

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**SUBSTITUIÇÃO DE FOSFATO SOLÚVEL POR REATIVO EM SOJA
CULTIVADA EM SEMEADURA DIRETA EM FUNÇÃO DE NÍVEIS
DE FÓSFORO E MODO DE APLICAÇÃO**

JOSÉ ANTONIO DE FÁTIMA ESTEVES

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração em Agricultura.

BOTUCATU – SP

Julho - 2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**SUBSTITUIÇÃO DE FOSFATO SOLÚVEL POR REATIVO EM SOJA
CULTIVADA EM SEMEADURA DIRETA EM FUNÇÃO DE NÍVEIS
DE FÓSFORO E MODO DE APLICAÇÃO**

JOSÉ ANTONIO DE FÁTIMA ESTEVES

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof.^o Dr. Ciro Antonio Rosolem

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração em Agricultura.

BOTUCATU – SP

julho - 2004

Aos meus pais

Antonio Manoel Esteves (in memorian)

Maria da Conceição Tavares Esteves

Pelo amor e lições de vida

À minha irmã e cunhado

Rita de Cássia e Alexandre Cardoso

Pelo incentivo e amizade

As minhas sobrinhas

Thaís, Karla e Karina,

Pelo amor e renovação de vida

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, sempre presente e inspiração na vida e no trabalho, protegendo e iluminando o meu caminho.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP – Botucatu/SP pelas condições oferecidas e a possibilidade da realização do curso.

Ao Prof. Dr. Ciro Antonio Rosolem pela amizade e orientação na realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de Bolsa de Estudo.

Aos docentes e funcionários do Departamento de Produção Vegetal – Área de Agricultura e Melhoramento Vegetal pela amizade, profissionalismo e dedicação em todas as etapas do trabalho de pesquisa.

Aos docentes e funcionários do Departamento de Recursos Naturais da FCA – UNESP pela disposição e contribuição para o trabalho de pesquisa.

A todos os funcionários da Biblioteca "Professor Paulo de Carvalho Mattos" da FCA – UNESP pelo interesse e colaboração nos trabalhos de revisão bibliográfica.

A todos os colegas de curso pelo companheirismo, colaboração e ensinamentos no decorrer do curso.

A minha família pelo apoio e incentivo.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a execução da Tese.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	XII
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY.....	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	7
4.1 Fósforo na planta e no solo.....	7
4.2 Fontes de fósforo.....	10
4.3 Fósforo na cultura da soja.....	13
4.4 Adubação fosfatada em semeadura direta.....	14
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
5.1 Localização e características climáticas da área experimental.....	18
5.2 Características do solo e histórico da área experimental.....	20
5.3 Características dos insumos aplicados nos tratamentos.....	21
5.4 Delineamento experimental.....	22
5.5 Condução do experimento.....	23
5.5.1 Cultivo do triticale e do milho (2001/2002).....	23
5.5.2 Cultivo da soja (2001/2002).....	24
5.5.3 Cultivo da aveia preta e do milho (2002/2003).....	24
5.5.4 Cultivo da soja (2002/2003).....	25
5.6 Coletas e avaliações realizadas.....	26
5.6.1 Cultivo do triticale e do milho (2001/2002).....	26
5.6.2 Cultivo da soja (2001/2002).....	27
5.6.3 Cultivo da soja (2002/2003).....	28
5.7 Análise Estatística.....	28

	Página
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
6.1 Análise química de solo no cultivo do triticales e do miheto.....	29
6.2 Análise química de solo no primeiro cultivo da soja.....	37
6.3 Análise química de solo no segundo cultivo da soja.....	49
6.4 Análise química e produção vegetal no cultivo do triticales e do milho.....	80
6.5 Análise química e produção vegetal no primeiro cultivo da soja.....	84
6.6 Análise química e produção vegetal no segundo cultivo da soja.....	95
7 CONCLUSÕES.....	107
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108

LISTA DE QUADROS	Página
1 Características químicas e granulométricas do solo da área experimental realizada antes da instalação do experimento.....	20
2 Características químicas e constituição física dos insumos utilizados nos tratamentos.....	21
3 Quantidades de insumos utilizados nos tratamentos.....	22
4 Resultados da análise química de solo, na profundidade de 0-5cm, referente à coleta realizada na colheita do triticale em função de P-triticale.....	30
5 Resultados da análise química de solo, na profundidade de 5-10cm, referente à coleta realizada na colheita do triticale em função de P-triticale.....	30
6 Resultados da análise química de solo, na profundidade de 10-20cm, referente à coleta realizada na colheita do triticale em função de P-triticale.....	31
7 Resultados da análise química de solo, na profundidade de 20-40cm, referente à coleta realizada na colheita do triticale em função de P-triticale.....	31
8 Resultados da análise química de solo, na profundidade de 0-5cm, referente à coleta realizada antes da dessecação do milho em função de P-triticale.....	35
9 Resultados da análise química de solo, na profundidade de 5-10cm, referente à coleta realizada antes da dessecação do milho em função de P-triticale.....	35
10 Resultados da análise química de solo, na profundidade de 10-20cm, referente à coleta realizada antes da dessecação do milho em função de P-triticale.....	36
11 Resultados da análise química de solo, na profundidade de 20-40cm, referente à coleta realizada antes da dessecação do milho em função de P-triticale.....	36
12 Resultados da análise química de solo, no primeiro cultivo da soja, para teor de P, em quatro profundidades, referente à coleta realizada 30 DAS da soja, em função de P-Triticale e P-Soja.....	39
13 Resultados da análise química de solo, no primeiro cultivo da soja, para teor de P, em quatro profundidades, referente à coleta realizada 60 DAS da soja, em função de P-Triticale e P-Soja.....	40

14 Resultados da análise química de solo, no primeiro cultivo da soja, para teor de P, em quatro profundidades, referente à coleta realizada 90 DAS da soja, em função de P-Triticale e P-Soja.....	41
15 Resultados da análise química de solo para a profundidade de 0-5cm, no primeiro cultivo da soja, referente à coleta realizada na colheita da soja em função de P-triticale e P-Soja.....	43
16 Resultados da análise química de solo para a profundidade de 5-10cm, no primeiro cultivo da soja, referente à coleta realizada na colheita da soja em função de P-triticale e P-Soja.....	44
17 Resultados da análise química de solo para a profundidade de 10-20cm, no primeiro cultivo da soja, referente à coleta realizada na colheita da soja em função de P-triticale e P-Soja.....	45
18 Resultados da análise química de solo para a profundidade de 20-40cm, no primeiro cultivo da soja, referente à coleta realizada na colheita da soja em função de P-triticale e P-Soja.....	46
19 Resultados da análise química de solo para a profundidade de 0-5cm, no segundo cultivo da soja, referente à coleta realizada na semeadura da soja em função de P-triticale e P-Soja.....	50
20 Resultados da análise química de solo para a profundidade de 5-10cm, no segundo cultivo da soja, referente à coleta realizada na semeadura da soja em função de P-triticale e P-Soja.....	51
21 Resultados da análise química de solo para a profundidade de 10-20cm, no segundo cultivo da soja, referente à coleta realizada na semeadura da soja em função de P-triticale e P-Soja.....	52
22 Resultados da análise química de solo para a profundidade de 20-40cm, no segundo cultivo da soja, referente à coleta realizada na semeadura da soja em função de P-triticale e P-Soja.....	53
19.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de M. O., na camada de 0-5 cm de profundidade, da coleta de solo realizada na semeadura da soja.....	54

20.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de M. O., na camada de 5-10 cm de profundidade, da coleta de solo realizada na semeadura da soja.....	57
21.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de M. O., na camada de 10-20 cm de profundidade, da coleta de solo realizada na semeadura da soja.....	59
21.2 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de P, na camada de 10-20cm de profundidade, da coleta de solo realizada na semeadura da soja.....	60
21.3 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de Ca, na camada de 10-20cm de profundidade, da coleta de solo realizada na semeadura da soja.....	61
22.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de M.O., na camada de 20-40cm de profundidade, da coleta de solo realizada na semeadura da soja.....	63
22.2 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de Ca, na camada de 20-40cm de profundidade, da coleta de solo realizada na semeadura da soja.....	65
23 Resultados da análise química de solo para a profundidade de 0-5cm, no segundo cultivo da soja, referente à coleta realizada na colheita da soja em função de P-triticale e P-soja.....	67
24 Resultados da análise química de solo para a profundidade de 5-10cm, no segundo cultivo da soja, referente à coleta realizada na colheita da soja em função de P-triticale e P-soja.....	68
25 Resultados da análise química de solo para a profundidade de 10-20cm, no segundo cultivo da soja, referente à coleta realizada na colheita da soja em função de P-triticale e P-soja.....	69
26 Resultados da análise química de solo para a profundidade de 20-40cm, no segundo cultivo da soja, referente à coleta realizada na colheita da soja em função de P-triticale e P-Soja.....	70

23.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de M.O., na camada de 0-5cm de profundidade, da coleta de solo realizada na colheita da soja.....	71
24.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de M.O., na camada de 5-10cm de profundidade, da coleta de solo realizada na colheita da soja.....	73
24.2 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de K, na camada de 5-10cm de profundidade, da coleta de solo realizada na colheita da soja.....	74
25.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de SB, na camada de 10-20cm de profundidade, da coleta de solo realizada na colheita da soja.....	77
26.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de M.O., na camada de 20-40cm de profundidade, da coleta de solo realizada na colheita da soja.....	78
27 Resultados de matéria seca, teor e quantidade de P nas plantas de triticale e na palha de cobertura, nas coletas realizadas na colheita do triticale em função de P-Triticale.....	81
28 Resultados de teor e quantidade de P nos grãos, densidade de plantas e produção de triticale das coletas realizadas na colheita do triticale em função de P-Triticale.....	82
29 Resultados de matéria seca, teor e quantidade de P nas plantas de milho e na palha de cobertura das coletas realizadas antes da dessecação do milho em função de P-Triticale.....	83
30 Resultados de matéria seca, teor e quantidade de P nas plantas de soja, das coletas realizadas aos 30, 60, 90 DAS e na colheita, no primeiro cultivo da soja em função de P-Triticale e P-Soja.....	86
31 Resultados de matéria seca, teor e quantidade de P na palha de cobertura, das coletas realizadas aos 30, 60, 90 DAS e na colheita da soja, no primeiro cultivo da soja em função de P-Triticale e P-Soja.....	87

31.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no primeiro cultivo da soja, referente ao teor de P na palha, da coleta realizada aos 60 DAS da soja.....	88
32 Resultados da diagnose foliar da soja, no primeiro cultivo de soja, em função de P-Triticale e P-Soja.....	89
32.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no primeiro cultivo da soja, referente a diagnose foliar para teor de Ca	90
32.2 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no primeiro cultivo da soja, referente a diagnose foliar para teor de Cu	91
32.3 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no primeiro cultivo da soja, referente a diagnose foliar para teor de Fe	92
33 Resultados de análise química para teor e quantidade de P nos grãos, população de plantas e produção de soja, no primeiro cultivo da soja, em função de P-Triticale e P-Soja.....	94
34 Resultados de componentes de produção da soja, no primeiro cultivo da soja em função de P-Triticale e P-Soja.....	95
35 Resultados de matéria seca, teor e quantidade de P nas plantas de soja, nas coletas realizadas aos 30, 60, 90 DAS e na colheita, no segundo cultivo da soja, em função de P-Triticale e P-Soja.....	97
36 Resultados de matéria seca, teor e quantidade de P na palha de cobertura nas coletas realizadas aos 30, 60, 90 DAS e na colheita de soja, em função de P-Triticale e P-Soja.....	98
37 Resultados da diagnose foliar da soja, no segundo cultivo de soja, em função de P-Triticale e P-Soja.....	103
37.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente à diagnose foliar para teor de Ca, em função de P-Triticale e P-soja.....	104
38 Resultados da análise química para teor e quantidade de P nos grãos, população de plantas e produção de soja, no segundo cultivo da soja, em função de P-Triticale e P-Soja.....	105

39 Resultados de componentes de produção da soja, no segundo cultivo da soja, em
função de P-Triticale e P-Soja..... 106

LISTA DE FIGURAS

Página

- 1 Médias das Temperaturas mensais (mínimas e máximas) em $^{\circ}\text{C}$ e da precipitação pluvial (mm), referente ao período de condução do experimento de 04/2001 à 05/2002 na Fazenda Experimental Lageado-Botucatu/SP..... 19

- 2 Médias das Temperaturas mensais (mínimas e máximas) em $^{\circ}\text{C}$ e da precipitação pluvial (mm), referente ao período de condução do experimento de 04/2002 à 05/2003 na Fazenda Experimental Lageado-Botucatu/SP..... 19

1 RESUMO

Estudou-se a substituição de fosfato solúvel por reativo em soja cultivada em semeadura direta. O experimento foi conduzido nos anos agrícolas de 2001/2002 e 2002/2003 em Latossolo Vermelho distroférico, textura média, em um delineamento experimental em blocos casualizados com parcelas subdivididas, com quatro repetições. No mês de abril de 2001, foram aplicados nas parcelas, a lanço, em superfície, três tratamentos: 1) sem aplicação de P_2O_5 ; 2) aplicação de 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 de superfosfato triplo e 3) aplicação de 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 de fosfato natural Arad. Em seguida, semeou-se o triticales (*X Triticosecale* Wittmack) que foi conduzido até a colheita.

Em setembro de 2001, após a colheita do triticales, semeou-se o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) com o objetivo de elevar a cobertura de palha do solo, sendo dessecado com herbicida no florescimento. No início de dezembro de 2001, após o dessecamento do milheto, foi instalada a cultura da soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) aplicando-se combinações de fontes de fosfato solúvel e natural no sulco de semeadura. Em maio de 2002, após a colheita da soja, foi semeada a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb), dessecada com herbicida no florescimento. No mês de agosto de 2002, foi semeado o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) sendo dessecado em dezembro de 2002, quando a soja

foi novamente semeada. No primeiro ano, foram avaliadas as culturas do triticale, milho e soja, enquanto que, no segundo, apenas a cultura da soja.

As avaliações no primeiro ano constaram de: análise química de solo; produção de matéria seca de plantas e palha de cobertura; teor e quantidade de fósforo nas plantas de triticale e palha de cobertura de triticale, milho e soja; teor e quantidade de fósforo nos grãos, densidade de plantas e produção de triticale e, teor e quantidade de fósforo nos grãos, diagnose foliar, componentes de produção, população de plantas e produção da soja. No segundo ano, as avaliações durante a cultura da soja foram de: análise química de solo, produção de matéria seca de plantas de soja e palha de cobertura, teor e quantidade de fósforo nas plantas, grãos e palha de cobertura, diagnose foliar, componentes de produção, população de plantas e produção.

A aplicação de fosfato solúvel em superfície proporciona melhor nutrição fosfatada do triticale cultivado em seguida, assim como maior produção de grãos. Este efeito manteve-se por pelo menos dois anos.

A adubação com fosfato solúvel ou reativo na cultura de inverno, em solo com teor médio de fósforo, mantiveram teor adequado de P por ocasião do cultivo da soja em sucessão.

A aplicação de fosfatos na cultura de inverno e de combinações de fontes na semeadura da soja, de forma geral, proporcionou maior produtividade de grãos de soja quanto maior foi a participação do fosfato solúvel na combinação.

SUBSTITUTION OF SOLUBLE BY NATURAL PHOSPHATE IN SOYBEAN GROWN IN NO TILLAGE SYSTEM. Botucatu, 2004. 119p. Tese (doutorado em Agronomia/Agricultura) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: JOSE ANTONIO DE FÁTIMA ESTEVES

Adviser: CIRO ANTONIO ROSOLEM

2 SUMMARY

The substitution of soluble by natural phosphate in soybean cropped under no tillage was studied. The experiment was carried out in no tillage system for two seasons (2001/2002 and 2002/2003) in a Red Latosol dystropherric, medium texture, in a split-plot design in complete randomized blocks, with four replications.

On April, 2001, phosphates were applied on the plots, broadcast on the soil surface, as follows: 1) without P_2O_5 ; 2) application of 80 kg ha^{-1} of P_2O_5 as triple superphosphate and 3) application of 80 kg ha^{-1} of P_2O_5 as Natural Phosphate Arad. Following it, triticale (*X Triticosecale Wittmack*) was planted and grown up to grain harvest. On September, 2001, after triticale harvest, pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) was grown to raise the amount of straw on soil surface. It was chemically desiccated at flowering. At the beginning of December, 2001, after millet desiccation, soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) was planted in the sub plots, using combinations of soluble and natural P sources, applied in the seed furrow.

On May, 2002, after soybean harvest, black oat (*Avena strigosa* Schreb) was planted, grown up to flowering and chemically desiccated. On August, 2002, pearl millet was planted again and desiccated on December, 2002, when soybean was planted again. In the first year, triticale, millet and soybean were evaluated and in the second year, only soybean was evaluated. The evaluations in the first year consisted of: soil fertility, dry matter and straw production, phosphorus contents in the plants and straw in triticale, pearl millet and soybean; phosphorus contents in the grains, plant density, yield in triticale; and phosphorus contents in the grains, leaf diagnosis, yield components, plant population, and yield in soybean. In the second year, evaluations were, in soybeans: soil fertility, dry matter

production and straw; phosphorus contents in the plants and straw; leaf diagnosis; yield components, plant population and yield.

The application of soluble phosphate over soil surface, led to a better triticale phosphate nutrition, as well as a higher grain yield. This effect was observed for at least 2 years.

The fertilization with soluble or reactive phosphate in the winter crop, in soil with medium phosphorus contents, maintains appropriate levels of P for soybeans grown afterwards.

Phosphate application to winter crops and combinations of sources of P at soybean planting generally provides for higher grain yields as the amount of soluble P increases in the combination.

Key words: soybean, no tillage, fertilization, phosphate.

3 INTRODUÇÃO

Para a soja, o fósforo é de grande importância, sendo responsável pela maioria das respostas quanto a produtividade da cultura. Quando da realização da adubação na cultura da soja, o fertilizante fosfatado é utilizado em maior quantidade, pois a maioria dos solos cultiváveis do país é normalmente deficiente em fósforo com o mesmo apresentando elevada capacidade de adsorção quando incorporado ao solo. Além disso, os fertilizantes correspondem, em média, a cerca de 25% dos custos totais da cultura, com a utilização principalmente dos superfosfatos nas adubações. Nesse contexto, a utilização de fontes alternativas de menor custo em relação aos fosfatos solúveis é de grande importância.

Entre as alternativas para a substituição do fosfato solúvel está a utilização de fosfatos naturais como fontes de fósforo, que apresentam normalmente custo menor, embora a maioria deles apresente baixa reatividade nos solos. Porém, dentre as fontes naturais de fósforo, os fosfatos de origem sedimentar, como o fosfato de Arad, pertencente à classe dos fosfatos naturais reativos, poderia ser utilizado como fonte alternativa ao fosfato solúvel. Os fosfatos naturais reativos, devido ao alto grau de substituições isomórficas do

fosfato por carbonato na apatita, forma cristais imperfeitos e porosos, de baixa energia entrópica podendo ser hidrolisado no solo.

Portanto, a utilização de fosfato natural reativo em substituição ao fosfato solúvel, em proporções combinadas, ou não, proporcionaria boa eficiência agronômica pela efetiva disponibilidade do fósforo no solo para suprimento das plantas.

No presente trabalho estudou-se a viabilidade da substituição do fosfato solúvel por reativo, na adubação fosfatada da soja, cultivada em semeadura direta, utilizando-se proporções combinadas ou não dessas fontes.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Fósforo na planta e no solo

O fósforo é essencial para a transferência de energia na célula viva por meio da ponte de ATP (trifosfato de adenosina), sendo importante para a formação e translocação de carboidratos, ácidos graxos, glicerídeos e produtos intermediários essenciais. O fósforo entra ainda na composição de núcleo-proteínas, que são componentes do núcleo celular, bem como na dos fosfatídeos, que ocorrem na semente de soja (Verneti, 1983).

De acordo com Sfredo (1990), o fósforo é absorvido pela planta na forma iônica, sendo rapidamente incorporado aos compostos orgânicos, pois 80% do P é encontrado como fosfohexases e difosfato de uridina logo após a absorção, a qual é fortemente influenciada pela concentração de Mg^{2+} no meio, exercendo efeito sinérgico. Uma vez absorvido, o fósforo exerce seu papel na fisiologia da planta fornecendo energia para as reações biossintéticas e para o metabolismo vegetal. Segundo Mooy et al. (1973), a absorção do fósforo pela planta é constante e a taxa de acumulação média diária geralmente não ultrapassa $0,4 \text{ kg ha}^{-1}$.

O mecanismo de difusão é o principal responsável pelo contato entre o fosfato e as raízes no solo. A absorção vegetal cria uma zona de exaustão em volta da raiz, e os íons se difundem por gradiente de potencial químico até a superfície radicular (Barber, 1984).

De acordo com Tate (1984), a competição por pequenas quantidades de fósforo é mais intensa na rizosfera, onde exudados de raízes correspondem de 1 a 2% dos fotoassimilados produzidos pela planta.

Segundo Rajj (1991), as formas predominantes de fósforo no solo são principalmente os íons H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} , encontrando-se adsorvido aos compostos de Fe, Al e Ca, dependendo do valor pH do solo, podendo também se encontrar adsorvido à matéria orgânica sendo o teor de fósforo total dos solos, de modo geral, de 200 a 3000 mg kg^{-1} , onde menos de 0,1% desse total encontra-se em solução. Em solos agrícolas, os valores de fósforo em solução estão, com frequência, entre 0,2 e 2 mg L^{-1} de P (Fardeau, 1996).

O fósforo fracamente adsorvido é chamado de P-lábil e está em equilíbrio com o fósforo da solução. Isso possibilita a recuperação dos níveis do fósforo da solução do solo quando o mesmo é absorvido pelas plantas. A soma dessas duas frações é chamada de P-disponível (Nahas, 1991). Os solos de regiões tropicais, particularmente aqueles mais intemperizados, apresentam baixos teores de P-disponível para as plantas e exigem adequada correção da deficiência de fósforo para entrarem no processo de produção agrícola. Segundo Bartz (1998), a distribuição do fósforo no solo engloba desde a sua participação na rede cristalina de alguns minerais até formas orgânicas estáveis sendo constituída de uma fração inorgânica e outra orgânica.

De acordo com Brady (1989), os compostos orgânicos de fósforo encontrados nos vegetais e nos solos podem ser divididos em três grupos: fitina e seus derivados, ácidos nucleicos e fosfolípidios, podendo ainda haver no solo outros compostos orgânicos de fósforo não conhecidos. Esse mesmo autor observa ainda que a assimilação do P inorgânico pela planta é, em grande parte, determinada pelos seguintes fatores: pH do solo, Fe, Mn e Al solúveis; presença de metais que contem Fe, Al e Mn; Ca e seus minerais assimilados; decomposição da matéria orgânica e seu conteúdo e atividades dos microorganismos do solo.

De acordo com Sá (1995), o fósforo tem baixa mobilidade e elevada capacidade de formação de compostos de baixa solubilidade com o alumínio, o ferro e o

cálcio. Entretanto, no caso de semeadura direta, o não revolvimento do solo propicia menor superfície de contato entre o íon fosfato e os colóides do solo, resultando em maior disponibilidade de P para as plantas.

Segundo Novais (1999), em virtude do caráter-dreno de fósforo nos solos, principalmente para aqueles com maior capacidade-tampão de fósforo, ser muito superior ao caráter-fonte, o solo competirá com vantagem em relação à planta pelo fósforo aplicado ao solo como fertilizante. Oliveira et al. (2000) observa que as culturas normalmente necessitam de pequenas quantidades de fósforo, porém, as quantidades aplicadas ao solo como fertilizantes são elevadas. Isso ocorre porque grande parte do fósforo aplicado é adsorvida ao solo, tornando-se menos disponível às plantas. Por outro lado, vários fatores podem afetar o efeito residual da adubação fosfatada, destacando-se a capacidade de adsorção de fósforo no solo, o pH, o tempo decorrido após a adubação, a quantidade adicionada, a granulação do adubo e o revolvimento ou não do solo (Lemos et al., 1987).

A intensidade da adsorção do fósforo depende da quantidade de constituintes com capacidade de sorver moléculas neutras ou carregadas eletricamente. Nos solos de regiões tropicais e subtropicais, os óxidos de Fe mal cristalizados, a quantidade de Al substituindo o Fe, em menores quantidades, os óxidos bem cristalizados e a caulinita são os principais responsáveis por esse fenômeno (Fontes & Weed, 1996).

A maioria dos solos brasileiros é deficiente em fósforo, razão pela qual se obtêm geralmente grandes acréscimos de produção com a aplicação de adubos fosfatados (Santos et al., 1978). Sendo o teor de fósforo solúvel muito baixo, há necessidade de aplicação de adubos fosfatados em quantidades muito superiores às necessidades das plantas, em decorrência da alta capacidade de sua adsorção por componentes do solo (Nahas, 1991).

Quando um fertilizante fosfatado de qualquer origem é adicionado ao solo ocorre uma seqüência de eventos físico-químicos que transformam esse fosfato em substâncias fosfatadas complexas, as quais passam a governar a disponibilidade desse nutriente no solo (Kaminski & Peruzzo, 1997). A aplicação de fosfato aumenta a capacidade de troca de cátions nos sistemas oxídicos, bem como o teor de matéria orgânica, pela manutenção de grande crescimento vegetal (Lopes, 1977).

4.2 Fontes de Fósforo

De acordo com Maças (2000), as fontes solúveis em água mais produzidas e utilizadas no Brasil são os superfosfatos (simples e triplo) e os fosfatos de amônio (MAP e DAP). Trata-se de produtos solúveis em água que, quando incorporados ao solo, possuem grande capacidade de liberação de fósforo para as plantas e, portanto, com ampla eficiência agrônômica como fertilizantes fosfatados. Segundo o mesmo autor, a obtenção destes fertilizantes é realizada a partir do jazimento de rochas fosfáticas, as quais, submetidas a processos de concentração de P_2O_5 , transformam-se em concentrados fosfáticos extremamente insolúveis, pois são obtidos a partir de fosfatos naturais de baixa reatividade.

A indústria de fertilizantes solúveis, através de processos de acidulação, utilizando ácidos sulfúrico ou fosfórico, convertem o fosfato tricálcico do concentrado fosfático em fosfato monocálcico (80 a 90% solúvel em água) e, em menor proporção, em fosfato bicálcico. Essas fontes apresentam como características, além do fósforo prontamente disponível no solo para a cultura, alta eficiência em curto prazo, porém, com maior custo por unidade de fósforo (Maças, 2000).

Outra fonte mineral que pode ser utilizada nas adubações fosfatadas são os fosfatos naturais. Os fosfatos naturais são concentrados apatíticos obtidos a partir de minerais fosfáticos ocorrentes em jazimentos localizados, os quais podem ou não passar por processos físicos de concentração, como lavagem ou flotação, para separá-los dos outros minerais com os quais estão misturados na jazida (Kaminski & Peruzzo, 1997).

A denominação fosfato natural ou rocha fosfática cobre uma ampla variação nesses tipos de minérios em composição, textura e origem geológica, mas apresentam pelo menos uma característica em comum, pois são constituídos por minerais do grupo das apatitas (Gremillion & McClellan, 1980; Kaminiski, 1983).

Gremillion & McClellan (1980) e Lehr (1980) classificaram os depósitos de rocha fosfática em três classes, de acordo com a composição mineral: fosfato de ferro-alumínio (Fe-Al-P), fosfato de cálcio-ferro-alumínio (Ca - Fe - Al - P) e fosfato de cálcio (Ca-P) numa seqüência natural de intemperização dos depósitos de rochas fosfáticas. No geral, as formas estáveis de fosfatos de ferro-alumínio representam o estágio mais avançado de intemperismo e o fosfato de cálcio representa a rocha matriz. Os fosfatos naturais reagem bem

nos solos ácidos e deficientes em fósforo (Goedert & Lobato, 1980) custando, em geral, de 1/3 a 1/5 do fosfato solúvel, por unidade de fósforo (EMBRAPA, 1983).

De acordo com Novais (1999), a incorporação de novas áreas à agricultura brasileira, a baixa disponibilidade de fósforo desses solos, a existência de grandes jazidas de fosfato natural em diversas regiões do país e as facilidades de importação de fosfatos naturais de maior reatividade, tem proporcionado maior utilização desses fosfatos “in natura”. Essa utilização tem como problema principal a baixa reatividade, particularmente dos fosfatos naturais brasileiros, e, como conseqüência, a baixa ou lenta liberação de fósforo para as plantas, na maioria dos casos, sendo utilizadas basicamente como fosfatagem corretiva incorporada ao solo.

De acordo com Rheinheiner et al. (2001), o termo fosfato natural engloba uma diversidade de minerais fosfatados de diferentes origens e composição química. Em anos recentes, a oferta de fosfatos naturais como fonte de fósforo para culturas anuais, a preços inferiores por tonelada apresentando relação de custo menor em comparação aos superfosfatos no mercado de fertilizantes no sul do Brasil, aumentou consideravelmente o seu consumo, especialmente do fosfato natural de Gafsa, oriundo da Tunísia, e do fosfato natural de Arad, originário de Israel (Kaminski & Peruzzo, 1997).

Os fosfatos naturais como os fosfatos de Gafsa e Arad são de origem sedimentar e pertencem à classe dos fosfatos reativos. A possibilidade de sua utilização diretamente na agricultura, principalmente do primeiro, tem sido estudada desde 1970, quando foi avaliada sua viabilidade de utilização (Goepfert et al., 1976; Goepfert & Moura, 1981; Macedo, 1985; Ruedell, 1995 citados por Kaminski & Peruzzo 1997).

Formados em ambientes sedimentares, os fosfatos naturais reativos apresentam elevado grau de substituições isomórficas, principalmente PO_4^{-3} por CO_3^{-2} , e de Ca^{2+} por Mg^{2+} e Na^+ (Gremillion & Mcclellan, 1980). Estas substituições isomórficas alteram a estrutura do cristal de apatita, reduzindo o comprimento do eixo-cristalográfico em relação à fluorapatita padrão, resultando em minerais com microestrutura porosa e elevada área superficial específica interna (Souza, et al 1999).

Kaminski & Peruzzo (1997) citam que, devido ao alto grau de substituições isomórficas do fosfato por carbonato na apatita, ocorre a formação de um cristal, imperfeito, poroso e com baixa energia entrópica, podendo ser hidrolisado no solo, o que

justifica a denominação de fosfatos naturais moles ou fosfatos naturais reativos. Segundo Maças (2000), além dos fatores de natureza física e química dos fosfatos naturais, alguns parâmetros do solo afetam a taxa de dissolução dessas fontes, principalmente pH e os teores de cálcio e fósforo do solo. Além dessas, outras propriedades do solo também afetam a solubilização como o teor e tipo de argila, poder tampão de H^+ , capacidade de troca catiônica, adsorção de cálcio e de fósforo, teor de matéria orgânica e a umidade.

De acordo com Souza et al. (1999), os fosfatos naturais reativos somente podem ser recomendados, em semeadura direta, para solos com alta disponibilidade de fósforo, situação em que o potencial produtivo não seria limitado, mesmo na ausência de fosfato, durante alguns anos.

Vários resultados de pesquisa comprovam que fosfatos naturais reativos, como os fosfatos de Arad e de Gafsa, entre outros, quando incorporados ao solo em doses equivalentes de P_2O_5 total, têm apresentado, notadamente a partir do segundo cultivo, eficiência agrônômica semelhante à do superfosfato simples, em termos de fornecimento de fósforo para culturas como o milho, trigo e soja (Peruzzo & Wietholter, 2000) e para a cultura do milho no sistema de semeadura direta (Gomes et al., 2000).

Peruzzo et al. (1997) obtiveram produção de grãos de soja com fosfatos naturais de Gafsa e Arad semelhantes à produção do superfosfato triplo no primeiro cultivo. Segundo Cordeiro (1979), em trabalho sobre efeito de níveis e fontes de fósforo aplicados na soja, o fosfato de Gafsa teve uma eficiência média de 95% em relação ao superfosfato triplo no residual.

Em trabalho de Ferreira & Kaminski (1979), que estudaram a eficiência agrônômica dos fosfatos naturais de Patos-de-Minas e Gafsa puros e modificados por acidulação e calcinação, foi demonstrado que o fosfato de Patos-de-Minas, granulado ou em pó, e o Gafsa, granulado e acidulado, não foram eficientes na liberação do fósforo para a soja, porém o Gafsa em pó foi equivalente ao superfosfato triplo.

Braga et al. (1991), em trabalho sobre a eficiência agrônômica de nove fosfatos em quatro cultivos consecutivos de soja, concluíram que os maiores efeitos nas produções de grãos foram propiciados, nas quatro colheitas, por superfosfato triplo, termofosfato magnésiano fundido e fosfato natural de Gafsa, enquanto os fosfatos de origem brasileira não afetaram as produções.

Wilson et al. (2000), em trabalho sobre avaliação do fosfato natural de Gafsa para recuperação de pastagem degradada, concluíram que, com a aplicação simultânea de adubação complementar, com incorporação por grade, o fosfato natural de Gafsa teve resultado semelhante ao superfosfato triplo sem incorporação, porém proporcionalmente a produção de matéria seca foi inferior à proporcionada pelo superfosfato triplo. Da mesma forma, Lamtmann (1998) citado por Peruzzo & Wietholter (2000), verificou produtividade de grãos de soja semelhante ao obtido com superfosfato triplo no primeiro cultivo num solo com teor médio de fósforo, utilizando fosfatos naturais reativos. Assim, essas fontes podem ser tão efetivas quanto aos superfosfatos, desde que elas sejam incorporadas ao solo e que a imediata utilização do fósforo adicionado não seja requerida.

4.3 Fósforo na cultura da soja

A soja é uma cultura anual exigente em todos os macronutrientes. Para que os nutrientes possam ser eficientemente aproveitados pela cultura devem estar presentes no solo em quantidades suficientes e em relações equilibradas (Sfredo et al., 1986). Segundo EMBRAPA (1996), a absorção de nutrientes por uma determinada espécie vegetal é influenciada por diversos fatores, entre eles as condições climáticas como chuvas e temperaturas, as diferenças genéticas entre os cultivares de uma mesma espécie, o teor de nutrientes no solo e dos diversos tratamentos culturais. De acordo com Pottker & Voss (2000), os sintomas de deficiência de P na soja não são bem definidos. O principal sintoma é o retardamento do crescimento da planta que são finas e têm folíolos pequenos. As folhas tornam-se verde-escuras ou verde-azuladas podendo enrolar-se para cima e parecer apontada, o florescimento e a maturação são retardados. O fósforo apresenta fácil mobilidade no interior da planta e, por isso, os sintomas de deficiência aparecem, em primeiro lugar, nas partes mais velhas da planta.

Considerando alguns trabalhos que apresentam as quantidades médias de nutrientes contidas em 1000 kg de restos culturais e 1000 kg de grãos de soja, a quantidade de P_2O_5 contida nos grãos de soja é de 10 kg e nos restos culturais de 5,4 kg (EMBRAPA, 1996).

O fósforo é de grande importância na cultura da soja, sendo responsável pela maioria das respostas significativas na produção. Vários trabalhos têm demonstrado resultados positivos com sua aplicação na cultura, nas mais diferentes formas (Ferreira & Kaminski, 1979; Smyth & Sanchez, 1982; Kliemann et al. 1997; Rosolem & Marcello, 1998).

Com relação à adubação fosfatada para a soja, a recomendação da quantidade de fósforo, principalmente em se tratando de adubação corretiva, é feita com base nos resultados da análise de solo. Duas proposições são apresentadas para a recomendação de adubação fosfatada corretiva: a correção do solo de uma só vez, com posterior manutenção do nível de fertilidade atingido e, a correção gradativa, através de aplicações anuais no sulco de semeadura (EMBRAPA, 1999).

Segundo Roessing et al. (1981), os insumos representam a maior parcela no custo de produção da soja e, dentre eles, o mais oneroso é o fertilizante que pode chegar a 40% do custo operacional, dependendo do sistema de produção utilizado. Conforme dados de EMBRAPA (1979) citado por Sfredo et al., (1981), os fertilizantes correspondem a 25% dos custos totais da cultura da soja sendo que esses percentuais se mantêm atualizados.

4.4 Adubação fosfatada em semeadura direta

A semeadura direta é um sistema de produção que envolve, normalmente, a diversificação de espécies pela rotação de culturas, cujo processo de semeadura ocorre com mínimo de movimentação de solo e sobre a resteva da cultura anterior normalmente dessecada com herbicida de ação total (Verneti Junior & Gomes, 2000).

A semeadura direta, ao ser enfocada como um complexo de tecnologias de processo, de produto e de serviço, tendo por fundamentos a rotação de culturas, a mobilização de solo exclusivamente na linha de semeadura e a manutenção dos resíduos culturais totalmente na superfície do solo, se apresenta como meio de sustentação do sistema de produção agrícola (Nuernberg, 1998).

Segundo Sá (1995), dentre os fatores físicos, químicos e biológicos alterados no ambiente do solo pelo sistema de semeadura direta, destaca-se a diminuição do escoamento superficial e erosão, teor e tipo de húmus, redução da temperatura, maior

retenção de umidade e incrementos na capacidade de retenção de água, na capacidade de troca catiônica, na reserva de nutrientes em compostos húmicos e na potencialização dos nutrientes imobilizados nos ciclos metabólicos vitais da microbiota e macrobiota do solo.

A dinâmica dos nutrientes no solo, em semeadura direta, está estreitamente relacionada aos efeitos químicos e físicos do material orgânico acumulado na superfície. Segundo Sá (1993), o acúmulo contínuo de resíduos das culturas, de adubos e de corretivos na superfície e o não revolvimento do solo, determinaria a formação de gradientes no sentido vertical e maior variabilidade no sentido horizontal do solo, principalmente para P e K. Segundo Souza (1992), esta variabilidade é caracterizada, também, pela correlação ou dependência espacial, resultante da manutenção das linhas de adubação.

De acordo com Nuernberg (1998), a rotação de culturas é uma das condições básicas para a continuidade do sistema de semeadura direta. Várias culturas são cultivadas sucessivamente com diferentes espaçamentos na mesma área. As linhas de adubação, quase sempre não coincidentes, permitem após alguns anos antever que o sistema apresentará uma variabilidade horizontal menor do que na fase de implantação. O autor observa ainda que, quando a adubação é feita a lanço, na superfície do solo, espera-se uma variabilidade semelhante à encontrada no sistema que apresenta revolvimento do solo. Entretanto, quando a adubação é feita em linhas, a variabilidade deve ser maior no sistema de semeadura direta, pois ocorre maior concentração de nutrientes nas linhas de adubação. A alta variabilidade de fósforo, maior no sistema de semeadura direta, mesmo na fase de estabelecimento, decorre do efeito da aplicação localizada dos adubos.

Segundo Salet et al. (1996), em trabalho onde foi realizada amostragem dirigida, sendo uma amostra na linha e quatro amostras nas entrelinhas da cultura anterior, no caso a soja, o índice de fósforo (Melhich I) na linha foi o triplo da entrelinha. A absorção deste nutriente pela soja e aveia preta não foi suficiente para diluir o efeito da localização do adubo. Pontos com elevados teores de fósforo podem ser relacionados às linhas de adubação da cultura em desenvolvimento na época da amostragem (trigo), como também da cultura anterior (milho), estes na parte central da secção (Nuernberg, 1998).

De acordo com Nuernberg (1998), o não revolvimento do solo e a sua permanente cobertura com plantas vivas e mortas promovem a estruturação do solo que, por sua vez, reduz acentuadamente a erosão, amenizando perdas de solo, água e nutrientes. As

conseqüências desse processo refletem-se diretamente na fertilidade do solo, potencializando a redução futura do uso de corretivos e fertilizantes.

De acordo com Kocann & Denardin (2000), o sistema de semeadura direta, por não mobilizar o solo, não fracionar nem desarranjar agregados no perfil do solo e proporcionar pouco estímulo à oxidação acelerada da matéria orgânica, contribui diretamente para sua agregação e melhoria da estrutura. Em função de alterações que ocorrem na camada mais superficial do solo, com o tempo de uso, os nutrientes como o fósforo, são mais bem aproveitados pelas plantas. O fósforo é o nutriente que forma o gradiente mais acentuado a partir da superfície do solo no sistema de semeadura direta. Segundo Haas (1999), os principais fatores que favorecem a disponibilidade de fósforo na semeadura direta são: não revolvimento do solo, preservação das micorrizas, melhor difusão e redução drástica da erosão.

Com relação ao efeito das culturas de verão cultivadas em semeadura direta, De Maria & Castro (1993) observaram maior teor de fósforo, nos últimos anos, nos tratamentos com soja (contínua e rotação). Esse resultado tem como causa a maior quantidade de P adicionado na adubação da soja e não um efeito dessa cultura na disponibilidade do nutriente. Nas culturas de inverno, todavia, embora tenham recebido a mesma adubação, a aveia preta apresentou valores mais elevados de fósforo no solo, no sétimo ano, em relação à crotalária, possivelmente devido à maior quantidade de massa e ao sistema radicular mais agressivo dessa gramínea.

Em trabalho de Esteves (2000), o cultivo de espécies com adubação fosfatada durante o inverno aumentou a disponibilidade de fósforo no solo, porém, a soja acumulou maior quantidade de fósforo e apresentou maior produção quando a adubação fosfatada não foi antecipada.

Os resíduos das culturas e das plantas de cobertura contém quantidades expressivas de fósforo em seus tecidos que, mediante sua mineralização, poderão atender boa parte da demanda das culturas (Buchanam & King, 1993; Wisniewski & Holtz, 1997; Borkert et al., 1999). Oliveira (2000), observou que, como no sistema de semeadura direta não há incorporação dos resíduos, o P inorgânico será liberado na superfície ou a poucos centímetros de profundidade, justamente numa região onde o solo apresenta menor capacidade de adsorção

e ainda ocorre aplicação superficial de fertilizantes fosfatados e aumento do teor de matéria orgânica do solo.

De acordo com Verneti Junior & Gomes (2000), o fósforo é nutriente de baixa mobilidade, principalmente em solos ácidos, com teores elevados de argila e de óxidos de Fe e Al, sendo retido pelo complexo coloidal do solo. A maior eficiência de uso de fósforo pelas culturas, no sistema de semeadura direta, deve-se, em parte, ao maior acúmulo de água nas camadas superficiais do solo, onde se encontram os nutrientes e, em parte, ao aumento de formas orgânicas de fósforo. A mineralização destas formas de fósforo permite uma disponibilidade contínua do elemento às plantas, evitando a fixação do mesmo por determinadas frações do solo. Além disso, a maior concentração de raízes e o maior contato raiz-solo, nas camadas superficiais, favorecem o fluxo desse elemento até as raízes pelo processo de difusão. Esses mesmos autores relatam que esse comportamento diferenciado do fósforo em relação à matéria orgânica possibilita a utilização de fontes alternativas de fosfatos.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização e características climáticas da área experimental

O experimento foi realizado nos anos agrícolas de 2001/2002 e 2002/2003, na Fazenda Experimental Lageado da FCA/UNESP, na cidade de Botucatu, Estado de São Paulo, localizada na latitude de 22°51'S e longitude de 48° 26'W Grw, com altitude de 786 m. O clima de Botucatu/SP, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwb, mesotérmico, com inverno seco.

Os dados climáticos locais quanto à média mensal das temperaturas mínimas e máximas e da precipitação pluvial durante a condução do experimento, foram fornecidas pelo Departamento de Recursos Naturais da FCA/UNESP e estão apresentadas nas figuras 1 e 2.

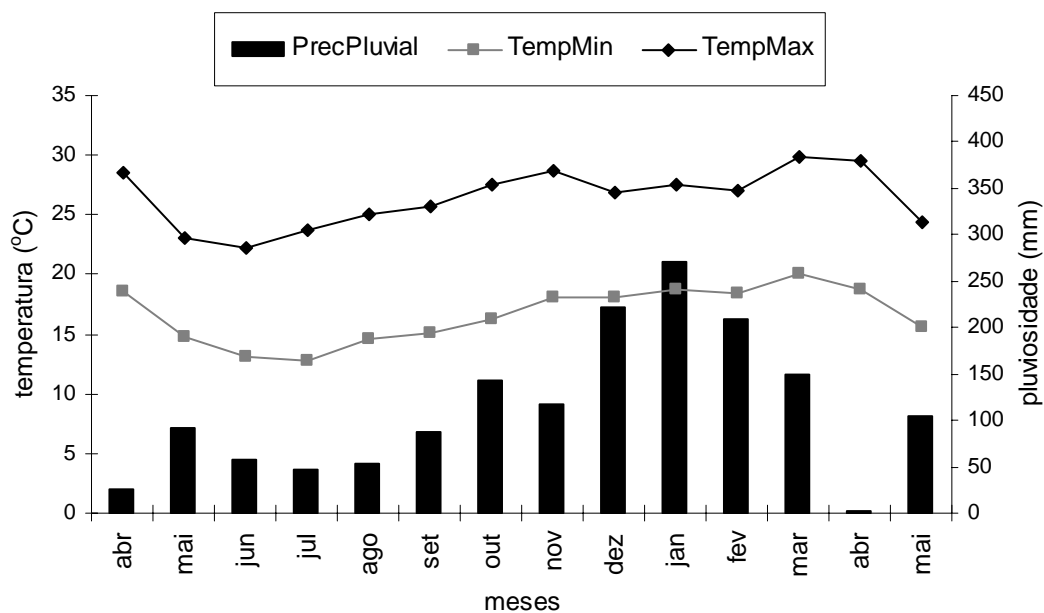


Figura 1. Médias das temperaturas mensais (mínimas e máximas) em °C e da precipitação pluvial mensal (mm), referente ao período de 04/2001 à 05/2002 na Fazenda Experimental Lageado, Botucatu-SP.

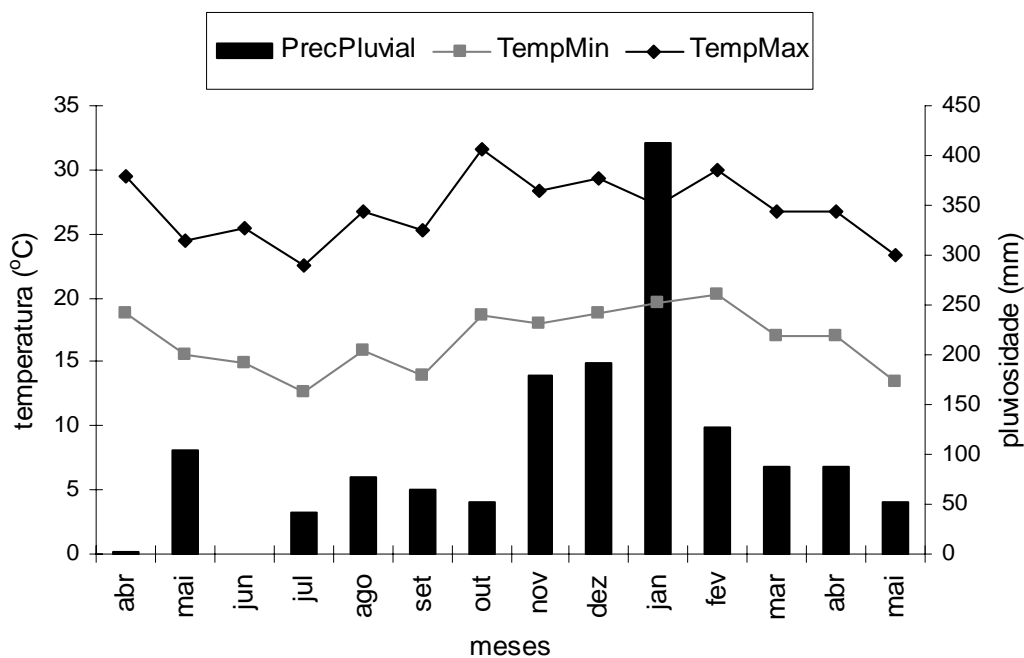


Figura 2. Médias das temperaturas mensais (mínimas e máximas) em °C e da precipitação pluvial mensal (mm), referente ao período de 04/2002 à 05/2003 na Fazenda Experimental Lageado, Botucatu-SP.

5.2 Caracterização do solo e histórico da área experimental

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico de textura média (Carvalho et al., 1983; EMBRAPA, 1999). A área utilizada antes da instalação do experimento de tese estava em pousio sendo posteriormente cultivada por dois anos agrícolas, 1999/2000 e 2000/2001, em semeadura direta, com soja (*Glycine max.* (L.) Merrill), rotacionada no inverno com aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) e na primavera com milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) cv. BN2.

O experimento de tese foi conduzido, em semeadura direta, por dois anos agrícolas, 2001/2002 e 2002/2003, com os tratamentos com fontes de fósforo sendo aplicados no primeiro ano de cultivo. As características químicas e granulométricas do solo da área experimental estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro1. Características químicas e granulométricas do solo da área experimental antes da instalação do experimento.

Características químicas										
Profundidade (cm)	pH (CaCl ₂)	MO (g dm ⁻³)	P _{resina} (mg dm ⁻³)	H + Al -----	K	Ca	Mg	SB	CTC	V (%)
						mmol _c dm ⁻³				
0-5	5,2	21	18	27	2,7	21	13	37	64	58
5-10	5,1	18	16	28	0,7	17	11	29	57	51
10-20	4,6	19	5	34	0,6	8	6	14	48	29
20-40	4,0	18	3	45	0,7	5	3	9	54	16

Características granulométricas				
Profundidade (cm)	Argila -----	Silte (g kg ⁻¹)	Areia -----	Textura
0-5	210	20	770	Média
5-10	220	10	770	Média
10-20	220	10	770	Média
20-40	250	20	730	Média

5.3 Características dos insumos aplicados nos tratamentos

As principais características químicas e constituição física dos insumos aplicados na área experimental, bem como a quantidade utilizada estão apresentadas nos Quadros 2 e 3, respectivamente.

Nas parcelas, além da aplicação das fontes fosfatadas, foram utilizados gesso agrícola, KCl e CaCl₂, visando o suprimento de K e S para as plantas de triticales (Raij et al., 1996) e o balanceamento do Ca entre os tratamentos. Nas subparcelas, além das fontes fosfatadas utilizadas nas combinações de fontes, foi aplicado o KCl e S elementar, visando o fornecimento de K para as plantas de soja (Raij et al., 1996) e o balanceamento do S entre os tratamentos.

Quadro 2. Características químicas e constituição física dos insumos utilizados nos tratamentos.

Produtos	Características				
	P Total (P ₂ O ₅) CNA + água	Ca	K ₂ O	S	Constituição física
(%)......				
Superfosfato triplo	41	13	-	1	Pó
Superfosfato simples	18	20	-	11	Farelado*
Fosfato natural Arad	6	37	-	1	Farelado
Gesso agrícola	-	20	-	16	Pó
Cloreto de cálcio	-	27	-	-	Pó
Cloreto de potássio	-		60		Pó
S elementar	-	-	-	95	Pó

* a constituição farelada do superfosfato simples foi obtida pela moagem do fertilizante na forma de grânulos, visando proporcionar uma mistura homogênea da fonte solúvel com o fosfato natural.

Quadro 3. Quantidade de insumos utilizados nos tratamentos.

Tratamentos	SF Triplo	SF Simples	FN Arad	KCl	CaCl ₂	S	Gesso Agrícola
.....(kg ha ⁻¹).....							
Parcelas							
Sem P ₂ O ₅	-	-	-	85	322	-	125
Fosfato Natural	-	-	243	85	-	-	110
Fosfato Solúvel	195	-	-	85	230	-	105
Subparcelas							
0FS/100FN	-	-	243	100	-	50	-
20FS/80FN	-	89	194	100	-	40	-
40FS/60FN	-	178	146	100	-	29	-
60FS/40FN	-	267	97	100	-	21	-
80FS/20FN	-	356	49	100	-	11	-
100FS/0FN	-	445	-	100	-	1	-

5.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados, em parcelas subdivididas, com 4 repetições. Os tratamentos no triticale foram aplicados em parcelas de 240 m² (30 m x 8 m) com uma área útil de 196 m² (28 m x 7 m) e separadas por 9 m. Posteriormente, em subparcelas, apresentando área total de 40 m² (8 m x 5 m) e área útil de 28m² (7 m x 4 m), foram aplicados os tratamentos na soja. No segundo ano foi cultivada no inverno a aveia preta e na primavera o milho rotacionados com a soja no verão.

Em abril de 2001, foi semeado o triticale, aplicando-se sobre este, três tratamentos: 1) sem aplicação de P₂O₅; 2) aplicação de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ de fosfato solúvel (superfosfato triplo) e 3) 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ de fosfato natural reativo (fosfato natural Arad). Os tratamentos foram executados nas parcelas, a lanço, em superfície, antes da semeadura do triticale. No mês de setembro de 2001, após a colheita do triticale, foi semeado o milho objetivando aumentar a cobertura vegetal do solo. O efeito dos tratamentos aplicados sobre o

triticale continuou a ser avaliado durante o cultivo do milho. No florescimento, o milho foi dessecado, com os resíduos permanecendo sobre o solo.

No início do mês de dezembro de 2001, após o dessecamento do milho, foi instalada a cultura da soja quando foram estabelecidas as seguintes combinações de fontes de fósforo solúvel (superfósforo simples) e fósforo natural reativo (fósforo natural Arad) aplicada mecanicamente no sulco de semeadura da soja, com cada uma das combinações totalizando 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e realizadas nas seguintes proporções: 0% de fósforo solúvel (FS) e 100% de fósforo natural reativo (FN), 20% de FS e 80% de FN, 40% de FS e 60% de FN, 60% de FS e 40% de FN, 80% de FS e 20% de FN e 100% de FS e 0% de FN.

5.5 Condução do experimento

5.5.1 Cultivo do triticale e do milho (2001/2002)

No mês de abril de 2001, foi realizada aplicação do herbicida Glifosato (i.a. = 360 g L⁻¹), utilizando-se 2,0 L ha⁻¹ do produto comercial Roundup, Monsanto, com a aplicação sendo realizada com um pulverizador de barras. Após sete dias do dessecamento, cada parcela foi subdividida em seis partes iguais por cordões para possibilitar melhor distribuição dos tratamentos aplicando-se a lânc, em superfície, as fontes de P, o KCl e gesso agrícola (Quadro 3).

Posteriormente, foi realizada a semeadura do triticale (*X Triticosecale* Wittmack) cultivar EMBRAPA 53, com semeadora de fluxo contínuo para semeadura direta, com espaçamento de 0,20 m totalizando 150 linhas por parcela, utilizando-se 150 kg de sementes ha⁻¹ visando uma densidade de 400 sementes m⁻². As sementes de triticale foram tratadas com o fungicida Carboxim 200 SC aplicando-se a dose de 150 ml por 50 kg de sementes. No mês de setembro de 2001, foi realizada a colheita do triticale na área útil das parcelas, utilizando-se colhedora automotriz sendo a colheita da bordadura efetuada com colhedora combinada. Posteriormente, foi realizada aplicação do herbicida Glifosato (i.a. = 360 g L⁻¹) com a utilização de 2,0 L ha⁻¹ do produto comercial Roundup, Monsanto. Sete dias após a aplicação, foi realizada a semeadura do milho com semeadora de fluxo contínuo para

semeadura direta, com espaçamento de 0,20 m totalizando 150 linhas por parcela, utilizando-se 20 kg de sementes ha⁻¹. No final de novembro de 2001, foi realizada a dessecação das plantas de milho como o herbicida Glifosate (i.a. = 360 g L⁻¹) utilizando-se 2,0 L ha⁻¹ do produto comercial Roundup, Monsanto.

5.5.2 Cultivo da soja (2001/2002)

No início de dezembro de 2001 foi efetuada a semeadura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivar IAC 17 e aplicação dos tratamentos com as combinações de proporções de fontes de fósforo bem como o KCl e o S elementar (Quadro 3).

A semeadura e adubação foram realizadas com semeadora-adubadora para semeadura direta, com linhas espaçadas em 0,45 m, totalizando 11 linhas por subparcela. Foram utilizados 120 kg ha⁻¹ de sementes com o objetivo de proporcionar a densidade de 40 planta m⁻². As sementes foram tratadas com o fungicida Carboxim e Thiram na dosagem de 150 ml do produto comercial Vitavax -Thiram 200 SC para 50 kg de sementes e posteriormente inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 7079 (CPAC 15) e SEMIA 5080 (CPAC 7) com garantia de 1 x 10⁹ células viáveis por grama do produto Biomax, utilizando-se 250 g do produto por 50 kg de sementes. Durante o cultivo da soja, em janeiro de 2002, foi realizada aplicação de herbicida e inseticida, com a utilização de pulverizador tipo canhão, aplicando-se em conjunto os herbicidas pós-emergentes Chlorimuron ethyl (i.a. = 250 g kg⁻¹) e Imazetapir (i.a. = 106 g L⁻¹) na dosagem de 30 g ha⁻¹ do produto comercial Smart e 0,7 L ha⁻¹ do produto comercial Pivot, respectivamente e aplicação do inseticida Metamidofós (i.a. = 600 g L⁻¹) na dosagem de 0,7 L ha⁻¹ do produto comercial Tamaron, Bayer. A colheita da soja foi realizada em abril de 2002 utilizando-se colhedora automotriz de parcelas experimentais, colhendo-se as quatro linhas centrais de cada subparcela. A bordadura foi colhida com colhedora combinada.

5.5.3 Cultivo da aveia preta e do milho (2002/2003)

Em maio de 2002, após a colheita da soja, foi semeada aveia preta (*Avena strigosa* Screeb), sem adubação, sendo dessecada no florescimento no mês de agosto

de 2002 utilizando-se o herbicida Glifosate, Roundup, Monsanto (i.a. = 360 g L⁻¹) e 2,4 D amina DMA-806, Dow AgroScience (i.a. = 800 g L⁻¹) utilizando-se 1,5 L ha⁻¹ de cada produto comercial.

Em agosto de 2002, foi semeado o milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) cv. BN2, sem adubação, sendo o mesmo dessecado no mês de dezembro de 2002 por herbicida utilizando-se o Glifosate, Roundup, Monsanto (i.a. = 360 g L⁻¹) e 2,4 D amina DMA-806, Dow AgroScience (i.a. = 800 g L⁻¹) aplicando-se 1,5 L ha⁻¹ de cada produto comercial.

5.5.4 Cultivo da soja (2002/2003)

Em dezembro de 2002, foi realizada a semeadura da soja, (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivar BR 48, sem aplicação de fósforo, utilizando-se uma semeadora-adubadora para semeadura direta, com as linhas espaçadas em 0,45 m, totalizando 11 linhas por subparcela sobrepondo as linhas da soja cultivadas no ano anterior. Foram utilizados 150 kg ha⁻¹ de sementes com o objetivo de proporcionar densidade de 40 planta m⁻². As sementes foram tratadas com o fungicida Carboxim e Thiram na dosagem de 150 ml do produto comercial Vitavax-Thiram 200 SC para 50 kg de sementes e, posteriormente, inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 587 e SEMIA 5019 com garantia de 1x 10⁹ células viáveis por ml do produto Biomax, utilizando-se 300 ml do produto por 100 kg de sementes. Após a semeadura, foi realizada adubação a lanço com KCl aplicando-se 60 kg ha⁻¹ de K₂O (Raij et al., 1996).

Em janeiro de 2002, foi realizada aplicação de herbicida e inseticida, com pulverizador tipo canhão, aplicando-se juntos, os herbicidas pós-emergentes Chlorimuron ethyl (i.a. =250 g kg⁻¹) e Imazetapir (i.a.=106 g L⁻¹) na dosagem de 30 g ha⁻¹ do produto comercial Smart e 0,7 L ha⁻¹ do produto comercial Pivot, respectivamente, e aplicação do inseticida Metamidofós (i.a. = 600 g L⁻¹) na dosagem de 1,0 L ha⁻¹ do produto comercial Tamaron, Bayer.

A colheita da soja foi realizada no início de maio de 2003, utilizando-se colhedora automotriz de parcelas experimentais, sendo colhidas as quatro linhas centrais de cada subparcela com a bordadura sendo colhida com colhedora combinada.

5.6 Coletas e avaliações realizadas

5.6.1 Cultivo do triticale e do milho (2001/2002)

As avaliações no cultivo do triticale foram realizadas na colheita e constaram de: análise química de solo, produção de matéria seca de plantas e palha de cobertura, teor e quantidade de fósforo na planta, nos grãos e na palha de cobertura, densidade de plantas e produção. Com relação a análise química de solo, foram coletadas por gradagem em cada parcela, seis amostras simples de solo em quatro profundidades: 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm; realizadas nas entrelinhas da área útil da parcela, constituindo-se assim uma amostra composta para cada uma das quatro profundidades. As amostras foram secas naturalmente ao ar, destorroadas e peneiradas, em malha de 2 mm, para a realização da análise química de solo segundo Rajj et al. (2001).

Para as análises da produção de matéria seca de plantas e de palha de cobertura, foram tomadas aleatoriamente seis amostras de 10 plantas (parte aérea), consecutivamente na linha de semeadura e, as amostras de palha em seis pontos aleatórios por parcela. As amostras de palha de cobertura foram coletadas utilizando-se um quadrado de madeira, vazado, com 0,25 m² (0,5 m x 0,5 m). O material vegetal, após manipulação para a coleta de dados e tomadas de sub-amostras de 300 g, para a realização de análise química de fósforo, foi restituído ao seu local de origem.

O material coletado foi seco em estufa de ventilação forçada à temperatura de 65° C por 72 horas, efetuando-se, posteriormente, a pesagem das amostras. Em seguida, as amostras do material vegetal foram moídas, passando por peneiras de 1 mm de malha, acondicionadas em sacos de papel, armazenados em local apropriado, para a realização da análise química visando a determinação do teor e quantidade de fósforo. Após as coletas, foi efetuada a colheita do triticale com colhedora automatizada em quatro linhas da área útil das parcelas determinando-se posteriormente o teor e a quantidade de fósforo nos grãos e a produtividade com o teor de água nos grãos corrigido para 13%.

As avaliações no cultivo do milho constaram de: análise química de solo, produção de matéria seca de plantas e palha de cobertura, teor e quantidade de fósforo na planta e palha de cobertura, sendo as coletas realizadas antes da dessecação. Com relação à

análise química de solo, foram executados os mesmos procedimentos utilizados para o triticale. Para as análises da produção de matéria seca de planta e palha de cobertura, foram tomadas seis amostras de plantas (parte aérea), consecutivamente, em 0,5 m da linha de semeadura e, a palha de cobertura, em 6 pontos aleatórios por parcela. Os procedimentos quanto à coleta de palha de cobertura, manipulação das amostras e análises químicas foram realizados da mesma forma que o utilizado para as avaliações no triticale.

5.6.2 Cultivo da soja (2001/2002)

Do total de 11 linhas de cada subparcela, as 4 linhas adjacentes às 4 linhas centrais foram utilizadas para as coletas de plantas de soja (parte aérea) e, nas 4 linhas centrais, foi realizada a colheita. As avaliações no cultivo da soja constaram de: Análise química de solo; produção de matéria seca, teor e quantidade de fósforo na palha de cobertura; produção de matéria seca, teor e quantidade de fósforo nas plantas e grãos de soja; diagnose foliar; componentes de produção, população de plantas e produção da soja.

Com relação à análise química do solo foram realizadas coletas aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (DAS) e na colheita dos grãos de soja, sendo coletadas em cada subparcela amostras de solo, em quatro profundidades: 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm; com as amostras simples constando de três pontos obtidos na área útil da subparcela, nas entrelinhas, constituindo-se assim uma amostra composta para cada uma das quatro profundidades, com os demais procedimentos sendo os mesmos que foram realizados para o triticale e milho. Na coleta de solo realizada na colheita de grãos de soja, foi efetuada análise de solo completa e, para as demais épocas, apenas análise do teor de fósforo no solo.

Quanto à palha de cobertura, as coletas foram realizadas em quatro ocasiões: aos 30, 60 e 90 DAS e na colheita de grãos, em três pontos por subparcela, com os demais procedimentos utilizados sendo os mesmos adotados para as culturas anteriormente cultivadas. Foram coletadas 10 plantas de soja (parte aérea), consecutivamente, na linha de semeadura, aos 30, 60 e 90 DAS e na colheita de grãos com o objetivo de determinar a produção de matéria seca, teor e quantidade de fósforo nas plantas.

Quando as plantas de soja estavam no florescimento, foi coletada aleatoriamente, a terceira folha madura, a partir da ponta do ramo, de 30 plantas por

subparcela, para a realização da diagnose foliar. Foram coletadas ainda 10 plantas consecutivas em cada uma das 2 linhas centrais da área útil da subparcela, das 4 linhas utilizadas para a colheita, visando à avaliação dos componentes de produção (número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos) e, avaliado o número de plantas dessas 4 linhas centrais, para a determinação da população de plantas. Para a colheita foi utilizada colhedora automotriz de parcelas experimentais com as bordaduras sendo colhidas por colhedora combinada.

Dos grãos colhidos foi retirada uma amostra de 500 g por subparcela, para a realização da análise química visando a determinação do teor e quantidade de fósforo e a umidade nos grãos, visando a correção da produção para o teor de 13%. Separados os grãos para a determinação do teor de umidade, o restante foi moído e peneirado em peneira de malha de 1 mm, sendo acondicionado em sacos de papel para a realização da análise química. Todo o material vegetal coletado foi moído em moinho de aço tipo Wiley, com as análises químicas dos mesmos sendo realizadas de acordo com Malavolta, et al. (1997).

5.6.3 Cultivo da soja (2002/2003)

Com relação às avaliações da soja no segundo ano do experimento, essas seguiram os mesmos procedimentos adotados para a cultura nas avaliações no primeiro ano, com exceção das épocas de amostragem que foram realizadas aos 30, 60 e 90 dias após a emergência (DAE) e na colheita da soja e, também, quanto às amostragens de solo, que foram realizadas apenas em duas ocasiões: na semeadura e na colheita da soja.

5.7 Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste LSD a 5%.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análises químicas de solo no cultivo do triticales e do milheto

Nos Quadros 4, 5, 6 e 7 estão apresentadas as análises químicas de solo, em quatro profundidades, das coletas realizadas na colheita do triticales. De forma geral, comparando-se os resultados desses quadros com os valores apresentados antes da instalação do experimento (Quadro 1), pode-se observar melhor condicionamento químico do solo com exceção para teor de K na camada de 0-5 cm. Houve uma acentuada elevação para o teor de P em relação às análises iniciais. De acordo com De Maria et al. (1999) em estudo relativo às alterações químicas do solo em semeadura direta, ocorre aumento considerável do teor de P disponível na camada mais superficial do solo ao longo do tempo de adoção do sistema, sendo que esse aumento, esta diretamente relacionado com a redução da adsorção do fósforo no solo

Quadro 4. Resultados da análise química de solo, na profundidade de 0-5 cm, referente à coleta realizada na colheita do triticales em função de P-Triticale.

Tratamentos	pH	M. O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmol _c dm ⁻³)						
Sem P	6,2	22	24 b	18	1,8	38	12	51	69	74
P-Natural	6,1	26	39 ab	18	2,2	34	9	46	64	71
P-Solúvel	6,1	18	42 a	23	1,8	32	12	46	69	67
Valor de F	0,10 ns	1,09 ns	4,53 *	1,28 ns	1,00 ns	0,33 ns	1,61 ns	0,24 ns	0,25 ns	0,78 ns
C V	(%)									
	3,85	32,06	25,62	30,39	25,17	30,82	23,23	25,98	20,03	11,26

Quadro 5. Resultados da análise química de solo, na profundidade de 5-10 cm, referente à coleta realizada na colheita do triticales em função de P-Triticale.

Tratamentos	pH	M. O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmol _c dm ⁻³)						
Sem P	5,4	21	13	24	1,4	18	9	28	52	53
P-Natural	5,3	25	18	26	1,3	18	8	27	53	51
P-Solúvel	5,5	20	21	28	1,2	22	10	33	60	55
Valor de F	0,16 ns	0,37 ns	1,40 ns	0,46 ns	0,555 ns	0,19 ns	0,30 ns	0,20 ns	0,51 ns	0,05 ns
C V	(%)									
	6,69	37,63	39,17	19,35	24,74	50,85	34,45	41,31	21,20	24,97

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

Quadro 6. Resultados da análise química de solo, na profundidade de 10-20 cm, referente à coleta realizada na colheita do triticales em função de P-Triticales.

Tratamentos	pH	M. O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmol _c dm ⁻³)						
Sem P	5,3 b	20	5 b	26	1,0	18	9	28	54	52
P-Natural	5,4 ab	21	11 a	24	1,0	17	8	26	50	52
P-Solúvel	5,5 a	16	12 a	25	0,8	18	8	27	52	52
Valor de F	3,00 *	0,52 ns	0,45 *	0,19 ns	1,23 ns	0,11 ns	0,22 ns	0,14 ns	0,45 ns	0,00 ns
C V				(%)						
	2,64	38,71	27,63	13,61	22,49	15,29	33,58	18,98	9,78	12,91

Quadro 7. Resultados da análise química de solo, na profundidade de 20-40 cm, referente à coleta realizada na colheita do triticales em função de P-Triticales.

Tratamentos	pH	M. O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmol _c dm ⁻³)						
Sem P	4,4	18	4	39	0,7	6	4	11	50	22
P-Natural	4,3	18	5	43	0,5	6	4	10	53	18
P-Solúvel	4,5	23	5	43	0,5	9	5	14	57	24
Valor de F	1,12 ns	0,35 ns	1,97 ns	0,25 ns	0,35 ns	0,51 ns	0,79 ns	0,59 ns	0,48 ns	0,83 ns
C V				(%)						
	3,49	44,45	26,50	20,59	67,41	65,79	19,08	42,99	18,11	42,53

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

e com aumento da atividade microbiana e ciclagem do fósforo orgânico.

Embora não tenha sido realizada a correção da acidez do solo pela calagem, ocorreu elevação do pH e da SB e a diminuição dos valores de H+Al propiciado pela aplicação dos insumos e principalmente pelos efeitos proporcionados pela cobertura vegetal do solo. Segundo Lopes (1977), a aplicação de fosfato aumenta a capacidade de troca de cátions nos sistemas oxídicos, bem como o teor de matéria orgânica, pela manutenção de um maior crescimento vegetal. De acordo com Caires et al. (2003), em trabalho sobre alterações químicas do solo e resposta da soja à aplicação de calcário e gesso em plantio direto, a utilização do gesso aumentou os teores de Ca trocável do solo nas cinco profundidades estudadas, independentemente dos tratamentos de calagem. Miyazawa et al. (1993), estudando o efeito do material vegetal na acidez e utilizando resíduos de várias espécies de plantas adicionadas ao solo, observaram que o material vegetal causou aumentos no pH, com diminuição gradativa desse aumento e depois se estabilizou. Franchini et al. (1999) observando as alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais, também verificaram aumento do pH do solo e dos teores de Ca, Mg e K, bem como a redução do Al trocável.

Analisando o Quadro 4, na profundidade de 0-5 cm, em relação ao efeito dos tratamentos quanto ao teor de P no solo, observa-se que a aplicação de fosfato solúvel proporcionou maior teor de P comparada à ausência de aplicação de fosfato não diferindo porém do fosfato natural. Vários trabalhos como os de Peruzzo et al. (1997), Cordeiro (1979), Ferreira & Kaminski (1979) e Wilson (2000), demonstraram a eficiência similar no solo entre as fontes de fosfato natural reativo e fosfatos solúveis.

Deve ser observado que, apesar de não receberem adubação fosfatada, as parcelas sem aplicação de fosfato, apresentaram teor de P mais elevado em relação ao teor inicial (Quadro 1) devido provavelmente ao aumento de matéria orgânica do solo e a mineralização dos resíduos culturais, possibilitando melhor redistribuição dos nutrientes no solo e elevação do teor de P.

De acordo com Buchanam & King (1993); Wisniewski & Holtz (1997) e Borkert et al. (1999), os resíduos das culturas e das plantas de cobertura contém quantidades

expressivas de fósforo em seus tecidos que, mediante sua mineralização atendem boa parte da demanda das culturas.

Além disso, no momento que não há revolvimento do solo na semeadura direta, se reduz a superfície de contato do íon fosfato com as partículas de solo, que redundam numa reciclagem do nutriente, através da deposição de resíduos, num processo com a participação da massa microbiana existente no solo.

No Quadro 5, estão apresentados os valores obtidos na análise química de solo para a profundidade de 5-10 cm que não apresentaram diferenças significativas.

Os valores obtidos na análise química de solo, na profundidade de 10-20 cm estão apresentados no Quadro 6. A adubação com fosfato solúvel proporcionou maior pH em relação à ausência de aplicação de fosfato. Esse fato, discutido anteriormente, mostra a importante participação da permanente cobertura vegetal do solo e a constante deposição de resíduos na superfície do solo. Quanto ao teor de P, a utilização da adubação fosfatada, independente da fonte utilizada, promoveu maior teor do elemento no solo comparado à ausência de aplicação de fosfato. No sistema de semeadura direta, não havendo incorporação dos resíduos, o P-inorgânico é liberado na superfície ou a poucos centímetros de profundidade, justamente numa região onde o solo apresenta menor capacidade de adsorção. Conte et al. (2003), em estudo de fracionamento de P no solo, concluíram que o P-orgânico diminui com a adição de fosfato solúvel e, o aumento no teor total do nutriente, dessa adição, ocorre no P-inorgânico. Segundo Sá (1995), dentre os fatores físicos, químicos e biológicos alterados no ambiente pelo sistema de semeadura direta, pode-se destacar os incrementos na capacidade de retenção de água, na capacidade de troca catiônica, na reserva de nutrientes em compostos húmicos e na potencialização dos nutrientes imobilizados nos ciclos metabólicos vitais da fauna do solo.

Para as camadas de solo de 5-10 e 20-40 cm de profundidade (Quadros 5 e 7), apesar de não ocorrerem diferenças significativas para as variáveis analisadas, os resultados obtidos mostram a melhoria da condição química do solo, inclusive para o teor de K. Segundo Caíres et al. (1999) na avaliação da produção de culturas anuais em função da aplicação de calcário e gesso em semeadura direta, com o uso do gesso ocorre a lixiviação de bases do solo, melhorando o ambiente radicular do subsolo, causada pela elevação do pH, e aumento do Ca e $S-SO_4^{2-}$. De acordo com Sumner (1995), o gesso agrícola aplicado na

superfície do solo, movimentando-se ao longo do perfil sob influência do excesso de umidade proporcionando aumento no suprimento de Ca e redução na toxidez de Al no subsolo. Como os tratamentos foram aplicados em conjunto com o gesso e o cloreto de cálcio, esses fatores influíram na elevação do teor de Ca no solo.

Pode-se notar pela Figura 1 que, no período de cultivo do triticale, a precipitação pluvial apresentou distribuição média regular durante os meses, com um acúmulo de 360 mm durante o período, que influenciou diretamente no transporte em profundidade do gesso aplicado na superfície do solo. Além disso, a presença dos resíduos vegetais também influenciou a ocorrência dessas modificações. Segundo Sá (1995), a manutenção da umidade do solo por períodos mais prolongados e a redução de temperatura na camada superficial influencia a atividade biológica e, consecutivamente, a solubilização e liberação de nutrientes no solo.

Nos Quadros 8, 9, 10 e 11 estão apresentados os valores obtidos na análise química de solo, para quatro profundidades, referente às coletas realizadas antes do dessecamento do milho. Pode-se observar, de forma geral, que os valores mantiveram-se constantes ao longo do tempo em relação à análise de solo realizada na colheita do triticale, denotado pela manutenção dos valores das variáveis avaliadas com relação à fertilidade do solo.

No Quadro 8, estão apresentados os valores para a camada de 0-5 cm de profundidade onde não foram observadas diferenças significativas.

Com relação aos resultados para a camada de 5-10 cm (Quadro 9), observa-se que ocorreu diferença significativa onde, com ausência de adubação fosfatada ocorreu maior teor de M.O. comparada à aplicação de fosfato solúvel e, a adubação com fosfato natural reativo, não diferiu em relação aos dois tratamentos citados.

Esse resultado mostra que apesar das parcelas que receberam aplicação com fosfato solúvel proporcionarem maior produção de matéria seca de plantas e palha, ao longo do cultivo do triticale (Quadro 27), esse fato não implicou no aumento do teor de M.O. em relação à utilização do fosfato natural e ausência da adubação fosfatada.

Quadro 8. Resultados da análise química de solo, na profundidade de 0-5 cm, referente à coleta realizada antes da dessecação do milho em função de P-Triticale.

Tratamentos	pH	M. O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmol _c dm ⁻³)						
Sem P	6,2	25	30	16	1,4	29	11	42	58	72
P-Natural	6,1	26	37	16	1,4	38	13	52	68	76
P-Solúvel	5,8	28	48	18	1,7	33	14	48	66	72
Valor de F	2,08 ns	0,08 ns	1,60 ns	2,40 ns	0,26 ns	0,47 ns	0,83 ns	0,54 ns	0,57 ns	0,48 ns
C V					(%)					
	3,82	33,18	36,67	8,51	35,11	38,11	23,56	30,98	22,15	8,71

Quadro 9. Resultados da análise química de solo, na profundidade de 5-10 cm, referente à coleta realizada antes da dessecação do milho em função de P-Triticale.

Tratamentos	pH	M. O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmol _c dm ⁻³)						
Sem P	5,5	20 a	9	21	1,5	16	8	26	47	55
P-Natural	5,2	17 ab	12	25	1,2	14	8	23	48	48
P-Solúvel	5,4	15 b	17	23	1,4	14	8	24	47	51
Valor de F	2,33 ns	4,83 *	1,16 ns	0,90 ns	0,91 ns	0,42 ns	0,22 ns	0,46 ns	0,35 ns	0,76 ns
C V					(%)					
	3,21	13,83	57,97	17,26	24,90	21,29	19,68	18,67	5,79	16,42

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

Quadro 10. Resultados da análise química de solo, na profundidade de 10-20 cm, referente à coleta realizada antes da dessecação do milho em função de P-Triticale.

Tratamentos	pH	M. O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmol _c dm ⁻³)						
Sem P	5,2	17	7 b	28	1,0	13	7	21	49	43
P-Natural	5,1	17	7 b	28	0,8	11	6	18	46	39
P-Solúvel	5,3	16	10 a	25	1,0	12	8	21	46	46
Valor de F	0,53 ns	0,18 ns	3,99 *	0,79 ns	0,95 ns	0,45 ns	0,61 ns	0,48 ns	0,65 ns	0,70 ns
C V				(%)						
	6,17	12,08	23,24	12,87	24,11	28,97	35,14	30,84	11,23	21,90

Quadro 11. Resultados da análise química de solo, na profundidade de 20-40 cm, referente à coleta realizada antes da dessecação do milho em função de P-Triticale.

Tratamentos	pH	M. O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmol _c dm ⁻³)						
Sem P	4,3	15	2	42 a	0,4	7	4	11	53	20
P-Natural	4,4	12	2	41 ab	0,5	6	4	10	51	20
P-Solúvel	4,5	12	3	38 b	0,4	6	5	11	49	23
Valor de F	1,96 ns	4,56 ns	1,46 ns	4,26 *	1,00 ns	0,11 ns	1,00 ns	0,14 ns	2,89 ns	0,68 ns
C V				(%)						
	3,29	10,75	48,57	5,15	18,23	23,08	17,63	18,53	4,31	15,77

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

De acordo com De Maria & Castro (1993), as alterações na quantidade de nutrientes e de matéria orgânica no solo, podem depender da combinação entre sistemas de preparo do solo e as culturas. Segundo Ros e Aita (1996) a diferença na cobertura do solo proporcionada pelas espécies pode ser atribuída a diversos fatores, dentre eles, destaca-se o hábito de crescimento, a própria arquitetura das plantas e velocidade com que cada espécie se desenvolve.

Na camada de 10-20 cm (Quadro 10), ocorreu diferença significativa, para teor de P no solo, onde a aplicação de fosfato solúvel proporcionou teor mais elevado comparado ao fosfato natural reativo ou a ausência de adubação fosfatada. De acordo com Kamisnki & Peruzzo (1997), ao serem adicionados ao solo os fosfatos solúveis em água, a reação no solo é rápida e os novos produtos formados conseguem manter a solução saturada com P em torno dessa região. Esse aumento é temporário, pois, com o tempo, o fósforo da solução tende a ser absorvido, precipitado ou imobilizado; a maior parte dele passa para a forma não lábil e uma menor parte para a lábil, de forma tal que os níveis proporcionam um equilíbrio (Maças, 2000).

No Quadro 11, estão apresentados os resultados da análise química de solo para a camada de 20-40 cm de profundidade, que apresentou diferença significativa para H+Al, com teor mais elevado dessa variável quando da ausência de adubação fosfatada em relação à aplicação de fosfato solúvel, não diferindo, porém, do fosfato natural reativo.

De acordo com Hoyt & Turner (1975), que estudaram o efeito de material orgânico adicionado ao solo com relação às alterações da acidez, a adição de resíduos vegetais resulta na adsorção de H^+ e Al^{3+} na superfície do material vegetal e, segundo Hue & Amien (1989), Heylar (1991) e Hue (1992), essas alterações ocorrem pelas trocas das ligações entre OH^- , óxidos de Fe e Al com os ânions orgânicos dos resíduos do material vegetal.

6.2 Análises químicas de solo no primeiro cultivo de soja

No Quadro 12 são apresentados os valores obtidos na análise química de solo para teor de P, em quatro profundidades, referente às coletas de solo realizadas aos 30 DAS da soja. Na camada de 0-5 cm de profundidade, ocorreu diferença significativa quanto ao

fator P-Triticale, onde à adubação fosfatada, independente da fonte, propiciou maior teor de P. Esse resultado mostra que a aplicação de fosfatos no triticale possibilitou a manutenção de teor de P elevado nessa camada mais superficial do solo. De acordo com Muzilli (1983), em semeadura direta os fertilizantes fosfatados são adicionados na superfície, sem revolvimento do solo, o que, aliado à deposição dos resíduos vegetais também na superfície, favorecem sua ciclagem nessa camada de solo, diminuindo as perdas de P e determinando seu acúmulo na camada superficial. Quanto ao fator P-Soja, ocorreu diferença significativa com a aplicação da proporção 80FS/20FN promovendo maior teor de P no solo comparado à proporção 60FS/40FN e não diferindo com relação aos demais tratamentos.

Na camada de 20-40 cm de profundidade, para o fator P-Soja, a aplicação de 0FS/100FN proporcionou maior teor de P comparada à proporção 20FS/80FN, não diferindo, porém, dos demais tratamentos. Segundo Rheinheiner et al. (2001) a solubilidade dos fosfatos naturais reativos é controlada principalmente pelos fatores: teor de fósforo e de cálcio, capacidade de troca catiônica e acidez do solo. Como todas as reações químicas tendem a um estado de equilíbrio, quando os teores de P no solo são baixos a dissolução do fosfato natural reativo é acelerada, elevando-se os teores disponíveis às plantas. Da mesma forma, quando os teores de Ca são baixos, há dissolução do fosfato e conseqüente tendência ao equilíbrio dos teores de Ca na solução circunvizinha e na partícula de fosfato. O pH do solo influi na dissolução do fosfato natural pela corrosão de sua estrutura cristalina principalmente por ação dos íons H^+ na reação $[Ca_3(PO_4)_2] + 4 H^+ \rightarrow 3Ca^{2+} + 2H_2PO_4^-$ (Novais, 1999).

No Quadro 13 estão apresentados os valores obtidos na análise química de solo, para teor de P, em quatro profundidades, referente às coletas de solo realizadas aos 60 DAS da soja. Esses resultados apresentaram semelhanças, em relação aos alcançados aos 30 DAS da soja quanto ao teor de P, ocorrendo diferenças significativas para o fator P-Triticale, na profundidade de 0-5 cm, e para a camada de 20-40 cm quanto ao fator P-Soja.

Na camada de 0-5 cm de profundidade, o teor de P foi mais elevado quando da aplicação da adubação fosfatada, independente da fonte, comparada à ausência de aplicação. Nota-se mais uma vez, que não ocorreu diferenças significativas entre as fontes aplicadas.

Quadro 12. Resultados da análise química de solo, no primeiro cultivo da soja, para teor de P em quatro profundidades, referentes à coleta realizada aos 30 dias após a semeadura (DAS) em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	Profundidades (cm)			
	0-5	5-10	10-20	20-40
	-----(mg dm^{-3})-----			
P-Triticale				
Sem P	36 b	20	10	6
P-Natural	54 a	20	12	6
P-Solúvel	63 a	21	14	7
P-Soja				
0FS/100FN	55 ab	20	12	8 a
20FS/80FN	51 ab	20	11	5 b
40FS/60FN	49 ab	26	10	6 ab
60FS/40FN	44 b	20	13	6 ab
80FS/20FN	60 a	18	14	7 ab
100FS/0FN	46 ab	20	11	7 ab
Valor de F				
P-Triticale	9,23 *	0,01 ns	0,83 ns	1,16 ns
P-Soja	1,52 *	0,83 ns	0,95 ns	1,38 *
PT x PS	0,93 ns	1,18 ns	1,58 ns	1,70 ns
C V	(%)			
Parcela	44,57	84,85	71,53	39,53
Subparcela	32,51	54,38	44,04	42,94

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

Em trabalho de Cordeiro (1979) sobre o efeito da aplicação de níveis de fósforo por diferentes fontes, o fosfato reativo de Gafsa teve uma eficiência média de 95% em relação ao superfosfato triplo no residual e, com a manutenção de fósforo solúvel, a eficiência do fosfato de Gafsa foi superior ao superfosfato triplo. Coutinho et al. (1991), estudando a eficiência agrônômica de fertilizantes para a cultura da soja, concluíram que a eficiência do fosfato reativo, no caso fosfato de Gafsa granulado melhorou a eficiência acentuadamente quando se considerou o efeito residual no segundo ano do experimento.

Na camada de 20-40 cm de profundidade, a aplicação de 100FS/0FN repercutiu em maior teor de P no solo em relação à proporção 20FS/80FN, não diferindo dos demais tratamentos.

Quadro 13. Resultados da análise química de solo, no primeiro cultivo da soja, para teor de P em quatro profundidades, referente à coleta realizada aos 60 dias após a semeadura (DAS) em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	Profundidades (cm)			
	0-5	5-10	10-20	20-40
	----- (mg dm ⁻³) -----			
P-Triticale				
Sem P	31 b	15	5	5
P-Natural	57 a	17	7	5
P-Solúvel	64 a	23	8	5
P-Soja				
0FS/100FN	49	19	8	5 ab
20FS/80FN	49	23	7	4 b
40FS/60FN	51	15	6	5 ab
60FS/40FN	51	21	8	5 ab
80FS/20FN	52	14	6	5 ab
100FS/0FN	49	18	7	7 a
Valor de F				
P-Triticale	13,97 **	2,06 ns	1,15 ns	0,00 ns
P-Soja	0,08 ns	0,61 ns	0,70 ns	1,09 *
PT x PS	0,78 ns	0,51 ns	0,89 ns	1,72 ns
C V (%)				
Parcela	44,99	79,37	83,80	80,93
Subparcela	32,08	82,73	50,99	50,16

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

Aos 60 DAS a combinação 20FS/80FN continuou a apresentar menor teor de P nessa camada, porém, diferentemente da análise realizada aos 30 DAS, o fosfato solúvel foi quem promoveu maior teor de P em relação ao fosfato natural. Analisando os dois Quadros (12 e 13) observa-se que o fosfato solúvel manteve o mesmo teor de P enquanto os demais tratamentos, incluindo o fosfato natural, tiveram seus teores diminuídos.

O Quadro 14 apresenta os valores médios obtidos na análise química de solo, para teor de P, em quatro profundidades, referente à coleta de solo realizada aos 90 DAS da soja. Apenas para a camada de 0-5 cm de profundidade ocorreram diferenças significativas. Para o fator P-Triticale, a adubação com fosfato solúvel proporcionou maior teor de P comparado à ausência de adubação fosfatada, porém não diferindo do fosfato natural, fato esse já discutido em análises anteriores.

Quadro 14. Resultados da análise química de solo, no primeiro cultivo da soja, para teor de P em quatro profundidades referentes à coleta realizada aos 90 dias após a semeadura (DAS) em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	Profundidades (cm)			
	0-5	5-10	10-20	20-40
	----- (mg dm ⁻³) -----			
P-Triticale				
Sem P	35 b	16	9	3
P-Natural	53 ab	23	13	4
P-Solúvel	60 a	21	14	5
P-Soja				
0FS/100FN	56 ab	22	13	4
20FS/80FN	50 ab	17	13	4
40FS/60FN	40 b	18	12	4
60FS/40FN	46 ab	17	10	3
80FS/20FN	49 ab	19	10	3
100FS/0FN	57 a	28	16	4
Valor de F				
P-Triticale	5,17 *	1,22 ns	2,83 ns	2,89 ns
P-Soja	1,25 *	1,12 ns	0,74 ns	0,49 ns
PT x PS	1,55 ns	0,79 ns	0,72 ns	0,32 ns
C V	(%)			
Parcela	54,56	85,25	61,85	79,60
Subparcela	39,54	67,30	65,57	66,11

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

Isso mostra que o fosfato natural começa a se equiparar em termos de eficiência quanto à manutenção do teor de P nessa camada mais superficial, apesar de uma pequena diminuição com relação aos fatores que determinam a elevação da dissolução do fosfato natural no solo. De acordo com Rein et al. (1994), em estudo sobre a adubação da cultura do milho, com doses crescentes de fósforo de diferentes fosfatos em solos com acidez moderada e disponibilidade média de fósforo, os fosfatos solúveis aplicados na semeadura ainda são fontes mais adequadas de fósforo, porém, em períodos mais longos, houve um efeito compensatório do fosfato natural reativo. Para o fator P-Soja, a aplicação de 100FS/0FN promoveu maior teor de fósforo no solo em relação à proporção 40FS/60FN, devido ao fato da disponibilização no solo, mais imediata, do fosfato solúvel e a maior participação deste na proporção 100FS/0FN.

Os valores obtidos nas análises químicas de solo realizadas na colheita da soja, para quatro profundidades, estão apresentados nos Quadros 15, 16, 17 e 18.

No Quadro 15, estão os valores obtidos na análise química de solo, para a profundidade de 0-5 cm. Para teor de P quanto ao fator P-Triticale, a aplicação do fosfato natural reativo proporcionou maior teor do nutriente no solo comparado à ausência de adubação fosfatada, porém não diferindo da aplicação de fosfato solúvel. Segundo Peruzzo & Wiethölter (2000), os fosfatos naturais reativos, como os fosfatos de Arad e de Gafsa, entre outros, quando incorporados ao solo, em doses equivalentes de P_2O_5 total, têm apresentado, notadamente a partir do segundo cultivo, eficiência agrônômica semelhante à do superfosfato triplo, em termos de fornecimento de fósforo para as culturas, como milho, trigo e soja, em solos de regiões de altitude.

Para o fator P-Soja, a aplicação de 100FS/0FN e da proporção 80FS/20FN, promoveu maior teor de P comparada à aplicação de 0FS/100FN. A aplicação do fosfato solúvel possibilitou a imediata elevação do teor de P no solo. Segundo Bartz (1998), o não revolvimento do solo em semeadura direta diminui a superfície de contato entre os íons fosfato e as partículas do solo, diminuindo a ação dos mecanismos de fixação pelos constituintes minerais do solo. Outro fator importante na dinâmica do fósforo em semeadura direta é a formação de ânions orgânicos produzidos durante a oxidação bioquímica e microbiológica dos resíduos. Estes ânions competem com os íons fosfato pelos sítios de ligação na superfície dos sesquióxidos de Fe e Al, diminuindo a fixação de fósforo.

Quanto ao teor de Ca, ocorreu diferença significativa, dentro do fator P-Soja onde, a aplicação de 100FS/0FN e da proporção 80FS/20FN redundou em maior teor de Ca em relação ao 0FS/100FN. Para o Mg, dentro do fator P-Triticale, ocorreu diferença significativa, onde a aplicação de fosfato solúvel promoveu maior teor de Mg comparado à ausência de adubação fosfatada. Para o fator P-Soja, ocorreu diferença significativa, onde a aplicação de 100FS/0FN proporcionou maior teor de Mg comparado aos demais tratamentos, porém não diferindo da proporção 80FS/20FN. O melhor condicionamento químico do solo proporcionado pela aplicação dos tratamentos com fosfato e dos demais insumos aplicados no triticale e, os efeitos proporcionados pelos resíduos vegetais, repercutiram nos teores de Ca

Quadro 15. Resultados da análise química de solo para a profundidade de 0-5 cm, no primeiro cultivo da soja, referente à coleta realizada na colheita da soja em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	pH	M. O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmol _c dm ⁻³)						
P-Triticale										
Sem P	5,9	20	24 b	16	1,6	21	7 b	29 b	45 b	65
P-Natural	5,9	20	42 a	16	1,5	25	8 ab	35 ab	51 ab	68
P-Solúvel	6,0	20	40 ab	15	1,4	27	9 a	38 a	53 a	70
P-Soja										
0FS/100FN	6,0	21	27 b	16	1,6	20 b	7 c	29 b	45 b	64
20FS/80FN	6,0	20	33 ab	15	1,3	22 ab	8 bc	32 ab	47 b	68
40FS/60FN	5,9	20	35 ab	17	1,4	24 ab	8 bc	34 ab	51 ab	66
60FS/40FN	5,8	20	37 ab	16	1,4	25 ab	8 bc	35 ab	51 ab	68
80FS/20FN	5,9	21	42 a	16	1,4	28 a	9 ab	38 a	54 ab	70
100FS/0FN	5,9	20	40 a	16	1,6	26 a	10 a	38 a	55 a	69
Valor de F										
P-Triticale	0,64 ns	0,08 ns	3,73 *	0,36 ns	0,05ns	1,47 ns	4,20 *	4,19 *	4,90 *	1,25 ns
P-Soja	0,33 ns	1,02 ns	2,11 *	0,55 ns	1,14 ns	1,86 *	2,86 *	2,18 *	1,74 *	0,83 ns
PT x PS	0,64 ns	0,48 ns	1,06 ns	0,68 ns	0,75 ns	1,57 ns	0,69 ns	1,73 ns	0,97 ns	1,15 ns
C V										
	(%)									
Parcela	6,84	13,27	70,80	29,66	45,74	42,54	28,43	29,53	17,64	16,71
Subparcela	6,87	8,84	36,99	21,07	30,28	26,56	21,11	18,91	14,51	10,90

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

Quadro 16. Resultados da análise química de solo para a profundidade de 5-10 cm, no primeiro cultivo da soja, referente à coleta realizada na colheita da soja em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	pH	M. O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmolc dm ⁻³)						
P-Triticale										
Sem P	5,3	18	12	20	1,2	13 b	5 b	19 b	39 b	48
P-Natural	5,3	19	16	21	1,3	14 ab	6 ab	21 a	43 a	50
P-Solúvel	5,4	18	17	19	1,2	15 a	7 a	23 a	42 a	54
P-Soja										
0FS/100FN	5,4	18	13	20	1,2	13	6	20	40	50
20FS/80FN	5,3	19	16	20	1,1	13	5	20	40	50
40FS/60FN	5,4	18	12	20	1,3	14	6	21	42	50
60FS/40FN	5,2	18	16	20	1,2	16	5	23	43	53
80FS/20FN	5,4	19	17	19	1,1	16	7	23	43	53
100FS/0FN	5,2	18	16	21	1,3	13	6	20	40	50
Valor de F										
P-Triticale	0,75 ns	1,36 ns	0,85 ns	0,51 ns	2,16 ns	4,71 *	4,91 *	6,67 *	8,01 *	1,68 ns
P-Soja	0,39 ns	1,06 ns	0,62 ns	0,24 ns	1,61 ns	0,98 ns	0,43 ns	0,77 ns	0,89 ns	0,55 ns
PT x OS	0,88 ns	0,27 ns	1,30 ns	0,52 ns	1,72 ns	1,50 ns	0,23 ns	1,09 ns	1,61 ns	0,62 ns
C V										
	(%)									
Parcela	6,88	6,88	80,39	18,62	16,20	15,04	21,19	14,39	7,15	13,38
Subparcela	9,50	6,96	57,43	21,79	16,49	34,72	36,81	29,88	11,63	22,39

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

Quadro 17. Resultados da análise química de solo para a profundidade de 10-20 cm, no primeiro cultivo da soja, referente à coleta realizada na colheita da soja em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	pH	M. O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmolc dm ⁻³)						
P-Triticale										
Sem P	5,1	17	7	23	1,0	9 b	4 b	14 b	37	38 b
P-Natural	5,1	17	9	22	1,1	10 ab	5 ab	16 ab	39	41 a
P-Solúvel	5,2	17	9	22	1,1	12 a	6 a	19 a	41	46 a
P-Soja										
0FS/100FN	5,1	17	9 ab	23	1,0	11	5	17	40	42
20FS/80FN	5,1	17	7 b	22	1,0	10	4	15	37	40
40FS/60FN	5,1	17	8 ab	22	1,1	10	5	16	38	42
60FS/40FN	5,0	17	7 b	22	1,1	10	5	16	38	42
80FS/20FN	5,2	17	11 a	21	1,1	11	6	18	39	46
100FS/0FN	5,0	17	9 ab	25	1,1	9	5	15	40	38
Valor de F										
P-Triticale	0,34 ns	0,03 ns	1,68 ns	0,14 ns	2,22 ns	6,38 *	4,87 *	8,48 *	2,32 ns	9,67 *
P-Soja	0,14 ns	0,28 ns	1,56 *	0,76 ns	0,37 ns	0,19 ns	0,31 ns	0,21 ns	0,37 ns	0,45 ns
PT x OS	0,63 ns	0,94 ns	0,82 ns	0,72 ns	1,07 ns	0,53 ns	0,73 ns	0,45 ns	0,50 ns	0,50 ns
C V (%)										
Parcela	7,68	7,40	48,64	20,24	19,01	30,59	26,50	20,92	15,59	12,47
Subparcela	10,38	6,56	53,69	22,74	14,22	43,32	39,10	36,27	12,34	31,18

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

Quadro 18. Resultados da análise química de solo para a profundidade de 20-40 cm, no primeiro cultivo da soja, referente à coleta realizada na colheita da soja em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	pH	M. O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmolc dm ⁻³)						
P-Triticale										
Sem P	4,3	16	3	32	0,9	4 b	3	8 b	40	20 b
P-Natural	4,4	15	4	30	1,0	5 a	4	10 a	40	25 a
P-Solúvel	4,4	15	3	32	0,9	6 a	3	10 a	42	24 a
P-Soja										
0FS/100FN	4,3	16	4 ab	30	1,0 ab	5	3	9	39	23
20FS/80FN	4,4	15	3 b	31	0,8 b	5	3	9	40	22
40FS/60FN	4,4	16	3 b	32	1,0 ab	5	3	9	41	22
60FS/40FN	4,3	15	4 ab	30	1,1 a	4	3	8	38	21
80FS/20FN	4,4	16	5 a	31	0,9 ab	5	3	9	40	23
100FS/0FN	4,3	15	4 ab	34	1,0 ab	4	2	7	41	17
Valor de F										
P-Triticale	1,39 ns	0,52 ns	1,54 ns	1,48 ns	2,62 ns	8,71 *	2,19 ns	5,67 *	2,03 ns	5,30 *
P-Soja	0,29 ns	0,32 ns	1,86 *	0,84 ns	1,06 *	0,24 ns	0,31 ns	0,28 ns	0,62 ns	0,31 ns
PT x OS	0,93 ns	0,78 ns	0,84 ns	0,90 ns	1,48 ns	1,22 ns	1,26 ns	1,14ns	0,45 ns	0,93 ns
C V										
	(%)									
Parcela	6,52	10,14	72,79	19,52	19,45	34,36	49,08	32,73	14,90	33,14
Subparcela	6,73	6,30	42,91	16,81	12,95	42,41	43,25	37,97	12,45	35,84

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

e Mg. Marques et al. (2002) determinaram a restituição de elementos ao solo pelas culturas do milho e da aveia antecedendo as culturas de soja e milho, em que a quantidade de nutrientes presentes nos restos de milho foi da ordem de 26 kg ha⁻¹ para o Ca e 17 kg ha⁻¹ para o Mg, enquanto que nos restos culturais da aveia obteve-se 12 kg ha⁻¹ para o Ca e 5 kg ha⁻¹ para o Mg.

Para o Ca trocável, a aplicação inicial do gesso agrícola e do cloreto de cálcio, em superfície, bem como a utilização do superfosfato simples na adubação fosfatada da soja, que contem 20% de Ca, influíram na elevação dos teores do nutriente que mantiveram o nível de Ca elevado para essa camada. Quanto ao Mg, embora apresentando menor teor no solo comparado às análises anteriores, o efeito dos tratamentos e dos insumos aplicados permitiu a manutenção do teor do nutriente no solo. Em estudo de Caires et al. (1998) sobre as alterações das características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados em superfície em sistema de semeadura direta, a aplicação de gesso causou a redução dos teores de Al trocável, aumentou os teores de Ca em todo o perfil do solo e provocou lixiviação de bases, principalmente de Mg, sendo esta mais acentuada na presença de maiores teores de Mg trocável no solo.

Com relação à SB, ocorreu diferença significativa para o fator P-Triticale, onde a aplicação de fosfato solúvel proporcionou maior SB comparado à ausência de adubação fosfatada e, quanto ao fator P-Soja, a aplicação de 100FS/0FN e da proporção 80FS/20FN, proporcionou maior SB em relação ao 0FS/100FN. Como o Ca é fator preponderante no cálculo da SB, esta apresentou resultado semelhante ao ocorrido para o nutriente nessa camada de solo.

Para CTC, ocorreu diferença significativa para o fator P-Triticale onde a adubação com fosfato solúvel proporcionou maior CTC comparado à ausência de adubação fosfatada. Quanto ao P-Soja, a realização da adubação com 100FS/0FN proporcionou maior CTC comparado à aplicação de 0FS/100FN ou da proporção 20FS/80FN, não diferindo, porém, dos demais tratamentos que apresentaram maior proporção de fosfato solúvel nas combinações.

No Quadro 16 estão apresentados os valores obtidos na análise química de solo para a profundidade de 5-10 cm. Ocorreram diferenças significativas com relação ao teor de Ca, Mg, e a SB e CTC dentro do fator P-Triticale. Para o Ca e o Mg, a

realização da adubação com fosfato solúvel proporcionou maior teor desses elementos. As aplicações de gesso agrícola e cloreto de cálcio para balancear os tratamentos no início do experimento e a mineralização dos resíduos vegetais influíram nesses resultados. Nota-se que apesar das diferenças para cada nutriente, a magnitude entre os valores não foi tão elevada. Para SB, ocorreu diferença significativa, onde a aplicação da adubação fosfatada, independente da fonte, proporcionou teor mais elevado de SB comparado à ausência de aplicação de fosfato. Quanto a CTC, a adubação com fontes de fosfato proporcionou maior CTC do que a ausência de aplicação. Essas variáveis acompanharam os teores de cátions do solo principalmente o Ca e Mg sendo que, estes elementos, apresentam efetiva participação quanto à obtenção dos valores de SB e CTC.

No Quadro 17 estão apresentados os valores obtidos na análise química de solo, na profundidade de 10-20 cm, onde se observa que ocorreram diferenças significativas para as variáveis P, dentro do fator P-Soja e para Ca, Mg, SB e V%, dentro do fator P-Triticale. Para o P, a aplicação da proporção 80FS/20FN promoveu maior teor de P comparada à aplicação das proporções 20FS/80FN e 60FS/40FN. Este fato mostra que, ao longo do tempo, e após a aplicação dos tratamentos na soja, a fonte fosfato solúvel continua a proporcionar maior teor de fósforo no solo. Para o Ca e Mg, repetiu-se o mesmo resultado que aconteceu nas camadas mais superficiais do solo, com a adubação com fosfato solúvel proporcionando maior teor de Ca e Mg comparado à ausência de adubação com fosfato.

Para a variável SB, a adubação com fosfato solúvel proporcionou maior SB comparada à ausência de adubação, repercutindo os resultados obtidos para o Ca e Mg nessa camada de solo. Quanto a V%, a aplicação das fontes de fosfatos proporcionou maior V% comparada à ausência de adubação fosfatada. Os resultados para os teores de Ca, Mg, SB e V%, seguiram a tendência apresentada na camada de 5-10 cm, podendo ser justificados da mesma maneira.

No quadro 18 estão apresentados os resultados dos valores médios obtidos na análise química de solo, na profundidade de 20-40 cm. Ocorreram diferenças significativas para P e K quanto ao fator P-Soja e para Ca, SB e V% quanto ao fator P-Triticale. Para o P, ocorreu diferença significativa, onde a aplicação da proporção 80FS/20FN repercutiu em maior teor de P comparada às proporções 20FS/80FN e 40FS/60FN. Esse fato está relacionado à maior participação da fonte fosfato solúvel nas combinações de proporções

de fontes. Quanto ao K, ocorreu diferença significativa, onde a aplicação de 60FS/40FN, promoveu maior teor do nutriente em relação à proporção 20FS/80FN, não diferindo, porém, dos demais tratamentos. Segundo Evans (1977), as gramíneas apresentam alto potencial de exploração do K do solo em virtude de apresentar maior comprimento e grande quantidade de pelos absorventes nas raízes. De acordo com Mengel (1982) as gramíneas, por favorecerem a liberação do K não trocável, possivelmente o K laminar, podem utilizá-lo mesmo quando em concentrações relativamente baixas.

Para o Ca, a adubação fosfatada, independente da fonte, proporcionou maior teor de Ca no solo, comparada à ausência de adubação com fosfato, fato esse já discutido anteriormente.

Para a SB e V%, a aplicação da adubação fosfatada, independente da fonte, proporcionou maior SB e V% em relação à ausência de aplicação de fosfato. As variáveis SB e V%, acompanharam os valores apresentados pelo Ca que é um elemento preponderante para o cálculo dessas variáveis.

6.3 Análises químicas de solo no segundo cultivo de soja

Nos Quadros 19, 20, 21 e 22, estão apresentados os valores obtidos, em quatro profundidades, referente às coletas de solo realizadas na semeadura da soja em função de P-Triticale e P-Soja aplicados no primeiro ano do experimento.

No Quadro 19, estão os valores obtidos na profundidade de 0-5 cm, onde correram diferenças significativas para M.O. quanto à interação entre P-Triticale e P-Soja e para as variáveis P, Ca, SB e CTC para o fator P-Triticale.

O desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja para o teor de M.O. no solo, está apresentado no Quadro 19.1.

Quadro 19. Resultados da análise química de solo para a profundidade de 0-5 cm, no segundo cultivo da soja, referente à coleta realizada na semeadura da soja em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	pH	M. O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmolc dm ⁻³)						
P-Triticale										
Sem P	5,7	25 b	24 c	16	1,1	39 ab	10	51 ab	67 ab	76
P-Natural	5,8	27 a	50 a	16	1,0	40 a	11	52 a	68 a	76
P-Solúvel	5,7	24 c	42 b	16	1,0	36 b	9	46 c	62 b	74
P-Soja										
0FS/100FN	5,7	27 a	38	17	1,1	38	9	48	65	74
20FS/80FN	5,7	26 ab	41	17	1,1	38	10	50	67	74
40FS/60FN	5,8	25 b	38	16	1,0	40	11	52	68	76
60FS/40FN	5,8	25 b	35	15	1,0	38	10	49	64	76
80FS/20FN	5,6	26 ab	37	17	1,0	36	10	47	64	73
100FS/0FN	5,8	25 b	45	15	1,0	39	11	51	66	77
Valor de F										
P-Triticale	0,21 ns	46,72 **	71,51 **	0,38 ns	0,05 ns	4,06 *	1,35 ns	3,58 *	3,64 *	1,71 ns
P-Soja	0,60 ns	1,79 *	0,68 ns	0,75 ns	0,05 ns	0,45 ns	0,27 ns	0,32 ns	0,36 ns	0,56 ns
PT x OS	1,33 ns	2,06 *	1,10 ns	1,68 ns	1,04 ns	1,49 ns	1,32 ns	1,49 ns	1,27 ns	1,52 ns
C V										
				(%)						
Parcela	5,80	4,25	19,71	19,74	51,27	14,01	26,83	16,69	11,19	7,23
Subparcela	6,85	6,83	37,44	19,91	46,31	18,43	32,41	20,13	11,54	9,44

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

Quadro 20. Resultados da análise química de solo para a profundidade de 5-10 cm, no segundo cultivo da soja, referente à coleta realizada na semeadura da soja em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	pH	M. O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmolc dm ⁻³)						
P-Triticale										
Sem P	5,2	22 b	18	20	0,7 b	30	7	38	58	65
P-Natural	5,1	22 b	21	20	0,8 b	31	7	39	59	66
P-Solúvel	5,1	24 a	19	21	1,2 a	29	8	38	59	64
P-Soja										
0FS/100FN	5,0 b	22 b	23 a	22	0,8	30	7	38	59 ab	64
20FS/80FN	5,2 ab	23 ab	21 ab	20	0,8	31	8	40	60 a	66
40FS/60FN	5,3 a	23 ab	22 ab	19	0,9	32	7	40	59 ab	67
60FS/40FN	5,1 ab	22 b	16 b	21	1,0	28	7	36	56 b	64
80FS/20FN	5,1 ab	23 ab	18 ab	20	0,9	29	7	37	57 ab	65
100FS/0FN	5,2 ab	24 a	16 b	19	0,8	29	8	38	57 ab	66
Valor de F										
P-Triticale	0,39 ns	17,33 *	0,75 ns	0,22 ns	8,15 *	0,55 ns	0,36 ns	0,26 ns	0,59 ns	0,17 ns
P-Soja	1,21 *	2,05 *	1,98 *	0,555 ns	0,45 ns	1,02 ns	0,36 ns	0,70 ns	1,41 *	0,53 ns
PT x OS	1,95 ns	2,14 *	1,26 ns	1,07 ns	0,23 ns	1,22 ns	1,333 ns	1,25 ns	1,25 ns	1,29 ns
C V										
	(%)									
Parcela	8,68	4,50	48,78	18,28	47,11	18,95	28,53	17,13	8,94	11,69
Subparcela	7,65	7,09	39,08	20,96	49,84	16,74	30,92	17,89	8,03	12,19

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

Quadro 21. Resultados da análise química de solo para a profundidade de 10-20 cm, no segundo cultivo da soja, referente à coleta realizada na semeadura da soja em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	pH	M. O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmolc dm ⁻³)						
P-Triticale										
Sem P	5,0	23 b	17 a	22 b	1,1	18 b	7	26 b	48 b	54
P-Natural	4,8	25 a	15 ab	26 a	0,7	23 a	8	32 a	59 a	55
P-Solúvel	4,9	24 ab	14 b	23 ab	0,9	23 a	7	31 a	55 a	57
P-Soja										
0FS/100FN	4,8	24	17 ab	25	0,8	23 a	7	31 abc	56 a	55 ab
20FS/80FN	5,0	24	19 a	23	0,8	25 a	7	33 a	56 a	59 a
40FS/60FN	5,0	24	14 b	22	0,9	22 ab	8	32 ab	54 ab	59 a
60FS/40FN	4,9	23	14 b	23	0,9	19 b	7	27 bc	50 b	54 ab
80FS/20FN	4,9	23	16 ab	24	1,0	22 ab	8	30 abc	54 ab	56 ab
100FS/0FN	4,9	24	14 b	27	0,8	19 b	6	26 c	53 ab	49 b
Valor de F										
P-Triticale	0,57 ns	0,07 *	0,07 *	0,09 *	0,16 ns	0,04**	0,27 ns	0,03 **	0,00 **	0,25 ns
P-Soja	0,88 ns	0,47 ns	0,03 *	0,61 ns	0,81 ns	0,01 *	0,73 ns	0,06 *	0,25 *	0,19 *
PT x OS	0,40 ns	0,20 **	0,09 **	0,32 ns	0,45 ns	0,02 **	0,96 ns	0,14 ns	0,06 ns	0,22 ns
C V (%)										
Parcela	6,92	7,34	20,06	25,45	59,56	16,07	26,01	11,90	12,43	11,63
Subparcela	7,69	5,10	26,48	29,44	49,44	21,47	48,59	22,31	13,64	16,61

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

Quadro 22. Resultados da análise química de solo para a profundidade de 20-40 cm, no segundo cultivo da soja, referente à coleta realizada na semeadura da soja em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	pH	M. O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmolc dm ⁻³)						
P-Triticale										
Sem P	4,4	21 a	9	33	1,2 a	14 b	4	19 b	52 ab	37 b
P-Natural	4,3	20 b	10	33	0,8 b	12 c	5	18 b	50 b	36 b
P-Solúvel	4,3	21 a	9	31	0,9 b	16 a	5	22 a	53 a	41 a
P-Soja										
0FS/100FN	4,3	21 a	10 ab	34	1,1	13	5	19	53	36
20FS/80FN	4,4	19 b	8 b	32	0,8	13	4	18	50	36
40FS/60FN	4,4	21 a	10 ab	33	1,0	14	4	19	52	37
60FS/40FN	4,4	21 a	9 ab	30	1,0	14	4	19	49	39
80FS/20FN	4,3	21 a	9 ab	33	1,0	15	4	20	53	38
100FS/0FN	4,3	21 a	11 a	32	0,8	14	5	20	52	38
Valor de F										
P-Triticale	2,43 ns	7,54 *	3,79 ns	1,26 ns	13,12 **	16,34 **	3,46 ns	14,62 **	3,47 *	6,73 *
P-Soja	0,48 ns	2,60 *	1,31 *	0,74 ns	1,25 ns	1,44 ns	0,24 ns	0,96 ns	0,96 ns	0,56 ns
PT x PS	1,63 ns	8,41 **	1,64 ns	0,62 ns	0,63 ns	3,09 **	1,19 ns	1,86 ns	1,75 ns	0,67 ns
C V										
				(%)						
Parcela	5,68	6,12	17,93	14,31	27,19	19,21	34,95	14,80	6,61	17,09
Subparcela	5,10	4,15	24,84	15,97	39,55	18,27	33,69	16,88	10,25	16,79

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

19.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de M. O., na camada de 0-5 cm de profundidade, da coleta de solo realizada na semeadura da soja.

P-Soja	P-Triticale		
	SP	FN	FS
	.....(g dm ⁻³).....		
0FS/100FN	26 abA	28 abA	26 aA
20FS/80FN	24 bB	29 aA	23 bB
40FS/60FN	24 bB	27 bA	23 bB
60FS/40FN	26 abA	27 bA	23 bB
80FS/20FN	27 aA	26 bAB	24 abB
100FS/0FN	25 abAB	26 bA	23 bB

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

Analisando o fator P-Soja, observa-se que a aplicação das proporções 20FS/80FN, 40FS/60FN, quando da aplicação de fosfato natural reativo no triticale, proporcionaram maior teor de M.O. comparada à aplicação dessas proporções quando da realização da adubação com fosfato solúvel e a ausência de adubação fosfatada no triticale. A aplicação de 100FS/0FN quando da realização da adubação com FN no triticale proporcionou maior teor de M.O. comparado ao FS. A proporção 60FS/40FN repercutiu em maior teor de M.O. na ausência de adubação fosfata e FN aplicado no triticale em relação à adubação com FS. Com relação à proporção 80FS/20FN, esta repercutiu em maior teor de M.O. na ausência de adubação fosfatada no triticale em relação à adubação com FS. Na avaliação do teor de M.O. após o período entre a aplicação dos tratamentos e a semeadura da soja no segundo ano, observa-se maior participação do fosfato natural, inclusive em proporções nas combinações de fontes que, juntamente com fosfato solúvel, aplicado isoladamente, tiveram participação ativa na elevação dos teores de M.O. no solo.

Analisando o fator P-Triticale em relação às parcelas sem aplicação de adubação fosfatada, a proporção 80FS/20FN repercutiu em maior teor de M.O. comparada às proporções 20FS/80FN e 40FS/60FN. Quando da aplicação de FN no triticale, a proporção 20FS/80FN aplicada na soja, repercutiu em maior teor de M.O. comparada a todos os demais tratamentos com exceção de 0FS/100FN, da qual não se diferenciou. Nas parcelas com aplicação de FS no triticale, a aplicação de 0FS/100FN na soja diferiu de todos os tratamentos

proporcionando maior teor de M.O., com exceção da proporção 80FS/20FN. De acordo com Mendonça & Oliveira (2000) os constantes aportes de nutrientes e de resíduos orgânicos ao solo favorece a ciclagem dos nutrientes, e quando o material vegetal é de baixa taxa de decomposição (elevada relação C/N) ocorre o favorecimento do processo de humificação, criando uma reserva de nutrientes nos solos. Por outro lado, quando o aporte for de material vegetal de rápida decomposição (baixa relação C/N) haverá uma rápida mineralização dos nutrientes.

Deve ser destacado o fato de que o cultivo de aveia preta e do milheto, antecedendo o cultivo da soja, influíram na elevação e melhor distribuição em profundidade do teor da M.O. no solo. Segundo Pavinato et al. (2002), a aveia preta apresenta grande capacidade de produção de matéria seca, mantendo seus resíduos por longo período na superfície do solo. Por outro lado, o milheto é uma cultura que aumenta a diversidade e a dinâmica microbiana, incrementando o seu teor e a biodiversidade no solo.

A palha, ao influenciar a microbiota do solo favorece a ilimitada sucessão de ciclos biológicos que possibilita a manutenção da fertilidade (Holtz & Sá, 1996). A adição ao sistema agrícola de plantas para cobertura do solo pode afetar profundamente as suas populações microbianas e propiciar um novo estado de equilíbrio dinâmico. Assim, a matéria orgânica favorece fisicamente, no processo de agregação das partículas de solo e quimicamente, se apresenta como reservatório de alguns nutrientes liberados gradativamente, especialmente, o nitrogênio, o fósforo e o enxofre (Bonamigo, 1999).

Para o P, dentro do fator P-Triticale, a aplicação de FN proporcionou maior teor de fósforo no solo em relação ao FS e a ausência de adubação fosfatada sendo que, esta, se diferenciou do FS apresentando menor teor do nutriente. Na eficiência do fosfato natural como fonte de P para as plantas, com o aumento do tempo de contato do fosfato com o solo, o que ocorre é um efeito do tempo, diminuindo essa eficiência de modo menos pronunciado para o fosfato natural do que para as fontes solúveis (Kochhann et al., 1982; Novais, 1999). Segundo Kaminski & Peruzzo (1997), os fosfatos naturais reativos que reagem no solo mais lentamente podem apresentar um efeito compensatório e o somatório da sua eficiência, quando estimada por períodos mais longos, pode se igualar aos fosfatos solúveis, devido à perda do poder fertilizante destes.

Para o Ca (Quadro 22), ocorreu diferença significativa dentro do fator P-Triticale, ocorrendo maior teor de Ca no solo quando da aplicação de FN, comparada ao FS. Com relação à SB, ocorreu diferença significativa, dentro do fator P-Triticale, onde a adubação com FN proporcionou maior SB comparada à aplicação de FS, não diferindo da ausência de aplicação de fosfato. Para CTC, ocorreu o mesmo resultado onde, pelo teste de médias, a aplicação da fonte FN proporcionou maior CTC comparado à aplicação de FS, não diferindo, porém, da ausência de aplicação de fosfato. Com o tempo decorrido entre a aplicação dos tratamentos no ano anterior e a análise química de solo realizada na semeadura da soja no segundo ano, nota-se que o fosfato natural começa a apresentar melhor performance proporcionada pelos teores mais elevados com relação ao fosfato solúvel em relação às variáveis analisadas.

De acordo com Novais (1999), com a dissolução do fosfato natural no solo, há aumento da concentração de Ca e de P próximos das partículas de fosfato natural, tendendo a um equilíbrio e restringindo a dissolução do fosfato natural. A retirada ou diminuição desses produtos da dissolução fará com que o equilíbrio se desloque favorecendo a taxa de dissolução do fosfato natural. Assim, a dissolução do fosfato natural deverá ser mais intensa em solos com maior CTC e, particularmente, com maiores teores de M.O. sendo que, a maior absorção de Ca pelas plantas, bem como maior difusão e lixiviação de Ca do que de P, de modo geral, deverá ter efeito particular sobre a dissolução de fosfato natural em solos.

No Quadro 20, estão apresentados os valores obtidos na análise química de solo referente à camada de 5-10 cm de profundidade. Para o fator P-Triticale ocorreram diferenças significativas para a variável K. Quanto ao fator P-Soja, houve diferenças significativas para o pH, P e CTC. Para a M.O. ocorreu diferença significativa para a interação entre P-Triticale e P-Soja. Com relação ao pH, a aplicação da proporção 40FS/60FN promoveu maior pH, comparada à aplicação de 0FS/100FN, porém não diferiu em relação aos demais tratamentos. Apesar de ocorrer diferença significativa entre os valores pode-se observar que as diferenças não são acentuadas.

O Quadro 20.1 apresenta o desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja para teor de M.O. no solo.

20.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de M. O., na camada de 5-10 cm de profundidade, da coleta de solo realizada na semeadura da soja.

P-Soja	P-Triticale		
	SP	FN	FS
	.....(g dm ⁻³).....		
0FS/100FN	23 abAB	21 bB	24 aA
20FS/80FN	23 abA	23 bA	25 aA
40FS/60FN	24 aA	21 bB	24 aA
60FS/40FN	21 bB	22 bB	24 aA
80FS/20FN	21 bB	23 bAB	25 aA
100FS/0FN	23 abB	26 aA	24 aA

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

Analisando o fator P-Triticale, observa-se que a aplicação de 100FS/0FN, quando da aplicação de fósforo solúvel no triticale proporcionou maior teor de M.O. em relação à ausência de adubação fosfatada. A proporção 40FS/60FN, quando da adubação com FS e ausência de adubação fosfatada no triticale, proporcionou maior teor de M.O. comparada à aplicação de FN no triticale. A combinação 60FS/40FN quando se aplicou FS no triticale apresentou maior teor de M.O. em relação à fonte FN e ausência de adubação fosfatada. Para a proporção 80FS/20FN, sob FS no triticale, esta proporcionou maior teor de M.O. comparada à ausência de aplicação de fósforo. Já com relação a aplicação de 100FS/0FN, quando se aplicou FN no triticale, obteve-se maior teor de M.O. comparada à ausência de adubação fosfatada.

Analisando-se o fator P-Soja, observa-se que quando da ausência de adubação fosfatada a aplicação da proporção 40FS/60FN possibilitou maior teor de M.O. comparada às proporções 60FS/40FN e 80FS/20FN. Quando da adubação com FN no triticale, a aplicação de 100FS/0FN proporcionou maior teor de M.O. comparada a todos os demais tratamentos. Dentro da adubação com fósforo solúvel no triticale, não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Para essa camada de solo, o fósforo solúvel, de forma geral, manteve uma maior participação quanto a apresentar teor mais elevado de M.O. no solo, resultados estes, contrários aos obtidos para a camada de 0-5 cm que mostrou uma melhor performance do fósforo natural.

Para o P, houve diferença significativa, onde a aplicação do 0FS/100FN promoveu maior teor de fósforo na profundidade de 0-5 cm, comparada ao

100FS/0FN e a proporção 60FS/40FN. Esse resultado evidencia a maior participação do fosfato natural na liberação de fósforo no solo em relação ao fosfato solúvel, inclusive não diferindo significativamente das proporções com maior participação de fosfato natural. Interagindo com o P presente na solução do solo estão os resíduos do material orgânico presente na superfície do solo no plantio direto.

Para o K, a aplicação da fonte fosfato solúvel proporcionou maior teor de K em relação ao fosfato natural e a ausência de aplicação de fósforo. As culturas cultivadas antecedendo a soja, aveia preta e, em especial o milheto, influíram nesse resultado, pois, embora sem diferença significativa, as áreas com aplicação de fosfato solúvel, proporcionaram, maior produção de matéria seca de palha nessas parcelas.

Esteves (2000) estudando a produção de soja em função da antecipação da adubação PK em semeadura direta relata que na ausência de adubação PK, o teor de K no solo foi maior sob aveia preta do que sob milheto, ocorrendo o oposto quando da aplicação da adubação PK, onde as áreas sob milheto proporcionaram maior teor do nutriente. Borkert et al. (1999) em trabalho sobre a quantidade de nutrientes presentes na matéria seca de cinco espécies utilizadas como culturas de cobertura observaram que a aveia preta se caracterizou como recicladora de grande quantidade de K acumulando cerca de 23,3 kg de K por tonelada de matéria seca. Em estudo de Foloni et al. (2002a) sobre a antecipação da adubação potássica da soja em rotação com milheto, foi verificado que a reciclagem de K pelo milheto foi intensa e considerável, influenciando na produção de grãos de soja. Foloni et al. (2002b), em trabalho sobre o manejo da adubação potássica em semeadura direta, observaram que a palha de milheto constitui uma reserva considerável de K, com disponibilização do nutriente na ordem de 90% aos 50 dias após a semeadura da soja. Segundo Marques et al. (2002), a restituição de K pelas culturas de milheto e aveia preta ao solo quando cultivados antecedendo a soja foram da ordem de 124 e 60 kg ha⁻¹, respectivamente.

Para a CTC, ocorreu diferença significativa dentro do fator P-Soja, onde a aplicação da proporção 20FS/80FN repercutiu em maior CTC comparada à proporção 60FS/40FN. Mais uma vez nota-se a participação de maior quantidade de fosfato natural na combinação de fontes proporcionando maior teor de M.O. no solo.

O Quadro 21 apresenta os valores obtidos na análise química de solo para a profundidade de 10-20 cm, referente à coleta de solo realizada na semeadura da soja,

em função de P-triticales e P-Soja aplicados no cultivo anterior. Na análise do quadro, observa-se que para a variável M.O. ocorreu interação significativa entre P-Triticale e P-Soja. O desdobramento da interação está apresentado no Quadro 21.1.

21.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de M. O., na camada de 10-20 cm de profundidade, da coleta de solo realizada na semeadura da soja.

P-Soja	P-Triticale		
	SP	FN	FS
	.....(g dm ⁻³).....		
0FS/100FN	23 bcB	24 aAB	26 aA
20FS/80FN	22 cB	25 aA	25 abA
40FS/60FN	22 cB	25 aA	24 abcA
60FS/40FN	24 abA	23 aA	22 cA
80FS/20FN	22 cB	25 aA	23 bcAB
100FS/0FN	25 aA	24 aAB	23 bcB

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste LSD a 1%.

Analisando o fator P-Triticale, observa-se que as proporções 20FS/80FN e 40FS/60FN quando aplicadas nas parcelas que receberam FN e FS no triticales, proporcionaram maior teor de M.O. comparada à ausência de adubação fosfatada. A aplicação de 100FS/0FN na soja quando da ausência de adubação fosfatada no Triticales proporcionou maior teor de M.O. comparada à aplicação de FS no Triticales.

A proporção 80FS/20FN redundou em maior teor de M.O. quando da adubação com FN no triticales em relação à ausência de adubação fosfatada. Com relação ao 0FS/100FN quando da aplicação de FS no triticales, resultou em maior teor de M.O. comparado à ausência de adubação fosfatada no triticales.

Quando analisamos o fator P-Soja, na ausência da adubação fosfatada no triticales, a aplicação da proporção 100FS/0FN na soja proporcionou maior teor de M.O. em relação a todos os demais tratamentos com exceção da proporção 60FS/40FN da qual não diferiu. Para FN no triticales, não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos. Já quando se aplicou FS no triticales, o maior teor de M.O. foi proporcionado pela aplicação de 0FS/100FN na soja comparada às proporções 60FS/40FN, 80FS/20FN e ao 100FS/0FN. Esses resultados mostram que, embora o fosfato natural proporcione maior teor de M.O.,

equiparando-se e até superando o fosfato solúvel, fica evidente que esse fato ocorre quando houve aplicação de fosfato nas culturas que antecederam o cultivo da soja no primeiro ano.

Para o P, ocorreu interação entre P-Triticale e P-Soja cujo desdobramento esta apresentado no quadro 21.2.

Pela análise do quadro, quanto ao fator P-Triticale, pode-se observar que as aplicações das proporções 20FS/80FN, 40FS/60FN quando da ausência da adubação fosfatada e adubação com fosfato natural no triticale proporcionaram maior teor de P nessa camada de solo comparada a adubação com fosfato solúvel.

21.2 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de P, na camada de 10-20 cm de profundidade, da coleta de solo realizada na semeadura da soja.

P-Soja	P-Triticale		
	SP	FN	FS
	.....(mg dm ⁻³).....		
0FS/100FN	21 aA	15 abB	13 bB
20FS/80FN	24 aA	21 aA	13 bB
40FS/60FN	14 bA	16 abA	13 abB
60FS/40FN	15 bA	9 cB	17 abA
80FS/20FN	15 bA	14 bcA	19 aA
100FS/0FN	14 bAB	17 abA	12 bB

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste LSD a 1%.

A proporção 60FS/40FN na ausência da adubação fosfatada e aplicação de fosfato solúvel no triticale proporcionaram maior teor de P comparada à ao fosfato natural. A aplicação de 0FS/100FN, quando da ausência da adubação fosfatada proporcionou maior teor de P comparada às aplicações de fosfato natural e fosfato solúvel no triticale, enquanto que, a aplicação de 100FS/0FN nas parcelas que receberam fosfato natural, proporcionou maior teor de P comparado ao fosfato solúvel aplicado no triticale. Os resultados mostram que o fosfato natural, em aplicação isolada ou participando em maior proporção nas combinações, apresentou maior participação em profundidade quanto ao teor de P.

Analisando o fator P-Soja observa-se que quando da ausência de adubação fosfatada no triticale, a aplicação de 0FS/100FN e da proporção 20FS/80FN proporcionou maior teor de P em relação a todos os tratamentos aplicados na soja. Com

relação ao fosfato natural aplicado no triticale, a combinação 20FS/80FN repercutiu em maior teor do nutriente em relação às proporções 60FS/40FN e 80FS/20FN. Para a adubação com fosfato solúvel no triticale, a proporção 80FS/20FN repercutiu em maior teor de P em relação a proporção 20FS/80FN e a aplicação de 0FS/100FN e 100FS/0FN. Diferentemente da M.O., a utilização do fosfato natural bem como a sua maior participação nas proporções, mesmo na ausência da adubação fosfatada nos cultivos que antecederam a soja, possibilitou maior teor de P no solo. De acordo com Goedert & Lobato (1980), Goedert & Lobato (1984) e Oliveira et al. (1984) em termos de eficiência agrônômica os fosfato reativos mostram-se similares aos fosfatos solúveis em água, particularmente quando se considera o efeito residual.

Para o Ca, ocorreu interação entre P-Triticale e P-Soja, cujo desdobramento esta apresentado no quadro 21.3.

21.3 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de Ca, na camada de 10-20 cm de profundidade, da coleta de solo realizada na semeadura da soja.

P-Soja	P-Triticale		
	SP	FN	FS
	.....(mmol _c dm ⁻³).....		
0FS/100FN	26 aA	17 bB	26 aA
20FS/80FN	25 abA	27 aA	24 bB
40FS/60FN	19 bcB	25 aA	24 aB
60FS/40FN	12 dB	25 aA	20 aA
80FS/20FN	15 cdB	24 aA	25 aA
100FS/0FN	15 cdB	22 abA	20 aAB

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste LSD a 1%.

Quanto ao fator P-Triticale, observa-se que a utilização das proporções 60FS/40FN e 80FS/20FN quando da aplicação de fosfato natural e fosfato solúvel no triticale, proporcionaram maior teor de Ca comparada à ausência de adubação fosfatada. A proporção 20FS/80FN quando da ausência da adubação fosfatada proporcionou maior teor de Ca comparado à aplicação dessa proporção nas parcelas com aplicação de fosfato solúvel aplicado no triticale. Quanto à proporção 40FS/60FN, esta possibilitou maior teor de Ca quando aplicada sobre o fosfato natural aplicado no triticale comparada ao fosfato solúvel ou ausência de adubação fosfatada no triticale. Para aplicação de 100FS/0FN na soja, obteve-se maior teor

de Ca quando se realizou a aplicação de fosfato natural no triticales comparada à ausência de adubação fosfatada. E, finalmente, a aplicação de 0FS/100FN, quando da ausência de adubação fosfatada ou aplicação de fosfato solúvel aplicado no triticales, proporcionou maior teor de Ca comparada ao a adubação com fosfato natural. Para o Ca nessa profundidade, os efeitos da utilização do fosfato natural continuaram a apresentar maior efetividade em relação ao fosfato solúvel.

Analisando o fator P-Soja, na ausência de adubação fosfatada no triticales, a aplicação de 0FS/100FN promoveu maior teor de Ca comparada a todos os demais tratamentos com exceção da proporção 20FS/80FN. Quando da análise de fosfato natural aplicado no triticales, observa-se que a aplicação de 0FS/100FN propiciou o menor teor de Ca nessa camada, em relação aos demais tratamentos, porém não diferindo da aplicação de 100FS/0FN. Para adubação com fosfato solúvel no triticales, a proporção 20FS/80FN propiciou o menor teor de Ca comparado aos demais tratamentos. Nota-se a maior participação das combinações de proporções na elevação do teor de Ca, principalmente com relação as que apresentam maior participação de fosfato natural. Os resultados encontrados para o Ca foram similares aos obtidos para o P nessa camada de solo.

Para a variável SB, ocorreu diferença significativa dentro do fator P-Triticales, onde a aplicação de fontes de fosfato proporcionou maior SB comparada à ausência de adubação fosfatada. Essa variável acompanhou o resultado obtido para Ca, que é um dos fatores preponderantes na obtenção da SB no solo. Para o fator P-Soja, ocorreu diferença significativa, onde a utilização da proporção 20FS/80FN repercutiu em uma maior SB com relação as proporções 60FS/40FN e 100FS/0FN sendo que, as subparcelas que receberam a proporção 40FS/60FN apresentaram maior SB do que aqueles que receberam aplicação de 100FS/0FN.

Para a CTC com relação ao P-Triticales, a aplicação de fontes de fosfato proporcionou maior CTC em relação à ausência de adubação fosfatada. Para o fator P-Soja, a aplicação de 20FS/80FN e de 0FS/100FN, proporcionou maior CTC comparada à proporção 60FS/40FN. Para V%, ocorreu diferença significativa para o fator P-Soja com a aplicação das proporções 20FS/80FN e 40FS/60FN proporcionando maior V% comparado à aplicação de 100FS/0FN. Os resultados para SB, CTC e V%, repercutiram aqueles

proporcionados pelos cátions presentes no solo, que são os fatores utilizados para obtenção dessas variáveis, com participação especial do Ca.

O Quadro 22 apresenta os valores obtidos na análise química do solo, na profundidade de 20-40 cm. Para M.O. ocorreu interação entre P-Triticale e P-Soja. Os desdobramentos dessa interação estão apresentados no Quadro 22.1. Analisando o quadro, quanto ao fator P-Triticale, a aplicação de 100FS/0FN e da proporção 80FS/20FN, redundou em maior teor de M.O. quando da aplicação de fosfato solúvel comparado ausência de adubação fosfatada ou adubação com fosfato natural no triticale. Quando se empregaram as proporções 40FS/60FN e 60FS/40FN, para adubação com fosfato solúvel ou ausência de adubação fosfatada no triticale, obteve-se maior teor de M.O. comparada à aplicação de fosfato natural no triticale.

22.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de M. O., na camada de 20-40 cm de profundidade, da coleta de solo realizada na semeadura da soja.

P-Soja	P-Triticale		
	SP	FN	FS
	.....(g dm ⁻³).....		
0FS/100FN	23 aA	20 aB	20 cdB
20FS/80FN	21 bcA	20 aA	19 dA
40FS/60FN	22 abA	19 aB	21 bcA
60FS/40FN	23 aA	19 aB	21 bcA
80FS/20FN	20 cdB	20 aB	22 abA
100FS/0FN	19 cdB	21 aB	23 aA

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste LSD a 1%.

A aplicação de 0FS/100FN, na ausência de adubação fosfatada no triticale, proporcionou maior teor de M.O. comparada à aplicação de fontes de fosfato no triticale.

Quanto a análise do fator P-Soja, na ausência de adubação fosfatada no triticale, a aplicação da proporção 60FS/40FN e de 0FS/100FN proporcionaram maior teor de M.O. em relação às proporções 20FS/80FN, 80FS/20FN e 100FS/0FN. Quando da adubação com fosfato natural no triticale não ocorreram diferenças significativas. Com relação ao

fosfato solúvel aplicado no triticale, a adubação com 100FS/0FN proporcionou maior teor de M.O. em relação aos demais tratamentos só não diferindo da proporção 80FS/20FN.

Para o P, ocorreu diferença significativa quanto ao fator P-Soja onde, a utilização de 100FS/0FN repercutiu em maior teor de P comparada à utilização da proporção 20FS/80FN, não diferindo, porém, dos demais tratamentos. Esse resultado mostrou-se contrário à análise da camada de 10-20 cm apresentada no Quadro 21, podendo este fato ter ocorrido pela maior liberação de P pela M.O. do solo. A palha é responsável pelo principal substrato disponível na camada superficial do solo, sendo, porém, pequena a contribuição da mesma. Em horizontes mais profundos, a lixiviação de exudados pelas raízes e a decomposição de raízes mortas são relativamente mais importantes (Sá, 1997).

Quanto ao teor de K, ocorreu diferença significativa para o fator P-triticale onde, na ausência de adubação fosfatada obteve-se maior teor do elemento comparado à aplicação das fontes de fosfato. Esse resultado foi contrário ao obtido na camada de 0-5 cm de profundidade, onde o fosfato solúvel foi quem proporcionou maior teor do nutriente no solo podendo ser justificado pela maior produção de matéria seca de palha produzida pelas culturas antecessoras ao cultivo da soja. Além disso, os teores médios do K, nessa camada, podem ser creditados a realização da adubação potássica no cultivo anterior, a participação da M.O. na liberação de nutrientes e a boa precipitação pluvial no período (Figuras 1 e 2). Segundo Pottker (1997), as plantas absorvem grandes quantidades de K acarretando elevado teor do elemento nos restos culturais. O K pode também sofrer processo de diluição da parte aérea das plantas pela chuva e acumular ao lado das linhas das plantas. A exudação de K da raiz bem como a sua decomposição causa uma redistribuição de K no perfil do solo, sendo importante para evitar a excessiva concentração na camada superficial.

Com relação ao Ca, ocorreu interação entre P-triticale e P-Soja. Os desdobramentos da interação estão apresentados no Quadro 22.2.

Analisando o fator P-Triticale, observa-se que a aplicação de 100FS/0FN e das proporções 40FS/60FN e 60FS/40FN quando da adubação com fosfato solúvel no triticale, proporcionaram maior teor de Ca comparada à ausência de adubação fosfatada ou aplicação de fosfato natural no triticale.

22.2 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de Ca, na camada de 20-40cm de profundidade, da coleta de solo realizada na semeadura da soja.

P-Soja	P-Triticale		
	SP	FN	FS
	.....(mmol _c dm ⁻³).....		
0FS/100FN	15 abA	12 aB	11 cB
20FS/80FN	12 cA	12 aA	14 bA
40FS/60FN	13 bcB	12 aB	18 aA
60FS/40FN	14 abcB	12 aB	17 abA
80FS/20FN	16 aA	11 aB	17 abA
100FS/0FN	14abcB	11 aB	18 aA

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste LSD a 1%.

Quando da utilização de 0FS/100FN, na ausência de adubação fosfatada no triticale, esta proporcionou maior teor de Ca comparado à utilização de fontes de fosfato. A proporção 80FS/20FN na ausência da adubação fosfatada ou aplicação de 100FS/0FN proporcionou maior teor de Ca comparada ao fosfato natural no triticale e, a aplicação de 100FS/0FN quando foi realizada a aplicação de fosfato solúvel no triticale, proporcionou maior teor de Ca em relação à ausência de adubação fosfatada e da adubação com FN.

Analisando o fator P-Soja, observa-se que na ausência de adubação fosfatada, a aplicação da proporção 80FS/20FN promoveu maior teor de Ca em relação às proporções 20FS/80FN e 40FS/60FN. Já quando da aplicação de fosfato natural no triticale, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos aplicados na soja. Com relação à aplicação de fosfato solúvel no triticale, a utilização de 100FS/0FN e da proporção 40FS/60FN repercutiram em maior teor de Ca comparada à utilização de fosfato natural e da proporção 20FS/80FN sendo que, o 0FS/100FN foi o tratamento que proporcionou menor teor de Ca em relação a todos os demais. De maneira semelhante aos resultados obtidos para teor de P, o Ca apresentou resultados contrários aos das camadas mais superficiais, onde, ocorreu uma participação mais efetiva do fosfato natural em relação ao fosfato solúvel.

Assim, os cultivos realizados antecedendo ao cultivo da soja proporcionaram maior participação do fosfato solúvel com relação a manutenção teores de Ca mais elevados encontrados nessa camada de solo, já que, além da reciclagem de nutrientes

pelas plantas, a utilização do fosfato solúvel tendo como fonte o superfosfato simples, que contém 20% de Ca, influenciou nesse resultado.

Para SB, ocorreu diferença significativa dentro do fator P-Triticale onde a aplicação de fosfato solúvel proporcionou maior SB em relação à utilização de fosfato natural e ausência de adubação fosfatada. Com relação a CTC, ocorreu diferença significativa para o fator P-Triticale, acompanhando os resultados obtidos para o Ca e a SB, com a aplicação de fosfato solúvel proporcionando CTC mais elevada no solo em relação ao fosfato natural, não diferindo, porém da ausência de adubação fosfatada. Para a V%, ocorreu diferença significativa para o fator P-Triticale, com a aplicação de fosfato solúvel se obteve maior V% em relação ao fosfato natural e ausência de adubação fosfatada. Esses resultados ratificam a maior participação do fosfato solúvel quanto à elevação dos teores dessas variáveis, nessa camada de solo, em relação ao fosfato natural que foi mais efetivo nas camadas mais superficiais.

Os Quadros 23, 24, 25 e 26, apresentam os resultados de valores obtidos na análise química de solo, em quatro profundidades, referente às coletas de solo realizadas na colheita da soja, em função de P-Triticale e P-Soja aplicados no cultivo anterior. Comparando os resultados obtidos na colheita em relação aos resultados das análises químicas de solo realizadas por ocasião da semeadura da soja, observa-se um ligeiro decréscimo com relação aos valores, porém, as modificações não foram tão acentuadas evidenciando que mesmo após o cultivo da soja a fertilidade do solo manteve-se equilibrada.

O Quadro 23 apresenta os valores obtidos na análise química de solo para a profundidade de 0-5 cm. Para o fator P-triticale ocorreram diferenças significativas para todas as variáveis analisadas com exceção de M.O. e H+Al. Para o fator P-Soja, houve diferença significativa para o P, e para a M.O. ocorreu interação entre os fatores P-Triticale e

Quadro 23. Resultados da análise química de solo para a profundidade de 0-5 cm, no segundo cultivo da soja. referente à coleta realizada na colheita da soja em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	pH	M. O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmolc dm ⁻³)						
P-Triticale										
Sem P	5,7 b	25	25 b	16	2,5 ab	23 b	9 b	35 b	51 b	69 b
P-Natural	5,9 a	25	41 a	15	2,8 a	30 a	10 ab	44 a	59 a	74 a
P-Solúvel	5,9 a	25	40 a	15	2,2 b	28 a	12 a	42 a	57 a	73 ab
P-Soja										
0FS/100FN	5,8	25 ab	32 c	16	2,3	27	10	40	56	71
20FS/80FN	5,9	25 ab	33 bc	15	2,7	26	10	39	54	72
40FS/60FN	5,9	26 a	35 bc	16	2,4	27	10	39	55	71
60FS/40FN	5,8	23 b	35 bc	15	2,5	27	9	39	54	72
80FS/20FN	5,9	24 ab	37 ab	15	2,6	28	12	43	58	74
100FS/0FN	5,8	25 ab	40 a	15	2,7	27	11	41	56	73
Valor de F										
P-Triticale	4,62 ns	0,04 ns	36,69 **	0,51 ns	3,30 *	8,47 *	5,26 *	7,05 *	7,27 *	4,91 *
P-Soja	0,31 ns	1,57 *	3,39 *	0,31 ns	0,77 ns	0,12 ns	0,43 ns	0,16 ns	0,19 ns	0,28 ns
PT x PS	1,61 ns	3,83 **	1,65 ns	1,58 ns	1,05 ns	0,88 ns	0,59 ns	0,73 ns	0,72 ns	0,92 ns
C V										
	(%)									
Parcela	3,97	11,31	20,76	12,67	34,26	22,46	25,49	20,73	13,82	8,48
Subparcela	3,89	6,17	15,46	12,60	26,70	18,06	28,87	17,54	11,05	7,87

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

Quadro 24. Resultados da análise química de solo para a profundidade de 5-10 cm, no segundo cultivo da soja, referente à coleta realizada na colheita da soja em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	pH	M. O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmolc dm ⁻³)						
P-Triticale										
Sem P	5,3	21	16 b	21	1,9	18	6	26	47	56
P-Natural	5,3	21	20 a	21	1,9	18	5	25	47	54
P-Solúvel	5,3	21	17 b	20	1,6	19	5	26	46	56
P-Soja										
0FS/100FN	5,3	21	16	21	1,6 ab	18	5	25	46	54
20FS/80FN	5,2	21	16	21	1,5 b	19	5	26	47	55
40FS/60FN	5,3	22	20	20	1,9 ab	17	5	24	44	54
60FS/40FN	5,4	21	16	19	1,9 ab	19	6	27	46	58
80FS/20FN	5,3	21	18	20	2,0 a	19	6	27	47	57
100FS/0FN	5,2	21	19	22	1,8 ab	18	5	25	47	53
Valor de F										
P-Triticale	0,24 ns	1,04 ns	6,05 *	0,76 ns	2,42 ns	0,72 ns	3,53 ns	0,26 ns	0,54 ns	0,62 ns
P-Soja	0,33 ns	0,22 ns	1,28 ns	0,67 ns	1,41 *	0,69 ns	0,17 ns	0,60 ns	0,77 ns	0,56 ns
PT x PS	0,67 ns	2,54 *	1,00 ns	0,94 ns	2,78 **	0,54 ns	0,57 ns	0,55 ns	0,94 ns	0,71 ns
C V										
	(%)									
Parcela	5,42	4,34	26,65	19,17	35,08	15,63	25,78	12,45	8,01	12,17
Subparcela	6,95	6,68	26,97	19,18	30,83	20,00	33,73	17,43	8,55	14,20

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

Quadro 25. Resultados da análise química de solo para a profundidade de 10-20 cm, no segundo cultivo da soja, referente à coleta realizada na colheita da soja em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	pH	M. O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(mmolc dm ⁻³)						
P-Triticale										
Sem P	5,0 b	19 b	11	23	1,4	14	4	20	43	46 b
P-Natural	5,1 ab	20 ab	13	23	1,5	16	5	22	45	49 a
P-Solúvel	5,2 a	21 a	14	23	1,4	16	4	21	44	48 ab
P-Soja										
0FS/100FN	5,0	20 ab	11 ab	23 ab	1,4	13 b	4	19 c	42 b	46 ab
20FS/80FN	5,2	20 ab	12 ab	21 b	1,5	16 a	4	22 ab	43 ab	51 a
40FS/60FN	5,0	19 b	12 ab	24 ab	1,3	14 ab	4	20 bc	44 ab	46 ab
60FS/40FN	5,2	21 a	10 b	22 ab	1,6	15 ab	5	22 ab	44 ab	50 ab
80FS/20FN	5,1	20 ab	14 ab	22 ab	1,6	16 a	5	23 a	45 ab	50 ab
100FS/0FN	4,9	20 ab	15 a	25 a	1,4	16 a	4	21 ab	46 a	45 b
Valor de F										
P-Triticale	4,90 *	4,56 *	2,78 ns	0,19 ns	0,66 ns	1,07 ns	0,50 ns	1,49 ns	0,14 ns	4,40 *
P-Soja	1,05 ns	1,59 *	1,35 *	1,24 *	0,80 ns	2,09 *	0,62 ns	2,28 *	1,19 *	1,85 *
PT x PS	0,60 ns	1,93 ns	0,55 ns	1,09 ns	0,67 ns	1,87 ns	0,91 ns	2,51 *	0,79 ns	1,97 ns
C V										
	(%)									
Parcela	3,91	7,71	37,99	13,85	16,21	21,10	15,73	14,85	13,17	6,13
Subparcela	7,13	7,11	36,68	19,28	30,27	17,44	23,26	13,07	10,95	12,72

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

Quadro 26. Resultados da análise química de solo para a profundidade de 20-40 cm, no segundo cultivo da soja, referente à coleta realizada na colheita da soja em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	pH	M. O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)				(mmolc dm ⁻³)				
P-Triticale											
Sem P	4,8 a	15 b	9	27 b	1,1 ab	13 a	4 a	19 a	46	42 a	
P-Natural	4,6 ab	16 b	10	30 a	1,2 a	12 ab	3 b	17 ab	47	36 ab	
P-Solúvel	4,5 b	18 a	11	31 a	1,0 b	10 b	3 b	14 b	45	31 b	
P-Soja											
0FS/100FN	4,8	14 b	9 b	29	1,0 ab	12	3	16 ab	45	36	
20FS/80FN	4,7	15 bc	9 b	29	1,0 ab	12	4	18 a	47	38	
40FS/60FN	4,7	16 ab	9 b	30	1,2 a	12	3	16 ab	46	35	
60FS/40FN	4,6	16 ab	10 ab	28	1,1 ab	12	4	17 ab	45	38	
80FS/20FN	4,6	17 a	10 ab	28	1,1 ab	11	4	16 ab	44	36	
100FS/0FN	4,5	17 a	12 a	30	0,9 b	10	4	15 b	45	34	
Valor de F											
P-Triticale	3,57 *	39,26 **	2,58 ns	5,78 *	3,73 *	6,00 *	11,14 **	7,18 *	1,08 ns	7,56 *	
P-Soja	0,48 ns	4,46 **	2,33 *	0,15 ns	1,02 *	0,95 ns	0,80 ns	1,20 *	0,20 ns	0,66 ns	
PT x PS	0,39 ns	4,63 **	0,40 ns	0,31 ns	1,56 ns	0,54 ns	0,57 ns	0,54 ns	0,31 ns	0,47 ns	
C V											
					(%)						
Parcela	7,50	8,21	36,14	16,45	19,00	26,48	12,77	20,39	9,94	21,80	
Subparcela	7,22	7,06	23,41	20,20	30,70	23,55	27,70	17,72	12,53	19,18	

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

P-Soja. Para pH, a aplicação das fontes de fosfato proporcionou maior pH comparado à ausência de adubação fosfatada.

Com relação à M.O., o desdobramento dessa interação está apresentado no Quadro 23.1. Analisando o fator P-Triticale, pode-se observar que a aplicação de 100FS/0FN na ausência da adubação fosfatada no triticale promoveu maior teor de M.O. comparado à aplicação de fosfato solúvel no triticale e, quando se utilizou à proporção 60FS/40FN, por ocasião da aplicação de fosfato natural no triticale, esta proporcionou maior teor de M.O. em relação à ausência de aplicação de fosfato no triticale.

23.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de M. O., na camada de 0-5 cm de profundidade, da coleta de solo realizada na colheita da soja.

P-Soja	P-Triticale		
	SP	FN	FS
	.....(g dm ⁻³).....		
0FS/100FN	24 abA	25 abA	27 aA
20FS/80FN	24 abA	26 aA	24 abA
40FS/60FN	26 aA	26 aA	25 abA
60FS/40FN	23 bB	26 aA	23 bAB
80FS/20FN	25 abA	23 bA	25 abA
100FS/0FN	26 aA	24 abAB	23 bB

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste LSD a 1%.

Analisando o fator P-Soja, pode-se observar que na ausência de adubação fosfatada, a aplicação de 100FS/0FN e da combinação 40FS/60FN proporcionaram maior teor de M.O. comparado à proporção 60FS/40FN. Quando da aplicação de fosfato natural no triticale, o menor teor de M.O. foi proporcionado pela combinação 80FS/20FN em relação às demais combinações de proporções utilizadas, porém não diferindo da aplicação de 100FS/0FN e 0FS/100FN. Quanto ao fosfato solúvel aplicado no triticale, a adubação com 0FS/100FN promoveu maior teor de M.O. comparada à proporção 60FS/40FN e aplicação de 100FS/0FN. Após o cultivo da soja no primeiro ano, a tendência de aumento do teor de M.O. foi mantida proporcionada pela maior participação do fosfato natural nos tratamentos, em relação aos resultados obtidos quando da semeadura da soja. Os fosfatos naturais reativos quando incorporados ao solo em doses equivalentes de P₂O₅ total, têm apresentado,

notadamente a partir do segundo cultivo, eficiência agrônômica semelhante à do superfosfato simples (Peruzzo & Wietholter, 2000 e Gomes et al., 2000).

Para o P, quanto ao fator P-triticales, ocorreu diferença significativa, onde a aplicação das fontes de fosfato repercutiu em maior teor do nutriente comparada à ausência de adubação fosfatada. Com relação ao fator P-Soja, a aplicação de 100FS/0FN promoveu maior teor de P em relação a todos os tratamentos com exceção da proporção 80FS/20FN e, esta, apresentou teor mais elevado do nutriente em relação a aplicação de 0FS/100FN. Esse resultado mostra sempre semelhança entre as fontes em termos de eficiência com relação à manutenção de níveis adequados do P no solo resultando na manutenção de teor adequado de P por ocasião do cultivo da soja em sucessão.

Quanto ao K, ocorreu diferença significativa, dentro do fator P-triticales, onde a aplicação de fosfato natural proporcionou maior teor do nutriente em relação ao fosfato solúvel, porém não diferindo da ausência de aplicação de fosfato. Observa-se uma elevação no teor de K trocável do solo que ocorreu pela aplicação da adubação em cobertura, realizada por ocasião da semeadura da cultura da soja no segundo ano. A maior participação do fosfato natural em relação ao fosfato solúvel quanto a M.O. no solo repercutiu para o teor de K mais elevado, devendo ser ressaltado que a M.O. tem relevância na participação na disponibilidade desse nutriente no solo, principalmente em sistema de semeadura direta.

Para o Ca, ocorreu diferença significativa dentro do fator P-Triticales, onde a aplicação de fontes de fosfato proporcionou maior teor de Ca comparado à ausência de adubação fosfatada. Quanto ao Mg, ocorreu diferença significativa, dentro do fator P-Triticales, com a aplicação de fosfato solúvel proporcionando maior teor de Mg no solo em relação à ausência de adubação fosfatada, não diferindo, porém da aplicação do fosfato natural. Observa-se uma redução nos valores médios para o Ca que pode ser justificado pela absorção do mesmo pelas plantas, enquanto o teor de Mg permaneceu sem maiores alterações, fato esse que pode ter ocorrido pela liberação do nutriente pela mineralização dos resíduos vegetais mantendo o nível do Mg constante, independente da absorção do nutriente pelas plantas.

Para a SB e CTC, ocorreram diferenças significativas, quanto ao fator P-Triticales, onde a aplicação de fontes de fosfato produziu maior SB comparada à ausência de aplicação. Quanto a V%, ocorreu diferença significativa, dentro do fator P-triticales, com a adubação com fosfato natural, proporcionando maior V% em relação à ausência de aplicação

de fontes, não diferindo, porém, da adubação com fosfato solúvel. Esses resultados foram semelhantes aqueles obtidos para os cátions que são fatores utilizados nos cálculos dessas variáveis.

O Quadro 24 apresenta os valores obtidos na análise química de solo, na profundidade de 5-10 cm. Os tratamentos aplicados no cultivo anterior influenciaram o teor de M.O., P e K. Para a M.O., ocorreu interação entre P-Triticale e P-Soja. O desdobramento dessa interação está apresentado no Quadro 24.1.

24.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de M. O., na camada de 5-10 cm de profundidade, da coleta de solo realizada na colheita da soja.

P-Soja	P-Triticale		
	SP	FN	FS
	.....(g dm ⁻³).....		
0FS/100FN	20 aA	21 abcA	21 abA
20FS/80FN	21aAB	23 aA	20 bB
40FS/60FN	22 aA	20 bcA	22 abA
60FS/40FN	22 aA	22 abA	20 bA
80FS/20FN	21 aB	20 bcB	23 aA
100FS/0FN	22 aA	19 cB	22 abA

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

Para o fator P-Soja, a aplicação de 100FS/0FN, na ausência da adubação fosfatada ou aplicação de fosfato solúvel no triticale proporcionou maior teor de M.O. comparada ao fosfato natural aplicado no triticale. Por outro lado, a utilização da proporção 20FS/80FN sob adubação com fosfato natural no triticale proporcionou maior teor de M.O. comparada à utilização de fosfato solúvel no triticale. A aplicação da proporção 80FS/20FN repercutiu em maior teor de M.O. com fosfato solúvel aplicado no triticale comparado a ausência de adubação ou utilização do fosfato natural. A aplicação de 100FS/0FN quando da ausência de adubação fosfatada no triticale, semelhantemente ao ocorrido na camada de 0-5 cm de profundidade, manteve maior teor de M.O. e, quando aplicado sob fosfato solúvel no triticale, redundou em maior teor de M.O. em relação à camada mais superficial.

Analisando o fator P-Triticale, na ausência de adubação com fosfato no triticale, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos aplicados na soja. Para a adubação com fosfato natural no triticale, quando da aplicação da proporção 20FS/80FN obteve-se maior teor de M.O. comparado às proporções 40FS/60FN, 80FS/20FN e aplicação de 100FS/0FN, sendo que, esta última foi a que proporcionou o menor teor de M.O. nessa camada de solo. Quando da adubação com fosfato solúvel no triticale, a aplicação da proporção 80FS/20FN proporcionou maior teor de M.O. comparada às proporções 20FS/80FN e 60FS/40FN. Observa-se que nessa camada o fosfato solúvel teve uma melhor participação em relação ao fosfato natural quanto à manutenção de maior teor de M.O. no solo.

Para o P, ocorreu diferença significativa, para o fator P-triticale onde, a aplicação de fosfato natural propiciou maior teor de P no solo comparado à ausência de aplicação de fosfato e a aplicação de fosfato solúvel no triticale. Mais uma vez, se observa à crescente participação do fosfato natural na liberação e aumento do teor de P no solo em relação ao fosfato solúvel. Além disso, o efeito da combinação de culturas com habilidades diferenciadas quanto à absorção e acúmulo de seus resíduos na superfície do solo, mobiliza uma série de transformações nas frações orgânicas e inorgânicas, de ordens biológicas e químicas, que pode reduzir sensivelmente o processo de adsorção, possibilitando maior coeficiente de aproveitamento do P pelas culturas Sá (1995).

Para o K, ocorreu interação entre P-triticale e P-Soja cujo desdobramento está apresentado no Quadro 24.2.

24.2 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de K, na camada de 5-10 cm de profundidade, da coleta de solo realizada na colheita da soja.

P-Soja	P-Triticale		
	SP	FN	FS
	.....(g dm ⁻³).....		
0FS/100FN	1,9 abA	1,6 bcA	1,4 aA
20FS/80FN	2,0 aA	1,1cB	1,5 aAB
40FS/60FN	2,3 aA	1,6 bcA	1,9 aA
60FS/40FN	2,0 aA	2,2 abA	1,6 aA
80FS/20FN	2,0 aAB	2,6 aA	1,5 aB
100FS/0FN	1,2 bB	2,5 aA	1,6 aB

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste LSD a 1%.

Analisando o quadro, quanto ao P-Soja, a aplicação de 100FS/0FN, quando da aplicação de fosfato natural no triticale proporcionou maior teor de K comparada à ausência de adubação fosfatada e aplicação de fosfato solúvel no triticale. Com relação à proporção 20FS/80FN, esta apresentou maior teor de K quando foi aplicada nas parcelas que não receberam adubação fosfatada no triticale comparada a aplicação de fosfato natural. Para a proporção 80FS/20FN, obteve-se maior teor de K quando a mesma foi adicionada sobre fosfato natural na adubação do triticale em relação ao fosfato solúvel.

Analisando o fator P-Triticale, observa-se que na ausência de adubação fosfatada no triticale, a aplicação de 100FS/0FN proporcionou o menor teor de K comparado aos demais tratamentos só não diferindo da aplicação de 0FS/100FN.

Quando analisamos a adubação fosfatada com fosfato natural no triticale, a aplicação de 100FS/0FN e da proporção 80FS/20FN proporcionaram maior teor do nutriente em relação a aplicação de 0FS/100FN, 20FS/80FN e 40FS/60FN. Para a aplicação de fosfato solúvel no triticale não houve diferença entre os tratamentos aplicados na soja. A adubação potássica em cobertura realizada na semeadura da soja e a mineralização dos resíduos vegetais, possibilitou este resultado que mostrou maior resposta para o teor do nutriente quando da utilização de fosfato natural no triticale e do fosfato solúvel aplicados posteriormente nas subparcelas.

No Quadro 25, estão apresentados os valores obtidos na análise química de solo, na profundidade de 10-20 cm. Pode-se observar que só não ocorreu diferença significativa para as variáveis K e Mg.

Com relação ao pH, ocorreu diferença significativa dentro do fator P-Triticale, onde a aplicação de fosfato solúvel proporcionou pH mais elevado em relação à ausência de aplicação de fosfato não diferindo, porém da aplicação de fosfato natural no triticale. Esse resultado foi semelhante ao ocorrido para a camada mais superficial podendo ser justificado da mesma forma.

Para a M.O., ocorreu diferença significativa dentro do fator P-triticale, onde a aplicação de fosfato solúvel proporcionou maior teor de M.O. no solo comparada à ausência de aplicação de fosfato, embora não tenha diferido da aplicação de fosfato natural. Com relação ao fator P-Soja, a aplicação da proporção 60FS/40FN proporcionou maior teor de M.O. nessa camada de solo comparada à proporção 40FS/60FN. O teor de M.O. continuou a

ser influenciado pelas fontes de fosfato em especial pelo fosfato solúvel. Deve ser ressaltada a participação dos resíduos vegetais nessa camada de solo originadas pelo sistema de semeadura direta. De acordo com Sá (1993) o aumento da atividade da fauna no solo é relevante no sistema de plantio direto. A interligação nos processos de troca entre a camada superficial do solo com o subsolo passa a ser mais intensa.

Quanto ao P, ocorreu diferença significativa dentro do fator P-Soja, onde a utilização de 100FS/0FN propiciou maior teor do nutriente no solo comparado à proporção 60FS/40FN. A maior solubilidade do fosfato solúvel aplicado, interagindo com os resíduos vegetais presentes no solo, resultaram em maior teor de P no solo.

Com relação ao H+Al (Quadro 25), ocorreu diferença significativa, para o fator P-Soja, onde a aplicação de 100FS/0FN proporcionou maior teor de H+Al comparada à aplicação da proporção 20FS/80FN. Observando que os resultados para o pH nas parcelas que receberam esse tratamento apresentaram valores mais baixos em relação aos demais tratamentos, refletindo em menor acidez, o que justifica o maior teor de H+Al nessa situação para essa camada de solo.

Para o Ca, ocorreu diferença significativa, dentro do fator P-Soja onde, a aplicação de 100FS/0FN, 20FS/80FN e 80FS/20FN proporcionou maior teor de Ca no solo quando comparada a aplicação de 0FS/100FN. A proporção 100FS/0FN, como nas análises anteriores, proporcionou maior teor de Ca no solo, pelas condições químicas apresentadas no solo e já discutidas.

Com relação à SB, ocorreu interação entre P-triticales e P-Soja. O desdobramento da interação esta apresentada no Quadro 25.1.

Analisando o fator P-Soja, podemos observar que as proporções 20FS/80FN e 80FS/20FN quando da aplicação de fosfato solúvel no triticales, promoveram maior SB comparado à ausência de aplicação de fosfato. A aplicação de 0FS/100FN, quando foi realizada adubação com fosfato natural no triticales, proporcionou maior SB comparada à aplicação de fosfato solúvel no triticales. Quando da aplicação de 100FS/0FN, na ausência de aplicação de fosfato no triticales, esta proporcionou maior SB comparada à aplicação de fosfato natural no triticales.

Quanto ao fator P-triticales, quando da ausência de adubação fosfatada no triticales, a aplicação de 100FS/0FN proporcionou maior SB em relação aos demais

tratamentos com exceção das proporções 60FS/40FN e 80FS/20FN das quais não diferiu. Para o fosfato natural no triticale, a aplicação da proporção 60FS/40FN proporcionou maior SB comparada à aplicação de 100FS/0FN. Com relação à aplicação de fosfato solúvel no triticale, a adubação com 80FS/20FN repercutiu em maior SB comparada à aplicação da proporção 40FS/60FN e de 0FS/100FN que proporcionou o menor teor de SB em relação aos demais tratamentos só não diferindo da proporção 40FS/60FN. A SB acompanhou os resultados obtidos para o Ca que participa intensamente na sua determinação.

25.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente a SB, na camada de 10-20 cm de profundidade, da coleta de solo realizada na colheita da soja.

P-Soja	P-Triticale		
	SP	FN	FS
	.....(mmol _c dm ⁻³).....		
0FS/100FN	19 bAB	22 abA	17 cB
20FS/80FN	19 bB	22 abAB	24 abA
40FS/60FN	19 bA	21 abA	20 bcA
60FS/40FN	20 abA	24 aA	21 abA
80FS/20FN	21 abB	23 abAB	25 aA
100FS/0FN	24 aA	19 bB	22 abAB

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

Para a CTC ocorreu diferença significativa, no fator P-Soja, onde a aplicação de 100FS/0FN promoveu maior CTC comparada à aplicação de 0FS/100FN, não diferindo, porém das aplicações das proporções de fosfato. Os resultados para CTC mostraram-se semelhantes aos obtidos para SB podendo ser justificado da mesma forma.

Com relação a V%, dentro do fator P-Triticale, a aplicação de fosfato natural proporcionou maior V% comparada à ausência de aplicação de fosfato não diferindo, porém do fosfato solúvel. Para o fator P-Soja, a proporção 20FS/80FN proporcionou maior V% comparada à aplicação de 100FS/0FN, não diferindo dos demais tratamentos. As fontes de fosfatos, em especial o fosfato natural, proporcionaram maior V% mostrando que as parcelas que receberam o fosfato natural no triticale bem como nas adubações realizadas com as proporções apresentou efeito positivo na melhoria da fertilidade do solo.

O Quadro 26 apresenta os valores obtidos na análise química de solo, na profundidade de 20-40 cm. Pode-se observar que todas as variáveis estudadas, com exceção da CTC, apresentaram diferenças significativas. Para o pH, dentro do fator P-Triticale, na ausência de aplicação de fosfato, o pH apresentou-se mais elevado do que em relação à aplicação de fosfato solúvel. Na camada de 20-40 cm, o valor do pH foi maior quando da ausência de adubação fosfatada no triticale resultado inverso em relação às camadas mais superficiais podendo esse fato estar relacionado ao teor mais elevado de cátions presentes.

Quanto a M.O., ocorreu diferença significativa, para a interação entre P-triticale e P-soja. Os desdobramentos da interação estão apresentados no Quadro 26.1.

26.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente ao teor de M. O., na camada de 20-40 cm de profundidade, da coleta de solo realizada na colheita da soja.

P-Soja	P-Triticale		
	SP	FN	FS
	.....(g dm ⁻³).....		
0FS/100FN	16 aA	15 bA	15 cA
20FS/80FN	15 abB	16 abB	18 bA
40FS/60FN	14 bC	17 aB	19 abA
60FS/40FN	15 abB	16 abB	18 bA
80FS/20FN	16 aB	16 abB	20 aA
100FS/0FN	15 abB	16 abB	20 aA

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste LSD a 1%.

Analisando o fator P-Soja, podemos observar que as proporções 20FS/80FN, 60FS/40FN, 80FS/20FN e de 100FS/0FN, quando da utilização de fosfato solúvel no triticale, proporcionaram maior teor de M.O. comparado à ausência de adubação fosfatada e a aplicação de fosfato natural no triticale. Com relação à proporção 40FS/60FN, quando se utilizou fosfato solúvel no triticale, esta proporcionou maior teor de M.O. comparada à ausência de adubação fosfatada e a aplicação de fosfato natural que, por sua vez, proporcionou maior teor de M.O. comparada à ausência de adubação fosfatada.

Analisando o fator P-Triticale quando da ausência de adubação fosfatada, a proporção 40FS/60FN promoveu menor teor de M.O. em relação às aplicações de 80FS/20FN e 0FS/100FN. Quando da utilização de fosfato natural no triticale, a proporção

40FS/60FN possibilitou maior teor de M.O. em relação a aplicação de 0FS/100FN. Para o fosfato solúvel aplicado no triticales, a proporção 80FS/20FN e 100FS/0FN repercutiram em maior teor de M.O. em relação as proporções 20FS/80FN, 60FS/40FN e de 0FS/100FN que proporcionou o menor teor de M.O., nessa camada de solo, comparada a todos os outros tratamentos. Observa-se que os melhores resultados para M.O. foram alcançados com a aplicação de fosfato solúvel no triticales e, todos os tratamentos com as proporções de fosfato solúvel propiciaram teor de M.O. superior à aplicação de fosfato natural ou ausência de adubação fosfatada.

Para o P, analisando-se o fator P-Soja, a aplicação de 100FS/0FN proporcionou maior teor de P no solo comparado à aplicação de 0FS/100FN e das proporções 20FS/80FN e 40FS/60FN. Este resultado seguiu a tendência apresentada na camada de 10-20 cm, tendo por origem o melhor comportamento do fosfato solúvel por este apresentar maior solubilidade repercutindo na manutenção de teor de P mais elevados.

Quanto ao H+Al (Quadro 26), dentro do fator P-Triticales, a aplicação de fontes de P proporcionaram maior teor de H+Al comparado à ausência de aplicação de fosfato.

Para a variável K, quanto ao fator P-Triticales, ocorreu diferença significativa com a aplicação de fosfato natural proporcionando maior teor do elemento nessa camada de solo, comparada a aplicação de fosfato solúvel. Dentro do fator P-Soja, a aplicação da proporção 40FS/60FN repercutiu em maior teor de K comparada à aplicação de 100FS/0FN não diferindo dos demais tratamentos. Os resultados para essa camada de solo foram semelhantes aos encontrados na camada de 0-5 cm de profundidade, podendo ser justificado da mesma forma.

Para o teor de Ca, dentro do fator P-Triticales, na ausência de aplicação de fosfato obteve-se maior teor de Ca comparado à aplicação de fosfato solúvel, não diferindo, porém do fosfato natural aplicado no triticales. Quanto ao Mg, dentro do fator P-Triticales, na ausência de aplicação de fosfato, obteve-se maior teor de Mg no solo comparado à aplicação das fontes de fosfato. Os resultados para esses cátions seguiram a tendência apresentada pelo K.

Para a SB, dentro do fator P-Triticales, na ausência de adubação fosfatada obteve-se maior SB comparada à aplicação de fosfato solúvel, não diferindo, porém

da aplicação de fosfato natural no triticale. Dentro do fator P-Soja, a proporção 20FS/80FN promoveu maior SB comparada à aplicação de 100FS/0FN, não diferindo dos demais tratamentos. Para V%, quanto ao fator P-Triticale, na ausência de aplicação da adubação fosfatada obteve-se maior V% comparada à aplicação de fosfato solúvel, não diferindo, porém, da aplicação de fosfato natural. Os resultados seguiram as tendências apresentadas pelos cátions no solo que são preponderantes na determinação dessas variáveis.

Analisando-se os resultados obtidos quanto às análises químicas de solo realizadas ao longo do estudo, nota-se a eficiência das fontes de fosfato utilizadas quanto à elevação e manutenção do teor de P disponível no solo. A aplicação das fontes de fosfato em conjunto com os insumos aplicados na adubação do triticale e da soja e, o efeito dos resíduos vegetais presentes nas camadas de solo mais profundas originou níveis adequados quanto ao teor de M.O. possibilitando, durante o experimento, o equilíbrio e a manutenção da fertilidade.

6.4 Análise química e produção vegetal no cultivo do triticale e do milheto

No Quadro 27, estão apresentados os valores obtidos na avaliação de matéria seca, teor e quantidade de P nas plantas de triticale e na palha. Para as variáveis MS de plantas e palha de cobertura não foram observadas diferenças significativas. Para teor de P nas plantas de triticale, a aplicação de fontes de fosfato repercutiram em maior teor de P comparada à ausência da adubação fosfatada. Este resultado pode ser explicado pela elevação dos teores de P no solo quando da aplicação das fontes de fosfato. Segundo Bayer & Mielniczuk (1999), a decomposição dos resíduos vegetais na superfície do solo, no sistema de semeadura direta, libera ácidos orgânicos de forma contínua, os quais atuam na disponibilização de nutrientes para as culturas, na CTC e na complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, fundamentais em solos tropicais, que são na sua maioria altamente intemperizados e ácidos.

Este resultado pode ser explicado pela elevação dos teores de P no solo quando da aplicação das fontes de fosfato. Segundo Bayer & Mielniczuk (1999), a decomposição dos resíduos vegetais na superfície do solo, no sistema de semeadura direta, libera ácidos orgânicos de forma contínua, os quais atuam na disponibilização de nutrientes

para as culturas, na CTC e na complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, fundamentais em solos tropicais, que são na sua maioria altamente intemperizados e ácidos.

Quadro 27. Resultados de matéria seca, teor e quantidade de P nas plantas de triticale e na palha de cobertura, nas coletas realizadas na colheita do triticale em função de P-Triticale.

Tratamentos	Planta			Palha de cobertura		
	MS (t ha ⁻¹)	Teor P (g kg ⁻¹)	Quantidade P (kg ha ⁻¹)	MS (t ha ⁻¹)	Teor P (g kg ⁻¹)	Quantidade P (kg ha ⁻¹)
Sem P	3,6	0,87 b	3,20 b	2,0	1,26	2,53 b
P-Natural	3,8	0,94 a	3,58 ab	2,2	1,24	2,74 ab
P-Solúvel	4,1	0,95 a	3,90 a	2,4	1,27	3,08 a
Valor de F	1,72 ns	7,15 *	3,59 *	1,00 ns	0,31 ns	3,32 *
C V (%)	8,45	3,44	10,41	13,86	4,57	10,94

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

Com relação à quantidade de P acumulada nas plantas de triticale, a aplicação de fosfato solúvel proporcionou maior quantidade de P acumulado comparado à ausência de aplicação de fosfato. Mesmo não se observando diferenças significativas para MS de plantas, os valores obtidos quanto a essa variável mostraram-se superiores nas parcelas que receberam aplicação de adubação fosfatada, assim como os teores de P foram maiores nessa situação, repercutindo, portanto, na maior quantidade acumulada de P nas plantas de triticale.

Quanto a Palha de cobertura, a quantidade de P acumulado foi mais elevada quando foi aplicada adubação fosfatada comparada à ausência de aplicação de fosfatos, fato esse já esperado, pois, as parcelas que receberam adubação fosfatada apresentaram maior teor do nutriente no solo, embora a produção de MS de palha não tenha diferido significativamente.

O Quadro 28 apresenta os valores obtidos na avaliação de teor e quantidade acumulada de P nos grãos, densidade de plantas e produção de triticale. Para todas as variáveis ocorreram diferenças significativas, com exceção de densidade de plantas.

Para teor de P nos grãos de triticale, a aplicação de fosfato solúvel proporcionou maior teor de P nos grãos comparados à ausência de aplicação de fosfato. As plantas de triticale absorveram mais o P das parcelas que se apresentaram com maior teor de P no solo determinado pela adubação com fosfato solúvel.

Para quantidade acumulada de P nos grãos, a aplicação de fosfato solúvel proporcionou maior quantidade de P comparada à aplicação de fosfato natural e ausência de aplicação de fosfato. Este fato foi proporcionado pelo maior teor de P nos grãos e pela produção mais elevada do triticale, quando da aplicação do fosfato solúvel.

Quanto à produção de grãos, a adubação com fosfato solúvel proporcionou maior produção de triticale em relação à ausência de aplicação de fosfato e aplicação de fosfato natural. Dessa forma, a adubação com fosfato solúvel, em superfície, levou à melhor nutrição fosfatada do triticale e à maior produção de grãos.

Quadro 28. Resultados de teor e quantidade de P nos grãos, densidade de plantas e produção de triticale das coletas realizadas na colheita do triticale em função de P-Triticale.

Tratamentos	Grãos		Densidade de Plantas (Plantas m ⁻²)	Produção (kg ha ⁻¹)
	Teor P (g kg ⁻¹)	Quantidade P (kg ha ⁻¹)		
Sem P	2,97 b	6,07 b	247	2044 b
P-Natural	3,04 ab	6,26 b	249	2060 b
P-Solúvel	3,36 a	8,21 a	257	2436 a
Valor de F	4,83 ns	10,80 *	0,42 ns	16,58 **
C V (%)	6,13	10,59	6,02	5,01

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

No Quadro 29, estão apresentados os valores obtidos na avaliação de matéria seca (MS), teor e quantidade de fósforo nas plantas de milho e na palha, em função de P-Triticale.

Pela análise do quadro, observa-se que os resultados para MS de plantas de milho e palha foram semelhantes aos obtidos para o triticale não apresentando diferenças significativas. Para teor de P nas plantas, a aplicação de fosfato solúvel proporcionou teor de P mais elevado nas plantas de milho comparado à ausência de aplicação ou aplicação de fosfato natural. Este resultado foi similar ao apresentado para as plantas de triticale e podendo ser justificado da mesma forma.

Quadro 29. Resultados de matéria seca, teor e quantidade de P nas plantas de milho e na palha de cobertura, nas coletas realizadas antes da dessecação do milho em função de P-Triticale.

Tratamentos	Planta			Palha de cobertura		
	MS (t ha ⁻¹)	Teor P (g kg ⁻¹)	Quantidade P (kg ha ⁻¹)	MS (t ha ⁻¹)	Teor P (g kg ⁻¹)	Quantidade P (kg ha ⁻¹)
Sem P	2,5	2,05 b	5,12	3,0	0,45 b	1,35 b
P-Natural	2,5	2,13 b	5,32	3,3	0,48 ab	1,55 ab
P-Solúvel	2,6	2,43 a	6,33	3,5	0,61 a	2,14 a
Valor de F	0,56 ns	5,78 *	3,25 ns	1,54 ns	4,17 *	5,45 *
C V (%)	7,18	7,58	13,21	14,40	15,37	20,72

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

Quanto a Palha de cobertura, a aplicação de fosfato solúvel proporcionou maior teor de P na palha de cobertura comparada à ausência de aplicação de fosfato, não diferindo da aplicação de fosfato natural. Deve ser ressaltado que a palha em questão foi formada quando dos cultivos anteriores principalmente com os resíduos deixados na superfície do solo pelo triticale que apresentou teor e quantidade acumulada de P mais elevados nas parcelas que receberam adubação com fosfato solúvel.

Para quantidade de P na palha de cobertura, a aplicação de fosfato solúvel proporcionou maior acúmulo de P comparada à ausência de aplicação de fosfato, não diferindo, porém da aplicação de fosfato natural. Esse resultado refletiu o melhor comportamento proporcionado pelo fosfato solúvel quanto ao teor de P no solo.

Os resultados obtidos mostram a importância da adubação fosfatada para as culturas, de modo geral, e a eficiente participação do fosfato solúvel como fonte.

6.5 Análise química e produção vegetal no primeiro cultivo da soja

No Quadro 30, estão apresentados os valores obtidos na avaliação de matéria seca, teor e quantidade de P para as plantas de soja das coletas realizadas aos 30, 60 e 90 dias após a semeadura (DAS) e na colheita da soja.

Aos 30 DAS, dentro do fator P-Soja, ocorreu diferença significativa para teor de P nas plantas, onde as proporções 60FS/40FN e 80FS/20FN proporcionaram maior teor de P nas plantas comparado as proporções 20FS/80FN, 40FS/60FN e 0FS/100FN. O maior teor de P no solo proporcionado pelas fontes de fosfato aplicadas, em especial o fosfato solúvel, repercutiu no maior teor de P nas plantas de soja.

Aos 60 DAS ocorreu diferença significativa, dentro do fator P-Soja, para matéria seca de plantas (MS) onde a proporção 60FS/40FN proporcionou maior produção de MS comparada à aplicação de 0FS/100FN, não diferindo, porém dos demais tratamentos. Nas subparcelas onde houve maior participação do fosfato solúvel ocorreu maior produção de MS em relação ao fosfato natural.

Aos 90 DAS da soja, dentro do fator P-Soja, ocorreu diferença significativa para MS de plantas onde a aplicação de 0FS/100FN proporcionou menor produção de MS comparada aos demais tratamentos. Para o teor de P, dentro do fator P-Soja, ocorreu diferença significativa com a proporção 60FS/40FN propiciando maior teor de P nas plantas, comparada à adubação com 0FS/100FN e 40FS/60FN. Segue a tendência das áreas com o fosfato solúvel refletirem maior resposta das plantas de soja, quer seja pelo maior desenvolvimento ou maior teor de P nas plantas.

Quanto à quantidade de P acumulada, ocorreu diferença significativa, para os fatores P-Triticale e P-Soja. Para P-Triticale, a aplicação de fosfato solúvel proporcionou maior quantidade acumulada de P nas plantas de soja comparada à ausência de adubação fosfatada não diferindo, porém, do fosfato natural. Para o fator P-Soja, a aplicação da proporção 60FS/40FN proporcionou maior quantidade acumulada de P comparada a adubação com 0FS/100FN.

Na colheita da soja, ocorreu diferença significativa, dentro do fator P-Triticale, para teor de P com a adubação com fosfato natural propiciando maior teor de P nas plantas comparadas a aplicação de fosfato solúvel podendo ser explicada pelo fosfato natural ter translocado menor quantidade de P para os grãos.

No Quadro 31 estão apresentados os resultados dos valores obtidos na avaliação de matéria seca de palha de cobertura, teor e quantidade de P na palha de cobertura nas coletas realizadas aos 30, 60 e 90 DAS e na colheita da soja, em função da aplicação de P-Triticale e P-Soja. Aos 30 DAS não foram encontradas diferenças significativas entre as variáveis analisadas.

Aos 60 DAS ocorreu diferença interação significativa entre P-Triticale e P-Soja. O desdobramento dessa interação está apresentado no Quadro 31.1. Analisando o fator P-Triticale, na ausência de aplicação de fosfato, a proporção 80FS/20FN, propiciou maior teor de P na palha de cobertura comparada à aplicação de 0FS/100FN. Quando da aplicação de fosfato natural no triticale, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos aplicados na soja. Já quando da aplicação de fosfato solúvel, a adubação com 40FS/60FN e 0FS/100FN proporcionaram maior teor de P comparado à aplicação de 100FS/0FN e 80FS/20FN. Analisando o fator P-Soja, quando da aplicação de fosfato solúvel no triticale, a proporção 20FS/80FN proporcionou maior teor de P quando comparada a ausência de adubação fosfatada. A aplicação de 0FS/100FN, quando da aplicação de fosfato solúvel no triticale, proporcionou maior teor de P comparada à aplicação de fosfato natural e ausência de adubação fosfatada no triticale. Observa-se que na palha de cobertura durante o cultivo da soja ocorre maior participação do fosfato natural refletindo a elevação do mesmo no solo ao longo do tempo, porém condicionada a aplicação de fosfato solúvel no triticale.

Para quantidade, dentro do fator P-Triticale, ocorreu diferença significativa, com o fosfato solúvel proporcionando maior quantidade acumulada de P na palha comparada à ausência de aplicação ou aplicação de fosfato natural. Esse comportamento foi similar ao ocorrido com relação ao teor do nutriente no solo em que as parcelas que receberam fosfato solúvel proporcionaram maior teor de P.

Quadro 30. Resultados de matéria seca (MS), teor (T) e quantidade (Q) de P nas plantas de soja das coletas realizadas aos 30, 60 e 90 (DAS) e na colheita, no primeiro cultivo de soja, em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	30 DAS			60 DAS			90 DAS			Colheita		
	MS (g)	T (g kg ⁻¹)	Q (kg ha ⁻¹)	MS (g)	T (g kg ⁻¹)	Q (kg ha ⁻¹)	MS (g)	T (g kg ⁻¹)	Q (kg ha ⁻¹)	MS (g)	T (g kg ⁻¹)	Q (kg ha ⁻¹)
P-Triticale												
Sem P	14,84	3,13	1,54	71,84	2,46	5,66	169,17	3,30	9,52 b	81,55	0,85 ab	2,18
P-Natural	14,31	3,21	1,49	73,16	2,34	5,21	174,51	3,34	9,83 ab	82,34	0,87 a	2,14
P-Solúvel	14,74	3,23	1,62	71,94	2,56	5,81	176,13	3,49	10,63 a	85,04	0,76 b	2,03
P-Soja												
0FS/100FN	13,53	3,10 b	1,32	67,23 b	2,44	5,05	149,82 b	3,17 b	8,90 b	78,99	0,87	2,06
20FS/80FN	15,05	3,05 b	1,61	70,13 ab	2,42	5,37	180,66 a	3,43 ab	10,35 ab	86,40	0,81	2,27
40FS/60FN	15,21	3,12 b	1,62	74,77 ab	2,42	5,74	183,27 a	3,17 b	9,48 ab	80,22	0,87	2,12
60FS/40FN	14,12	3,32 a	1,50	76,09 a	2,51	5,99	173,55 a	3,68 a	10,80 a	79,21	0,85	2,09
80FS/20FN	14,71	3,32 a	1,61	70,20 ab	2,46	5,63	175,72 a	3,46 ab	10,27 ab	83,46	0,82	2,19
100FS/0FN	15,15	3,23 ab	1,67	75,45 ab	2,48	5,57	176,60 a	3,35 ab	10,15 ab	89,57	0,77	1,97
Valor de F												
P-Triticale	0,27 ns	1,27 ns	0,34 ns	0,04 ns	2,06 ns	0,72 ns	0,61 ns	1,03 ns	3,83 *	1,30 ns	4,40 *	1,07 ns
P-Soja	0,76 ns	3,04 *	0,62 ns	1,40 *	0,25 ns	0,82 ns	4,59 *	1,47 *	1,64 *	1,04 ns	0,28 ns	0,25 ns
PT x PS	0,76 ns	0,97ns	0,81 ns	1,41 ns	1,36 ns	0,82 ns	1,29 ns	1,20 ns	1,39 ns	0,27 ns	0,53 ns	0,33 ns
C V (%)												
Parcela	17,98	7,17	34,00	22,91	15,35	32,34	13,08	13,84	14,48	9,47	16,65	17,76
Subparcela	18,20	7,33	36,25	14,58	9,83	22,18	11,21	16,41	18,50	17,62	28,60	35,03

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo nos níveis de 5 e 1% pelo teste F, respectivamente e ns – não significativo.

Quadro 31. Resultados de matéria seca (MS), teor e quantidade de P na palha de cobertura das coletas realizadas aos 30, 60 e 90 (DAS) e na colheita, no primeiro cultivo da soja em função de P-triticale e P-Soja.

Tratamentos	30 DAS			60 DAS			90 DAS			Colheita		
	MS (t ha ⁻¹)	T (g kg ⁻¹)	Q (kg ha ⁻¹)	MS (t ha ⁻¹)	T (g kg ⁻¹)	Q (kg ha ⁻¹)	MS (t ha ⁻¹)	T (g kg ⁻¹)	Q (kg ha ⁻¹)	MS (t ha ⁻¹)	T (g kg ⁻¹)	Q (kg ha ⁻¹)
P-Triticale												
Sem P	1,02	1,02	1,04	1,50	0,40 b	0,59 b	2,00 b	0,74 b	1,48 b	2,08	0,75	1,56
P-Natural	1,04	1,02	1,06	1,33	0,45 ab	0,60 b	1,97 b	0,76 b	1,50 b	2,22	0,79	1,75
P-Solúvel	1,08	1,01	1,09	1,54	0,52 a	0,80 a	2,20 a	0,91 a	2,00 a	2,25	0,81	1,82
P-Soja												
0FS/100FN	0,99	1,04	1,03	1,35	0,47 ab	0,64	1,91	0,80	1,53	2,21	0,77 ab	1,70
20FS/80FN	1,00	1,00	1,00	1,43	0,46 ab	0,66	1,92	0,85	1,63	2,12	0,82 ab	1,74
40FS/60FN	1,08	1,02	1,10	1,42	0,52 a	0,74	2,12	0,77	1,63	2,07	0,77 ab	1,59
60FS/40FN	1,09	1,00	1,09	1,42	0,40 b	0,57	2,13	0,77	1,64	2,21	0,79 ab	1,75
80FS/20FN	1,09	0,94	1,02	1,67	0,46 ab	0,77	2,17	0,83	1,80	2,22	0,86 a	1,90
100FS/0FN	1,07	1,05	1,12	1,47	0,41 b	0,60	2,13	0,79	1,68	2,33	0,70 b	1,63
Valor de F												
P-Triticale	0,13 ns	0,00 ns	0,95 ns	3,17 ns	4,14 *	5,20 *	5,65 *	12,0 **	28,70 **	1,84 ns	0,24 ns	1,82 ns
P-Soja	0,62 ns	0,61 ns	0,51 ns	0,86 ns	1,84 *	1,11 ns	1,12 ns	0,39 ns	0,53 ns	0,60 ns	1,12 *	0,52 ns
PT x PS	0,11 ns	1,44 ns	0,71 ns	0,49 ns	3,14 **	2,03 ns	0,44 ns	1,12 ns	0,43 ns	0,13 ns	0,97 ns	0,77 ns
C V												
	(%)											
Parcela	24,65	20,79	16,85	21,20	29,70	39,53	13,34	16,17	15,96	13,56	37,54	33,69
Subparcela	18,54	25,04	20,19	27,45	24,55	36,61	18,77	22,65	30,46	20,75	22,47	28,78

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo nos níveis de 5 e 1% pelo teste F, respectivamente e ns – não significativo.

31.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no primeiro cultivo da soja, referente ao teor de P na palha da coleta realizada aos 60 DAS da soja.

P-Soja	P-Triticale		
	SP	FN	FS
	.....(g kg ⁻¹).....		
0FS/100FN	0,32 bB	0,37 aB	0,70 aA
20FS/80FN	0,35 abB	0,45 aAB	0,57 abA
40FS/60FN	0,47 abA	0,47 aA	0,62 aA
60FS/40FN	0,40 abA	0,37 aA	0,42 bcA
80FS/20FN	0,50 aA	0,47 aA	0,40 bA
100FS/0FN	0,40 abA	0,47 aA	0,37 bA

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste LSD a 1%.

Aos 90 DAS ocorreram diferenças significativas para o fator P-triticale quanto as variáveis MS, teor e quantidade de P na palha de cobertura. Para MS, a aplicação de fofato solúvel proporcionou maior produção de MS de palha comparada à ausência de adubação fosfatada ou a utilização de fofato natural aplicado no triticale. Quanto ao teor de P na palha de cobertura, a adubação com fofato solúvel propiciou maior teor de P comparada à ausência de adubação fosfatada ou aplicação de fofato natural. Para quantidade acumulada de P na palha de cobertura, ocorreu diferença significativa dentro do fator P-Triticale, com a adubação com fofato solúvel promovendo maior quantidade de P na palha em relação à aplicação de fofato natural e ausência de adubação fosfatada. Os efeitos provocados pelo fofato solúvel continuaram a se acentuar promovendo maior produção de MS absorção e acúmulo de P na palha de cobertura.

Na colheita, ocorreu diferença significativa, quanto ao fator P-Soja para teor de P onde, a proporção 80FS/20FN propiciou maior teor de P comparado à aplicação de 100FS/0FN, porém não diferindo dos demais tratamentos. Durante o cultivo da soja, apesar de uma participação significativa do fofato natural quanto aos teores de P na palha de cobertura e nas plantas de soja, foi o fofato solúvel que mostrou maior efetividade.

No Quadro 32, estão apresentados os valores obtidos na diagnose foliar da soja. Pode-se observar que para o P, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos e os teores obtidos embora estiveram dentro da faixa de nível de suficiência considerado adequado para a cultura da soja (Malavolta et al, 1997).

Quadro 32. Resultados da diagnose foliar da soja, no primeiro cultivo de soja, em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	(g kg ⁻¹)						(mg kg ⁻¹)			
P Triticale										
Sem P	42 b	3,1	18	18	2,9	1,8 b	20 a	93 b	62 a	28
P-Natural	44 ab	3,2	17	18	3,1	1,8 b	15 b	90 b	54 b	28
P-Solúvel	46 a	3,2	17	18	3,3	2,1 a	17 b	115 a	57 ab	28
P-Soja										
0FS/100FN	45	3,2	17	18 ab	3,2	1,9	20 a	90 b	58	28 ab
20FS/80FN	44	3,3	18	19 a	3,2	2,0	18 ab	82 b	58	27 b
40FS/60FN	42	3,1	17	18 ab	3,1	1,9	16 bc	92 b	55	27 b
60FS/40FN	44	3,0	18	17 b	2,9	1,8	14 c	91 b	58	30 a
80FS/20FN	45	3,1	17	18 ab	3,2	1,8	16 bc	120 a	57	28 ab
100FS/0FN	44	3,2	17	17 b	2,9	1,9	20 a	119 a	60	27 b
Valor de F										
P-Triticale	7,22 *	0,19 ns	0,95 ns	0,08 ns	3,09 ns	12,11 *	9,66 *	77,88 *	5,35 *	0,16 ns
P-Soja	0,80 ns	1,29 ns	0,42 ns	1,77 *	1,17 ns	0,27 ns	4,96 *	13,93 *	0,36 ns	1,84 *
PT x OS	1,93 ns	1,55 ns	0,91 ns	2,25 *	0,46 ns	1,28 ns	3,75*	15,03 *	1,14 ns	1,66 ns
C V										
	(%)									
Parcela	8,64	13,74	11,97	8,94	15,09	12,90	24,22	7,61	14,12	10,99
Subparcela	7,38	8,30	10,74	6,88	14,69	14,91	21,12	15,32	16,06	12,07

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

as mesmas apresentaram teores médios e na sua maioria dentro das faixas consideradas adequadas para a soja.

Para o N, dentro do fator P-Triticale, ocorreu diferença significativa, onde a aplicação de fosfato solúvel proporcionou maior teor de N comparada à ausência de aplicação de fosfato, porém não diferindo da aplicação de fosfato natural no triticale. O resultado pode ser creditado as melhores condições químicas do solo que foram proporcionadas pelas adubações fosfatadas realizadas antecipadamente na cultura de inverno e na semeadura da soja e ao maior desenvolvimento das espécies de cobertura proporcionando maior teor de M.O. que é uma das principais fontes de N no solo.

Para o Ca, ocorreu interação significativa entre P-Triticale e P-Soja. O desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja da para o Ca esta apresentado no Quadro 32.1.

32.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no primeiro cultivo da soja, referente à diagnose foliar para teor de Ca.

P-Soja	P-Triticale		
	SP	FN	FS
	.....(g kg ⁻¹).....		
0FS/100FN	16 cB	19 aA	18 aA
20FS/80FN	20 aA	18 abAB	17 aB
40FS/60FN	17 bcA	18 abA	18 aA
60FS/40FN	17 bcA	18 abA	17 aA
80FS/20FN	18 abA	17 abA	18 aA
100FS/0FN	17 bcA	16 bA	18 aA

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

Analisando o fator P-Triticale, observa-se que, na ausência da adubação fosfatada, a proporção 20FS/80FN proporcionou maior teor de Ca comparada à aplicação de todos os tratamentos com exceção da proporção 80FS/20FN. Quando da adubação com fosfato natural no triticale, a aplicação de 0FS/100FN proporcionou maior teor do nutriente comparada a adubação com 100FS/0FN, porém não diferindo dos demais tratamentos. Para adubação com fosfato solúvel no triticale, não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos.

Analisando o fator P-Soja, observa-se que a utilização da proporção 20FS/80FN, quando da ausência de adubação fosfatada no triticales, proporcionou maior teor de Ca comparado à aplicação de 100FS/0FN. A aplicação de 0FS/100FN quando se utilizou fosfato natural ou fosfato solúvel no triticales proporcionou maior teor de Ca comparada à ausência de adubação fosfatada no triticales. Esses resultados não foram coerentes, pois se esperava teor mais adequado nas parcelas que receberam adubação fosfatada.

Para o S, ocorreu diferença significativa, para o fator P-Triticales. A aplicação de fosfato solúvel proporcionou maior teor de S comparado à ausência de adubação fosfatada e a aplicação de fosfato natural. Esse resultado ter-se originado do deslocamento de sulfato pelo fosfato no solo.

Com relação ao Cu, ocorreu interação significativa entre P-triticales e P-Soja. Os desdobramentos da interação para teor de Cu estão apresentados no Quadro 32.2.

32.2 Desdobramento da interação entre P-Triticales e P-Soja, no primeiro cultivo da soja, referente à diagnose foliar para teor de Cu.

P-Soja	P-Triticales		
	SP	FN	FS
	.....(mg kg ⁻¹).....		
0FS/100FN	26 aA	17 aB	16 bB
20FS/80FN	23 abA	16 aB	14 bB
40FS/60FN	20 bA	13 aB	15 bB
60FS/40FN	15 cA	13 aA	15 bA
80FS/20FN	15 cA	17 aA	15 bA
100FS/0FN	22 abA	14 aB	25 aA

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste LSD a 1%.

Pela análise do fator P-Triticales, observa-se que as proporções 20FS/80FN, 40FS/60FN e 0FS/100FN, quando da ausência de adubação fosfatada, propiciou maior teor de Cu comparada à aplicação de fosfato natural e fosfato solúvel. A aplicação de 100FS/0FN quando da ausência de adubação fosfatada no triticales e aplicação de fosfato solúvel proporcionou maior teor de Cu no solo comparada à aplicação de fosfato natural no triticales.

Analisando o fator P-Soja, observa-se que quando da ausência de adubação fosfatada no triticale, a aplicação de 0FS/100FN propiciou maior teor de Cu em relação às proporções 40FS/60FN, 60FS/40FN e 80FS/20FN. Quando da aplicação de fosfato natural no triticale, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Para a aplicação de fosfato solúvel no triticale, a aplicação de 100FS/0FN proporcionou maior teor de Cu, comparado aos demais tratamentos. De forma geral, as melhores condições químicas do solo reveladas pelo pH mais elevado nas áreas com aplicação do fosfato solúvel, que refletiram no menor teor de Cu nas plantas que tem sua disponibilidade no solo diminuída com a elevação do pH.

Para o Fe, ocorreu diferença significativa, para a interação entre P-triticale e P-Soja. O desdobramento da interação está apresentado no Quadro 32.3.

Analisando o fator P-Triticale, a aplicação de 100FS/0FN e da proporção 80FS/20FN, dentro da aplicação de fosfato solúvel no triticale, proporcionou maior teor de Fe comparado à aplicação de fosfato natural e ausência de adubação fosfatada. A aplicação da proporção 20FS/80FN dentro da ausência de adubação fosfatada no triticale proporcionou maior teor de Fe comparado à aplicação de fosfato solúvel no triticale.

32.3 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no primeiro cultivo da soja, referente à diagnose foliar para teor de Fe.

P-Soja	P-Triticale		
	SP	FN	FS
	.....(mg kg ⁻¹).....		
0FS/100FN	86 aA	92 aA	92 bA
20FS/80FN	92 aA	85 aAB	70 cB
40FS/60FN	92 aA	91 aA	91 bA
60FS/40FN	95 aA	98 aA	78 abA
80FS/20FN	92 aB	92 aB	177 aA
100FS/0FN	97 aB	81 aB	179 aA

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste LSD a 1%.

Analisando o fator P-Soja, na ausência de adubação fosfatada e na aplicação de fosfato natural no triticale não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos aplicados na soja. Quando da aplicação de fosfato solúvel no triticale a utilização

de 100FS/0FN e da proporção do 80FS/20FN proporcionaram maior teor de Fe comparada aos demais tratamentos com exceção da proporção 60FS/40FN.

Ao contrário do esperado, o fosfato solúvel teve maior participação quanto ao maior teor de Fe presente nas plantas de soja não apresentando o mesmo comportamento do Cu quanto ao fato das áreas com fosfato solúvel apresentarem um pH mais elevado.

Para o Mn, ocorreu diferença significativa dentro do fator P-Triticale onde, na ausência de aplicação de fosfato ocorreu maior teor de Mn comparado com a aplicação do fosfato natural. Quanto ao Zn, ocorreu diferença significativa, para o fator P-Soja, com a aplicação da proporção 60FS/40FN proporcionando maior teor de Zn comparada à aplicação de 100FS/0FN, 20FS/80FN e 40FS/60FN. A proporção 60FS/40FN por apresentar um maior equilíbrio entre as combinações de fontes de fósforo utilizadas não afetaram negativamente o teor de Zn nas folhas, sendo que, essa proporção, não se mostrou fundamental em relação à elevação do pH, comparado a proporção 100FS/0FN o que determinou o maior teor de Zn nessas condições.

Para os micronutrientes, a manutenção de um pH mais elevado nas áreas que receberam adubação com fosfato solúvel, pela maior produção e acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo, poderia ter influenciado diretamente na menor absorção pelas plantas, porém isso não ocorreu, provavelmente pela manutenção do bom nível de M.O. que é uma das principais fontes de micronutrientes do solo.

No Quadro 33, estão apresentados os resultados para os valores na avaliação para teor e quantidade acumulada de P nos grãos, população de plantas e produção de soja.

Analisando o quadro, observa-se que ocorreu diferença significativa, dentro do fator P-Soja, para quantidade de P nos grãos, onde, a aplicação de 100FS/0FN proporcionou maior quantidade de P nos grãos de soja quando comparado a aplicação de 0FS/100FN, 20FS/80FN e 40FS/60FN. Com relação à população de plantas, dentro do fator P-Soja, ocorreram diferenças significativas, onde a proporção 80FS/20FN resultou em maior população de plantas comparada à proporção 40FS/60FN. Esse resultado reflete as condições proporcionadas pelo fosfato solúvel no solo e ao teor mais elevado do nutriente nas plantas.

Quadro 33. Resultados de análise química para teor (T) e quantidade (Q) de P nos grãos, densidade de plantas e produção de soja, no primeiro cultivo da soja, em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	Grão		População de Plantas (Plantas x 1000 ha ⁻¹)	Produção (kg ha ⁻¹)
	T (g kg ⁻¹)	Q (kg ha ⁻¹)		
P-Triticale				
Sem P	5,66	16,81	411	2964 b
P-Natural	5,45	16,59	406	3030 b
P-Solúvel	5,62	18,72	412	3328 a
P-Soja				
0FS/100FN	5,44	16,25 b	407 abc	2975 c
20FS/80FN	5,62	17,09 b	419 ab	3048 bc
40FS/60FN	5,51	16,98 b	390 c	3080 bc
60FS/40FN	5,49	17,19 ab	413 abc	3110 abc
80FS/20FN	5,57	17,77 ab	427 a	3188 ab
100FS/0FN	5,86	18,96 a	402 bc	3243 a
Valor de F				
P-Triticale	0,34 ns	2,82 ns	0,28 ns	23,90 **
P-Soja	0,83 ns	2,15 *	2,38 *	3,31 *
PT x PS	1,69 ns	0,93 ns	0,39 ns	0,23 ns
C V			(%)	
Parcela	16,71	19,64	6,82	6,25
Subparcela	10,09	12,44	7,23	5,92

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

Quanto à produção de soja, dentro do fator P-Triticale, houve diferença significativa, onde a aplicação de fosfato solúvel promoveu maior produção de soja comparado ao fosfato natural e ausência de aplicação de fosfato. Dentro do fator P-Soja, ocorreu diferença significativa, onde a aplicação de 100FS/0FN proporcionou maior produção da soja comparada a aplicação de 0FS/100FN. A produção foi notadamente influenciada pelos efeitos proporcionados pelo fosfato solúvel ao longo dos cultivos apresentando-se mais elevada quando da utilização dessa fonte aplicada isoladamente ou participando em maior proporção nas combinações com fosfato natural. Deste modo, a aplicação de fosfatos na cultura de inverno e de combinações de fontes na semeadura, de forma geral, proporcionou maior produtividade de grãos quanto maior foi a participação do fosfato solúvel na combinação.

O quadro 34 apresenta os valores obtidos na avaliação dos componentes de produção da soja em função de P-triticales e P-soja.

Quadro 34. Resultados de componentes de produção de soja, no primeiro cultivo da soja, em função de P-Triticales e P-Soja.

Tratamentos	Nº de Vagens	Nº de Grãos	Nº de Grãos/Vagem	Massa de 100 Grãos
P-Triticale				------(g)-----
Sem P	525	992	1,90	16,23
P-Natural	584	1076	1,84	16,60
P-Solúvel	604	1081	1,79	16,59
P-Soja				
0FS/100FN	541	1022	1,89	16,04 b
20FS/80FN	570	1064	1,90	16,56 ab
40FS/60FN	547	1022	1,89	16,94 a
60FS/40FN	589	1074	1,82	16,33 ab
80FS/20FN	563	1034	1,84	16,02 b
100FS/0FN	617	1083	1,75	16,95 a
Valor de F				
P-Triticale	3,08 ns	1,13 ns	0,71 ns	1,01 ns
P-Soja	1,08 ns	0,22 ns	0,56 ns	2,17 *
PT x PS	1,67 ns	0,86 ns	0,40 ns	0,39 ns
C V (%)				
Parcela	20,12	21,89	20,34	6,24
Subparcela	16,43	18,97	14,37	5,94

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

Analisando o quadro observa-se que ocorreu diferença significativa, para o fator P-Soja, onde a aplicação de 100FS/0FN e da proporção 40FS/60FN, proporcionaram maior massa de 100 grãos comparada à aplicação da proporção 80FS/20FN e de 0FS/100FN.

6.6 Análise química e produção vegetal no segundo cultivo da soja

Nos Quadros 35 e 36, estão apresentados os valores obtidos na avaliação de matéria seca (MS), teor e quantidade de P nas plantas de soja e na palha de cobertura, respectivamente, das coletas realizadas aos 30, 60, 90 dias após a emergência

(DAE) e na colheita da soja, em função de P-Triticale e P-Soja aplicados no primeiro cultivo da soja.

Analisando o quadro 35, aos 30 DAE, ocorreu diferença significativa, dentro do fator P-Soja para produção de MS de planta, onde a aplicação de 20FS/80FN e 60FS/40FN proporcionaram maior produção de MS comparada a aplicação de 0FS/100FN. Com relação ao teor de P, ocorreu diferença significativa, dentro do fator P-Soja, onde a aplicação de 0FS/100FN proporcionou menor teor de P nas plantas só não diferindo das proporções 20FS/80FN e 40FS/60FN. Aos 30 DAE ficou demonstrado que foi mantida a maior participação do fosfato solúvel na resposta das plantas em termos de produção de MS e absorção de P.

Aos 60 DAE, ocorreu diferença significativa, dentro do fator P-Triticale para teor de P, onde a aplicação de fosfato solúvel proporcionou maior teor de P comparada à ausência de adubação fosfatada e aplicação de fosfato natural. Com relação ao fator P-Soja, ocorreu diferença significativa, para teor de P nas plantas onde a aplicação de 100FS/0FN proporcionou maior teor de P com relação a aplicação de 0FS/100FN. Pode-se observar que, ao contrário do ocorrido para o solo, o fosfato natural não mostra uma elevação na participação em relação ao fosfato solúvel quanto à absorção do nutriente pelas plantas.

Com relação à quantidade de P, ocorreu diferença significativa para o fator P-triticale, onde a aplicação de fosfato solúvel proporcionou maior acúmulo de P comparada à aplicação de fosfato natural e ausência de adubação fosfatada. Para a quantidade acumulada de P, que se origina do produto da produção de MS e pelo teor do nutriente absorvido pelas plantas, obteve-se os mesmos resultados quanto a essas variáveis, com maior participação do fosfato solúvel.

Aos 90 DAE, ocorreu diferença significativa, dentro do fator P-Triticale, para MS de plantas, onde a aplicação de fosfato natural proporcionou maior produção de MS em relação à ausência de adubação fosfatada embora não diferindo da aplicação de

Quadro 35. Resultados de matéria seca (MS), teor (T) e quantidade (Q) de P nas plantas de soja nas coletas realizadas aos 30, 60 e 90 (DAE) e na colheita, no segundo cultivo de soja, em função de P-triticale e P-Soja.

Tratamentos	30 DAE			60 DAE			90 DAE			Colheita		
	MS (g 10 pl ⁻¹)	T (g kg ⁻¹)	Q (kg ha ⁻¹)	MS (g 10 pl ⁻¹)	T (g kg ⁻¹)	Q (kg ha ⁻¹)	MS (g 10 pl ⁻¹)	T (g kg ⁻¹)	Q (kg ha ⁻¹)	MS (g 10 pl ⁻¹)	T (g kg ⁻¹)	Q (kg ha ⁻¹)
P-Triticale												
Sem P	27,19	3,22	3,09	118,47	1,28 b	5,46 b	235,75 b	1,72 b	14,53 b	182,94 ab	0,45	2,93
P-Natural	27,89	3,13	3,06	120,17	1,25 b	5,21 b	262,62 a	2,07 ab	19,36 a	178,01 b	0,46	2,93
P-Solúvel	26,86	3,23	3,14	116,33	1,50 a	6,20 a	257,79 ab	2,39 a	21,97 a	192,54 a	0,47	3,29
P-Soja												
0FS/100FN	23,78 b	2,79 b	2,34 b	118,75	1,14 b	4,80	235,02 b	1,85 b	15,42 c	171,03 b	0,41 bc	2,51 c
20FS/80FN	29,58 a	3,08 ab	3,23 a	117,53	1,37 ab	5,64	242,82 ab	1,88 b	16,32 c	186,27 ab	0,38 c	2,50 c
40FS/60FN	26,41 ab	3,10 ab	2,88 ab	112,85	1,31 ab	5,17	244,77 ab	1,91 b	16,53 bc	179,99 ab	0,44 bc	2,87 bc
60FS/40FN	29,38 a	3,29 a	3,50 a	118,90	1,41 ab	6,06	263,01 ab	2,12 ab	20,17 ab	183,111 ab	0,47abc	3,11 bc
80FS/20FN	28,24 ab	3,32 a	3,35 a	117,75	1,32 ab	5,58	260,73 ab	2,25 a	21,28 a	188,22 ab	0,50 ab	3,37 ab
100FS/0FN	26,50 ab	3,57 a	3,27 a	124,17	1,52 a	6,50	265,96 a	2,34 a	22,00 a	198,35 a	0,56 a	3,93 a
Valor de F												
P-Triticale	0,16 ns	0,04 ns	0,01 ns	0,14 ns	8,52 *	15,88 **	3,61*	4,57 *	12,70 **	3,29 *	0,23 ns	1,81 ns
P-Soja	1,76 *	2,29 *	1,97 *	0,16 ns	1,18 *	0,81 ns	1,62 *	4,65 **	4,96 **	1,05 *	3,06 *	3,80 **
PT x PS	1,08 ns	0,14 ns	0,16 ns	0,88 ns	0,36 ns	0,19 ns	0,38 ns	0,50 ns	0,60 ns	0,09 ns	0,76 ns	0,83 ns
C V												
	(%)											
Parcela	23,38	40,48	60,88	21,09	17,36	11,26	14,65	37,12	27,86	10,81	25,33	24,73
Subparcela	21,01	18,97	33,45	26,14	29,96	41,27	13,79	16,27	23,85	16,65	28,06	32,14

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

Quadro 36. Resultados de matéria seca (MS), teor e quantidade de P na palha de cobertura nas coletas realizadas aos 30, 60 e 90 (DAE) e na colheita, no segundo ano de cultivo de soja, em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	30 DAE			60 DAE			90 DAE			Colheita		
	MS (t ha ⁻¹)	T (g kg ⁻¹)	Q (kg ha ⁻¹)	MS (t ha ⁻¹)	T (g kg ⁻¹)	Q (kg ha ⁻¹)	MS (t ha ⁻¹)	T (g kg ⁻¹)	Q (kg ha ⁻¹)	MS (t ha ⁻¹)	T (g kg ⁻¹)	Q (kg ha ⁻¹)
P-Triticale												
Sem P	3,08	0,77	2,40	2,26	0,52 b	1,15 b	1,96 b	0,84	1,65 b	2,43 b	0,65	1,59
P-Natural	3,19	0,91	2,92	2,35	0,61 ab	1,37 ab	2,05 b	0,90	1,87 b	2,37 b	0,68	1,62
P-Solúvel	3,18	1,01	3,24	2,36	0,66 a	1,56 a	2,31 a	1,01	2,35 a	2,74 a	0,73	1,99
P-Soja												
0FS/100FN	3,21	0,85	2,75	2,29	0,46 d	1,07 b	1,91 c	0,82 b	1,55 c	2,25 c	0,65	1,47 b
20FS/80FN	3,10	0,93	3,01	2,18	0,50 bcd	1,07 b	1,96 bc	0,87 b	1,71 bc	2,45 bc	0,67	1,65 b
40FS/60FN	3,03	0,83	2,62	2,29	0,56cd	1,21 ab	2,07abc	0,84 b	1,72 bc	2,48abc	0,70	1,72 ab
60FS/40FN	3,15	0,85	2,62	2,49	0,62abc	1,56 a	2,21 ab	0,95 ab	2,15 ab	2,54 ab	0,65	1,65 b
80FS/20FN	2,99	0,87	2,65	2,29	0,70 ab	1,63 a	2,23 ab	0,97 ab	2,18 a	2,65 ab	0,69	1,83 ab
100FS/0FN	3,44	0,99	3,48	2,41	0,77 a	1,61 a	2,27 a	1,05 a	2,44 a	2,73 a	0,75	2,07 a
Valor de F												
P-Triticale	0,43 ns	1,53 ns	1,68 ns	0,21 ns	3,30 *	4,61 *	7,89 *	3,01 ns	9,45 *	9,50 *	0,23 ns	1,65 ns
P-Soja	0,72 ns	0,41 ns	0,73 ns	0,55 ns	4,71 **	2,66 *	2,51 *	2,62 *	4,76 **	3,54 **	0,77 ns	0,35 *
PT x PS	0,85 ns	0,21 ns	0,19 ns	0,88 ns	0,84 ns	0,97 ns	0,58 ns	0,36 ns	0,36 ns	0,39 ns	0,64 ns	0,64 ns
C V (%)												
Parcela	14,03	47,28	55,82	24,83	33,86	34,18	14,65	26,44	28,86	12,65	54,95	48,59
Subparcela	21,19	38,00	48,32	21,89	32,02	42,11	15,76	21,00	28,28	12,44	22,17	26,55

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo nos níveis de 5 e 1% pelo teste F, respectivamente e ns – não significativo.

fosfato solúvel. Com relação ao fator P-Soja, ocorreu diferença significativa, onde a aplicação de 100FS/0FN proporcionou maior produção de MS de plantas comparada à aplicação de 0FS/100FN. Nessa fase do cultivo, o fosfato solúvel reflete as condições mais elevadas com que se apresentou no solo e absorvido pelas plantas, tendo uma maior participação quanto à produção de MS das plantas de soja.

Para teor de P, ocorreram diferenças significativas para os fatores P-Triticale e P-Soja. Para o fator P-Triticale, a aplicação de fosfato solúvel proporcionou maior teor de P comparada à ausência de adubação fosfatada, não diferindo do fosfato natural. Quanto ao fator P-Soja, a aplicação de 100FS/0FN e 80FS/20FN proporcionou maior teor de P comparada aos demais tratamentos com exceção da proporção 60FS/40FN. Nota-se que na absorção do nutriente pelas plantas ocorre uma elevação na participação do fosfato natural embora predomine a fonte fosfato solúvel quanto às respostas das plantas em termos de absorção do nutriente.

Para a variável quantidade acumulada de P ocorreram diferenças significativas para os fatores P-triticale e P-Soja. Dentro do fator P-Triticale a adubação fosfatada proporcionou maior quantidade de P acumulada em relação à ausência de adubação fosfatada no triticale. Em relação ao fator P-Soja, a aplicação das proporções 80FS/20FN 100FS/0FN proporcionou maior quantidade acumulada de P comparada à proporção 20FS/80FN, 40FS/60FN e de 0FS/100FN. Quanto à quantidade acumulada de P nas plantas, esta mostra que o fosfato solúvel é quem tem uma participação mais efetiva. Na colheita, ocorreram diferenças significativas para todas as variáveis analisadas. Com relação a MS, dentro do fator P-Triticale, a aplicação de fosfato solúvel proporcionou maior produção de MS comparada à aplicação de fosfato natural. Quanto ao fator P-Soja, a aplicação de 100FS/0FN proporcionou maior produção de MS de plantas em relação a proporção 0FS/100FN. Na colheita a participação do fosfato solúvel se acentua refletindo o comportamento ao longo do cultivo proporcionando maior produção de MS de planta.

Com relação ao teor de P, ocorreu diferença significativa dentro do fator P-Soja, onde a proporção 100FS/0FN promoveu maior teor de P comparada à aplicação das proporções 20FS/80FN, 40FS/60FN e 0FS/100FN.

Para quantidade acumulada de P nas plantas de soja, ocorreu diferença significativa, dentro do fator P-Soja, onde a aplicação de 100FS/0FN proporcionou maior

quantidade de P nas plantas comparadas aos demais tratamentos com exceção da proporção 80FS/20FN. De maneira geral, as plantas de soja não refletiram as condições apresentadas no solo, com o decorrer do tempo, em termos de maior participação do fosfato natural quanto ao teor de P, quando o mesmo apresentou teores semelhantes ao fosfato solúvel.

No Quadro 36, observa-se que aos 30 DAE não ocorreram diferenças significativas entre as variáveis analisadas quanto a palha de cobertura.

Aos 60 DAE, ocorreu diferença significativa, dentro dos fatores P-Triticale e P-Soja, para teor de P. Com relação ao P-Triticale a adubação com fosfato solúvel proporcionou maior teor de P na palha de cobertura comparada à ausência de adubação fosfatada. Para o fator P-Soja, a aplicação de 100FS/0FN proporcionou maior teor de P comparado às proporções 20FS/80FN, 40FS/60FN e 0FS/100FN. Os resultados apresentados para palha de cobertura apresentaram o mesmo comportamento apresentado quanto às plantas de soja, com maior participação do fosfato solúvel quanto ao teor de P.

Com relação a variável quantidade de P na palha de cobertura, ocorreu diferença significativa dentro do fator P-triticale, com a adubação com fosfato solúvel proporcionando maior teor de P comparado à ausência de adubação fosfatada, porém, não diferindo do fosfato natural. Com relação ao fator P-Soja, ocorreu diferença significativa, onde a aplicação da proporção 20FS/80FN e 0FS/100FN proporcionaram menor quantidade de P comparado aos demais tratamentos com exceção da proporção 40FS/60FN, da qual não diferiu. Os resultados seguiram a tendência obtida para a produção de MS e teor de P na palha de cobertura.

Aos 90 DAE, ocorreu diferença significativa quanto aos fatores P-Triticale e P-Soja para MS de palha de cobertura. Com relação ao P-Triticale, a aplicação de fosfato solúvel promoveu maior produção de MS de palha de cobertura comparada à ausência de aplicação de adubação fosfatada e de fosfato natural.

Com relação ao fator P-Soja, ocorreu diferença significativa, onde a aplicação de 100FS/0FN proporcionou maior produção de MS de palha de cobertura em relação às proporções 20FS/80FN e 0FS/100FN. Para o teor de P, quanto ao fator P-Soja, ocorreu diferença significativa, onde a aplicação de 100FS/0FN proporcionou maior teor de P na palha de cobertura comparada às proporções 20FS/80FN, 40FS/60FN e 0FS/100FN.

Para quantidade de P na palha de cobertura, ocorreram diferenças significativas para os fatores P-Triticale e P-Soja. Para P-triticale, a aplicação de fosfato solúvel proporcionou maior quantidade de P comparado à ausência de adubação fosfatada ou a aplicação de fosfato natural. Com relação ao fator P-Soja, a aplicação de 100FS/0FN e da proporção 80FS/20FN, promoveu maior quantidade de P comparada as proporções 20FS/80FN, 40FS/60FN e 0FS/100FN. Os resultados na análise da palha de cobertura aos 90 DAE não se modificaram em relação à análise anterior acentuando ainda mais a maior participação do fosfato solúvel em relação ao fosfato natural quanto as avaliações da palha de cobertura.

Com relação à colheita, ocorreu diferença significativa dentro do fator P-Triticale, com a aplicação de fosfato solúvel proporcionando maior produção de MS de palha de cobertura comparada à ausência de adubação fosfatada e fosfato natural. Analisando o fator P-Soja, ocorreu diferença significativa, onde a aplicação de 100FS/0FN proporcionou maior produção de MS quando da aplicação de 100FS/0FN em relação as proporções 20FS/80FN e 0FS/100FN. Para a variável quantidade, ocorreu diferença significativa, dentro do fator P-Soja, onde a aplicação de 100FS/0FN proporcionou maior quantidade acumulada de P na palha de cobertura comparada às proporções 20FS/80FN, 60FS/40FN e 0FS/100FN. A análise realizada nas quatro épocas de avaliação para MS, teor e quantidade acumulada de P na palha de cobertura, durante o cultivo da soja no segundo ano, mostraram que, apesar da elevação dos teores de P no solo proporcionado pelo fosfato natural, isso não refletiu na maior participação dessa fonte na elevação de MS e teores de P no solo analisado em relação ao fosfato solúvel que sempre mostrou maior participação.

No Quadro 37, estão apresentados os valores obtidos na diagnose foliar da soja em função da aplicação de P-triticale e P-Soja no cultivo do ano anterior. Analisando o quadro observa-se que ocorreu diferença significativa para teor de P em relação aos fatores P-Triticale e P-Soja. Para o P-Triticale a aplicação de fontes de fosfato no triticale proporcionou maior teor de P comparado à ausência de adubação fosfatada. Com relação ao fator P-Soja, a aplicação de 100FS/0FN proporcionou maior teor de P em relação às proporções 20FS/80FN, 40FS/60FN e de 0FS/100FN. Os resultados da diagnose foliar refletiram as respostas apresentadas pelas plantas quanto ao teor de P, nas quatro épocas amostradas, com maior participação do fosfato solúvel nesses resultados.

Para o Ca, ocorreu interação significativa, entre P-Triticale e P-Soja. Os desdobramentos da interação estão apresentados no Quadro 37.1. Analisando o fator P-Triticale, observa-se que a aplicação de 100FS/0FN e da proporção 80FS/20FN quando da aplicação de fosfato natural no triticale, proporcionou maior teor de Ca comparado à ausência de aplicação de fosfato. A aplicação da proporção de 20FS/80FN quando se aplicou fosfato natural no triticale proporcionou menor teor de Ca comparada ao fosfato solúvel ou ausência de adubação fosfatada no triticale. Para a proporção 40FS/60FN, quando da adubação com fontes de fosfato, esta proporcionou maior teor de Ca em relação à ausência de adubação fosfatada no triticale.

Analisando o fator P-Soja, quando da ausência da adubação fosfatada no triticale, a proporção 20FS/80FN proporcionou maior teor de Ca em relação a aplicação de 100FS/0FN e 40FS/60FN. Na aplicação de fosfato natural no triticale, a combinação 20FS/80FN proporcionou menor teor de Ca comparado às proporções 80FS/20FN, 40FS/60FN e 100FS/0FN. Com relação ao fosfato solúvel no triticale, a aplicação de 100FS/0FN proporcionou menor teor de Ca comparado a aplicação de 20FS/80FN e 0FS/100FN. Para o teor de Ca na folhas, nota-se uma elevação da participação do fosfato natural em relação ao fosfato solúvel.

Com relação ao Cu, ocorreu diferença significativa, dentro do fator P-Triticale onde, na ausência de adubação fosfatada ocorreu maior teor de Cu comparado à aplicação de fosfato natural. Para o Fe, ocorreu diferença significativa, dentro do fator P-Soja onde a aplicação de 0FS/100FN proporcionou maior teor de Fe em relação à proporção 80FS/20FN, não diferindo, porém dos demais tratamentos. O teor de Mn apresentou diferença significativa, quanto ao fator P-Soja onde, a aplicação da proporção 60FS/40FN promoveu maior teor de Mn comparada à proporção 20FS/80FN.

Os resultados para esses micronutrientes estão relacionados ao menor condicionamento químico do solo proporcionado pelos tratamentos que não receberam fosfato solúvel ou receberam em pequena proporção, o que possibilitou, nessas condições, menor pH e maior efeito com relação a elevação dos teores desses micronutrientes.

Quadro 37. Resultados da diagnose foliar da soja, no segundo cultivo de soja, em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	(g kg ⁻¹)						(mg kg ⁻¹)			
P Triticale										
Sem P	50	2,6 b	16	25 b	7,9	2,9	28 a	156	117	34 a
P-Natural	51	2,9 a	16	27 a	7,9	2,9	25 b	158	131	34 a
P-Solúvel	52	3,1 a	16	27 a	7,8	2,9	27 ab	154	122	30 b
P-Soja										
0FS/100FN	51	2,6 d	16	26	7,7	2,8	27	166 a	132 ab	36 a
20FS/80FN	50	2,8bcd	16	27	8,1	2,8	26	155 ab	110 b	33 ab
40FS/60FN	51	2,7 cd	16	26	7,7	2,9	27	151 ab	114 ab	31 b
60FS/40FN	51	2,9abc	16	26	7,9	2,9	28	154 ab	142 a	32 b
80FS/20FN	51	3,0 ab	16	26	8,1	3,0	26	148 b	117 ab	32 b
100FS/0FN	50	3,1 a	17	25	7,8	3,1	27	164 ab	125 ab	30 b
Valor de F										
P-Triticale	2,28 ns	21,5 **	0,45 ns	5,00 ns	0,03 ns	0,08 ns	4,65 *	0,15 ns	0,91 ns	16,86 **
P-Soja	0,26 ns	4,70 **	0,59 ns	0,54 ns	0,32 ns	0,91 ns	0,23 ns	1,35 *	1,36 *	2,73 *
PT x OS	1,83 ns	0,89 ns	0,35 ns	2,39 *	1,03 ns	1,28 ns	0,63 ns	1,47 ns	1,03 ns	0,96 ns
C V										
	(%)									
Parcela	5,16	8,71	12,99	7,69	18,11	12,52	11,64	15,60	29,04	9,48
Subparcela	6,15	9,30	10,99	7,87	13,99	10,05	15,67	13,92	29,22	14,15

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

37.1 Desdobramento da interação entre P-Triticale e P-Soja, no segundo cultivo da soja, referente à diagnose foliar para teor de Ca.

P-Soja	P-Triticale		
	SP	FN	FS
	.....(g kg ⁻¹).....		
0FS/100FN	25 abA	26 abA	28 aA
20FS/80FN	27 aA	24 bB	28 aA
40FS/60FN	23 bB	27 aA	27 abA
60FS/40FN	25 abA	26 abA	25 abA
80FS/20FN	25 abB	28 aA	26 abAB
100FS/0FN	24 bB	27 aA	24 bAB

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

Quanto ao Zn, ocorreram diferenças significativas para os fatores P-Triticale e P-Soja. Com relação ao fator P-Triticale a aplicação da adubação com fosfato solúvel proporcionando menor teor de Zn comparado à ausência de adubação fosfatada ou aplicação de fosfato natural. Quanto ao fator P-Soja, a aplicação de 0FS/100FN proporcionando maior teor de Zn comparado a todas os tratamentos com exceção da proporção 20FS/80FN da qual não diferiu significativamente.

Esses resultados estão possivelmente relacionados ao fato de ocorrer maior adsorção do Zn com a elevação dos níveis de P no solo proporcionados pelo fosfato solúvel, que é solubilizado mais rapidamente depois de adicionado ao solo, em relação ao fosfato natural.

No Quadro 38, estão apresentados os valores na avaliação de teor e quantidade de P nos grãos de soja, população de plantas e produção de grãos em função de P-triticale e P-Soja aplicados no cultivo anterior. Com relação ao teor de P nos grãos ocorreu diferença significativa, dentro do fator P-Triticale onde a aplicação de fontes de fosfato proporcionou maior teor de P em relação à ausência de adubação fosfatada.

Analisando o fator P-Soja, ocorreu diferença significativa, em que a aplicação de 0FS/100FN proporcionou menor teor de P nos grãos em relação aos demais tratamentos com exceção da proporção 20FS/80FN. Com relação à quantidade de P nos grãos, ocorreu diferença significativa para os fatores P-triticale e P-Soja. Com relação ao fator P-Triticale, a aplicação de fontes de P proporcionou maior quantidade de P nos grãos, comparada à ausência de aplicação da adubação fosfatada. Para o fator P-Soja, a aplicação

de 100FS/0FN proporcionou maior quantidade de P acumulada nos grãos de soja em relação aos demais tratamentos, com exceção da proporção 60FS/40FN da qual não diferiu.

Quadro 38. Resultados da análise química para teor (T) e quantidade (Q) de P nos grãos, população de plantas e produção de soja, no segundo cultivo da soja, em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	Grão		População de Plantas (Plantas x 1000 ha ⁻¹)	Produção (kg ha ⁻¹)
	T (g kg ⁻¹)	Q (kg ha ⁻¹)		
P-Triticale				
Sem P	4,26 b	12,16 b	353	2912 b
P-Natural	4,80 a	14,58 a	354	3095 ab
P-Solúvel	4,98 a	15,25 a	357	3133 a
P-Soja				
0FS/100FN	4,31 b	12,46 d	353	2945 b
20FS/80FN	4,62 ab	13,26 cd	350	2946 b
40FS/60FN	4,70 a	13,45bcd	354	2927 b
60FS/40FN	4,81 a	14,78 ab	362	3145 ab
80FS/20FN	4,78 a	14,22 bc	361	3037 b
100FS/FNFN	4,87 a	15,80 a	349	3279 a
Valor de F				
P-Triticale	15,03 **	41,96 **	0,13 ns	4,60 *
P-Soja	2,45 *	5,83 **	0,44 ns	3,22 *
PT x PS	0,80 ns	0,39 ns	1,39 ns	0,55ns
C V			(%)	
Parcela	10,00	8,77	6,72	8,86
Subparcela	9,63	12,23	7,86	8,88

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, e ns – não significativo.

Para a produção, ocorreu diferença significativa para os fatores P-Triticale e P-soja. Com relação ao P-Triticale, a adubação com fosfato solúvel proporcionou maior produção comparada à ausência de adubação fosfatada, porém não diferindo da aplicação de fosfato natural. Esse resultado mostra que, o fosfato natural apesar de menor participação durante o cultivo da soja, tanto com relação às plantas como a palha, e apresentando relevância quanto ao teor de P no solo, ao longo dos cultivos, mostrou uma condição próxima àquela proporcionada pelo fosfato solúvel em termos de produção e acúmulo de P nos grãos nesse segundo cultivo. Com relação ao fator P-Soja, a aplicação de

100FS/0FN propiciou maior produção em relação aos demais tratamentos com exceção da proporção 60FS/40FN da qual não diferiu.

No Quadro 39, estão apresentados os valores para componentes de produção de soja em função de P-Triticale e P-Soja aplicadas no primeiro cultivo.

Quadro 39. Resultados de componentes de produção da soja, no segundo cultivo da soja, em função de P-Triticale e P-Soja.

Tratamentos	Nº de Vagens	Nº de Grãos	Nº de Grãos/Vagem	Massa de 100 Grãos .....(g).....
P-Triticale				
Sem P	445	728	1,64	16,62 b
P-Natural	433	740	1,70	16,84 ab
P-Solúvel	456	771	1,69	16,95 a
P-Soja				
0FS/100FN	411	703	1,69	16,92 ab
20FS/80FN	483	826	1,71	16,56 b
40FS/60FN	416	699	1,68	16,66 ab
60FS/40FN	447	759	1,68	17,02 a
80FS/20FN	449	707	1,57	16,76 ab
100FS/0FN	462	785	1,72	16,90 ab
Valor de F				
P-Triticale	0,26 ns	1,57 ns	0,57 ns	4,36 *
P-Soja	0,58 ns	0,58 ns	0,82 ns	1,25 *
PT x PS	1,92 ns	1,29 ns	0,29 ns	0,89 ns
C V (%)				
Parcela	24,68	11,63	12,11	2,28
Subparcela	27,88	31,70	12,00	3,22

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5%.

* e ** resultado significativo nos níveis de 5 e 1% pelo teste F, e ns – não significativo.

Apenas para a variável massa de 100 grãos ocorreram diferenças significativas quanto aos fatores P-Triticale e P-Soja. Para P-Triticale, ocorreu diferença significativa onde as aplicações de fosfato solúvel produziu maior massa de 100 grãos comparada à ausência de adubação fosfatada, porém não diferindo da aplicação de fosfato natural. Com relação ao fator P-Soja, ocorreu diferença significativa, onde a aplicação da proporção 60FS/40FN promoveu maior massa de 100 grãos comparada à aplicação da proporção 20FS/80FN, porém não diferindo dos demais tratamentos. Esse resultado reflete o acontecido para a produção em que ocorre maior participação do fosfato natural.

7 CONCLUSÕES

A aplicação de fosfato solúvel em superfície proporciona melhor nutrição fosfatada do triticales cultivado em seguida, assim como maior produção de grãos. Este efeito manteve-se por pelo menos dois anos.

A adubação com fosfato solúvel ou reativo na cultura de inverno, em solo com teor médio de fósforo, mantiveram teor adequado de P por ocasião do cultivo da soja em sucessão.

A aplicação de fosfatos na cultura de inverno e de combinações de fontes na semeadura, de forma geral, proporcionou maior produtividade de grãos de soja quanto maior foi a participação do fosfato solúvel na combinação.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBER, S. A. Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach. New York, *Wiley-Interscience*, 1984. 398p.

BARTZ, H. R. *Dinâmica dos nutrientes e adubação em sistemas de produção sob Plantio direto*. In: *Plantio direto: Alternativas de Manejo para a Sustentabilidade Agropecuária*. Santa Maria, RS. P.52-103. 1998.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. *Dinâmica e função da matéria orgânica*. In: SANTOS, G. A., CAMARGO, F. A. O. (ed.) *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Gênese, 1999. 508p.

BONAMIGO, L. A. A cultura do milho no Brasil, implantação e desenvolvimento no cerrado. In: *WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO*. Brasília, DF. EMBRAPA CERRADOS. *Anais*. p.75-84. 1999.

BORKERT, C. M., GAUDÊNCIO, C. A., PEREIRA, J. E., OLIVEIRA JUNIOR, A. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea de culturas de cobertura de solo para semeadura direta com rotação de culturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, Brasília, 1999. *Anais*. Brasília SBCE, 1999. (CD ROM)

BRADY, N. C. *Natureza e propriedades dos solos/* NYLE C. BRADY “The nature and properties of soils” trad. Antônio B. Neiva Figueiredo Filho. 7^a ed., Rio de Janeiro, Freitas Bastos. 1989. 898p.

BRAGA, N. R., MASCARENHAS, H. A. A., BULISANI, E. A., RAIJ, B. van, FEITOSA, C. T., HIROCE, R. Eficiência agronômica de nove fosfatos em quatro cultivos consecutivos de soja. Campinas, *Rev. Bras. C. Solo*, 15: 315-319, 1991.

BUCHANAN, M. & KING, L. D. Carbon and phosphorus losses from decomposing crop residues in no-till and conventional till agroecosystems. *Agron. J.*, 85: 631-638, 1993.

CAIRES, E. F., CHUEIRI, W. A., MADRUGA, E. F., FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 22: 27-34, 1998.

CAIRES, E. F., FONSECA, A. F., MENDES, J., CHUEIRI, W. A., MADRUGA, E. F., Produção de milho, trigo e soja em função das alterações de características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 23: 315-327, 1999.

CAIRES, E. F., BLUM, J., BARTH, G., GARBUIO, F. J., KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 27: 275-286, 2003.

CARVALHO, W. A., SPINDOLA, C. R., PACOLLA, A. A. *Levantamento de solos da Fazenda Lageado – Estação Experimental “Presidente Médice”*, Bol. Cient. Fac. Ciênc. Agron. UNESP (Botucatu), 1983. 95p.

CONTE, E., ANGHINONI, I., RHEINHEIMER, D. S. Frações de fósforo acumuladas em Latossolo argiloso pela aplicação de fosfato no sistema plantio direto. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 27: 983-900, 2003.

CORDEIRO, D. S., POTTKER, D., BORKERT, C. M., SFREDO, G. J. , MESQUITA, A. N., DITTRICH, R. C., PALHANO, J. B. Efeito de níveis e fontes de fósforo na produção e no rendimento econômico de soja na região de Dourados (MS). *Rev. Bras. Ci. Solo*, 3: 100-105, 1979.

COUTINHO, L. M., NATALE, N., VILLA NOVA, A. S., SITTA, D. S. X. Eficiência agronômica de fertilizantes fosfatados para a cultura da soja. *Pesq. agropec. Bras.*, 26 (9): 1393-1399, 1991.

DE MARIA, I. C., CASTRO, O. M. de Fósforo, potássio e matéria orgânica em um LATOSSOLO ROXO, sob sistemas de manejo com milho e soja. *Rev. Bras. Ci. Solo*, V. 17, p. 471-7, 1993.

DE MARIA, I. C., NNABUDE, P. C., CASTRO, O. M. de Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, 51: 69-77. 1999.

EMBRAPA *Avaliação agronômica de fontes alternativas de fósforo em solo de cerrado*. Morel Pereira Barbosa Filho, Nand Kumar Fageria e Fernando Maida Dall'Acqua. Goiânia, 1983. 12 p. (Documentos, 7).

EMBRAPA *Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil*. Centro Nacional de Pesquisa da soja (Londrina,PR), 1996/97. Londrina, 1996. 164p. (EMBRAPA-SOJA, Documentos, 132).

EMBRAPA *Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil*. Centro Nacional de Pesquisa da soja (Londrina, PR),1999/2000. Londrina, 1999. 226p. (EMBRAPA-SOJA. Documentos, 96).

EMBRAPA *Sistema brasileiro de classificação de solos*. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. Rio de Janeiro-RJ. EMBRAPA SOLOS, 1999. 412 p.

ESTEVES, J. A. de F. *Produção de soja em função da antecipação da adubação fosfatada e potássica em semeadura direta*. Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP. Botucatu, 2000. 107 p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia - Agricultura).

EVANS, P. S. Comparative root morphology of some pasture grasses and clovers. *New Z. J. Agric. Res.*, v. 20. p.331-35, 1977.

FARDEAU, J. C. Dynamics of phosphate in soils. Na isotopic outlook. *Fert. Res.*, 45: p. 91-100, 1996.

FERREIRA, T. N. & KAMINSKI, J. Eficiência agrônômica dos fosfatos naturais de Patos-de-Minas e Gafsa puros e modificados por acidulação e calcinação. *Rev. bras. Ci. Solo*. 3: 158-162, 1979.

FOLONI, J. S. S., ROSOLEM, C. A., ERLO, J. V., TAVARES, C. A. *Antecipação da adubação potássica da soja em rotação com milho*. FERTIBIO 2002. Rio de Janeiro, RJ. 2002a. CDROM

FOLONI, J. S. S., ROSOLEM, C. A., ERLO, J. V. *Manejo da adubação potássica em semeadura direta: acúmulo de K na palha de milho e na soja*. FERTIBIO 2002. Rio de Janeiro, RJ. 2002b. CDROM

FONTES, M. P. F. & WEED, S. B. Phosphate adsorption by clays from Brazilian Oxisols: relationships with specific surface area and mineralogy. *Geoderma*, 72: 37-51, 1996.

FRANCHINI, J. C., MALAVOLTA, E., MIYAZAWA, M., PAVAN, M. A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 23: 533-542, 1999.

GOEDERT, W. J., LOBATO, E. Eficiência agronômica de fosfatos em solo de cerrado. *Pesq. agrop. bras.*, 15 (3), p.311-318, 1980.

GOEDERT, W. J., LOBATO, E. Avaliação agronômica de fosfatos em solo de cerrado. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 8: p. 97-102, 1984.

GOMES, A. da S., VERNETTI JUNIOR, F. de J., FERREIRA, L. H. G., GONÇALVES, G. K., GOMES, D. N. Efeito de fontes e doses de fosfatos naturais sobre a produtividade da ervilhaca e do milho em um solo de várzea sob plantio direto. In: Reunido Técnica Anual do Milho, 45; Reunido técnica do sorgo, 28, 2000, Pelotas, *anais*. EMBRAPA CLIMA TEMPERADO, 2000. p.471-479.

GREMILLION, L. R., McCLELLAN, G. H. Evaluation of phosphatic raw materials. In: Khasawneh, F. E.; Sample, E.C.; Kamprath, E.J. (eds) *The Role of Phosphorus in Agriculture*. Madison, *Amer. Soc. Agron.* p. 43-80. 1980.

HASS, F. D. *Aspectos básicos de fertilidade sob plantio direto*. In: *Fertilidade do solo em plantio direto - Curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo sob plantio direto*. Cruz Alta - RS. p. 19-31, 1999.

HEYLAR, K. R. *The management of acid soils*. In: WRIGHT, R.J., BALIGAR, V. C., MURRRRNAN, R. P. Plant-soil interactions at low pH. Dordrecht , p.365-82, 1991.

HOLTZ, G. P., SÁ, J. C. de M. Resíduos culturais; reciclagem de nutrientes e impacto na fertilidade do solo. In: Curso sobre manejo do solo no sistema Plantio Direto, Castro-PR. *Anais*. Castro: Fundação ABC. P. 21-36, 1996.

HOYT, P. B. & TURNER, R. C. Effect of organic materials added to very acid soils on pH, Al^{3+} , exchangeable NH_4 and crop yields. *Soil Sci.*, V. 119, p.227-37, 1975.

HUE, N. V., AMIEN, I. Aluminum detoxification with green manures. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, V. 20, p.1499-511, 1989.

HUE, N. V. Correcting soil acidity of a highly weatered ultisol with chicken manure and sewage sludge. *Comun. Soil Sci. Plant Anal.*, V. 23, p.241-64, 1992.

KAMINSKI, J. *Efeito de cinco fosfatos pré e pós - aplicados ao calcário no suprimento de fósforo ao sorgo em três solos ácidos*. ESALQ - USP, Piracicaba, 1983. 126 p. (Tese de Doutorado).

KAMINSKI, J., PERUZZO, G. *Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo*. Santa Maria. NRS - SBCS, 1997. 31 p. (Boletim Técnico, 3).

KLIEMANN, H. J., COSTA, A. de V., SILVA, F. C. da Resposta à calagem e fosfatagem por três cultivos de soja em três solos no estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. *Anais*. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. (CD ROM).

KOCHHANN, R., ANGHINONI, I., MIELNICZUK, J. *Adubação fosfatada no Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. In: OLIVEIRA, A. J.; LOURENÇO, S., GOEDERT, W. J., eds. *Adubação fosfatada no Brasil*. Brasília, EMBRAPA-DID, p. 29-60, 1982.

KOCHHANN, R. A. & DENARDIN, J. E. *Implantação e manejo do sistema Plantio Direto*. Passo Fundo: EMBRAPA TRIGO, 2000. 36p. (Documentos, 20).

LEMOS, C. A. S., ANGHINONI, I., VOLKWEISS, S. J. Efeito residual do fósforo e sua relação com a granulação do superfosfato triplo e com o revolvimento do solo. *Rev. bras.Ci. Solo*, 11: 161-166, 1987

LERH, J. R. Phosphate Raw Materials and fertilizers. In: Khasawneh, F.C.; Sample, E.C.; Kamprath, E. J. (eds) . *The Role of Phosphorus in Agriculture*. Madison, *Amer. Soc. Agron.*, p. 81-120. 1980.

LOPES, A S. *Fertilidade do solo*. Lavras, ESAL, 1977. 272p.

MAÇÃS, J. E. S. *Manejo de fosfatos naturais reativos na cultura de soja*. In: *Soja: Tecnologia da Produção II*. Coord. Gil Miguel de Sousa Câmara. USP- Piracicaba-SP. p. 341-382. 2000

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

MARQUES, R. R., DELAVALE, F. G., LAZARINI, E., BUZETTI, S., ARATANI, R. G. Quantidade de nutrientes restituídos ao solo através de plantas de cobertura e resíduos das culturas de soja e milho, em função de presença ou ausência de calcário na implantação do sistema plantio direto. In: FERTIBIO 2002. *Resumos*. Rio de Janeiro: SBCS, UFRRJ, 2002.

MENDONÇA, E. S., OLIVEIRA, F. H. T. Fornecimento de nutrientes pela mataria orgânica do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS NO SISTEMA PLNTIO DIRETO. 1., Ponta Grossa, 2000. *Anais*. 2000. p.70-81.

MENGEL, K. *Fatores e processos que afetam as necessidades de potássio das plantas*. In: YAMADA, T. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba, Instituto Internacional da potassa, p. 195-226, 1982.

MIYAZAWA, M., PAVAN, M. A., CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 17: 411-416, 1993.

MOOY, de C. J., PESEK, J., SPALDON, F. Mineral nutrition. IN: CALDWELL, B. E. (ed.). *Soybeans: improvement, production and uses*. Wisconsin: *American Society of Agronomy*, 1973. p. 267-334.

MUZILLI, O. Influência do sistema plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 7: 95-100, 1983.

NAHAS, E. *Ciclo do fósforo : Transformações microbianas*. Jaboticabal, FUNEP, 1991. 67p.

NOVAIS, R. F. de *Fósforo em solo e planta em condições tropicais*. Roberto Ferreira de Novais, T. Jot Smyth - Viçosa, MG: UFV, DPS, 1999. 399 p.

NUERNBERG, N. J. *Conceitos e Fundamentos do sistema plantio direto*. Lages, SC. NRS - SBCS, 1998, 160 p.

OLIVEIRA, E. L. de, MUZILLI, O., IGUE, K., TORNERO, M. T. T. Avaliação da eficiência agronômica de fosfatos naturais. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 8: p.63-67, 1984.

OLIVEIRA, F. H. T., NOVAIS, R. F., ALVAREZ, V. H., CANTARUTTI, R. B., BARROS, N. F. *Fertilidade do solo no sistema Plantio Direto*. In: Tópicos em Ciência do Solo. SBCS, V. 1, p. 393-486, 2000.

PAVINATO, P. S., CERETTA, C. A., GIROTTO, E., PAVINATO, A. *Produtividade e ciclagem de nutrientes na sucessão aveia preta/milho*. FERTIBIO 2002, Rio de Janeiro, RJ. 2002. (CDROM).

PERUZZO, G. POTTKER, D., WIETHOLTER, S. Avaliação da eficiência agronômica dos fosfatos naturais reativos de Arad e gafsa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro, *Anais*, Rio de Janeiro: SBCS, 1997. (CD-ROM).

PERUZZO, G., WIETHÖLTER, S. *Fosfatos naturais reativos: resultados obtidos no sul do Brasil*. Passo Fundo: EMBRAPA TRIGO, 2000. 28 p. (Boletim de Pesquisa 4).

POTTKER, D. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: Simpósio sobre fertilidade do solo em plantio direto. *Anais*. EMBRAPA-DOURADOS-MS, 1997

POTTKER, D. & VOSS, M. *Estresses ocasionados por deficiências de nutrientes e por elementos tóxicos*. In: Estresses em Soja. Ed. Emídio Rizzo Bonato. Passo fundo, RS. p.81-143. 2000.

RAIJ, B.VAN. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba. ed. Ceres, POTAFOS, 1991. 343p.

RAIJ, B., SILVA, N.M. da, BATAGLIA, O. C., QUAGGIO, J. A., HIROCE, R., CANTARELLA, H., BELINAZZI JUNIOR., R, DECHEN, A. R., TRANI, P. E *Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo*. Campinas, Instituto Agrônômico, 1996. 107p. (Boletim Técnico, 100)

RAIJ, B. van, ANDRADE, J. C. CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A. *Análise química par avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2001. 284p.

REIN, T. A., SOUSA, D. M. G., LOBATO, E. Eficiência agronômica do fosfato natural Carolina do Norte em solo de cerrado. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de plantas, 21. 1994, Petrolina, PE. *Anais*. p.38-40, 1994.

RHEINHEIMER, D. D. dos, GATIBONI, L. C., KAMINSKI, J. *Mitos e verdades sobre o uso de fosfatos naturais na agroecologia*. Nota científica, n. 1 Santa Maria, RS. 4p. 2001.

ROESSING, A. C., CAMPO, R. J., SFREDO, G. J., PALHANO, J.B. *Aspectos econômicos da racionalização de adubação da soja no Paraná e no Brasil*. II Seminário Nacional de Pesquisa de Soja – EMBRAPA (CNPSo). Brasília – DF, p.659 – 669. 1981

ROSOLEM, C. A., MARCELLO, C. S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, V. 55, 3: p.448-455, 1998.

ROS, C. O., AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. Campinas. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 20: 135-140, 1996.

SÁ, J. C. de M. *Manejo da fertilidade do solo no Plantio Direto*. Castro: Fundação ABC, 1993. 96p.

SÁ, J. C. de M. Plantio Direto: Transformações e Benefícios ao Agroecossistema. In: Curso sobre Manejo do solo no sistema Plantio direto. Castro, PR. *Anais*, 1995. 338p.

SÁ, J. C. de M. *Reciclagem de nutrientes*. In: 5^o Congresso Nacional de Mar Del Plata. Asociación Argentina de Productores em Siembra Direta. CAAPAS. P.99-113. 1997.

SALET, R. L., KRAY, C. H., FORNARI, T. G., CONTE, E., KOCHHANN, R. A., ANGHINONI, I. Variabilidade horizontal e amostragem de solo no sistema plantio direto. In: Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo. *Resumos*. Lages, SC, NRS/SBCS. P. 74-76. 1996.

SFREDO, G. J., CAMPO, R. J., PALHANO, J.B., BORKERT, C.M., CORDEIRO, D.S. *Efeitos de níveis e fontes de fósforo sobre a disponibilidade de fósforo e sobre o rendimento da soja*. II Seminário Nacional de Pesquisa de Soja – EMBRAPA (CNPSo). Brasília – DF, p.659 – 669. 1981

SFREDO, G. J., LATMANN, AF., CAMPO, R. J., BORKERT, C. M. *Soja: nutrição mineral, adubação e calagem*. Gede Jorge Sfredo, Áureo Francisco Lantmann, Rubens José Campo, Clóvis Manuel Borkert. Londrina, EMBRAPA- CNPSo, 1986. 51p. (Documentos, 17)

SFREDO, G. J. *Importância da adubação e da nutrição na qualidade da soja*. Jorge Gedi Sfredo e Mercedes C. Carão Panizzi. Londrina, EMBRAPA-CNPSo, 1990. 57p. (Documentos, 40).

SMYTH, T. J., SANCHEZ, P. A. Phosphate rock and superphosphate combinations for soybeans in Cerrado Oxisol. *Agronomy Journal*, Madison, V. 74, 4: p.730-735, 1982.

SOUZA, L. S. *Variabilidade espacial do solo em sistemas de manejo*. Porto Alegre, UFRGS, Faculdade de Agrônômica, 1992. 162 p. (Tese de Doutorado).

SOUZA, D. M. G. de, REIN, T. A., LOBATO, E., SOARES, W. V. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais reativos na região dos Cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, *Anais*. Brasília: SBCS, 1999. CD-ROM.

SUMNER, M. E. Amelioration of subsoil acidity with minimum disturbance. In: JAYAWARDANE, N. S. & STEWART, B. A., eds. *Subsoil management techniques*. Athens, *Lewis Publishers*, 1995. p.147-185.

TATE, K. R. The biological transformation of P in soil. *Plant and Soil*, V. 76, p.245-256. 1984.

VERNETTI JUNIOR, F. de J., GOMES, A. da S. *Plantio Direto: uma opção de manejo para a produção agrícola sustentável*. Pelotas: EMBRAPA CLIMA TEMPERADO, 2000. 69p. (Documentos, 58).

VERNETTI, F. J. *Soja*. Campinas, Fundação Cargill, v. 2, 1983. 990p.

WILSON, V. S., LOBATO, E., SOUSA, D. M. G. de, REIN, T. A. Avaliação do fosfato natural de Gafsa para recuperação de pastagem degradada em Latossolo Vermelho Escuro. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 35, p. 819-825, 2000.

WISNIEWSKI, C. & HOLTZ, G. P. Decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia-soja sob plantio direto. *Pesq. Agropec. Bras.*, 32: 1191-1197, 1997.