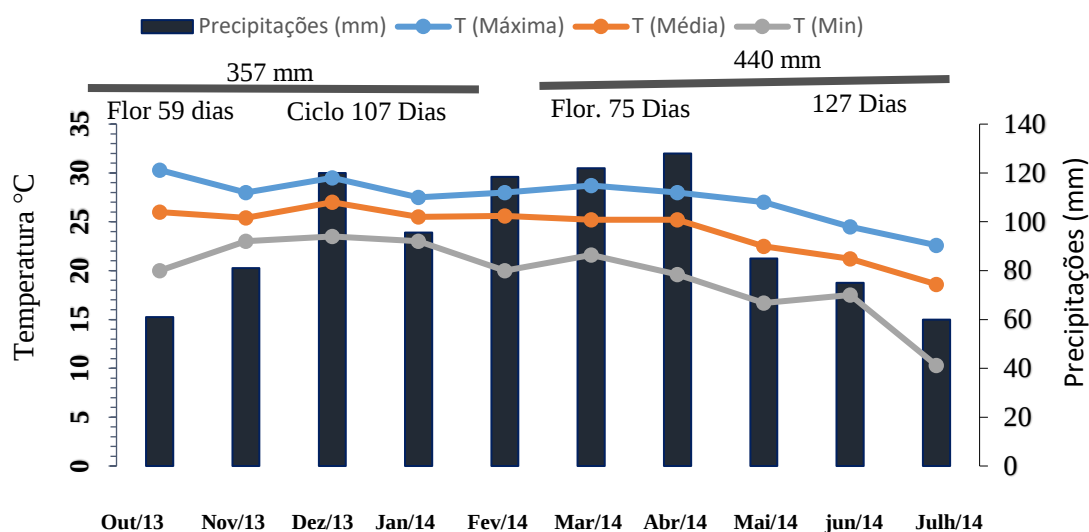
A cultura da soja necessita para seu crescimento, temperaturas médias próximas de 30°C, não sendo viável ser realizada a semeadura com temperaturas abaixo de 20°C no solo. Os valores de temperaturas mínimas, médias e máximas durante a condução da cultura estão apresentadas na Figura 2. Com relação a sua necessidade hídrica total na cultura da soja. Farias et al. (2007) relatam que para obtenção da máxima produtividade, as precipitações devem ficar em torno de 450 a 800 mm durante o ciclo da soja. As precipitações no ciclo da soja somaram 357 mm, e em sucessão o cultivo do milho segunda safra com 440 mm (Figura 2).

Figura 1- Temperaturas máximas, médias, mínimas e precipitação pluviométricas, durante o ciclo do cultivo do milho primeira safra 2012/13.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 2- Temperaturas, máximas, médias, mínimas e precipitações pluviométricas durante os ciclos da soja e milho segunda safra 2013/14.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos aplicados

O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de 4 doses de superfosfato triplo (SFT), aplicado no sulco de semeadura, combinados a 4 doses do fertilizante orgânico (FOC) aplicados no sulco de semeadura ou a lanço em área total, na primeira safra do milho, totalizando 12 tratamentos listados na Tabela 1. As parcelas foram constituídas de 6 linhas com 7 metros de comprimentos, espaçadas a 0,5m, com área útil de 21 m² cada parcela, totalizando 48 parcelas experimentais.

Realizou-se análise da composição química do FOC, onde se constaram os seguintes resultados: N total (15 g kg⁻¹); P₂O₅ total (25 g kg⁻¹); K₂O (10 g kg⁻¹); Ca (40 g kg⁻¹); Mg (10 g kg⁻¹); CTC (450 mmol_c dm⁻³); carbono orgânico (150 g kg⁻¹); pH CaCl₂ (7,0), umidade (30g kg⁻¹) na base seca (65°C) e capacidade de retenção de água CRA

(161,03 %). A composição dos micronutrientes no FOC apresentou os seguintes resultados: Zn (68 mg kg⁻¹); Fe (10.900 mg kg⁻¹); Cu (11mg kg⁻¹) e B (100 mg kg⁻¹).

O superfosfato Triplo (SFT) apresenta a seguinte formulação – Ca (H₂PO₄) 2H₂O e sua composição tem 46% de P₂O₅ solúvel em água + citrato neutro de amônio (CNA) + 10 % Ca.

Tabela 1. Tratamentos experimentais, com as respectivas doses de superfosfato triplo (SFT) combinadas ao fertilizante orgânico composto (FOC) granulado e modo de aplicação no sulco de semeadura, ou em área total no milho/soja/milho.

Tratamentos	Milho 1 safra		Modo de aplicação (FOC)		Soja	Milho 2 safra
	SFT	FOC	Sulco	Area total	SFT	SFT
	kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	Mg ha ⁻¹			kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅
Controle	0	0,0	-	-	0	0
T1	150	0,0	-	-	45	60
T2	0	6,0	X	-	45	60
T3	112	1,5	X	-	45	60
T4	75	3,0	X	-	45	60
T5	37	4,5	X	-	45	60
T6	150	6,0	X	-	45	60
T7	0	6,0	-	X	45	60
T8	112	1,5	-	X	45	60
T9	75	3,0	-	X	45	60
T10	37	4,5	-	X	45	60
T11	150	6,0	-	X	45	60

3.3 Implantação dos tratamentos do SFT ao FOC no milho primeira safra

Para aplicação dos tratamentos dos fertilizantes SFT e FOC, fez-se a abertura dos sulcos de deposição do fertilizante, com semeadora sem o fertilizante no depósito, somente para realizar o alinhamento, sem a roda compactadora, deixando o sulco aberto, permitindo desta forma, realizar a aplicação manual das doses dos fertilizantes, depositados entre 5 a 8 cm de profundidade ao lado da linha das sementes, conforme a descrição dos tratamentos (Tabela 1).

Nos tratamentos, onde o modo de aplicação do FOC foi a lança, a distribuição foi realizada manual em toda a área da parcela experimental sobre sua superfície do solo. Na aplicação localizada, os fertilizantes foram distribuídos no sulco de semeadura conforme descrição anterior (Tabela 1). A adubação com SFT combinada ao FOC, foi realizada somente no primeiro cultivo do milho primeira safra 2012/13.

Após a colheita das parcelas do milho primeira safra, houve o crescimento da vegetação espontânea do capim *Urochloa decumbens*, que foi manejada anteriormente por mais de 20 anos na presente área em estudos. O período que o capim permaneceu na área, entre a colheita do milho primeira safra, e a sua plena dessecação, para a instalação da soja foram de 10 meses. Durante esse período, o capim aproveitou-se dos tratamentos aplicados sobre o experimento, no entanto não foi objeto deste estudo.

Para a soja, na rotação utilizou-se a dose de 45 kg de P_2O_5 (SFT) e para o cultivo do milho segunda safra foram aplicados de 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 , também como fonte o SFT, visando seu efeito residual do primeiro cultivo subsequentes na construção da fertilidade do solo, voltadas para altas produtividades no sistema milho/soja/milho em um solo, com baixo teor de P com apenas (2 mg dm^{-3}).

Devido à baixa disponibilidade inicial do P no solo, (extrator resina de troca iônica), as doses de P_2O_5 foram definidas considerando-se a necessidade de uma adubação corretiva. Tais doses também seriam suficientes para proporcionar o efeito residual para os dois cultivos subsequentes no sistema milho/soja/milho. As aplicações das doses foram baseadas no teor de P_2O_5 do SFT combinadas as doses do FOC granulado.

3.4 Condução do experimento do milho primeira safra

Na implantação do presente experimento realizou-se o preparo do solo com o revolvimento por grade intermédia (disco de 28”), e posterior nivelamento do solo, com grade niveladora (disco 12”) em 10/10/2012. A semeadura do milho primeira safra, foi realizada em 20/10/2012, com sementes de híbrido simples precoce Dow 2B 587 PW, com as seguintes características: ter alto potencial produtivo, precocidade, tolerância a seca, sendo indicada para o verão a população de 55.000-70.000 plantas ha^{-1} . Para tanto, utilizou-se de 3 sementes por m^{-1} de sulco, sendo desejada uma população inicial de 60.000 plantas ha^{-1} , com as sementes depositadas entre 3 a 4 cm de profundidade. Os tratamentos foram aplicados em cada parcela no simultâneo a semeadura, para tanto, utilizou-se da semeadora Tatu com conjunto de 6 linhas de semeadura, espaçadas a 0,50 m.

As adubações de cobertura no cultivo do milho primeira safra, foi realizada na fase de desenvolvimento vegetativo V4 aos 30 DAE, em todos os tratamentos após a emergência, na qual utilizou-se a dose única de 100 kg ha^{-1} de N, como fonte de N, a ureia, a adubação potássica utilizou-se da dose de 80 kg ha^{-1} de K_2O na forma de cloreto de potássio, sendo aplicado manualmente com equipamento (carriolas) na cultura do milho.

O controle das plantas daninhas foi realizado com aplicação do herbicida glifosato (720 g ha^{-1} do i.a) durante seu período de desenvolvimento vegetativo. Aplicado em área total com trator de 85 cv de potência acoplado ao pulverizador com barra de 12 metros com capacidade de 600 litros, sendo suas pontas de aplicação 110 02 a 45 lbf pol^{-1} com filtro malha 50 de baixa pressão.

3.5 Condução do experimento no sistema soja

Após o cultivo do milho primeira safra, ocorreu o crescimento da vegetação espontânea, do capim braquiária (*Urochlos decumbens*), que permaneceu na área durante 10 meses. Para a implantação da soja sobre sistema de semeadura direta, foi realizada a dessecação da área com o herbicida glifosato (720 g ha^{-1} do i.a), aplicado em área total, com trator de 85 cv de potência, acoplado ao pulverizador com barra de 12 metros com capacidade de 600 litros, com pontas de aplicação do tipo 110 02 a 45 lbf pol^{-1} com filtro malha 50 de baixa pressão.

A soja foi conduzida em sistema de semeadura direta com a cultivar Monsoy 6410 IPRO, que apresenta as seguintes características: crescimento indeterminado e ciclo entre 105-120 dias. Utilizaram-se de 16 sementes m^{-1} , com espaçamento de 0,5 m entre linhas das plantas, desejando uma população inicial de 320.000 plantas ha^{-1} . Para tanto as sementes foram tratadas com inseticidas a base de fipronil (250 gL^{-1} de i.a), na dose de 50 g i.a 100 kg^{-1} , em seguida inoculadas com 3 doses ha^{-1} do inoculante turfoso, e em seguida realizada a semeadura no dia 10/11/2013.

Na adubação de semeadura utilizou-se de 45 kg ha^{-1} de P_2O_5 , (fonte o SFT), aplicado em todos os tratamentos, menos no tratamento controle, conforme Tabela 1.

O controle das plantas daninhas foi realizado com aplicação do herbicida glifosato (720 g ha^{-1} do i.a) durante seu período de desenvolvimento vegetativo da soja, que com a tecnologia Intacta RR2 PRO®, além de proporcionar a tolerância ao herbicida Glyphosate, atua no controle da lagarta da soja (*Anticarsia gemmatilis*), lagarta falsamedideira (*Chrysodeixis includens* e *Rachiplusianu*), broca das axilas (*Crociosema aporema*) e lagarta das maçãs (*Heliothis virescens*).

A adubação de cobertura potássica na soja foi na dose de 80 kg ha⁻¹ de K₂O, tendo como fonte, o KCl, quando as plantas apresentaram o terceiro trifólio (V3), sendo realizada manualmente com aplicadores tipo carriola.

O controle da ferrugem asiática foi realizado de modo preventivo com a aplicação do fungicida sistêmico a base de Estrobilurina e Triazol com as seguintes composição química: Piraclostrobina 133g L⁻¹ de i.a + Epoxiconazol 50g L⁻¹ de i.a.

3.6 Condução do experimento no sistema milho segunda safra

Na sucessão da soja foi realizada a semeadura do milho segunda safra, a área foi dessecada e semeada em sistema de semeadura direta, utilizando de 2,8 sementes por m² de sulco, preconizando uma população inicial de 56 000 plantas ha⁻¹.

Na adubação de semeadura utilizou-se a dose de 60 kg de P₂O₅ ha⁻¹ do fertilizante SFT, sobre os tratamentos já implantados, exceto no tratamento controle. O material genético utilizado foi o híbrido simples Agrocere AG 8088 PRO2, com sementes tratadas com inseticidas conforme recomendações do fabricante, sendo um híbrido simples, precoce de alto potencial produtivo, semeado no dia 06/03/2014.

A adubação de cobertura no cultivo do milho segunda safra foram realizadas na fase de desenvolvimento vegetativo (V4) aos 30 DAE, em todos os tratamentos, após a emergência, na qual se utilizou a dose de 100 kg ha⁻¹ de N, como fonte a ureia, e a adubação potássica com a dose de 80 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de KCl, sendo tais aplicações realizadas manualmente com carriolas. O controle das plantas daninhas foi realizado com aplicação do herbicida glifosato (720 g ha⁻¹ do i.a) durante o período de desenvolvimento vegetativo do milho.

3.7 Avaliações realizadas na condução do sistema milho/soja/milho

3.7.1 Amostragem foliar para caracterização do estado nutricional no milho primeira e segunda safra

As amostragens para caracterização foliar do estado nutricional, foram realizadas na ocasião do pendramento do milho (50% das plantas pendoadas) onde retirou-se o terço central de 20 folhas da base da espiga segundo Raij et al., (1997) no dia 05/01/2013 no milho primeira safra, e no 20/05/2014 para o milho segunda safra.

O material coletado, em cada parcela, foi encaminhado para a estufa com circulação forçada de ar a 65°C, por 72 horas, e após esse período as amostras foram moídas em moinho tipo Willey e, em seguida, armazenadas para as subsequentes, análises dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) seguindo-se os métodos descritos por Malavolta et al. (1997).

3.7.2 Amostragem para a caracterização dos atributos química do solo no cultivo do milho primeira e segunda safra

Para avaliação do efeito dos tratamentos nos atributos químicos do solo, foram realizadas amostragens na camada de 0-0,20 m de profundidade do solo em pleno florescimento. As amostras foram coletadas 10 pontos em cada parcela nas linhas, totalizando 48 amostras, sendo identificadas e encaminhadas ao laboratório de análise química do solo da FEIS-UNESP, seguindo a metodologia de análise química do solo (RAIJ et al., 2001).

3.7.3 Avaliações dos componentes morfológicas e produtivos do milho primeira e segunda safras

População final de plantas: Foram contadas as plantas de 2 linhas centrais de 5 metros de comprimento de cada parcela na ocasião da colheita em 05/03/2013 no milho primeira safra e 12/07/2014 para o milho segunda safra.

Altura de planta (m): medida em metros, do nível do solo até a inserção do limbo da folha bandeira, utilizando-se cinco plantas da área útil da parcela.

Altura de inserção de espigas (m): medida em metros, do nível do solo até a inserção da maior espiga, utilizando-se cinco plantas da área útil da parcela.

Diâmetro do colmo (cm): medida em milímetros com paquímetro, a 20 cm do solo, utilizando-se cinco plantas da área útil da parcela.

Massa de cem grãos de milho (g): realizada na ocasião da colheita, após a trilha das plantas das parcelas colhidas, e quantificadas quanto ao valor da massa de cem grãos com umidade corrigida para 13% de base úmida.

Produtividade milho (kg ha⁻¹): As espigas foram retiradas das plantas da área útil de cada parcela, e secas à pleno sol. Após a secagem, as mesmas foram submetidas à trilha mecânica, sendo determinada a massa dos grãos e os dados foram transformados em kg ha⁻¹ (umidade de 13% base úmida).

3.8 Avaliações realizadas durante a condução da soja

3.8.1 Amostragem foliar para caracterização do estado nutricional da soja

A amostragem foliar na soja foi realizada no período do florescimento pleno (R_2), coletando-se de 30 folhas, correspondentes a 3ª folhas trifoliadas com pecíolo Raij et al. (1997), realizada no dia 08/01/2014. O material coletado em cada parcela foi encaminhado para a estufa com circulação forçada de ar a 65°C, por 72 horas, e após esse período as amostras foram moídas em moinho tipo Willey e, em seguida, armazenadas para as subseqüentes, análises de teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) seguindo-se os métodos descritos por Malavolta et al. (1997).

3.8.2 Amostragem para a caracterização dos atributos químicos do solo durante a condução da soja

Para avaliação do efeito resíduos dos tratamentos SFT e do FOC nos atributos químicos do solo, foram realizadas amostragens na camada de 0-0,20 m profundidade, em pleno florescimento da cultura da soja. As amostras foram coletadas em 10 pontos por cada parcela experimental na linha da semeadura da soja, totalizando 48 amostras, sendo identificadas e encaminhadas ao laboratório de análise química do solo da FEIS-UNESP, seguindo a metodologia de análise química do solo (RAIJ et al., 2001).

3.8.3 Avaliação dos componentes de produção e produtividade da cultura da soja

População final de plantas: foram contadas as plantas de 2 linhas centrais de 5 metros de comprimento por parcela na ocasião da colheita em 25/02/2014

Número de vagens por plantas: na ocasião da colheita foram retiradas 5 plantas por parcela para contagem e determinação do n° de vagem por plantas.

Número de grãos por vagens: na ocasião da colheita foram retiradas 5 plantas por parcela, para a determinação pelo n° total de grãos dividido pelo n° total de vagens por plantas.

Massa de cem grãos (g): na ocasião da colheita, após a trilha das plantas das parcelas colhidas foram quantificados os valores da massa de cem grãos, com umidade corrigida para 13% de base úmida.

Produtividade da soja (kg ha^{-1}): A produtividade foi determinada realizada mediante a colheita das plantas da área útil de 2 linhas de 5 metros de cada parcela da soja, e após a colheita levadas para secagem a pleno sol. Após a secagem, as amostras foram submetidas à trilha mecânica, sendo determinado a massa dos grãos e os dados foram transformados em kg ha^{-1} (umidade de 13% base úmida).

3.9 Análise estatística dos atributos no milho/soja/milho

Os dados obtidos foram submetidos ao teste “F” para análise de variância, e para a comparação de médias entre os tratamentos pelo teste Scott Knott, à 5% de probabilidade. Para tanto foi utilizado o programa estatístico SISVAR descrito por Ferreira (2008).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Concentrações foliares de macronutrientes no milho primeira safra

As concentrações foliares no milho primeira safra, para N, P, K, Ca, Mg e S encontram-se na Tabela 2. Os valores foliar de N, foram de 23,7 g kg⁻¹, e no tratamento controle foi de 20,4 g kg⁻¹; valores semelhantes foram obtidos por Castoldi et. al. (2011), estudando o sistema de produção com o milho híbrido simples 30F80, obteve concentrações de N de 23,6 g kg⁻¹ com o uso do fertilizante mineral, de 20,9 g kg⁻¹ com o orgânico, e no organomineral de 19,7 g kg⁻¹. Porém, as concentrações de N encontradas ficaram abaixo dos teores adequados de 27 a 35 g kg⁻¹ recomendados por Raij et al. (1997). No presente experimento, foi aplicada uma dose de 100 kg ha⁻¹ de N para todos os tratamentos, neste caso, não se verificou diferença entre os tratamentos para o teor foliar de N. Embora a área anteriormente tenha sido ocupada por sistema de pastagem extensiva, com baixo teor de M.O. (10,0 g dm⁻³) no solo, a incorporação dos restos culturais da pastagem, neste caso, poderia imobilizar parte do N aplicado, mas não se verificou suas deficiências de N no tecido foliar do milho.

Para as concentrações de P no tecido foliar do milho primeira safra (Tabela 2), observa-se que não houve diferenças significativas entre as combinações do SFT e do FOC, e seus valores médios de P foliar foi de 1,50 g kg⁻¹, enquanto que no controle foi de 1,24 g kg⁻¹. Os resultados obtidos ficaram abaixo dos considerados adequados de 2,0 a 4,0 g kg⁻¹ de P para a cultura do milho (RAIJ et al., 1997). Os teores baixos das concentrações foliares, se devem, aos baixos teores iniciais do P no solo (2 mg dm⁻²). Outro fator a ser considerado é o rápido desenvolvimento vegetativo do híbrido, prejudicando a absorção do P, neste curto período de tempo.

Para as concentrações foliares de K na cultura do milho primeira safra, verifica-se que os tratamentos não foram afetados, e seus valores médios foram de 22,91 g kg⁻¹,

enquanto que no tratamento controle foi de 22,50 g kg⁻¹. Verifica-se que os valores estão dentro da faixa adequada para as concentrações foliares do milho (17 a 35 g kg⁻¹), segundo Raij et al. (1997) e Malavolta et al. (1997). A dose potássica de 80 kg ha⁻¹ de K₂O, em cobertura realizada em todos os tratamentos, satisfaz a necessidade nutricional de K para o milho primeira safra.

As concentrações foliares de Ca, foram influenciadas pelos tratamentos, as maiores concentrações de Ca foram na aplicação de 6 Mg ha⁻¹ do FOC, não diferindo das doses de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ do SFT, ambos aplicados na linha de semeadura, e que não diferiram da aplicação de 6 Mg ha⁻¹ do FOC aplicados em área total (Tabela 2). Deve-se considerar também, que a adubação orgânica combinada com fosfatada atua no desenvolvimento radicular das culturas (CRUSCIOL et al., 2005) e que favorece a absorção de água e nutrientes como o Ca. O uso de fontes minerais como SFT que apresenta na sua composição 100g kg⁻¹ de Ca, neste caso, a dose de 150 kg ha⁻¹ forneceu 32,6 kg ha⁻¹ de Ca, enquanto que, a fonte orgânica na sua composição química tem 40g kg⁻¹ de Ca. Neste caso, a aplicação de 6 Mg ha⁻¹ forneceu 240 kg ha⁻¹ de Ca, contribuindo para o aumento da concentração foliar Ca, justificando o teor adequado do milho (2,5 a 6 g kg⁻¹) recomendadas por Raij et al. (1997).

As concentrações foliares dos nutrientes Mg e S não responderam aos tratamentos, e suas concentrações foliares de Mg (1,70 g kg⁻¹) e de S (1,77 g kg⁻¹) estão dentro da faixa adequada de teores recomendados para a cultura do milho, segundo Raij et al. (1997).

4.2 Concentrações de micronutrientes foliares no milho primeira safra

As concentrações foliares de B, Cu, Fe, Mn e Zn estão listadas na Tabela 3. Verifica-se as maiores concentrações de B, no tratamento com 6 Mg ha⁻¹ do FOC na linha da semeadura. Tal resultado, pode ser pelo efeito do fertilizante orgânico como fonte de B, pois possuem na sua composição tem 0,1g kg⁻¹ de B no FOC, neste caso, a aplicação de 6 Mg ha⁻¹ do FOC, forneceu 0,6 kg ha⁻¹ de B no sistema produtivo. Kiehl, (2004) pesquisando vários tipos de compostos orgânicos, evidenciou a presença de B na sua composição, sendo fonte de B disponível para as plantas. Neste caso, os valores de B foliar, foram de 30,10 mg kg⁻¹, superior aos valores adequados de 10 a 25 mg kg⁻¹ de B recomendados por Raij et al. (1997).

Por outro lado, com o uso do SFT, as concentrações do B foram de 7,90 mg kg⁻¹, não diferindo do tratamento controle com 7,60 mg kg⁻¹. Esses valores estão abaixo de 10 a 25 mg kg⁻¹ recomendados por Raij et al. (1997) para a cultura do milho. O que pode justificar os baixos teores de B, quando houve a aplicação do SFT, é o fato de que fertilizantes fosfatados contribuem para a maior insolubilidade do B (BATAGLIA ; RAIJ, 1989). Fatores como os atributos químicos, como o pH e a M.O. no solo, são capazes de aumentar a adsorção do boro, afetando a sua disponibilidade. Todavia, em condições de severas deficiências de boro, ocorre a má formação de espiga e redução na produtividade do milho (JAMAMI et al., 2006). O teor de B é afetado pela a M.O. do solo, pela sua capacidade de adsorver o B nos solos, alterando ou diminuindo a sua disponibilidade às plantas (OFFIAH ; AXLEY, 1993).

As concentrações do Cu nos tecidos foliares do milho primeira safra, não apresentaram respostas aos tratamentos.

A concentração foliar de Fe, apresentou efeito significativo, tanto para o SFT, como para o FOC. A presença de Fe, no FOC é mais razoável explicar, devido sua presença de Fe na composição química da fertilização de $10,9 \text{ g kg}^{-1}$ de Fe no FOC, outra hipótese, seria a presença de quelatos no FOC, capazes de adsorver e aprisionar os nutrientes metálicos como o Fe, (KIEHL, 2004), tornando o Fe, em forma mais solúvel, a ser absorvido pelas raízes das plantas sem o seu portador, o quelante. Trindade et al. (1996) ressaltaram que compostos de resíduos de frigoríficos apresentam altos teores de Fe, pela presença de hemoglobina presente no sangue dos animais. Pereira, (2011) aplicando o mesmo produto FOC, na soqueira de cana-de-açúcar na forma farelada mencionou a presença de Fe em sua composição, oriundos de resíduos animais (sangue avícola e bovino).

Para as concentrações foliares do Mn no milho primeira safra, houve maior valor para o tratamento com SFT, no entanto, não diferiu das doses de 37 kg ha^{-1} de P_2O_5 + $4,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ do FOC aplicado no sulco, que, não diferiu de 6 Mg ha^{-1} do FOC, e da dose de 112 kg ha^{-1} de P_2O_5 + $1,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ do FOC aplicado em área total.

As concentrações foliares do Zn no milho primeira safra, não foram alterados pelos tratamentos e apresentou valores médios de $139,00 \text{ mg kg}^{-1}$, acima dos valores recomendados como adequados por por Raij et al. (1997). Portanto, a maior concentração foliar do zinco pode transferir em maior resposta a produtividades de grãos na cultura do milho (BULL, 1993).

Tabela 2. Valores médios das concentrações foliares N, P, K, Ca, Mg e S no florescimento do milho primeira safra, em função das combinações dos fertilizantes SFT ao FOC, na região Noroeste Paulista, safra 2012/13.

Macronutrientes (g kg⁻¹)						
Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
Controle	20,41	1,24	22,50	2,48 b	1,63	1,64
1	25,21	1,50	22,50	3,35 a	1,60	1,67
2	24,86	1,33	21,50	3,68 a	1,70	1,71
3	23,67	1,53	23,50	2,91 b	1,78	1,71
4	21,94	1,39	23,50	3,10 b	1,80	1,55
5	23,85	1,72	23,50	3,47 a	1,68	1,77
6	23,74	1,48	21,00	3,04 b	1,94	1,54
7	24,15	1,55	23,00	3,25 a	1,85	1,78
8	24,48	1,66	24,50	3,00 b	1,63	1,73
9	25,53	1,68	24,00	3,35 a	1,76	1,77
10	22,41	1,46	21,50	2,89 b	2,01	1,72
11	24,16	1,51	24,00	3,51 a	1,78	1,79
Média	23,70	1,50	22,91	3,17	1,77	1,70
Teste F	2,13 ^{ns}	2,68 ^{ns}	1,44 ^{ns}	2,82**	0,71 ^{ns}	1,03 ^{ns}
CV (%)	8,37	11,38	8,17	12,48	16,31	9,73

Tratamentos aplicados; Controle; (T1) 150 P₂O₅; (T2) 6 Mg Fert. Org. (S) Sulco de plantio; (T3) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (S); (T4) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (S); (T5) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (S); (T6) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (S); (T7) 6Mg. Org (T) Área Total; (T8) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (T); (T9) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (T); (T10) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (T); (T11) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (T).

Teste: "F" para análise de variância, ^{ns}: não significativo, **: significativo a 1%. Letras iguais na coluna, não apresentam diferença significativa em comparação de médias dos tratamentos pelo teste Scott Knott, à 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 3. Valores médios das concentrações foliares de B, Cu, Fe, Mn e Zn no florescimento do milho primeira safra, em função das combinações dos fertilizantes SFT e FOC, na região Noroeste Paulista, safra 2012/13.

Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Controle	7,60 c	20,50	82,50 b	41,50 b	107,50
1	7,90 c	20,75	101,25 a	54,50 a	155,00
2	30,10 a	23,00	97,00 a	40,50 b	201,00
3	13,60 c	20,75	86,50 b	38,25 b	134,25
4	14,40 c	22,50	96,00 a	39,25 b	138,50
5	17,80 c	22,25	101,25 a	45,75 a	135,50
6	11,01 c	21,00	88,25 b	39,00 b	127,00
7	14,60 c	24,00	91,00 b	41,50 a	130,25
8	20,50 b	19,50	100,00 a	49,25 a	137,25
9	15,10 c	20,75	94,75 a	45,50 b	140,00
10	13,30 c	20,25	83,00 b	36,00 b	131,25
11	21,90 b	20,75	105,75 a	39,50 b	136,75
Média	15,70	21,33	93,95	42,77	139,56
Teste F	7,15**	0,31 ^{ns}	2,50*	2,96**	1,48 ^{ns}
CV (%)	30,80	21,85	11,38	14,28	26,28

Tratamentos aplicados; Controle; (T1) 150 P₂O₅; (T2) 6 Mg Fert. Org. (S) Sulco de plantio; (T3) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (S); (T4) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (S); (T5) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (S); (T6) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (S); (T7) 6Mg. Org (T) Área Total; (T8) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (T); (T9) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (T); (T10) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (T); (T11) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (T).

Teste: “F” para análise de variância, ^{ns}: não significativo, **: significativo a 1 %, * significativo a 5% de probabilidade. Letras iguais na coluna, não apresentam diferença significativa em comparação de médias dos tratamentos pelo teste Scott Knott, à 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3 Atributos químicos no solo no cultivo do milho primeira safra

Os atributos químicos do solo referentes a análise realizada no florescimento do milho primeira safra (P-resina, M.O., pH, K, Ca, Mg, CTC e V%) encontram-se na Tabela 4. Verifica-se que o teor de P foi influenciado pelos tratamentos, em que o tratamento T6, na dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ do SFT + 6 Mg ha⁻¹ do FOC na semeadura propiciou o maior teor de P no solo. As combinações do SFT ao FOC, tiveram resposta positivas para o P no solo. Souza et al. (2010) verificaram que todas as formas de P disponível no solo, foram crescentes com o aumento das doses de esterço bovino, independente da dose do calcário.

A elevação dos valores de P no solo, com o aumento das doses FOC, pode ser atribuída ao bloqueio dos sítios de adsorção de P pelos colóides, onde os grupos funcionais carboxílicos e fenólicos da matéria orgânica se ligam às hidroxilas dos óxidos de Fe e Al e complexam o Al em solução (HUE et al.,1991), desta forma, ocorre um aumento do P disponível na solução do solo.

Essa comprovação ocorre ao observar os valores encontrados nas combinações do SFT ao FOC, no qual, proporcionou efeito positivo para o teor de P no solo na medida que se aumentou as doses do FOC ao SFT com teores de P de 20,50 mg dm⁻³. Verifica-se que a aplicação isolada da dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, apresentou teor de P de 9,0 mg dm⁻³, e no tratamento controle foi de 4,0 mg dm⁻³. Este fato comprova as características do SFT, o qual apresenta elevada solubilidade em água, disponibilizando P no solo de forma rápida (SANTOS et al., 2009; RESENDE et al., 2006).

Neste caso, a alta solubilidade pode ser indesejada, pois expõe o P que pode ser fixado pelos óxidos de Fe, Al e argilas presentes no solo ao longo do tempo. Resultados semelhantes foram obtidos por Rossetto et al. (2002), os quais avaliaram a disponibilidade

de P no solo cultivado com cana-de-açúcar e após quatro meses de plantio, os teores de P disponíveis no solo se encontravam abaixo dos teores iniciais, e após 2 anos de cultivos, seus teores ficaram próximos do tratamento controle.

As aplicações isoladas de FOC e do SFT apresentaram teor semelhante de P no solo de $10,00 \text{ mg dm}^{-3}$ e $9,00 \text{ mg dm}^{-3}$ respectivamente. O SFT diminui o pH ao redor do grânulo (ERNANI et al., 2001), e assim aumentou a solubilidade dos compostos de Fe e Al, que podem precipitar o P (FIGUEIREDO, 1985), concordam com Novais et al. (2007), que relataram que a retenção do P adicionado ao solo ocorre pela precipitação deste elemento em solução com formas iônicas de Fe, Al ou Ca. De forma que o P pode ser menos fixado quando aplicado em combinações o SFT ao FOC por efeito sinérgico, proporcionando maior teor solúvel de P no solo de $20,50 \text{ mg dm}^{-3}$ referente ao tratamento T6.

Os teores de M.O. não foram alteradas com os tratamentos. O FOC na maior dose (6 Mg ha^{-1}), não foi suficiente para modificar esse atributo do solo. Embora com a adição de fertilizantes que contém M.O. na sua composição, deve-se ressaltar que para alterar esse atributo no solo, seria necessário ser aplicado grandes quantidades de material orgânico na área. Outro fator, a ser considerado seria a condição de clima tropical, que apresenta as seguintes características, precipitações e temperatura elevadas, favorecendo a atividade dos microrganismos, que favorecem o aumento da taxa de decomposição, da M.O. do solo.

Verifica-se que o pH não foi influenciado pelos tratamentos (Tabela 4). No entanto, vários autores verificam alterações do pH em função das reações dos fosfatos DAP e SFT no solo ao redor dos grânulos em que, o DAP proporciona maior pH do que o SFT (ERNANI et al., 2001) porque a dissolução do DAP consome H^+ inicialmente, pois parte do HPO_4^{2-} se transforma em H_2PO_4^- elevando o pH ao redor dos grânulos,

diferentemente do SFT que acidifica essas microrregiões em decorrência da transformação de parte das moléculas de H_2PO_4^- em HPO_4^{2-} (FIGUEIREDO, 1985; ERNANI et al., 2001).

Nota-se que a adição do FOC no sulco ou em área total, não provocou alterações no pH (4,42) do solo em estudo, embora o FOC apresente pH superior a 7, não é suficiente para ocorrer reações que se modificam o pH inicial do solo. De fato, não se esperava que houvesse alterações desses atributos químicos do solo, em função da ausência da aplicação da calagem na área de estudo antes da instalação do experimento.

De forma, que essa tendência permanece aos demais teores de K, Ca, Mg, valores de CTC e V% do solo. Resultados semelhantes foram obtidos por Pereira (2011), aplicando o FOC, na forma física farelada, na soqueira da cana-de-açúcar, nas doses de 0; 2; 4 e 6 Mg ha^{-1} , embora os atributos não foram afetados pelas doses, teve efeito linear para o TCH, em função da liberação gradual de nutrientes pelo FOC ao solo, possibilitando em maior absorção pela a cultura.

O FOC é fonte de Ca, Mg e K, nutrientes presentes na sua composição, no entanto, pode ser solubilizado para camadas mais profundas. Em função da degradação da M.O. da camada superficial do solo ser continuamente decomposta pelos microrganismos em ácidos orgânicos, dióxidos de carbono (CO_2) e água, que reage com os carbonatos de cálcio e magnésio no solo para formar bicarbonatos de cálcio e magnésio no solo, formam são solúveis e podem ser lixiviados, deixando o solo mais ácido na camada superficial do solo (LOPES, 1998). Neste caso favorece o desenvolvimento do sistema radicular para camadas mais profundas, explicando muitas vezes, o benefício da aplicação da M.O no solo.

A CTC do solo não foi alterada, no entanto, muitos estudos relatam essa alteração em função da aplicação de altas quantidades de fertilizantes orgânicos no solo. Neste

caso, a dose máxima de 6 Mg ha^{-1} do FOC não foi suficiente para sua alteração. Em casos de aplicações sucessivas ao longo dos ciclos produtivos da cultura, principalmente em solos arenosos, tem grande possibilidade de alterações na CTC no solo. Portanto, a M.O. no solo pode contribuir para o aumento da CTC, caso contrário ocorreria grandes perdas de nutrientes por lixiviação (BUSATO, 2008; LOPES, 1998).

Na Tabela 5 encontram-se os valores de SB, teores de S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e m%. Os atributos químicos como a SB, não foram afetados pelos tratamentos. Nota-se que o pH de 4,62 condiciona a uma alta acidez, conseqüentemente sua SB será baixa, de acordo com os limites de acidez da camada arável do solo de 0,00-0,20m de profundidade (RAIJ et al.,1997).

O teor de S no solo encontra-se com os valores médios de $4,85 \text{ mg dm}^{-3}$, sendo considerados baixos, por tratar de solo de textura média/arenosa com 68,8 % de areia, neste contexto, o S pode ser muito lixiviado para camadas mais profundas do solo (RAIJ et al.,1997).

Os teores de B, Zn, embora não apresentem resposta, a aplicação de FOC é fonte de B, pois em sua composição tem $0,1 \text{ g kg}^{-1}$ de B, entretanto, foram classificados como teores médios para o B, e baixos para o Zn, segundo Raij et al. (1997). Quando comparados com os valores obtidos por Buzetti et al. (1993), os quais estabeleceram um nível crítico de $0,8 \text{ mg dm}^{-3}$ de Zn na cultura do milho (extrator DTPA), ficaram muito abaixo (Tabela 5). No entanto Jamani et al. (2006), verificaram a aplicação de 3 doses de zinco no solo ($0, 2$ e 4 kg ha^{-1}) na forma de sulfato de zinco (230 g kg^{-1} de Zn) e 3 doses de boro ($0, 1$ e 2 kg ha^{-1}) na forma de ácido bórico (170 g kg^{-1} de B) e não verificaram aumento de produtividade de grãos de milho, em um solo com $0,3 \text{ mg dm}^{-3}$ de Zn.

Destes elementos, o Zn é o micronutriente que mais limita a produtividade do milho, em solos de cerrado, os quais geralmente apresentam baixo teor de Zn no material de origem, sendo o mais estudado, em função de maiores respostas nas produtividades de grãos em decorrência da sua aplicação, devido a deficiência generalizada, principalmente em solos sob vegetação de cerrado (BULL, 1993).

Os teores de Fe, Cu e Mn no solo tiveram efeito aos tratamentos aplicados. Os micronutrientes metálicos, em função do baixo pH baixo, apresentam incrementos na disponibilidade para o Fe, classificados como alto, como o Cu com médios, e o Mn como teores altos para os limites de micronutrientes no solo (RAIJ et al., 1997).

A aplicação de FOC influenciou a m % no solo, em que o tratamento com aplicação 6 Mg ha⁻¹ do FOC aplicado em área total, resultou em valor de 3,50 %. Vários autores evidenciam essas características da M.O. por apresentar grupos carboxílicos, que possuem a capacidade de fixar ao Al, promovendo sua precipitação no perfil do solo. A redução da concentração do Al trocável pela complexação de metais e as reações de dissolução no solo pode reduzir o número de sítios de adsorção, liberando P para solução (HAYNES ; MOKOLOBATE, 2001).

As combinações da dose de 150 kg ha⁻¹ do SFT + 6 Mg⁻¹ do FOC em área total contribuíram para as menores m% no solo. Neste caso, a aplicação do FOC em área total proporciona ocorre maior área de contato com o solo, reagindo aos grupos carboxílicos capazes de complexar o Al nas camadas mais superficiais, e precipitando para camadas mais profundas do solo (HAYNES ; MOKOLOBATE, 2001).

Mais estudos devem ser realizados para se entender os componentes no sistema radicular do milho com o Al no solo. Camargo et al. (1992) encontraram valores médios e altos de herdabilidade para altura e comprimento do sistema radicular de 3 híbridos de milho, demonstrando que grande parte da variabilidade genética para altura das plantas e

toxicidade ao Al deve-se a genes que apresentam comportamento aditivo, sendo a tolerância para aveia governada e herdável por um par de alelos com ação gênica de dominância. (SANCHEZ-CHACÓN et al., 2002). No caso, no presente ensaio com o cultivo do milho, a saturação do % m na solução do solo, influenciou de maneira direta a produtividades de grãos (Tabela 6).

Tabela 4. Valores médios dos atributos do solo (P-resina, M.O, pH, K, Ca, Mg, CTC e V%) no florescimento no milho primeira safra, em função das combinações dos fertilizantes SFT e FOC, na região Noroeste Paulista, safra 2012/13.

Tratamento	P-resina	M.O.	pH	K	Ca	Mg	CTC	V
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	mmolc dm ⁻³				%
Controle	4,00 g	14,00	4,55	2,00	12,50	5,00	46,00	44,00
1	9,00 f	15,00	4,50	2,25	14,00	7,00	48,50	48,00
2	10,00 e	15,00	4,70	2,50	16,00	7,50	56,00	53,50
3	17,50 b	17,50	4,70	2,25	16,00	6,50	50,00	49,00
4	14,50 d	16,50	4,70	2,65	17,50	7,50	51,00	55,00
5	11,00 e	16,50	4,55	2,65	15,00	7,80	50,00	51,00
6	20,50 a	20,00	4,70	2,25	17,00	7,50	51,50	51,50
7	10,50 e	19,00	4,70	2,45	19,50	7,00	54,00	54,00
8	18,50 b	18,50	4,70	2,35	19,50	7,00	54,00	51,50
9	14,50 d	17,00	4,45	2,35	18,80	5,50	55,00	48,00
10	8,00 f	17,50	4,75	2,35	17,50	8,00	50,00	55,00
11	16,50 c	17,00	4,65	2,60	16,50	6,50	52,00	50,00
Prof. 0,00-0,20 (m)								
Média Geral	12,87	17,12	4,62	2,38	16,65	6,87	51,54	50,37
Teste F	70,94**	2,13 ^{ns}	1,04 ^{ns}	1,56 ^{ns}	0,80 ^{ns}	1,63 ^{ns}	2,34 ^{ns}	1,69 ^{ns}
CV (%)	6,40	6,13	3,09	9,15	7,64	14,38	5,25	6,68

Tratamentos aplicados; Controle; (T1) 150 P₂O₅; (T2) 6 Mg Fert. Org. (S) Sulco de plantio; (T3) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (S); (T4) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (S); (T5) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (S); (T6) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (S); (T7) 6Mg. Org (T) Área Total; (T8) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (T); (T9) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (T); (T10) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (T); (T11) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (T).
 Teste: “F” para análise de variância, ^{ns}: não significativo, **: significativo a 1%. Letras iguais na coluna, não apresentam diferença significativa em comparação de médias dos tratamentos pelo teste Scott Knott, à 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 5. Valores médios dos atributos químicos do solo (SB, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e m %) no florescimento no milho primeira safra, em função das combinações dos fertilizantes SFT e FOC, na região Noroeste Paulista, safra 2012/13.

Tratamentos	SB	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	m %
	mmol _c dm ⁻³	----- mg dm ⁻³ -----						
Controle	17,50	5,50	0,27	0,80	31,50	16,50	0,57	14,50 a
1	23,50	4,50	0,21	0,90	32,00	19,10	0,42	7,00 b
2	30,00	5,00	0,23	0,95	28,50	12,35	0,62	8,50 b
3	24,50	5,00	0,10	0,70	31,50	15,70	0,42	7,50 b
4	28,00	5,00	0,16	0,70	28,00	14,10	0,32	5,00 c
5	25,50	6,00	0,23	0,40	31,50	13,40	0,32	7,50 b
6	26,50	4,00	0,25	0,65	31,00	12,65	0,30	7,56 b
7	29,50	5,50	0,23	0,70	32,00	15,75	0,30	3,56 c
8	27,50	5,00	0,29	0,95	39,50	15,76	0,60	5,00 b
9	26,50	5,00	0,21	0,75	43,50	14,40	0,47	7,00 b
10	27,50	5,00	0,21	0,75	44,50	13,30	0,55	7,50 b
11	26,00	4,50	0,23	0,70	31,50	15,55	0,60	4,00 c
Prof. 0,00-0,20 (m)								
Média Geral	26,04	4,83	0,22	0,75	33,75	14,75	0,42	6,97
Teste F	4,81 ^{ns}	0,63 ^{ns}	1,59 ^{ns}	1,14 ^{ns}	1,51 ^{ns}	1,05 ^{ns}	0,09 ^{ns}	12,04**
CV (%)	8,11	33,59	25,83	26,31	18,91	17,75	40,00	16,68

Tratamentos aplicados; Controle; (T1) 150 P₂O₅; (T2) 6 Mg Fert. Org. (S) Sulco de plantio; (T3) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (S); (T4) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (S); (T5) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (S); (T6) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (S); (T7) 6Mg. Org (T) Área Total; (T8) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (T); (T9) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (T); (T10) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (T); (T11) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (T).

Teste: “F” para análise de variância, ^{ns}: não significativo **: significativo a 1%. Letras iguais na coluna, não apresentam diferença significativa em comparação de médias dos tratamentos pelo teste Scott Knott, à 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

4.4 Componentes morfológicos, produtivos e produtividade no milho primeira safra

A altura do milho, respondeu de forma positiva ao uso dos fertilizantes SFT isolado ou em combinações com o FOC (Tabela 6). Nota-se que ausência da adubação interferiu negativamente na altura do milho, com destaque no tratamento controle e quando no uso do FOC, tanto aplicado na linha ou em área total tiveram menor altura de plantas. De fato, isso ocorre em função da alta solubilidade do SFT, na presença de água no solo, disponibilizando o P para as plantas. Segundo Rheinheimer et al. (2000), os fertilizantes fosfatados são solúveis quando adicionados ao solo, após a entrada de água no grânulo, formando uma solução saturada de fosfato monocálcico que é liberada para na solução do solo. Desta forma, tem-se recomendada a aplicação das fontes solúveis de maneira localizada no sulco de plantio (PRADO et al., 2001).

Ao passo que o FOC pode ser considerado como de “liberação lenta” quando comparado com as fontes solúveis de referência ao mineral (KIEHL, 2004), principalmente os FOC granulados, que apresentam relativa dureza dos grânulos.

A altura da inserção da espiga, também foi influenciada pelos tratamentos, porém, o tratamento completamente orgânico (FOC), aplicado na linha, proporcionou a menor altura de inserção das espigas em função da disponibilidade nutricional gradativa (KIEHL, 2004).

O diâmetro do colmo, foi influenciado pelos tratamentos, em que a aplicação do FOC em área total, propiciou o menor diâmetro dos colmos, provavelmente devido à baixa disponibilidade nutricional de P ao redor das raízes das plantas. Valderrama et al. (2011) não verificaram respostas para produtividades de milho nas doses de: 0; 50; 100 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ ha⁻¹ do SFT sem ou com revestimento para essa componente morfológicos.

A população de plantas não foi influenciada pelos tratamentos com as adubações como SFT e o FOC.

A massa de 100 grãos não foi influenciada pelos tratamentos, corroborando com os resultados obtidos por Valderrama et al. (2011), os quais não verificaram respostas para as produtividades do milho quando aplicaram as doses de 0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ do SFT sem ou com revestimento com o polímero.

Os tratamentos afetaram positivamente a produtividade de grãos (Tabela 6), e as maiores respostas foram para as doses de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ do SFT + 6 Mg ha⁻¹ de FOC aplicado na linha (10.137 kg ha⁻¹ de grãos), porém, para a mesma dose, quando o FOC foi aplicado a lanço, a produtividade foi de 9.588 kg ha⁻¹ de grãos, seguida das doses de 75; 122 kg ha⁻¹ de P₂O₅ SFT + 3 Mg ha⁻¹; 1,5 Mg ha⁻¹ do FOC aplicado a lanço, e respectivas produtividades obtidas de 9.037 e 8.702 kg ha⁻¹ de grãos, no entanto, não diferiram do SFT com produtividade de 8.661 kg ha⁻¹ de grãos.

Deve-se considerar também, que a adubação fosfatada atua no desenvolvimento radicular das culturas (CRUSCIOL et al., 2005) e favorece a absorção de água e nutrientes e consequente aumento de produtividade. Outros estudos voltados a adubação com P no milho, como os de Valderrama et al. (2011), os quais não verificaram respostas para as produtividades com as doses de 0; 50; 100; e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ ha⁻¹ do SFT, sem ou com revestimento, e produtividades de 9.686 e 9.849 kg ha⁻¹ de grãos. Entretanto, na dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ do SFT obtiveram produtividade média de 9.853 kg ha⁻¹ de grãos em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, muito semelhantes a este trabalho em ARGISSOLO VERMELHO-Amarelo distrófico.

As combinações intermediárias de P₂O₅ do SFT aplicadas no milho primeira safra, de 112,5; 75 e 37 kg ha⁻¹ de P₂O₅ combinados com o FOC aplicados na linha, não diferiram das doses de 37 kg ha⁻¹ de P₂O₅ combinados ao FOC, e tampouco da dose 6 Mg

ha⁻¹ aplicadas em área total. Porém, diferiram do tratamento completamente orgânico com 6 Mg ha⁻¹ do FOC aplicado na linha, onde se obteve produtividade de 5.843 kg ha⁻¹ de grãos de milho.

A produtividade do milho, no controle foi de 3.599 kg ha⁻¹ de grãos, resultados semelhantes aos obtidos por Moschen e Silva (2010), que no tratamento controle obtiveram de 5.710 kg ha⁻¹ de grãos, enquanto o uso do mineral foi de 7.040 kg ha⁻¹, e no fertilizante orgânico com de 7.624 kg ha⁻¹ de grãos. Contudo, nas combinações entre o fertilizante mineral e orgânico, encontraram maiores produtividades de grãos (8.166 kg ha⁻¹), semelhantes aos resultados obtidos por Galvão (1995), que durante sete anos, entre os anos de 1984 a 1991, constatou aumento na produtividade de milho com fertilizante orgânico ou mineral, no primeiro ano de cultivo.

Tabela 6. Valores médios dos componentes morfológicos, produtivos e produtividade de grãos do milho primeira safra, em função das combinações dos fertilizantes SFT ao FOC, na região Noroeste Paulista, safras 2012/13.

Tratamento	Altura plantas (m)	Inserção espiga (m)	Diâmetro colmo (cm)	População plantas ha ⁻¹	Massa 100 grãos (g)	Produtividades grãos (kg ha ⁻¹)
Controle	1,57 c	0,85 b	1,85 b	59.375	32,15	3.599 d
1	2,09 a	1,26 a	2,15 a	60.000	32,84	8.661 a
2	1,65 c	0,85 b	2,05 a	58.125	31,40	5.843 c
3	2,07 a	1,12 a	2,05 a	54.375	33,69	8.013 b
4	1,95 a	1,12 a	2,15 a	63.750	31,90	7.675 b
5	1,78 b	1,03 a	2,07 a	61.872	32,35	7.793 b
6	2,05 a	1,10 a	1,92 b	56.875	32,99	10.137 a
7	1,62 c	0,94 a	2,05 a	61.250	32,60	6.937 b
8	2,00 a	1,17 a	2,05 a	60.625	32,15	8.702 a
9	2,03 a	1,18 a	2,00 a	58.125	33,84	9.037 a
10	2,05 a	1,07 a	2,07 a	60.250	32,73	8.053 b
11	2,07 a	1,14 a	2,10 a	59.582	33,40	9.588 a
Média Geral	1,91	1,07	2,04	2,38	32,66	7.836
Teste F	22,35**	8,62**	5,52**	1,56 ^{ns}	0,78 ^{ns}	10,76**
CV (%)	4,32	8,23	3,58	9,15	5,13	13,69

Tratamentos aplicados; Controle; (T1) 150 P₂O₅; (T2) 6 Mg Fert. Org. (S) Sulco de plantio; (T3) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (S); (T4) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (S); (T5) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (S); (T6) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (S); (T7) 6Mg. Org (T) Área Total; (T8) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (T); (T9) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (T); (T10) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (T); (T11) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (T).
 Teste: “F” para análise de variância, ^{ns}: não significativo, **: significativo a 1%. Letras iguais na coluna, não apresentam diferença significativa em comparação de médias dos tratamentos pelo teste Scott Knott, à 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

4.5 Concentrações foliares de macronutriente no sistema soja

Os valores das concentrações foliares da soja se encontram na Tabela 7. Os teores de N apresentaram diferenças significativas e as menores concentrações foliares foram obtidas no tratamento controle ($29,12 \text{ g kg}^{-1}$), e com aplicação do SFT com valores de $31,67 \text{ g kg}^{-1}$ de N, no entanto, não diferiu dos tratamentos T3 e T8 ambos com doses de 112 kg ha^{-1} de P_2O_5 do SFT + $1,5 \text{ Mg}$ do FOC, respectivamente, aplicados no sulco e a lanço em área total.

As combinações do SFT ao FOC exerceram efeito positivo nas concentrações foliares de N da soja independentemente do modo de aplicação do FOC ao solo. As doses do FOC forneceram de $22,5$ até 90 kg ha^{-1} de N ao solo, melhorando a resposta sobre a cultura antecessora do milho, a qual proporciona palhada de alta relação C/N. Outra hipótese no fornecimento do FOC, pode ter promovido boas condições de sobrevivência e no desenvolvimento das bactérias do gênero *Rhizobium* promotoras de fixação biológica de nitrogênio (FBN), pela inoculação das sementes de soja após um período de 20 anos sobre o sistema de pastagens de capim braquiária. Estudos verificaram que a contribuição do N fornecido pelo solo de 25 a 35% à cultura da soja, enquanto que a fixação simbiótica do N_2 atmosférico atinge de 65 a 85% (BORKERT et al., 1994).

As concentrações foliares de P foram alteradas positivamente pelos tratamentos, e os maiores valores encontrados proporcionados pelo residual de 37 e 75 kg ha^{-1} de P_2O_5 do SFT com as respectivas doses do FOC de $4,5$ e $3,0 \text{ Mg ha}^{-1}$, aplicados no sulco da semeadura, não diferindo do tratamento com a dose de 6 Mg ha^{-1} do FOC aplicado a lanço em área total, contudo, não diferindo das doses de 37 , 75 e 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 via SFT combinados às doses de $4,5$; 3 e $6 \text{ Mg}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ do FOC aplicado em área total. Tais resultados corroboram com obtidos por Zuim (2007), com a utilização de adubo orgânico

na soja, que obteve maior concentração foliar de P em comparação ao mineral. O tratamento controle propiciou o menor teor de $1,40 \text{ g kg}^{-1}$ e, portanto, abaixo das concentrações foliares adequados $2,5$ a $5,0 \text{ g kg}^{-1}$ de P, recomendados para a cultura da soja por Raij et al. (1997). O P é menos extraído pelas plantas na relação $N > K > P$, no entanto, é mais exigido na base dos sistemas de produção, em função da sua fixação.

As concentrações foliares de K na soja, não foram influenciadas pelos tratamentos (Tabela 7), e seus valores médios foram de $17,22 \text{ g kg}^{-1}$, estando adequados de acordo com Raij et al. (1997). Esses resultados podem ser atribuídos as doses de 80 kg ha^{-1} de K_2O em cobertura na soja. Alguns autores concluíram que a alta produtividade de soja está associada a teores de K acima de $17,1 \text{ g kg}^{-1}$; que sintomas severos de deficiência de K, podem causar queda de produtividade, normalmente associado á teores de K menores que $12,59 \text{ g kg}^{-1}$ e que há grande probabilidade de haver limitação na produção de grãos quando houver seca antes da floração (> 15 dias), e os teores de K nas folhas estiverem entre $12,5$ e $17,0 \text{ g kg}^{-1}$ (fome oculta) (VITTI ; TREVISAN 2000).

As concentrações foliares na soja para os macronutrientes secundários Ca, Mg, S não foram influenciadas pelos tratamentos (Tabela 7). A concentração foliar de Ca na soja, apresentou valor médio de $14,73 \text{ g kg}^{-1}$, a qual está dentro da faixa de valores ($4-20 \text{ g kg}^{-1}$) recomendados para a soja (RAIJ et al., 1997). Resultados obtidos por Valadão et al., (2015) com adubação fosfatada doses fornecidas no sulco proporcionou maior teor de Ca e S, e proporcionou maior desenvolvimento radicular da soja.

As concentrações foliares medias de Mg de $2,62 \text{ g kg}^{-1}$, ficaram valor abaixo dos recomendados ($3,0-10,0 \text{ g kg}^{-1}$) para a cultura da soja, segundo Raij et al. (1997).

Os tratamentos também não influenciaram as concentrações foliares de S, e os valores médios das concentrações foliares foram de $3,64 \text{ g kg}^{-1}$, estando dentro dos

valores recomendados para as concentrações (2,10-3,64 g kg⁻¹) recomendado para a cultura da soja (RAIJ et al., 1997).

4.6 Concentrações foliares de micronutrientes na soja

As concentrações foliares dos micronutrientes na soja se encontram na Tabela 8. Os valores médios foliares do B, foram significativos no tratamento com aplicação de 75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ combinados a 3 Mg ha⁻¹ de FOC, com valores de 66 mg kg⁻¹ de B, no entanto está acima dos valores de 21-55 mg kg⁻¹, os teores estão na faixa como adequados para a cultura da soja (RAIJ et al.,1997).

As concentrações foliares de Cu foram em média de 16,90 mg kg⁻¹, estando dentro da faixa de valores recomendados para a soja (RAIJ et al., 1997). Esses valores estão de acordo com os observados por VITTI ; TREVISAN, (2000).

Para as concentrações foliares do Fe, Mn e Zn, (Tabela 8) somente para o Mn houve efeito significativo dos tratamentos. A M.O. presente na composição do FOC, na qual, pode complexar íons metálicos como Al, Fe, Mn, Cu e Zn. Kiehl (2004) verificou agentes quelantes que complexam os íons metálicos presentes na solução do solo, e alguns precipitam em profundidades, outros podem ser absorvidos pelas raízes das plantas.

Os valores encontrados para as concentrações do Fe estão dentro dos valores recomendados para a cultura da soja (RAIJ et al.,1997), e os valores de Mn e Zn estão acima, o que pode ser atribuído à reação ácida do solo em estudo, na qual há um aumento na sua disponibilidade Mn e Zn no solo. Porém, maiores concentrações de Mn não são desejadas, em função da sua toxicidade, e sua concentração no solo aumenta à medida que o solo fica mais ácido o que pode prejudicar o desenvolvimento e crescimento das raízes da planta, sendo atribuídos a terras ácidas (YAMANDA ; ABDALLA, 2003).

Na prática normalmente são realizadas aplicações preventivas de Mn no sulco de semeadura, em função da deficiência desse nutriente em cultivares de soja RR, principalmente em áreas sob plantio direto, com mais de três anos de adoção dessa prática. Dos fatores anteriormente enumerados para explicar o aumento de deficiência de micronutrientes destaca-se, para esse nutriente, além das práticas de manejo do solo, a capacidade genética da planta em aumentar a disponibilidade desse elemento pela exsudação de compostos orgânicos pelas raízes, como ácido málico, reduzindo o MnO_2 a formas solúveis (Mn^{2+}) segundo VITTI ; TREVISAN, (2000).

Tabela 7. Valores médios das concentrações foliares de N, P, K, Ca, Mg e S no florescimento da soja, em função do residual das combinações dos fertilizantes SFT e FOC, na região Noroeste Paulista, safra 2013/14.

Macronutrientes g kg⁻¹						
Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
Controle	29,12 b	1,40 b	16,67	14,82	2,80	3,52
1	31,67 b	1,60 b	15,82	10,90	2,42	3,50
2	33,20 a	1,62 b	18,32	15,07	2,40	3,62
3	30,82 b	1,47 b	16,67	14,70	2,70	3,72
4	32,62 a	1,82 a	15,82	15,20	3,20	3,62
5	33,37 a	1,70 a	17,50	14,67	2,72	3,72
6	32,02 a	1,52 b	16,67	13,82	3,32	3,60
7	33,77 a	1,97 a	15,67	16,22	2,72	3,90
8	30,40 b	1,47 b	16,67	16,37	2,82	3,80
9	31,75 a	1,90 a	19,17	15,20	2,80	3,57
10	31,90 a	1,82 a	17,50	15,01	2,60	3,10
11	33,10 a	1,72 a	19,17	14,80	2,60	3,97
Média	31,97	1,69	17,22	14,73	2,62	3,64
Teste F	2,71**	7,90**	1,77 ^{ns}	1,56 ^{ns}	0,64 ^{ns}	1,00 ^{ns}
CV (%)	5,18	7,86	9,98	15,03	25,08	11,10

Tratamentos aplicados; Controle; (T1) 150 P₂O₅; (T2) 6 Mg Fert. Org. (S) Sulco de plantio; (T3) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (S); (T4) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (S); (T5) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (S); (T6) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (S); (T7) 6Mg. Org (T) Área Total; (T8) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (T); (T9) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (T); (T10) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (T); (T11) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (T). Teste: “F” para análise de variância, ^{ns}: não significativo, **: significativo a 1%. Letras iguais na coluna, não apresentam diferença significativa em comparação de médias dos tratamentos pelo teste Scott Knott, à 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 8. Valores médios das concentrações foliares de B, Cu, Fe, Mn e Zn no florescimento na soja, em função do residual das combinações dos fertilizantes SFT e FOC, na região Noroeste Paulista safras 2013/14.

Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Controle	53,00 b	17,25	308,00	127,25 a	72,00
1	52,75 b	16,00	318,00	117,75 b	61,72
2	52,00 b	22,25	342,00	108,00 b	63,75
3	49,00 b	19,00	257,25	103,75 b	64,25
4	66,00 a	20,00	423,00	144,00 a	68,00
5	47,00 b	21,75	263,00	102,25 b	65,00
6	51,25 b	20,25	294,00	107,75 b	67,75
7	52,00 b	12,00	310,00	110,75 b	70,00
8	55,25 b	18,00	307,75	111,75 b	70,25
9	56,25 b	12,00	318,00	112,60 b	71,25
10	47,75 b	15,25	314,00	108,00 b	69,25
11	55,00 b	19,00	314,52	110,00 b	71,25
Média	53,10	16,89	314,52	113,58	67,87
Teste F	2,69*	1,20 ^{ns}	1,35 ^{ns}	2,73*	0,86 ^{ns}
CV (%)	11,43	30,18	22,62	12,34	10,83

Tratamentos aplicados; Controle; (T1) 150 P₂O₅; (T2) 6 Mg Fert. Org. (S) Sulco de plantio; (T3) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (S); (T4) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (S); (T5) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (S); (T6) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (S); (T7) 6Mg. Org (T) Área Total; (T8) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (T); (T9) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (T); (T10) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (T); (T11) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (T). Teste: “F” para análise de variância, ^{ns}: não significativo, *: significativo a 5 %. Letras iguais na coluna, não apresentam diferença significativa em comparação de médias dos tratamentos pelo teste Scott Knott, à 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

4.7 Atributos químicos do solo durante o florescimento da soja

Verifica-se que o teor do P foi influenciado pelos tratamentos aplicados no milho antecessor a soja (Tabela 9). As combinações das doses de 150 kg ha⁻¹ do SFT + 6 Mg ha⁻¹ do FOC no sulco de semeadura exerceu maior teor no solo de 22 mg dm⁻³ de P. Na cultura da soja foi adotada a dose de 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅, como fonte SFT aplicados na semeadura da soja e ausente no tratamento controle. Desta forma, verifica-se efeito residual dos tratamentos aplicados, principalmente quanto ao uso do SFT e do FOC no teor de P no solo aplicado na linha T6.

Um dos fatores que pode ser atribuído a esse efeito na disponibilidade do P é a fonte de matéria orgânica; por meio da adsorção competitiva entre os ácidos orgânicos e o P (ERICH et al., 2002), e a complexação de metais e as reações de dissolução com os óxidos de Fe e Al podendo, potencialmente, reduzir o número de sítios de adsorção liberando P para solução (HAYNES ; MOKOLOBATE, 2001).

Quando se aplicou-se apenas o SFT na dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ verificou-se seu teor residual de 11 mg dm⁻³. A causa desse resultado é justificada em função da alta solubilidade do fertilizante na solução do solo em curto tempo, afetando a sua disponibilidade ao longo do ciclo da cultura. Neste caso, as amostragens para avaliação dos atributos químicos ocorreram no florescimento. O SFT na solução do solo apresenta alta eficiência agrônômica em curto prazo, ocorrendo forte competição entre o solo e a planta pelo P desses fosfatos aplicados (NOVAIS et al., 2007). De maneira geral, o valor residual dos estoques de adubos fosfatados solúveis em água é de 60%, 45%, 35%, 15% e 5%, respectivamente, no primeiro ano com a aplicação em sulco de semeadura e o quinto ano após a adubação (SOUSA et al., 1987), quando utilizadas altas doses na semeadura ou plantio.

Justificando o aumento dos teores de P no solo, quando os fertilizantes foram combinados entre o SFT ao FOC, exerceram efeito positivo no teor de P no solo, à medida que se aumentou as doses do FOC ao SFT. Outra possível disponibilidade do P, seria a permanência do capim braquiária durante 10 meses, sobre os tratamentos aplicados e a mesma disponibilizando o P, beneficiando a absorção de P pela acultura da soja.

Os teores de M.O. no solo, na sucessão com a soja, responderam aos tratamentos aplicados com o fornecimento do FOC na linha ou em área total anteriormente ao milho, independentemente do modo de aplicação e das combinações dos fertilizantes FOC ao SFT, e do SFT e do controle. Os teores médios da M.O. no solo foram de 19 g dm^{-3} (Tabela 9), considerados dentro da faixa adequada de 16 a 30 g dm^{-3} M.O. para solos de textura média, como do presente estudo e efeito de 10 meses de capim braquiária.

O aumento dos teores da M.O. no solo não pode ser atribuído apenas a adição FOC, sequer na maior dose 6 Mg ha^{-1} , neste caso, para aumentar o teor de M.O no solo, seria necessária alta dose do FOC, considerando o clima tropical da região. A resposta pode ser atribuída aos efeitos do FOC no solo e das plantas, desta forma confirmando a possível ação direta das substâncias húmicas sobre a fisiologia vegetal, em que alguns autores quantificaram a presença de fitormônios nessas substâncias.

Vários autores como Albuzio et al. (1989) relataram a presença de ácido 3-indol acético (AIA), ácido giberélico (GA) e citocininia (BAP) em frações de substâncias húmicas de menor tamanho molecular provenientes de solos. Muscolo et al. (1998) quantificaram a auxina AIA em substâncias húmicas isoladas de vermicomposto e encontraram uma concentração muito elevada, na faixa de 0,5-3,7% ($2,85 \times 10^{-2}$ a $2,11 \times 10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$ de AIA).

Esta constatação pode ser ligada ao desenvolvimento do sistema radicular do milho, nos quais receberam o FOC e o restos culturais do milho neste caso, como possui relação

C/N entre 40-50, havendo acúmulo da MS no solo, e após seu cultivo, estabeleceu por 10 meses do capim braquiária, presente neste sistema de semeadura direta para o cultivo da soja. Desta forma, todas as fontes de origem vegetal, seja da decomposição das raízes do milho e capim braquiária somada aos resíduos culturais do milho, contribuíram para maior massa seca de possível decomposição, e consequentemente maior teor da M.O. no solo, no entanto, estudos devem ser conduzidos para comprovação dessa hipótese, uma vez que não foi objeto de estudo deste trabalho.

A Braquiária *decumbens* também foi a vegetação espontânea predominante nos períodos de pousio durante a condução do experimento após o cultivo do milho na primeira safra. Esse fato, associados ao mínimo revolvimento de solo após o primeiro cultivo, podem ter proporcionado uma condição peculiar em que o fósforo convertido para formas orgânicas seria biodisponível e no aumento da M.O. na qual representaria uma fonte importante do nutriente para o sistema milho/soja/milho (SOUSA et al., 2002).

Os valores de pH não foram influenciados pelos tratamentos, e seus valores médios encontrados no pH foi de 5,18 (Tabela 9), considerado esses valores da acidez, como média de acordo com Raij et al. (1997).

Os teores médios de K, Ca, e Mg não tiveram sofreram efeito dos tratamentos residuais de milho (Tabela 9), com médias de s valores de K no solo foram de 2,72 mmol_cdm⁻³, interpretado como médio, o Ca apresentou valor de 20,03 mmol_c dm⁻³, interpretado como alto, embora no solo não tenha sido aplicado calcário, conforme Raij et al. (1997), raros são os solos com deficiência em Ca. O Mg teve teor de 7,47 mmol_c dm⁻³ considerado médio (RAIJ et al., 1997).

Os atributos do solo CTC, V% e SB, não foram influenciados pelos tratamentos residuais.

Os micronutrientes B, Cu, Mn e Zn não responderam aos tratamentos residuais aplicados conforme consta na Tabela 10. O B no solo apresentou teor médio, podendo ser carregado para camadas mais profundas. O Cu e Zn no sistema soja foi interpretado como de teores médios. Somente o Mn, teve seu teor valor alto, acima dos valores recomendados como mínimos para as culturas (RAIJ et al., 1997).

As saturações por alumínio (m %) não foram influenciadas pelos tratamentos residuais na soja. As leguminosas, a exemplo da alfafa, em concentrações altas de alumínio, diminuem a eficiência da nodulação e FBN, podendo causar injúrias de forma direta à planta hospedeira, diminuir a sobrevivência das células livres do gênero *Rhizobium* ou até interferir em vários estágios do processo de fixação (GOMES et al., 2002; FERNANDES, 2006).

Tabela 9. Atributos químicos do solo (P-resina, M.O, pH, K, Ca, Mg, CTC e V%) no florescimento da soja, em função do residual das combinações dos fertilizantes SFT e FOC, na região Noroeste Paulista, safra 2013/14.

	P-resina	M.O.	pH	K	Ca	Mg	CTC	V
Tratamentos	mg dm⁻³	g dm⁻³	CaCl₂	----- mmol_c dm⁻³ -----				%
Controle	8,00 e	14,00 b	5,26	2,18	18,80	7,15	53,13	52,74
1	11,00 d	15,49 b	5,04	3,30	15,60	7,70	51,60	55,91
2	19,00 b	18,88 a	5,26	2,94	22,10	7,70	57,70	54,94
3	12,50 c	19,47 a	5,26	2,36	20,80	7,15	54,81	56,86
4	16,50 b	18,88 a	5,04	2,36	20,15	6,60	51,11	56,86
5	16,00 b	18,88 a	5,09	2,71	19,50	7,15	55,36	53,19
6	22,00 a	21,50 a	5,26	2,77	22,10	8,25	56,09	58,85
7	13,00 c	21,12 a	5,26	2,89	22,10	8,25	57,77	57,55
8	13,50 c	20,65 a	5,26	2,77	20,80	7,70	56,77	53,25
9	13,00 c	19,47 a	5,98	2,53	16,90	6,05	53,48	47,62
10	10,50 d	20,65 a	5,32	2,77	20,15	8,80	56,67	56,55
11	13,50 c	19,47 a	5,26	3,07	22,10	7,15	56,77	55,95
Prof. 0,00-0,20(m)								
Média Geral	14,04	19,04	5,18	2,72	20,03	7,47	55,10	54,67
Teste F	21,63 **	7,15**	0,98 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,75 ^{ns}	1,03 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,70 ^{ns}
CV (%)	8,44	6,16	2,62	22,39	16,13	14,13	6,03	4,73

Tratamentos aplicados; Controle; (T1) 150 P₂O₅; (T2) 6 Mg Fert. Org. (S) Sulco de plantio; (T3) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (S); (T4) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (S); (T5) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (S); (T6) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (S); (T7) 6Mg. Org (T) Área Total; (T8) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (T); (T9) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (T); (T10) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (T); (T11) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (T).
 Teste: “F” para análise de variância, ^{ns}: não significativo, **: significativo a 1%. Letras iguais na coluna, não apresentam diferença significativa em comparação de médias dos tratamentos pelo teste Scott Knott, à 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 10. Atributos químicos do solo (SB, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e % Al) no florescimento da soja, em função do residual das combinações dos fertilizantes SFT e FOC, na região Noroeste Paulista, safra 2013/14.

Tratamento	SB	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	m (%)
	mmol _c dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- mg dm ⁻³ -----					
Controle	28,13	5,50	0,32	0,78	35,91	14,40	0,78	6,74
1	26,60	4,50	0,23	0,88	30,21	17,19	0,88	7,05
2	32,75	5,50	0,26	0,93	25,36	11,11	0,93	2,35
3	30,31	5,00	0,23	0,69	27,93	14,23	0,69	3,28
4	29,11	5,00	0,18	0,69	27,93	12,69	0,69	3,37
5	29,36	6,00	0,26	0,78	28,50	12,06	0,78	4,83
6	33,09	4,50	0,29	0,78	27,36	11,56	0,78	5,75
7	33,24	5,00	0,26	0,80	30,16	12,87	0,74	3,07
8	31,27	5,00	0,33	0,73	34,77	14,13	0,73	3,14
9	25,48	5,00	0,25	0,73	35,05	13,41	0,73	1,99
10	31,72	5,00	0,24	0,73	38,47	11,97	0,73	3,07
11	31,67	4,50	0,25	0,69	29,35	14,13	0,69	3,06
Prof.0,00-0,20 (m)								
Média Geral	30,22	4,83	0,26	0,76	30,61	13,29	0,76	3,97
Teste F	0,84 ^{ns}	0,63 ^{ns}	2,00 ^{ns}	1,44 ^{ns}	1,18 ^{ns}	1,01 ^{ns}	1,44 ^{ns}	2,27 ^{ns}
Cv (%)	12,93	33,59	16,06	14,86	21,96	17,53	21,29	30,02

Tratamentos aplicados; Controle; (T1) 150 P₂O₅; (T2) 6 Mg Fert. Org. (S) Sulco de plantio; (T3) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (S); (T4) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (S); (T5) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (S); (T6) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (S); (T7) 6Mg. Org (T) Área Total; (T8) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (T); (T9) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (T); (T10) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (T); (T11) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (T).
 Teste: “F” para análise de variância, ^{ns}: não significativo. Letras iguais na coluna, não apresentam diferença significativa em comparação de médias dos tratamentos pelo teste Scott Knott, à 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

4.8 Componentes fenológicos, produtivos e produtividades da cultura da soja

A altura de plantas da soja não foi influenciada pelos tratamentos residuais (Tabela 11). A ausência de resposta se deve, provavelmente, pela elevada massa seca do capim braquiária antecessora e dos restos culturais da cultura do milho, satisfazendo as exigências nutricionais pela soja. Resultados semelhantes foram obtidos por Zuim (2007) na qual a adubação mineral e orgânica não proporcionou resposta desses parâmetros para a altura de planta.

A altura da inserção da primeira vagem teve valor médio de 0,20 m, que se segundo Queiroz et al. (1981), deve ser no mínimo de 0,13 m, desta forma, a colheita mecanizada será realizada evitando perdas grãos. Portanto, independentemente dos tratamentos aplicados, os valores de altura da inserção das primeiras vagens obtidas estão dentro do mínimo exigido.

O componente número de vagens por plantas reflete em parte o potencial produtivo da soja, que pode ser estimulada pela fertilidade do solo, ou densidade populacional de plantas, para obter a máxima produtividade, neste estudo, não se verificaram alterações para essa característica produtiva.

A densidade de plantas ou população de plantas depende do tipo de solo, cultivar, época de semeadura e região, neste caso a população de plantas foi de 227.290 plantas ha^{-1} (Tabela 11), a presença da massa seca do capim braquiária, afetou a germinação das sementes e estabelecimento da soja, para uma população desejada inicial de 320 000 plantas ha^{-1}

A massa de 100 grãos é um dos componentes produtivos, neste caso esse parâmetro não foi afetado pelos tratamentos residuais, contudo, Zuim (2007), na

comparação entre presença e ausência da adubação orgânica, obteve maior massa de grãos quando houve adubação orgânica.

A produtividade da soja com a dose de manutenção de 45 kg ha^{-1} de P_2O_5 do SFT, no tratamento controle teve o menor valor de (2.350 kg ha^{-1} grãos). Verifica-se que na ausência do fornecimento de P houve influência direta na produtividade pois o teor de 8 mg dm^{-3} de P é considerado baixo no solo (Tabela 9). Neste caso, não houve efeito significativo em relação à produtividade dos tratamentos aplicados antecessores na implantação do milho.

A cultura da soja é menos responsiva às alterações no manejo da fertilidade do solo em comparação ao milho (WENDLING et al., 2008). Também Lacerda et al. (2015), avaliando o sistema soja/milho/soja verificaram que não houve resposta às adubações na semeadura para as doses de N (0-359); de P_2O_5 (0-453) e K_2O (0-277) kg ha^{-1} , em nenhuma das safras, e sua produtividade média de soja foi de 3.466 kg ha^{-1} , e na outra safra de 3.485 kg ha^{-1} . Todavia deve-se ressaltar que os teores de P no solo, tipo de solo e manejo, teores de M.O. e valores de pH são fatores que afetam a disponibilidade de P para as plantas.

Tabela 11. Valores médios dos componentes morfológicos, produtivos e produtividade de grãos de soja, em função das combinações dos fertilizantes SFT ao FOC, na região Noroeste Paulista, safra 2013/14.

Tratamentos	Altura Plantas (m)	Inserção Vagem (m)	N. Vagens Plantas	População Plantas ha ⁻¹	Massa de 100 grãos	Produtividades Grãos (kg ha ⁻¹)
Controle	0,91	0,22	47,75	202.500	15,50	2350 b
1	0,90	0,19	51,50	215.000	15,50	4244 a
2	0,94	0,20	53,25	240.000	15,25	3408 a
3	0,87	0,20	41,75	225.000	15,50	4208 a
4	0,91	0,20	53,25	235.000	15,50	3660 a
5	0,87	0,19	54,25	235.000	15,75	3707 a
6	0,91	0,19	52,25	230.000	16,00	3670 a
7	0,89	0,20	47,75	233.330	15,25	3315 a
8	0,87	0,20	51,50	208.330	15,75	3237 a
9	0,87	0,20	52,00	235.000	15,00	3710 a
10	0,91	0,20	52,00	235.000	15,75	3388 a
11	0,91	0,19	64,50	235.000	16,25	3799 a
Média Geral	0,90	0,20	52,58	227.290	15,54	3561,53
Teste F	1,49 ^{ns}	1,34 ^{ns}	1,05 ^{ns}	3,87 ^{ns}	0,73 ^{ns}	3,79*
CV (%)	4,31	8,51	19,45	5,41	5,76	14,41

Tratamentos aplicados; Controle; (T1) 150 P₂O₅; (T2) 6 Mg Fert. Org. (S) Sulco de plantio; (T3) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (S); (T4) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (S); (T5) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (S); (T6) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (S); (T7) 6Mg. Org (T) Área Total; (T8) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (T); (T9) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (T); (T10) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (T); (T11) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (T).
 Teste: “F” para análise de variância, ^{ns}: não significativo, *: significativo a 5% de probabilidade. Letras iguais na coluna, não apresentam diferença significativa em comparação de médias dos tratamentos pelo teste Scott Knott, à 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

4.9 Concentrações foliares de macronutrientes no milho segunda safra

As concentrações foliares de N, P, K, Ca, Mg e S no milho segunda safra não foram influenciadas pelos tratamentos residuais (Tabela 12). Os valores médios foliares de N foram de 27,1 g kg⁻¹, e no tratamento controle foi de 26,38 g kg⁻¹ de N. Valores semelhantes aos obtidos por Castoldi et al. (2011), estudando o sistema com o uso de fertilizantes mineral, orgânico e organomineral, que verificaram concentrações de N de 23,6 g kg⁻¹ com o fertilizante mineral, e 20,9 g kg⁻¹ de N no orgânico, e valores de 19,7 g kg⁻¹ de N no sistema organomineral. As concentrações de N estão dentro da faixa de 27-35 g kg⁻¹ de N, recomendadas como adequados por Raij et al. (1997). A ausência de resposta aos tratamentos aplicados pode ter ocorrido em função da adubação de cobertura com o fornecimento de 100 kg ha⁻¹ de N, outra questão, é a sucessão com a cultura da soja, neste caso, em condições ideais ocorre o processo de simbiose pela fixação biológica (FBN), mediante o uso de *Bradyrhizobium*, fixa o N₂ atmosférico, fornecendo 240 kg ha⁻¹ de N ao sistema soja (HUNGRIA et al., 2001).

Para as concentrações de P no tecido foliar do milho segunda safra (Tabela 12), observa-se que não houve diferença significativa entre as combinações do SFT e do FOC, e seus valores médios foliares de P foram de 1,73 g kg⁻¹. Todavia, os teores avaliados estão abaixo dos recomendados para a cultura do milho, segundo Raij et al. (1997).

Para as concentrações foliares de K, verifica-se que não houve influência dos tratamentos residuais aplicados e seus valores médios foram 25,43g kg⁻¹, enquanto que no tratamento controle foi de 24,97,0 g kg⁻¹. Verifica-se que os valores estão dentro da faixa adequada para as concentrações foliares do milho (17 a 35 g kg⁻¹) segundo Raij et al. (1997) e Malavolta et al. (1997). Todos os tratamentos receberam 80 kg ha⁻¹ de K₂O, satisfazendo a necessidade nutricional em K dos tecidos foliares do milho segunda safra.

As concentrações foliares de Ca no milho segunda safra, não foram influenciadas pelos tratamentos residuais. Os teores médios de Ca encontram-se dentro da faixa adequados para a cultura do milho (2,5 a 6,0 g kg⁻¹), recomendadas por Raij et al. (1997).

As concentrações foliares de Mg e S não foram influenciadas pelos tratamentos residuais, e seus teores foram respectivamente de 1,70 g kg⁻¹ e 1,77 g kg⁻¹, portanto, estão dentro dos teores adequados para a cultura do milho, segundo Raij et al. (1997).

4.10 Concentrações de micronutrientes foliares no milho segunda safra

As concentrações foliares dos micronutrientes no milho, foram alterados pelos tratamentos residuais (Tabela 13). O B não respondeu aos tratamentos, embora estudos relatam efeito pelo uso de fertilizantes fosfatados, os quais são fatores que contribuem para a maior insolubilidade do B (BATAGLIA ; RAIJ, 1989). No milho segunda safra, as concentrações foliares de B estão dentro da faixa adequada recomendados por Raij et al. (1997). Em situações adversas de B, pode ocorrer a má formação de espiga e redução na produção do milho (JAMANI et al., 2006).

As concentrações do Cu e Fe nos tecidos foliares do milho segunda safra não apresentaram resposta aos tratamentos residuais de SFT e FOC. Embora o Fe tenha apresentado efeito no primeiro ano de cultivo do milho (Tabela 2) não teve resposta neste cultivo do milho segunda safra (Tabela 13).

Para as concentrações foliares do Mn no milho segunda safra houve maior valor para o tratamento com SFT, porém, não diferiu das doses de 37 kg ha⁻¹ de P₂O₅ do SFT + 4,5 Mg do FOC aplicado no sulco de semeadura, e da aplicação de 6 Mg ha⁻¹ do FOC, e e 112 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + 1,5 Mg do FOC aplicado em área total.

As concentrações de Mn, estão dentro da faixa adequada de recomendações para a cultura do milho, embora sua amplitude seja de 20-200 mg kg⁻¹, segundo Raij et al. (1997).

As concentrações foliares do Zn no milho segunda safra, não foram afetadas pelos tratamentos residuais médios de 96,19 mg kg⁻¹, com teores acima do recomendado por Raij et al. (1997). Desta forma, a maior concentração foliar do zinco pode transferir em maior resposta a produtividades de grãos na cultura do milho (BULL, 1993).

Tabela 12. Valores médios das concentrações foliares de N, P, K, Ca, Mg e S no florescimento do milho segunda safra, em função do residual das combinações dos tratamentos com SFT e FOC, na região Noroeste Paulista, safras 2014.

Macronutrientes (g kg ⁻¹)						
Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
Controle	26,38	1,79	24,97	3,40	1,80	1,72
1	29,00	1,70	24,97	4,52	1,76	1,76
2	25,98	1,50	23,86	4,29	1,97	1,86
3	27,23	1,74	26,08	3,92	1,98	1,80
4	25,23	1,57	26,08	4,29	1,98	1,63
5	27,43	1,95	26,08	4,69	1,84	1,86
6	27,30	1,67	23,31	4,10	2,13	1,62
7	27,77	1,75	25,53	4,39	2,03	1,87
8	28,15	1,88	27,19	4,05	1,83	1,82
9	29,36	1,90	26,64	4,52	1,93	1,86
10	25,77	1,66	23,86	3,90	2,21	1,82
11	26,95	1,71	26,64	4,07	1,95	1,88
Média	27,21	1,73	25,43	4,23	2,03	1,78
Teste F	1,11 ^{ns}	1,71 ^{ns}	1,49 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,717 ^{ns}	1,032 ^{ns}
CV (%)	27,21	1,73	8,18	13,69	16,31	9,77

Tratamentos aplicados; Controle; (T1) 150 P₂O₅; (T2) 6 Mg Fert. Org. (S) Sulco de plantio; (T3) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (S); (T4) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (S); (T5) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (S); (T6) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (S); (T7) 6Mg. Org (T) Área Total; (T8) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (T); (T9) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (T); (T10) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (T); (T11) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (T).
 Teste: “F” para análise de variância, ^{ns}: não significativo. Letras iguais na coluna, não apresentam diferença significativa em comparação de médias dos tratamentos pelo teste Scott Knott, à 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 13. Valores médios das concentrações foliares de B, Cu, Fe, Mn e Zn no florescimento do milho segunda safra em função do residual das combinações dos tratamentos com SFT e FOC, na região Noroeste Paulista, safra 2014.

Micronutrientes (mg kg⁻¹)					
Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Controle	11,60	22,55	98,87	44,40 b	92,22
1	11,60	22,82	114,13	58,31 a	108,50
2	12,60	25,30	110,17	43,33 b	106,05
3	13,30	22,85	97,74	40,92 b	93,97
4	16,50	24,75	108,48	41,99 b	96,97
5	12,90	24,74	144,41	48,95 a	94,85
6	13,30	23,10	99,72	42,26 b	88,90
7	12,60	22,55	102,83	44,40 a	91,77
8	12,20	21,45	113,00	52,69 a	96,07
9	13,50	22,82	107,07	48,60 b	98,00
10	12,60	22,27	93,79	40,00 b	91,87
11	12,60	22,82	118,65	42,76 b	95,72
Média	12,90	23,46	106,57	45,80	96,19
Teste F	0,85 ^{ns}	0,32 ^{ns}	1,19 ^{ns}	3,00**	1,97 ^{ns}
CV (%)	21,16	21,85	13,59	14,30	8,62

Tratamentos aplicados; Controle; (T1) 150 P₂O₅; (T2) 6 Mg Fert. Org. (S) Sulco de plantio; (T3) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (S); (T4) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (S); (T5) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (S); (T6) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (S); (T7) 6Mg. Org (T) Área Total; (T8) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (T); (T9) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (T); (T10) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (T); (T11) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (T). Teste: “F” para análise de variância, ^{ns}: não significativo, **: significativo a 1%. Letras iguais na coluna, não apresentam diferença significativa em comparação de médias dos tratamentos pelo teste Scott Knott, à 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

4.11 Atributos químicos do solo no cultivo do milho segunda safra

Os atributos referentes a análise química do solo no cultivo do milho segunda safra se encontram na Tabela 14. Verifica-se que o teor de P no solo, foi influenciado pelos tratamentos de SFT e FOC residuais. A dose de 150 kg ha^{-1} do SFT + 6 Mg ha^{-1} do FOC na semeadura, proporcionou maior teor de P ($20,00 \text{ mg dm}^{-3}$).

Várias são as respostas para esse efeito na disponibilidade do P, uma delas é a complexação de metais pelos grupos carboxílicos (afetando óxidos de Fe e Al) podendo, potencialmente, reduzir o número de sítios de adsorção liberando P para solução (HAYNES ; MOKOLOBATE, 2001).

As aplicações isoladas com o SFT, na dose de $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, propiciou teor de P de $12,00 \text{ mg dm}^{-3}$, que em função da sua solubilidade em água, pode ocorrer maior fixação por Al e Fe. Novais et al. (2007) citaram que a retenção do P adicionado ao solo ocorre pela precipitação deste elemento em solução com formas iônicas de Fe, Al e Ca, e a maneira mais significativa é pela sua adsorção pelos hidróxidos de Fe e de Al, presentes em maiores quantidades nos solos tropicais.

Outra explicação do aumento das concentrações de P no solo pode ter ocorrido em função da fonte FOC, oriundo de resíduos do rúmen, farinhas de ossos e sangue oriundos de frigoríficos, os quais segundo Malavolta (1981), salienta que a farinha de ossos é composta, sobretudo, por um grupo carbonato e uma matriz orgânica contendo fosfato tri cálcio ou composto hidratado semelhante, o qual ainda possui Na e Mg. Assim, o aumento no teor de P disponível é atribuído à elevação do pH, conforme demonstrado por Camargo et al. (2010) no qual ocorre precipitação do Al e Fe da solução e redução da adsorção de íons fosfatos.

As combinações do SFT ao FOC tiveram seu efeito positivo para o teor de P no solo, à medida que se aumentou as doses do FOC combinado ao SFT, quando comparado ao tratamento controle que apresentou teor de P de $6,00 \text{ mg dm}^{-1}$. Resultados semelhantes foram obtidos por Caione et al. (2013) ao comparar em os tratamentos que receberam a dose de 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 no sulco de plantio de cana de açúcar, verificaram diferença significativa para os teores de P no solo, em que a farinha de ossos propiciou teor de P de $110,2 \text{ mg dm}^{-3}$, o superfosfato triplo de P de $26,7 \text{ mg dm}^{-3}$ e o fosfato de Arad, de $43,9 \text{ mg dm}^{-3}$, sendo superior ao tratamento controle com $4,7 \text{ mg dm}^{-3}$.

As aplicações isoladas de FOC e do SFT apresentaram os teores semelhantes de P no solo (Tabela 14). No entanto, as combinações entre o SFT ao FOC promovem um sinergismo, proporcionando maior teor solúvel de P no solo, possivelmente devido ao contato do Fe e Al aos grupos carboxílicos da M.O., ocorrendo menores sítios de fixação para o P no solo, desta forma o P não foi fixado, ficando disponível na solução do solo. Por outro lado, Novais et al. (2007) citaram que a retenção do P adicionado ao solo ocorre pela precipitação deste elemento em solução com formas iônicas de Fe, Al e Ca, e maneira mais significativa pela sua adsorção pelos hidróxidos de Fe e de Al, presentes em maiores quantidades nos solos tropicais.

A M.O. no solo, no segundo cultivo do milho, em sucessão a soja, respondeu aos tratamentos residuais, e o fornecimento do FOC na linha ou em área total, independente da combinação do SFT, aumentou os teores da M.O., diferindo do tratamento completamente mineral e do controle.

A adição do FOC, na dose de 6 Mg ha^{-1} , não foi suficiente para modificar esse atributo do solo. Neste caso, segundo Moreira e Siqueira (2002) é decomposição, é controlada por diversos fatores biótipos (tipos de material orgânico, macrofauna e biomassa microbiana) e abiótipos (temperatura e umidade), e pela mineralização, são

disponibilizados nutrientes para plantas, no entanto nestas condições de clima tropical, não há acúmulo da M.O. no solo arenosos, somente pequenas alterações nos seus teores.

Os efeitos podem ser atribuídos as reações do FOC no solo e na planta, desta forma confirmando a possível ação direta das substâncias húmicas sobre a fisiologia vegetal. Alguns autores quantificaram a presença de fitormônios nessas substâncias húmicas, como o Albuzio et al. (1989) que relataram a presença de ácido 3-indol acético (AIA), ácido giberélico (GA) e citocinina (BAP) em frações de substâncias húmicas de menor tamanho molecular provenientes de solos. Muscolo et al. (1998) também quantificaram a auxina AIA em substâncias húmicas isoladas de vermicomposto e encontraram uma concentração muito elevada, na faixa de 0,5-3,7% ($2,85 \times 10^{-2}$ a $2,11 \times 10^{-1}$ mol/L de AIA). A presença destes fitormônios pode ter estimulado o sistema radicular das culturas envolvidas neste sistema, milho, braquiária, soja, milho segunda safra, resultando em aumento na M.O. no solo.

Desta forma, todas as fontes de origem vegetal neste sistema contribuíram para o acúmulo dos restos vegetais sobre a superfície do solo e raízes em subsuperfície contribuindo para maior acúmulo de matéria seca pela decomposição resultando em aumento dos teores de M.O.

Para os valores de pH no solo referente ao milho segunda safra, não houve efeito significativo dos tratamentos residuais. Verifica-se que no primeiro, cultivo o pH foi de 4,66 e no cultivo com o milho segunda safra o valor foi de pH 5,30. Nota-se que ao longo dos cultivos houve aumento no pH passando de acidez alta para média. Neste caso, mais próximos da faixa recomendadas como adequada (pH 6,0 - 6,5) para a maioria das culturas (LOPES, 1998).

A elevação do pH, considerando o sistema milho/soja/milho, pode ser atribuída a aplicações de resíduos orgânicos das culturas no solo tendo efeitos benéficos, dependendo

da produção da matéria seca, do tipo de matéria orgânica contidos no resíduo, da capacidade do resíduo em elevar o pH do solo e dos teores de N (ABREU JUNIOR et al., 2005). Os ácidos orgânicos geram H^+ presentes em resíduos de plantas com um baixo peso molecular que promovem aumento do pH do solo e dos teores de Ca, Mg e K trocáveis e decréscimo do Al (MEDA et al., 1999).

O K trocável apresentou teor médio de $2,38 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo considerado como teor médio dentro da faixa adequada de $1,6 - 3,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (RAIJ et al., 1997). O Ca trocável no solo foi considerado alto, com média de $21,03 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para a faixa de teores recomendados para o Ca no solo (RAIJ et al., 1997) na qual considera $> 7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, enquanto que o teor de Mg no solo foi de $7,26 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, considerado médio dentro da faixa de teores recomendados por RAIJ et al., (1997). Desta forma, houve aumentos dos valores de Ca, Mg, K para o 1º ao 3º cultivo no presente estudo (Tabela 4; 9 e 14).

A CTC do solo reflete a capacidade efetiva que o solo tem em trocar cátions do solo e não são definidos níveis adequados, pois ocorre grande variações em função da classe do solo. O V % teve valor inicial de 45% e no 3º cultivo estava em 56 % sendo considerado como médio para o solo. Raij et al. (1997), nesta faixa, considera uma produção relativa de 91 a 100% das culturas, o aumento do V% ao longo dos cultivos deve ser aos aumentos dos valores de Ca, Mg, K.

A SB (Tabela 15) está com teores abaixo dos recomendados por Raij et al. (1997) para a cultura do milho. Não foi possível verificar resposta aos tratamentos residuais para os atributos do solo, no entanto, outros trabalhos verificaram resultados positivos nestes atributos químicos dos solos, quando utilizaram espécies vegetais em sistema de cobertura, associado ao uso de calcários. Andreotti et al. (2008) observaram nas camadas

de 0,10-0,20 m que a espécie pé-de galinha gigante resultou em aumento significativo de pH, Ca, SB e V%.

Outro elemento que não foi alterado pelos tratamentos residuais foi o teor de S no solo (Tabela 15), com teores de $5,37 \text{ mg dm}^{-3}$, considerados como médio (RAIJ et al., 1997).

Os teores de B e Cu no solo apresentaram-se médios (RAIJ et al., 1997). O teor de Fe teve resposta aos tratamentos residuais, sendo os maiores quando do uso de SFT, seguidos dos tratamentos com 112 e 75 kg ha^{-1} de P_2O_5 , com suas respectivas combinações com 1,5 e $3,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ do FOC aplicado em área total. Por outro lado, houve redução quando ocorreram as combinações do SFT ao FOC na linha de semeadura. Uma possível resposta para esse efeito se deve a presenças de grupos carboxílicos, presente no M.O. no solo e no FOC, formada no sistema na qual, esses grupos carboxílicos se dissociam complexando o Fe presente no solo, desta forma diminuindo seu teor de Fe na linha da semeadura.

Os teores de Mn no solo foram considerados altos (RAIJ et al., 1997), acima dos recomendados para as culturas, de modo geral (Tabela 15).

O teor Zn no solo teve efeito somente nos tratamentos com o uso do FOC na linha de semeadura. Talvez a possível resposta pode estar nos agentes quelantes presentes na M.O, funcionando como um dreno. Outro fator é o teor elevado de P no solo, o qual interage com o Zn. A atividade biológica do solo afeta a disponibilidade pela presença de fungos chamados de micorrizas, causando relações simbióticas entre fungo e as raízes das plantas. Estudos realizados por Buzetti et al. (1993) estabeleceram um nível crítico de $0,8 \text{ mg dm}^{-3}$ de Zn no solo, os valores encontrados no presente solos foi de $0,47 \text{ mg dm}^{-3}$ de Zn, teores baixos quando comparados com o mesmo autor.

A saturação de Alumínio (m %), foi afetada pelos tratamentos residuais com efeito na na soja (Tabela 10) e posteriormente no cultivo do milho segunda safra (Tabela 15). O cultivo sucessivo em sistema de semeadura direta, e a contribuição dos restos culturais pode ter favorecido o aumento dos teores da M.O. que somado a adição de M.O. do FOC, o que pode ter contribuído, para um maior teor de M.O. no solo favorecendo a para maior concentração de grupos funcionais de COOH^- e OH^- , capazes de complexarem o Al, assim tornando-o menos tóxico, refletindo em maiores produtividades de grãos (Tabelas 11 e 16).

A decomposição da massa seca e o transporte preferencial de cátions Ca, Mg e Al para as camadas subsuperficiais, por meio da formação de complexos com ácidos orgânicos liberados dos resíduos vegetais (MIYAZAWA et al. 2003), podem ter influenciado, nestes resultados Ernani, e Gianello (1983), também verificaram diminuição do Al tocável do solo, pela incorporação de esterço de bovinos e cama de aviários.

Tabela 14. Valores médios dos atributos químicos do solo (P-resina, M.O, pH, K, Ca, Mg, CTC e V%) no florescimento do milho segunda safra, em função do residual das combinações dos tratamentos com SFT e FOC, na região Noroeste Paulista, safra 2014.

Tratamentos	P-resina	M.O.	pH	K	Ca	Mg	CTC	V
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	----- mmol _c dm ⁻³ -----				%
Controle	6,00 h	17,50 b	5,00	2,18	19,80	5,65	53,63	51,50
1	12,00 g	17,50 b	5,26	3,80	19,10	7,20	54,10	55,80
2	17,50 b	21,00 a	5,57	2,95	24,60	8,20	60,25	59,07
3	15,00 c	22,43 a	5,26	2,36	21,80	7,65	56,81	55,80
4	13,00 d	20,38 a	5,52	2,36	20,00	6,60	55,22	55,64
5	13,00 d	18,88 b	5,09	2,71	22,60	7,15	53,86	55,64
6	20,00 a	22,00 a	5,26	3,24	18,10	8,25	57,09	55,46
7	12,00 e	20,97 a	5,06	2,89	19,80	6,75	50,24	59,58
8	11,50 f	21,21 a	5,26	2,77	18,10	7,70	60,27	58,05
9	10,50 g	18,47 a	5,20	3,05	17,40	6,05	52,48	50,37
10	10,50 g	21,15 a	5,32	2,77	21,15	8,80	55,27	59,27
11	11,50 f	21,00 a	5,58	3,07	21,95	7,15	57,28	57,28
Prof 0,00-0,20 (m)								
Média Geral	12,45	20,24	5,30	2,38	21,03	7,26	55,43	56,06
Teste F	206,02**	6,21**	0,545 ^{ns}	1,56 ^{ns}	2,09 ^{ns}	4,40 ^{ns}	2,83 ^{ns}	1,26 ^{ns}
CV (%)	2,92	4,81	6,45	9,15	10,46	8,56	4,46	6,48

Tratamentos aplicados; Controle; (T1) 150 P₂O₅; (T2) 6 Mg Fert. Org. (S) Sulco de plantio; (T3) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (S); (T4) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (S); (T5) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (S); (T6) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (S); (T7) 6Mg. Org (T) Área Total; (T8) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (T); (T9) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (T); (T10) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (T); (T11) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (T).

Teste: “F” para análise de variância, ^{ns}: não significativo **: significativo a 1%. Letras iguais na coluna, não apresentam diferença significativa em comparação de médias dos tratamentos pelo teste Scott Knott, à 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 15. Valores médios dos atributos químicas do solo (SB, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e % Al) no florescimento do milho segunda safra, em função do residual das combinações dos tratamentos com SFT e FOC na região Noroeste Paulista, safra 2014.

Tratamentos	SB	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	m %
	mmolc dm ⁻³	mg dm ⁻³			mg dm ⁻³			
Controle	27,63	6,00	0,25	0,78	55,91 a	14,45	0,55 a	7,25 a
1	30,10	4,00	0,29	0,70	49,65 a	17,20	0,55 a	3,34 b
2	35,75	5,50	0,29	0,79	32,44 b	12,50	0,47 a	2,35 b
3	31,82	5,50	0,23	0,74	35,91 b	14,23	0,25 b	3,28 b
4	30,61	5,50	0,23	0,77	32,67 b	13,74	0,32 b	3,37 b
5	29,86	6,50	0,26	0,67	35,91 b	12,62	0,36 b	3,34 b
6	34,09	6,06	0,24	0,78	36,80 b	14,46	0,57 a	2,96 b
7	27,74	7,50	0,24	0,80	36,48 b	12,87	0,42 a	3,60 b
8	34,77	5,50	0,26	0,73	48,18 a	15,18	0,57 a	2,87 b
9	26,48	5,50	0,26	0,73	49,54 a	15,18	0,47 a	5,53 b
10	32,72	4,00	0,25	0,73	50,73 a	14,47	0,57 a	3,05 a
11	32,77	5,00	0,26	0,69	35,91 b	14,92	0,67 a	3,11 b
Prof. 0,00-0,20 (m)								
Média	31,14	5,37	0,26	0,76	44,56	13,99	0,47	3,56
Teste F	2,51 ^{ns}	2,19 ^{ns}	1,29 ^{ns}	2,01 ^{ns}	3,57*	1,984	5,20**	6,69**
CV (%)	8,45	15,89	12,91	6,19	13,41	10,80	23,65	22,89

Tratamentos aplicados; Controle; (T1) 150 P₂O₅; (T2) 6 Mg Fert. Org. (S) Sulco de plantio; (T3) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (S); (T4) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (S); (T5) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (S); (T6) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (S); (T7) 6Mg. Org (T) Area Total; (T8) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (T); (T9) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (T); (T10) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (T); (T11) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (T).

Teste: “F” para análise de variância, ^{ns}: não significativo, ** significativo a 1%, * significativo a 5% de probabilidade. Letras iguais na coluna, não apresentam diferença significativa em comparação de médias dos tratamentos pelo teste Scott Knott, à 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

4.12 Componentes morfológicos da produção e produtividade do milho segunda safra

A altura de plantas do milho segunda safra, respondeu aos tratamentos residuais com SFT e FOC, com valores médios de 1,78m. O tratamento controle apresentou menor altura de plantas (1,38 m), entretanto, não foi possível verificar o efeito do STF e FOC, refletindo neste componente vegetativo, independentemente da dose e modo de aplicação do FOC (Tabela 16). No entanto, o híbrido AG 8088, nas condições de alta tecnologia, pode apresentar uma altura de 2,23m, e em condições de média tecnologia na semeadura no verão (primeira safra) pode chegar a 2,18m de altura de plantas. Lucena et al. (2000) avaliando as doses de fósforo (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅), verificaram aumento da altura e inserção das espigas nas plantas de milho, até a dose de 177 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Resultados divergentes foram obtidos por Valderrama et al. (2011) que não verificaram respostas para a altura de plantas do milho testando doses de fósforo (0, 50, 100 e 150 kg P₂O₅ ha⁻¹) do SFT sem ou com revestimento, em função do teor inicial de P no solo ser de 32 mg dm⁻³ de P.

A altura da inserção da espiga teve comportamento semelhante da altura de plantas. Observa-se que o tratamento controle apresentou o menor valor para a altura da inserção de espiga (0,91m), diferindo dos tratamentos residuais no primeiro cultivo do milho com média de 1,17m (Tabela 16).

Os componentes vegetativos, de modo geral, responderam aos tratamentos residuais do P aplicado no milho primeira safra, em que, na ausência de P, em condições de níveis baixos dos teores de (6 mg dm⁻³) proporcionaram plantas menores. Porém, Valderrama et al. (2011) não verificaram respostas para os componentes citados frente às doses de fósforo estudadas (0, 50, 100 e 150 P₂O₅ ha⁻¹) do SFT sem ou com revestimento,

em que a falta de resposta se deve, provavelmente, ao teor médio de P (32 mg dm^{-3}) no solo.

A população de plantas não foi influenciada pelos tratamentos (Tabela 16). Trabalhos voltados para áreas de nutrição das plantas, a nível de campo, demonstram pouca alteração na população de plantas, uma vez que os solos são fornecedores de nutrientes. No entanto, a população de plantas é recomendada de acordo com fertilidade dos solos e condições climáticas de cada região.

A massa de 100 grãos faz parte dos componentes produtivos, no entanto, não houve diferença entre os tratamentos residuais de SFT e FOC (Tabela 16).

As maiores produtividades do milho segunda safra (Tabela 16) foram obtidas com aplicações de 6 Mg ha^{-1} do FOC (9701 kg ha^{-1}), diferindo da dose de 112 kg ha^{-1} de P_2O_5 do SFT+ $1,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ do FOC ambas aplicadas na linha de semeadura, no entanto, não diferiram doses de 37,5; 112 e 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 do SFT+ 4,5; 1,5 e 6 Mg ha^{-1} FOC aplicado em área total.

As produtividades intermediárias foram obtidas pela aplicação de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 do SFT, porém não diferindo das doses 37,5; 75 e 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 do SFT, combinados respectivamente às doses de 4,5; 3,0 e 6 Mg ha^{-1} do FOC aplicadas na linha, porém não diferindo das doses de 6 Mg ha^{-1} do FOC aplicado em área total; 75 kg ha^{-1} de P_2O_5 SFT + $3,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ do FOC aplicado em área total.

O tratamento controle apresentou menor produtividade de grãos (5.373 kg ha^{-1}) em comparação à média geral (8654 kg ha^{-1} de grãos). Resultados semelhantes foram obtidos por Moschen e Silva (2010), que no tratamento controle obtiveram produtividade de 5.710 kg ha^{-1} de grãos, e com o uso do mineral foi de 7.040 kg ha^{-1} , e o fertilizantes orgânico a produtividade foi de 7.624 kg ha^{-1} de grãos. Contrariando os resultados obtidos por Galvão (1995), que durante 7 anos, entre os anos de 1984 a 1991, contatou aumento

na produtividade de milho sobre adubação orgânico e mineral, somente no primeiro ano de estudo. Neste trabalho foi possível verificar efeitos residual P no solo e seus efeitos nas culturas no sistema milho/soja/milho.

A construção da fertilidade do solo do sistema milho/soja/milho acumulada nas três safras, combinando o P mineral com o FOC, é interessante para aumentar a eficiência de uso dos fertilizantes com a adoção da prática da adubação nos sistemas, segundo Oliveira Júnior et al. (2010). Nesse tipo de manejo da adubação, a recomendação de fertilizantes, deixa de ser realizada isoladamente para uma cultura, e passa-se a considerar o sistema como um todo. Quando se trabalha com sistema é interessante fornecer todos os nutrientes, e assim, as combinações entre o SFT ao FOC devem ser mais estudadas, pois contemplam, em sua constituição o P, objeto de vários estudos voltados para o aumento da sua disponibilidade do solo.

Tabela 16. Valores médios dos componentes fenológicos, vegetativos e produtividades de grãos milho segunda safra, em função do residual das combinações dos tratamentos com SFT ao FOC, na região Noroeste Paulista, safra 2014.

Tratamentos	Altura Plantas (m)	Inserção Espiga (m)	Diâmetro Colmo (cm)	População Plantas (ha ⁻¹)	Massa 100 Grãos (g)	Produtividades Grãos (kg ha ⁻¹)
Controle	1,38 b	0,91 b	1,85 b	59.255	28,87	5.373 c
1	1,84 a	1,26 a	2,05 a	59.850	29,56	8.452 b
2	1,80 a	1,13 a	2,05 a	57.979	28,26	9.701 a
3	1,81 a	1,20 a	2,05 a	54.400	29,32	9.333 a
4	1,72 a	1,21 a	2,15 a	63.600	28,70	8.323 b
5	1,77 a	1,12 a	2,07 a	61.700	29,11	8.425 b
6	1,79 a	1,19 a	2,05 a	56.732	29,69	8.820 b
7	1,78 a	1,12 a	2,05 a	61.200	28,87	8.764 b
8	1,76 a	1,17 a	2,05 a	59.230	29,34	9.475 a
9	1,79 a	1,18 a	2,00 a	59.850	28,93	8.570 b
10	1,80 a	1,07 a	2,07 a	57.980	30,45	9.564 a
11	1,82 a	1,14 a	2,10 a	60.473	29,45	9.052 a
Média Geral	1,78	1,175	1,82	2,38	29,34	8654
Teste F	22,09**	5,49**	5,40**	1,58 ^{ns}	0,78 ^{ns}	11,54**
CV (%)	4,33	8,65	3,63	6,57	5,12	7,70

Tratamentos aplicados; Controle; (T1) 150 P₂O₅; (T2) 6 Mg Fert. Org. (S) Sulco de plantio; (T3) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (S); (T4) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (S); (T5) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (S); (T6) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (S); (T7) 6Mg. Org (T) Área Total; (T8) 112 P₂O₅ + 1,5 Mg. Org (T); (T9) 75 P₂O₅ + 3 Mg. Org (T); (T10) 37 P₂O₅ + 4,5 Mg. Org (T); (T11) 150 P₂O₅ + 6 Mg. Org (T).

Teste: “F” para análise de variância, ^{ns}: não significativo, **: significativo a 1%. Letras iguais na coluna, não apresentam diferença significativa em comparação de médias dos tratamentos pelo teste Scott Knott à 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As combinações do superfosfato triplo ao fertilizante orgânico composto granulado, aumentaram positivamente as concentrações foliares de Ca, B, Fe e Mn, no milho primeira safra.

Os atributos químicos dos solos, foram incrementados pelas combinações de SFT ao FOC granulado, para os teores de P, com a redução do alumínio (m %).

As maiores produtividades foram obtidas, na dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ do SFT combinado a 6 Mg ha⁻¹ do FOC no milho primeira safra.

As concentrações foliares de N, P e Mn na soja, foram maiores por efeito dos tratamentos residuais de P no milho antecessor.

Os atributos químicos no solo no cultivo da soja, tiveram efeito residual da combinação do SFT e FOC independente da dose aplicada para o P, M.O e redução do alumínio (m %) no solo.

No milho segunda safra, os atributos do solo responderam positivamente aos teores de P e M.O, por efeito residual da mistura do SFT e FOC.

A produtividade de grãos de milho segunda safra, respondeu às combinações de SFT e FOC residuais independentemente do modo de aplicação.

O uso do fertilizante orgânico composto granulado, não deve ser recomentado isoladamente, quando se deseja altas produtividades de milho no primeiro cultivo após pastagem em condições de solo arenoso com baixo teor inicial de P no solo.

5. CONCLUSÕES

As maiores produtividades no sistema milho/soja/milho foram obtidas pelo efeito das adubações, nas doses de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 do SF, combinado a 6 Mg ha^{-1} do FOC aplicado na linha, ou em área total, que promoveu incremento na ordem de 50 % e 49 %, respectivamente, na produtividade kg ha^{-1} de grãos, em relação ao tratamento controle.

O SFT na dose de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 promoveu incrementos de 47 % nas produtividades de grãos, no sistema milho/soja/milho, assim como a adubação combinada na dose de 112 kg ha^{-1} de P_2O_5 do SFT + $1,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ do FOC aplicado em linha, ou em área total.

REFERÊNCIAS

- ABREU JÚNIOR, C. H.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J. C. Uso agrícola de resíduos orgânicos: propriedades químicas do solo e produção vegetal. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, A. P.; CARDOSO, E.J. **Tópicos em Ciência do Solo IV**. Viçosa: SBCS, 2005. p. 391-470.
- ALBUQUERQUE, P. E. P.; RESENDE, M. Irrigação: manejo de irrigação. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 3. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007.
- ALBUZIO A.; NARDI, S.; GULLI A. Plant growth regulator activity of small molecular size humic fractions. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 81, p. 671-674, 1989.
- ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. Os adubos e a eficiência das adubações - São Paulo, Anda, (Boletim Técnico n. 3), 3 ed. 35.p, 1998.
- ALTMANN, N. Adubação de sistemas integrados de produção em plantio direto: resultados práticos no Cerrado. **Informações Agronômicas**, Piracicaba n. 140, p. 1-8, 2012.
- ANDREOTTI, M.; ARALDI, M.; GUIMARÃES, M.; VANDEIR, F.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZETTI, S.: Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um latossolo em sistema de plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 109-115, 2008.
- BARBER, S. A. **Soil nutrient bioavailability**: a mechanistic approach. New York: Willey Interscience, 1984. 398 p.
- BARROW, N. J. The four laws of soil chemistry: the Leeper lecture 1998. **Australian Journal of Soil Science**, Oxford, v. 37, p. 787-829, 1999.
- BATAGLIA, O. C.; RAIJ, B van. Eficiência de extratores de micronutrientes na análise do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 205-212, 1989.
- BENITES, V. M.; POLIDORO, J. C.; RESENDE, A. V. Oportunidades para a inovação tecnológica no setor de fertilizantes no Brasil. **Boletim Informativo da SBCS**, Viçosa, v. 35, p.18-21, 2010.
- BORKERT, C. M.; YORINORI, J. T.; CORREA-FERREIRA, B. S.; ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; SFREDO, G. J. Seja o doutor da sua soja. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 66, p.1-16. 1994.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução normativa nº 25 de 28 de outubro de 2009**. Aprova as

normas sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, composto, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução normativa nº 27 de 23 de julho de 2006**. Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo (Alterada pela In. S.D.A. nº 7, de 12/04/2016, republicada em (02/05/2016) República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2016.

BROOKES, P. C.; POWLSON, D. S.; JENKINSON, D. S. Phosphorus in the microbial biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, Heidelberg, v. 16, n.2, p. 169-175, 1984.

BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L.T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p. 63-145.

BUSATO, J. G. **Química do húmus e fertilidade do solo após adição de adubos orgânicos**. 2008. 135 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2008.

BUZETTI, S.; MURAOKA, T.; SA, M. E.; ARF, O. Estabelecimento de nível crítico do zinco no solo para a cultura do milho utilizando-se de três extratores químicos. **Cultura Agronomica**, Ilha Solteira, v. 2, n. 1, p. 27-47, 1993.

CAIONE, G.; FERNANDES, F. M.; LANGE, A.: Efeito residual de fontes de fósforo nos atributos químicos do solo nutrição e produtividade de biomassa da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira Ciência Agrária**, Recife, v.8, n. 2, p. 189-196, 2013.

CAIONE, G.; TEIXEIRA, M. T. R.; LANGE, A.; SILVA, A. F.; FERNANDES, F. M. Modos de aplicação e doses de fósforo em cana-de-açúcar forrageira cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Cáceres, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2011.

CAMARGO, C. E. O.; PEREIRA-FILHO, A. W. P.; ROCHA-JÚNIOR, L. S. Melhoramento do trigo: Estimativas de variância, herdabilidade e correlações em populações híbridas para produção de grãos, tolerância a toxicidade ao alumínio e altura das plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 51, n. 1, p. 21-30, 1992.

CAMARGO, M. S.; BARBOSA, D. S.; RESENDE, R. H.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Fósforo em solos de cerrado submetidos a calagem. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 2, p. 187-194, 2010.

CASTOLDI, G.; COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; PIVETTA, L. A.; STEINER, F. Sistema de cultivos e usos diferentes adubos na produção de silagem e grãos de milho. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 139-146, 2011.

- COELHO, A. M.; ALVES, V. M. C. Adubação fosfatada na cultura do milho. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Potafos/Anda, 2003. p. 31.
- COSTA, A. M.; BORGES, E. N.; SILVA, A. N. GUIMARÃES, E. C.; Potencial de recuperação física de um Latossolo Vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. **Ciência Agronômica**, Lavras, v. 33, p. 1991-1998, 2009.
- CRUSCIOL, C. A. C.; MAUAD, M.; ALVAREZ, R. C. F. A.; LIMA, E. V. TIRITAN, C. S. Doses de fósforo e crescimento radicular de cultivares de arroz de terras altas. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n.4, p. 643-649, 2005.
- DEITH, L. G.; ANDERSON, S. A.; HOFFMANN, B.W.: et al. Soil and fertilizer sources of plant nutrients. **Management of Soils, Wisconsin A3588**, Fifth Edition, chapter 9, 2005, 87 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013, 353 p.
- ERICH, M. S.; FITZGERALD, C. B.; PORTER, G. A. The effect of organic amendments on phosphorus chemistry in a potato cropping system. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 88, n.1, p. 79-88, 2002. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S01678809\(01\)00147](http://dx.doi.org/10.1016/S01678809(01)00147)>. Acesso em: 27 dez. 2017.
- ERNANI, P. R.; FIGUEIREDO, O. R. A.; BECEGATO, V.; ALMEIDA, J. A. Decréscimo da retenção de fósforo no solo pelo aumento do pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 159-162, 1996.
- ERNANI, P. R.; GIANELLO, C. Diminuição do alumínio trocável do solo pela incorporação de esterço de bovinos e camas de aviário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 161-165, 1983.
- ERNANI, P. R.; NASCIMENTO, J. A. L.; OLIVEIRA, L. C. Increase of grain and green matter of corn by liming. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 275-280, 1998.
- ERNANI, P. R.; STECKLING, C.; BAYER, C. Características químicas de solo e rendimento de massa seca de milho em função do método de aplicação de fosfatos, em dois níveis de acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 939-946, 2001.
- FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 10 p. (Circular Técnica 48)
- FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. 432 p.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FIGUEIREDO, O. A. R. **Reações de superfosfato triplo e de cama de galinha poedeira com um solo Latossolo Bruno**. 1985. 85 f. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1985.

GALVÃO, J. C. C. **Características físicas e químicas do solo e produção de milho exclusivo e consorciado com feijão, em função de adubações orgânica e mineral contínuas**. 1995. 194 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.

GATIBONI, L. C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo e plantas**. 2003, 231 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

GOMES, F. T.; BORGES, A. C.; NEVES, J. C. L.; FONTES, P. C. R. Nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de alfafa em resposta a doses de calcário, com diferentes relações cálcio: magnésio. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 925-930, 2002.

HANSEL, F. D. **Fertilizantes fosfatados aplicados a lanço e em linha na cultura da soja sob semeadura direta**. 2013. 74 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

HAYNES, R. J.; MOKOLOBATE, M. S. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and mechanisms involved. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 59, n. 1, p. 47-63, 2001.

HUE, N. V.; IKAWA, H.; SILVA, J. A. Increasing plant available phosphorus in a ultisol with yard waste compost. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 25, n. 19/20, p. 3292-3303, 1994. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00103629409369265>>. Acesso em: 11 jul. 2011.

HUE, N.V. Effects of organic acids/anions on P sorption and phytoavailability in soils with different mineralogies. **Soil Science**, Baltimore, v. 15, n. 6, p. 463-471, 1991.

HUNGRIA, M.; CAMPOS, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48 p. (Circular Técnica: Embrapa Soja, 13).

JAMAMI, N.; BÜLL, L. T.; CORRÊA, J. C.; RODRIGUES, J. D.; Resposta da cultura do milho (*Zea mays* L.) à aplicação de boro e de zinco no solo. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringa, v. 28, n. 1, p. 99-105, 2006.

JONES, C.; JACOBSEN, J. Plant nutrition and soil fertility. In: **Nutrient Management Module**, Nutrient Management a self-study course from MSU Extension Continuing Education Series. Montana.edu State University. n. 2, dec. 2001. P.4449-2 <http://landresources.montana.edu/nm/documents/NM2.pdf>

KIEHL, E. J. **Fertilizantes organominerais**. 2. ed. Piracicaba: Degaspari, 2008. 160 p.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. 4. ed. Piracicaba: E. J. KIEL. 2004. 173 p.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: E.J. Kiehl, 1998. 171 p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. 492 p.

KIEHL, E. J. Nitrogênio: dinâmica e disponibilidade no solo. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM FERTILIDADE DO SOLO, 1987, Ilha Solteira. **Curso...** Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 139-154.

KIEHL, E. J. **Novo fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Degaspari, 2010. 248 p.

LACERDA, J. J. J.; RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; HICKMANN C.; CONCEIÇÃO, O. P.; Adubação, produtividade e rentabilidade da rotação entre soja e milho em solo com fertilidade construída. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 50, n. 9, p. 769-778, 2015.

LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região centro oeste. In: OLIVEIRA, J.; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W. J. (Ed.). **Adubação fosfatada no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa-DID, 1982. p. 201-239.

LOPES, A. S.; SILVA, C. A. P.; BASTOS, A. R. R. Reservas de fosfatos e produção de fertilizantes fosfatados no Brasil e no mundo. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 13-34

LOPES, S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1998. 177 p.

LUCENA, L. F. C.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I. F.; ANDRADE, A. P. Resposta do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e ósforo aplicados ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 334-337, 2000.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 1980. 215 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**: adubos e adubação. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1981. 595 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MEDA, A. R.; CASSIOLATO, M. E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Plant extracts to improve acid soil chemistry. In: CONGRESO LATINO AMERICANO DE

LA CIENCIA DEL SUELO, 14, 1999, Temuco. **Resumos...** Temuco: SLACS, 1999. p. 360.

MIYAZAWA, M. et al. Alterações químicas do perfil do solo pela calagem na superfície. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD-ROM.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFA, 2002. 626 p.

MOSCHEN, J.; SILVA, T. R. B. Adubações orgânica, mineral e integrada na produtividade da cultura do milho. **Cultivando o Saber**, Cascavel. v. 3, n. 3, p. 141-148, 2010.

MUSCOLO, A.; CUTRUPI, S.; NARDI, S. IAA detection in humic substances. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 30, p. 1199-1201, 1998.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-537.

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

OFFIAH, O. O.; AXLEY, J. H. Soil testing for boron on acid soils. In: GUPTA, U. C. (Ed.). **Boron and its role in crop production**. Boca Raton: CRC, 1993. p. 105-23.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. CASTRO, C.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA, F. A. Soja. In. PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). **Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2010. V. 3, p.1-38.

OLIVEIRA, F. C. **Disposição de “resíduo orgânico” e composto de lixo urbano num Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar**. 2000. 247 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

OURIVES, O. E. A.; SOUZA, G. M.; TIRITAN, C. S.; SANTOS, D. H. Fertilizante orgânico como fonte de fósforo no cultivo inicial de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, p. 126-132, 2010.

PEREIRA, J. C. R. **Composto orgânico e nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar**. Ilha Solteira, 2011 65 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2011.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; ROQUE, C. G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo em adubação de manutenção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 83-90, 2001.

QUEIRÓZ, F. F.; NEUMAIER, N.; TORRES, E.; TERASAWA, F.; PALHANO, J. B.; PEREIRA, L. A. G.; BIANCHETTI, A.; YAMASHITA, J. **Recomendações técnicas para a colheita mecânica**. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, 1981. p. 701 - 710.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. 287 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**, 2 ed. rev. ampl. Campinas: Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. van. Fósforo no solo e interação com outros elementos. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 106- 114.

RAJAN, S. S. S.; WATKINSON, J. H.; SINCLAIR, A. G. Phosphate rocks for direct application to soils. **Advances in Agronomy**, New York, v. 57, p. 77-159, 1996.

RESENDE, A. V.; FURTINI, N. A.; ALVES, V. M. C.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; LAGO, F. J. Resposta do milho a fontes e modos de aplicação de fósforo durante três cultivos sucessivos em solo da região do Cerrado. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 458-466, 2006.

RAGHOTHAMA, K. G. Phosphate acquisition. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Stanford, v. 50, p. 665-693, 1999.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I.; CONTE, E. Fósforo da biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 589-597, 2000.

RHEINHEIMER, D. S. D.; GOTIBONI, C. L.; KAMINSK, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 576-587, 2008.

SANCHEZ-CHACÓN, C. D.; FEDERIZZI, L. C.; MILACH, S. C. K.; PACHECO, M. T. Variabilidade genética e herança da tolerância à toxicidade do alumínio em aveia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 9, p. 1797-1808, 2002.

SANTOS, D. H. **Adubação fosfatada no plantio da cana-de-açúcar a partir de torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel**. 2009. 36 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2009.

- SANTOS, D. H.; SILVA, M. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 443-449, 2011.
- SILVA, A. A.; SILVA, T. S.; VASCONCELOS, A. C. P.; LANA R. M. Q. Influência da aplicação de diferentes fontes de MAP revestido com polímeros de liberação gradual na cultura do milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 240-250, 2012.
- SOUZA, D. M. G.; VOLKWEISS, S. J.; CASTRO, L. H. R. **Efeito residual do superfostato triplo em função da granulação e dose e do sistema de preparo do solo**. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 1987, 5 p.
- SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. et al. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.
- SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. p. 147-168.
- SOUZA, D. M. G. **Reações de grânulos de super fosfato triplo em solos e seus efeitos imediatos e residuais sobre as culturas**. 1890. 90 f. Dissertação (Mestrado Agronomia em Solos) Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1980.
- SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; LOBATO, E. **Interpretação de análise de terra e recomendação de adubos fosfatados para as culturas anuais nos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 7 p. (EMBRAPA-CPAC - Comunicado Técnico, 51)
- SOUZA, R. F.; FAQUIN, V.; SOBRINHO, R. R. L.; OLIVEIRA, E. A. B. Influência de esterco bovino e calcário sobre o efeito residual da adubação fosfatada para a *Brachiaria brizantha* cultivada após feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 143-150, 2010.
- TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; DIAS, O.S.; CAMPIDELLI, C.; BULISANI, E.A. Cultivo de soja após incorporação de adubo verde e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 11: p. 1477-1483, 1992.
- TATE, K. R.; SPEIR, T. W.; ROSS, D. J.; PARTITT, R. L.; WHALE, K. N. ; COWLING, J. C. Temporal variations in some plants and soil P pools in two pasture soils of widely different P fertility status. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 132, p. 219-232, 1991.
- TRINDADE, A. V.; AGUILAR-VILDOSO, C. I.; MUCHOVEJ, R. M. C.; COSTA, L. M. Interação de composto de lixo urbano e fungos micorrízicos na nutrição e crescimento do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 20, n. 2, p. 199-208, 1996.

VALADÃO, F. C. A.; WEBER, O. L. S.; VALADÃO JUNIOR, D.D.; SCAPINELLI, A. E DEINA, F. R.; BIANCHINI, A. Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 243-255, 2015.

VALDERRAMA M.; BUZETTI. S.; BENETT C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, p. 254-263, 2011.

VITTI, G. C.; TREVISAN, W. Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade de soja. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, 2000. p. 16. (Encarte Técnico, 90).

WENDLING, A.; ELTZ, F. L. F.; CUBELLA, M. M.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZWK, J. Recomendações de adubações potássicas para o trigo, milho e soja sob sistema de plantio direto no Paraguai. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1929-1939, 2008.

WIETHOLTER, S.; SIQUEIRA, O. J. F.; PERUZZO, G.; BEN, J. R. Efeito de fertilizantes minerais e organominerais nos rendimentos de culturas e em fatores de fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, p. 713-724, 1994.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. Simpósio destaca a essencialidade do fósforo na agricultura Brasileira. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 102, p. 1-9, 2003.

ZUIM, C. E. **Efeito de adubação orgânica e mineral e culturas de entressafra na cultura da soja (*Glycine max* (L) Merrill) no sistema plantio direto**. 2007. 47 f. Ilha Solteira. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.