

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

GESSIKA TRES

**DISTRIBUIÇÃO E INCREMENTO DO FÓSFORO EM LATOSSOLO SOB TRÊS
MODOS DE APLICAÇÃO DO FERTILIZANTE FOSFATADO EM SOJA E MILHO**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PARANÁ

2017

GESSIKA TRES

**DISTRIBUIÇÃO E INCREMENTO DO FÓSFORO EM LATOSSOLO SOB TRÊS
MODOS DE APLICAÇÃO DO FERTILIZANTE FOSFATADO EM SOJA E MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira

Coorientadores: Prof.^a Dr.^a Maria do Carmo Lana

Dr. Leandro Rampim

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

T796d

Tres, Gessika

Distribuição e incremento do fósforo em latossolo sob três modos de aplicação do fertilizante fosfatado em soja e milho. / Gessika Tres. Marechal Cândido Rondon, 2017.

72 p.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira

Coorientadora: Profª. Drª. Maria do Carmo Lana

Coorientador: Prof. Dr. Leandro Rampim

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2017.

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Agronomia

1. Fertilizantes fosfatados. 2. Solos I. Oliveira, Paulo Sérgio Rabello de, II. Lana, Maria do Carmo. III. Rampim, Leandro. IV. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. V. Título.

CDD 20.ed. 631.85

CIP-NBR 12899

Ficha catalográfica elaborada por Helena Soterio Beijo – CRB 9º/965



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



GESSIKA TRES

Distribuição e incremento do fósforo em Latossolo sob três modos de aplicação do fertilizante fosfatado em soja e milho

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Manejo de Culturas, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a) - Paulo Sérgio Rabello de Oliveira

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon
(UNIOESTE)

Alfredo Richart

Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR)

Cláudio Yuji Tsutsumi

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon
(UNIOESTE)

Marechal Cândido Rondon, 30 de agosto de 2017

*À Deus e à todos aqueles que me ajudaram de
alguma forma..*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por me dar forças diariamente.

A minha família, a base de tudo que sou, em especial ao meu pai, Edegar Tres, minha mãe, Cibeli Aparecida Rossi e minha irmã, Mariele Tres, que muito me auxiliaram e me impulsionaram.

A instituição, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, e aos professores, em especial ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira, aos meus coorientadores, Prof^ª. Dr^ª. Maria do Carmo Lana e Dr. Leandro Rampim, ao Prof. Dr. Cláudio Yuji Tsutsumi e ao Prof. Dr. Edmar Vasconcelos, por todo o auxílio e paciência.

Também gostaria de agradecer em especial ao Dr. Jucenei F. Frandoloso, por toda a paciência e auxílio nestes dois anos de análises laboratoriais e das dúvidas sanadas.

Agradeço a Fazenda Santa Maria, em especial ao gerente Fernando de Freitas e sua esposa Geyse de Freitas, ao Arrendatário Everaldo Sostisso, sua esposa, Jane Sostisso e seu filho, Caio Sostisso. Além dos funcionários, “Mazinho”, “Baixinho” e Emerson, e os demais funcionários, por aceitarem a proposta do trabalho e me apoiarem em todas as práticas realizadas ao longo do experimento, auxiliando e zelando pelo mesmo.

Ao Everton Bresolin, Sérgio Suzin, Vilmar Suzin, Adriana Peron Salvallagio, Leandro Pasqualetto, Leandro Zatta e Carline Camatti, que me auxiliaram nos momentos de dificuldade.

Aos meus colegas de trabalho Ricardo Dallabrida, pelo auxílio desmedido em todos os momentos, e Cleberson Behling, pelo entendimento de minha ausência.

Aos meus amigos, que sempre me incentivaram e acreditaram que eu chegaria aqui e além: Camila Fernandes, Cinthia Ester Busnello, Pâmela Sabrina Costa, Laiz Truccolo, Marco Antônio Welter e Danimar Dalla Rosa.

Muito Obrigada!

“Minhas imperfeições e fracassos são como uma bênção de Deus, assim como meus sucessos e meus talentos, e eu coloco ambos a seus pés.”

(Mahatma Gandhi)

RESUMO

TRES, Gessika. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Agosto de 2017. **Distribuição e incremento do fósforo em LATOSSOLO sob três modos de aplicação do fertilizante fosfatado em soja e milho.** Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira. Coorientadores: Prof.^a Dr.^a Maria do Carmo Lana, Dr. Leandro Rampim.

O fósforo é considerado um elemento essencial ao desenvolvimento das plantas, apresentando baixa mobilidade no solo, porém, na planta é móvel no floema. Um dos fatores que altera a dinâmica do fósforo no solo é sua absorção pela cultura, e o modo de aplicação. O objetivo do trabalho foi avaliar a distribuição do P no solo e o seu incremento, além de avaliar as culturas da soja e do milho, quanto a três modos de aplicação. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com arranjo de parcelas sub-subdivididas no espaço (primeiro fator, modo de aplicação do fertilizante fosfatado, segundo fator, a posição na linha e entrelinha, e terceiro fator, a profundidade), com sete repetições. O solo em estudo é um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico, com baixo teor de P. Foram avaliadas as culturas de soja e milho verão em sucessão de culturas, em semeadura direta, com uso de formulado contendo fosfato monoamônico (MAP) e fosfato monocálcico (SSP). Foram avaliados o estado nutricional (g kg^{-1} de P), a biomassa seca da parte aérea (kg ha^{-1} de MS), a extração da parte aérea e exportação de P (kg ha^{-1} de P), a altura de plantas (m), massa de mil grãos (gramas) e produtividade (kg ha^{-1}) nas culturas da soja e de milho verão. Para o solo, foram realizadas as análises em 11 pontos de amostragem, três linhas e oito entrelinhas, em quatro profundidades (0-0,05; 0,05-0,10; 0,1-0,15; 0,15-0,20 m) antes da semeadura da soja e após a colheita do milho. Em solo com baixo teor de P, o modo de aplicação do fertilizante fosfatado a lanço pode ser administrada para a cultura da soja, e para a cultura do milho, a melhor resposta foi obtida na aplicação em sulco. Os resultados obtidos no solo demonstraram que o modo de aplicação parcelado incrementou teores de P em grande parte do perfil amostrado. Quando somente a lanço, estes ficaram posicionados em maior proporção na superfície; e quando em sulco de semeadura, houve incrementos principalmente no local de deposição do fertilizante fosfatado. Para todos os modos de aplicação houve

incrementos em pontos nas linhas e nas entrelinhas. Possivelmente houve influência das raízes no incremento dos teores de P no perfil do solo.

Palavras-chave: Mobilidade, Nutrição, Perfil do solo, Extração, Exportação.

ABSTRACT

TRES, Gessika. State University of Western Paraná, in August 2017. **Distribution and increase of phosphorus in Latosol under three modes of application of phosphate fertilizer in soy and corn.** Advisor: Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira. Co-Advisors: Prof. ^a Dr. ^a Maria do Carmo Lana, Dr. Leandro Rampim.

Phosphorus is considered an essential element in the development of plants, presenting low mobility in the soil, but in the plant is mobile in the phloem. One of the factors that changes the dynamics of phosphorus in the soil is its absorption by the crop, and the mode of application. The objective of this work was to evaluate the distribution of P in the soil and its increment, besides evaluating the soybean and corn crops, in three ways of application. The design was a randomized block design with sub-subdivided plots in the space (first factor, modes of application of phosphate fertilizer, second factor, in-line and in between-line position, and third factor, depth), with 7 replicates. The soil under study is a Dark-Red Latosol, with a low content of P. The summer soybean and summer corn cultures were evaluated in succession of cultures, in no-tillage system, with a formulation containing monomeric phosphate (MAP) and monocalcium phosphate (SSP). Were evaluated the nutritional status (g kg^{-1} de P), dry shoot biomass (kg ha^{-1} de MS), shoot extraction and export of P (kg ha^{-1} de P), height of plants (m), mass of one thousand grains (gramas) and productivity (kg ha^{-1}) in summer soybean and corn crops. For the soil, the analyzes were performed at 11 sampling points, 3 lines and 8 lines between 4 depths (0-0,05; 0,05-0,10; 0,1-0,15; 0,15-0,20 m) before sowing of soybean and after harvesting of corn. In the soil with low P content, the mode of application of the phosphate fertilizer in broadcast surface can be handled for the culture of soybean, and the culture of corn, the best

response was obtained on application in furrow. The results obtained in the soil showed that the mode of application parceled increased P content in a large part of the sampled profile. When only the broadcast in the surface, these were positioned in greater proportion on the surface. When in along the sowing furrow, there were increases mainly in the place of deposition of the phosphate fertilizer. For all modes of application there were increments in points in the lines and between the lines. Possibly there was influence of the roots in the increase of the P content in the soil profile.

Keywords: Mobility, Nutrition, Soil profile, Extraction, Exportation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Precipitação e temperatura registradas no período de Outubro de 2015 a Fevereiro de 2016 e Setembro de 2016 a Março de 2017.....	29
Figura 2 – Croqui do experimento.....	30
Figura 3 – Esquema dos pontos de coleta (Linha – L e Entrelinha – E) e estratificação de amostragem no perfil do solo (profundidades).....	51
Figura 4 – Valores médios dos teores iniciais (T_i) de P no perfil do solo, em aplicação de fertilizante fosfatado somente a lanço em superfície.....	53
Figura 5 – Valores médios dos teores iniciais (T_i) de P no perfil do solo, em aplicação de fertilizante fosfatado somente em sulco de semeadura.....	54
Figura 6 – Valores médios dos teores iniciais (T_i) de P no perfil do solo, em aplicação de fertilizante fosfatado 50% a lanço em superfície mais 50% em sulco de semeadura.....	54
Figura 7 – Valores médios dos teores finais (T_F) de P no perfil do solo, em aplicação de fertilizante fosfatado somente a lanço em superfície.....	55
Figura 8 – Valores médios dos teores finais (T_F) de P no perfil do solo, em aplicação de fertilizante fosfatado somente em sulco de semeadura.....	57
Figura 9 – Valores médios dos teores finais (T_F) de P no perfil do solo, em aplicação de fertilizante fosfatado 50% a lanço em superfície mais 50% em sulco de semeadura.....	59
Figura 10 – Análise química e granulométrica geral das parcelas da área experimental, para os teores iniciais.....	69
Figura 11 – Análise química e granulométrica geral das parcelas da área experimental, para os teores finais.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Teor nutricional de P na folha, biomassa seca da parte aérea, extração de P pela parte aérea, exportação de P, altura de planta, massa de mil grãos (MMG) e produtividade na cultura da soja, em função dos modos de aplicação do fertilizante fosfatado.....	36
Tabela 2 – Teor nutricional de P na folha, biomassa seca da parte aérea, extração de P pela parte aérea, exportação de P, altura de planta, massa de mil grãos (MMG) e produtividade na cultura do milho, em função dos modos de aplicação do fertilizante fosfatado.....	38
Tabela 3 - Correlação de Pearson para as culturas da soja e do milho, quanto ao teor nutricional de P na folha, altura de planta, extração de P pela parte aérea e exportação, biomassa seca da parte aérea, massa de mil grãos e produtividade.....	40
Tabela 4 – Teste t para média nos teores finais e iniciais, em 3 modos de aplicação do fertilizante fosfatado, em sucessão de culturas, em semeadura direta.....	62
Tabela 5 – Resumo dos quadros da análise de variância, para as variáveis analisadas na cultura da soja.....	71
Tabela 6 – Resumo dos quadros da análise de variância, para as variáveis analisadas na cultura do milho.....	71
Tabela 7 – Resumo do quadro de análise de variância para o teor inicial de P no solo.....	72
Tabela 8 – Resumo do quadro de análise de variância para o teor final de P no solo.....	72

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	11
1.1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
2. CAPÍTULO 1 MODOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO EM LATOSSOLO NAS CULTURAS DA SOJA E DO MILHO EM SUCESSÃO E EM SEMEADURA DIRETA.....	25
2.1. INTRODUÇÃO.....	27
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	28
2.2.1. Caracterização do Local do Experimento	28
2.2.2. Tratamentos e Delineamento Experimental	29
2.2.3. Condução do Experimento	30
2.2.4. Análise Estatística	35
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
2.4. CONCLUSÕES.....	41
2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
3. CAPÍTULO 2 DISTRIBUIÇÃO E INCREMENTO DO FÓSFORO EM LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRICO SOB TRÊS MODOS DE APLICAÇÃO EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA.....	47
3.1. INTRODUÇÃO.....	49
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	50
3.2.1. Caracterização do Local do Experimento	50
3.2.2. Tratamentos e Delineamento Experimental	50
3.2.3. Condução do Experimento	50
3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	52
3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
3.5. CONCLUSÕES.....	64
3.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
4. CONCLUSÕES GERAIS	68
APÊNDICE A.....	69
APÊNDICE B.....	70
APÊNDICE C.....	71
APÊNDICE D.....	72

1. INTRODUÇÃO GERAL

Dentre os elementos químicos que são absorvidos pelas plantas, tem-se o Fósforo (P). No solo é constituído por compostos de ácido ortofosfórico e por pirofosfato. A rocha primária é a apatita, de onde os minerais fosfatados são liberados durante a intemperização, resultando em minerais mais estáveis, que são incorporados a compostos orgânicos (SANTOS; GATIBONI; KAMINSKI, 2008).

A característica principal do P é a baixa mobilidade no solo e alta mobilidade na plantas, sendo móvel no floema, redistribuído de forma rápida para drenos ou órgãos novos da planta (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; SFREDO, 2008).

Sua dinâmica depende de vários fatores, entre eles a textura (SANTOS; GABOTINI; KAMINSKI, 2008; TOKURA et al., 2011), as adubações (GABOTINI et al., 2008), os fatores bióticos e abióticos (RESENDE et al., 2011) e o manejo adotado (PEREIRA et al., 2010).

Todo P, tanto do solo quanto da planta estão na forma de fosfato e sua movimentação se dá quase que exclusivamente por difusão, ou seja, movimentação a pequenas distâncias na solução do solo, passando do gradiente de maior concentração para o de menor, sendo crucial posicionar adequadamente o fertilizante fosfatado no solo (MALAVOLTA, 2006).

Barber (1962) verificou que a grande parcela de P é movimentada por difusão, sendo uma pequena parte por fluxo de massa por ocasião de baixos teores na solução do solo. No entanto, em locais onde possui alto teor do nutriente, a difusão se torna importante (SOUSA et al., 2010), havendo aumento da difusão com o aumento de doses de P (COSTA et al., 2006).

A quantidade de P movimentada por difusão atua dependente de fatores como o sistema radicular, concentração do nutriente na solução do solo, o coeficiente de difusão e o poder tampão de fósforo, já em se tratando do fluxo de massa, é dependente do teor de água absorvido pela cultura e a concentração na solução do solo (NYE, 1977).

Tem sido um dos nutrientes mais limitantes a produtividade das culturas (RANNO et al., 2007), visto possuir importante função no metabolismo, transferindo energia da célula, na fotossíntese e na respiração, além de compor ácidos nucleicos, coenzimas, fosfolipídeos e fosfoproteínas (GRANT et al., 2001), ou seja, é

responsável pelo fornecimento de energia para as reações metabólicas e biossintéticas (SFREDO, 2008).

É o maior constituinte dos núcleos das células das plantas, e por isso, há necessidade contínua de suprimento deste, para a divisão celular, desde a floração até a formação de uma semente, essencial ao crescimento da planta e absorção de água e nutrientes (DEITH; ANDERSON; HOFFMANN, 2005).

A passagem do P da solução do solo para o interior da raiz ocorre primeiramente por seu transporte até a sua superfície radicular e posteriormente absorção pela planta, dependendo das características do solo e da planta, respectivamente (SOUSA et al., 2010) e por isso, torna-se importante conhecer os mecanismos e fatores que afetam o fornecimento de nutrientes às plantas, além de avaliar quantitativamente a absorção destes (BASTOS et al., 2008).

Além disto, o P é um nutriente necessário nos processos de desdiferenciação e formação de meristema radicular, tornando-se primordial ao desenvolvimento das raízes (CUNHA et al., 2009). Corrêa, Mauad e Rosolem (2004) observaram que com o aumento de doses de P, houve também um aumento linear na produção de matéria seca de raízes da soja, com melhores respostas para a profundidade de até 0,030 m.

Por isso, a assimilação deste nutriente presente na solução do solo entrando em contato com as raízes é determinada pela extensão da mesma (ANGHINONI, 1979), sendo crucial sistema radicular bem desenvolvido para a eficiência do uso do fosfatado (SOUSA et al., 2010).

Outro ponto a ser destacado, é que solos com baixo teor de P, limitam a absorção de N, refletindo na produtividade, isto porque, o N amoniacal favorece a difusão do P e aumenta a quantidade de raízes, proporcionando maior absorção de P (NOVAIS; SMYTH, 1999).

Também, plantas deficientes em P possuem alta quantidade de carboidratos nas raízes, já que o ATP (Adenosina Trifosfato) é exigido nas conversões enzimáticas, os quais degradam o carboidrato, fonte para o desenvolvimento das raízes (ARAÚJO; MACHADO, 2006).

Estes fatores tornam o P elemento essencial para o desenvolvimento de raízes, visto a maior captação da radiação solar, maior produção de carboidratos, aumentando a capacidade de absorção de P (GRANDT et al., 2001).

É dividido em orgânico, conhecido como Po, e inorgânico, Pi, sendo que a disponibilidade destes é dependente da adubação fosfatada (LEITE et al., 2016). Na

forma orgânica, encontra-se ligado fortemente a moléculas orgânicas, originado de resíduos vegetais, tecidos de microrganismos e da decomposição (MARTINAZZO et al., 2007) e se encontram na forma lábil, moderadamente lábil e não lábil, podendo estar disponíveis com o passar do tempo (PAVINATO; MERLIN; ROSOLEM, 2009).

Esta disponibilidade ocorre devido a liberação gradual, pela manutenção da cobertura do solo com os resíduos das plantas no sistema de semeadura direta, dificultando a ação microbiana, pelo menor contato da palhada com o solo. Por isso, a importância de produção de compostos orgânicos continuamente (AMARAL; ANGHINONI; DESCHAMPS, 2004).

Quando se almeja altos rendimentos, o P orgânico é insuficiente ao suprimento para as plantas, sendo necessárias adições de fertilizantes fosfatados, elevando biomassa e produtividade (CONTE; ANGHINONI; RHEINHEIMER, 2002). Ainda, com o aumento da população microbiana, o P inorgânico transforma-se em formas não lábeis de P orgânico, o que evitaria a adsorção de fosfatos, efetuando reserva de fósforo a médio e a longo prazo (BUSATO; CANELLAS; VELLOSO, 2005; TIECHER et al., 2012).

Já a parcela inorgânica está presente em minerais primários e/ou adsorvidos nas argilas silicatas e nas hidroxilas de oxihidróxidos de alumínio e ferro, assim como adsorvidos na matéria orgânica do solo por pontes de cátions (SANTOS; GABOTINI; KAMINSKI, 2008). Motta et al. (2002), citam que o P encontra-se em deficiência, devido a sua imobilização decorrente de interações em solos com alta porcentagem de argila, sendo sorvido, como acontece em Latossolos.

Assim, solos altamente intemperizados como os Latossolos, apresentam predominância de óxidos de Ferro e Alumínio na parcela argilosa, sendo altamente capazes de adsorver o fósforo, pela presença de cargas positivas e/ou pela energia de ligação deste com as frações adsorventes (MOTTA et al., 2002; SANTOS; GATIBONI; KAMINSKI, 2008).

Estes solos cultivados, possuem maior P inorgânico, em decorrência de adubações fosfatadas anteriores, o que leva a saturação de sítios de adsorção pela ligação com óxidos de Fe e Al (GABOTTINI et al., 2007; BEZERRA et al., 2015). Para a quantificação de P inorgânico, é utilizado o extrator Melich-1, já que o mesmo não extrai P orgânico (BORTOLON; GIANELLO, 2010).

Desta forma, Deith, Anderson e Hoffmann (2005), citam a importância de ambas as fontes de fósforo, tanto orgânico como inorgânico, para o desenvolvimento

vegetal, os quais são controlados pelas características dos solos e condições do ambiente.

Este macronutriente, é retirado do solo aproximadamente 10 e 9 kg de P_2O_5 por tonelada produzida para a exportação da cultura da soja e do milho, respectivamente (COELHO; FRANÇA, 1995; COSTA; OLIVEIRA, 2006; SFREDO, 2008).

Rosolém e Tavares (2006), relataram os sintomas de deficiência do elemento na cultura da soja como, arroxamento de pecíolos e colapso destes, folhas velhas inicialmente amareladas e posteriormente avermelhadas e arroxeadas.

Para a cultura do milho, plantas com deficiência de P tiveram reduções na matéria seca da parte área, na altura, no diâmetro do colmo e no número de folhas (GONDIM et al., 2016), redução no número de sementes, devido a diminuição da taxa de crescimento, gerando menor captação de luz e quantidade de carboidratos, afetando a produtividade (GRANT et al., 2001; BATISTELLA FILHO et al., 2013), assim como folhas mais velhas com coloração verde-escuras que evoluíram para mais roxas nas bordas e pontas das folhas (PRADO; FRANCO, 2007; GONDIM et al., 2016).

Gichangi, Mnkeni e Brookes (2009), citaram a importância de investigar estratégias que tornem o P acessíveis, otimizando o uso dos fertilizantes fosfatados a fim de manter a fertilidade do solo.

Dentre estas estratégias, encontra-se o manejo da adubação fosfatada, capaz de alterar as reações que ocorrem entre o solo e o fertilizante, e a disponibilidade de P para as plantas, a fim de auxiliar na eficiência da adubação fosfatada (CAIONE et al., 2011).

Os fatores que afetam esta eficiência, vão desde as fontes utilizadas, as espécies utilizadas, propriedades do solo até o modo de aplicação deste (SILVA et al., 2014). Desta forma, o modo de aplicação pode modificar a velocidade e a capacidade de reação do fertilizante fosfatado no solo, e posterior solubilização e disponibilização na solução do solo, determinando a eficiência da adubação fosfatada (MOTOMIYA et al., 2004).

Além de que, o sistema de semeadura direta, com a aplicação de fertilizantes na superfície ou subsuperfície em concomitância com a deposição de palhada, pela ciclagem de nutrientes, melhoram os atributos químicos do solo, elevando os teores do solo, principalmente do P (SCHLINDWEIN; ANGHINONI, 2000; AMADO et al.,

2006).

Neste contexto, uma modalidade de aplicação que vem sendo cada vez mais adotada é a aplicação à lanço visto a otimização de trabalho (BARBOSA et al., 2015). Por isso, apesar da aplicação em sulco de semeadura ampliar o gradiente de concentração no perfil do solo, quando do uso de fontes solúveis em água e citrato neutro de amônio, o uso de adubação fosfatada em superfície se torna uma importante alternativa para a adubação antecipada (NUNES et al., 2011).

Por isso, a tomada de decisão referente o modo de aplicação do fertilizante fosfatado está diretamente ligado aos aspectos agronômicos, econômicos e operacionais (FIORIN; VOGEL; BORTOLOTTI, 2016).

Tang et al. (2008), trabalhando com adubações com NPK na cultura do milho, notaram que o rendimento aumenta consideravelmente quando da utilização de P, em relação a N e NK, com média de 127% de incremento na produtividade por hectare, sendo que 12 kg de P por hectare são necessários para um rendimento próximo a 4 toneladas, concluindo a relação positiva entre o uso do nutriente e o rendimento de grãos.

Além disto, adubações fosfatadas realizadas na cultura da soja foram responsivas linearmente com o aumento das doses, na produtividade, assim como no peso de mil sementes, teor de P na folha e nas sementes (GONÇALVES JUNIOR et al., 2010; BATISTELLA FILHO et al., 2013).

Motomiya et al. (2004) trabalhando em LATOSSOLO VERMELHO distroférico com baixo teor de P, verificaram que o uso de fontes solúveis em água e citrato neutro de amônio, não obtiveram diferenças significativas na produtividade e na exportação de P na soja, para a aplicação de fertilizante fosfatado a lanço e em sulco de semeadura, em dois anos consecutivos, mas destacaram a aplicação a lanço como melhor alternativa.

Resende et al. (2006) constataram que, quando da utilização de fonte solúvel em água e citrato neutro de amônio em solo argiloso, com baixo teor de P no solo na cultura do milho, tanto a aplicação de fertilizante fosfatado a lanço como em sulco de semeadura, obtiveram respostas positivas, após três cultivos consecutivos, não resultando em diferenças estatísticas na produtividade, extração e exportação de P. Para os mesmos autores, o teor inicial do solo influenciou também no teor de P na folha da soja, a qual obteve média estatisticamente maior quando do uso do fertilizante fosfatado no sulco de semeadura.

Prado, Fernandes e Roque (2001) concluíram que em LATOSSOLO VERMELHO com baixo teor de P, o modo de aplicação em sulco obteve melhor resultado no teor de P no tecido foliar e na produtividade da cultura do milho.

Rosa, Pittelkow e Pasquali (2015) trabalhando com adubações fosfatadas em LATOSSOLO VERMELHO amarelo distrófico, em três modos de aplicações na cultura da soja, com alto teor de P no solo, demonstraram que o fertilizante fosfatado na dose de 100 kg ha⁻¹ não se obteve diferenças significativas nos modos de aplicação em sulco de semeadura, bem como a lanço e em área total, para o teor de P no tecido foliar, porém, o maior acúmulo foi encontrado quando da aplicação a lanço em área total, além da maior altura de planta.

Conforme Nunes et al. (2011), em estudo com um LATOSSOLO VERMELHO distrófico, com teor de P de 1,6 mg dm⁻³ (Mehlich-1) na camada de 0,0 a 0,20 m; avaliando a produtividade da soja após 14 anos de cultivo com Superfosfato triplo a lanço e em sulco de semeadura, concluíram que não houve diferença significativa na produtividade das culturas para os tratamentos.

Furtini Neto et al. (2002) realizaram trabalho e um solo de textura argilosa e com baixo teor de P no solo, para a cultura do milho, constaram que não se obtiveram diferenças significativas para a produtividade e o teor de P no tecido foliar quanto a adubação fosfatada a lanço e em sulco de semeadura, porém, houve diferença de 915 kg ha⁻¹ na produtividade a mais para lanço.

Barbosa et al. (2015), em LATOSSOLO VERMELHO amarelo com teor de P de 9,8 mg dm⁻³, com primeiro cultivo soja e em sucessão o milho safrinha, trabalhando com seis diferentes modos de aplicação, utilizando MAP (solúvel em água e citrato neutro de amônio) como fonte e o método de extração por resina de troca aniônica, obtiveram para a soja maior média na altura de plantas e produtividade, quando do uso do fertilizante fosfatado em linha de semeadura, comparado ao modo a lanço em área total e parcelado (50% linha mais 50% lanço). O modo de aplicação parcelado obteve média intermediária, ficando acima da aplicação a lanço e abaixo do uso em sulco de semeadura para ambas as variáveis, se destacando somente no teor de P na folha. Já para a cultura do milho, as variáveis citadas não obtiveram diferenças estatísticas.

Fiorin, Vogel e Bortolotto (2016) estudaram o uso de fertilizante fosfatado solúvel em água e citrato neutro de amônio (MAP), em dois modos de aplicação, a lanço e em sulco de semeadura em dois cultivos na cultura da soja, em LATOSSOLO

VERMELHO distrófico com teor de $6,6 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo, demonstraram que não houve diferença significativa para produtividade e massa de 100 sementes.

Para o cultivo do milho, Carneiro et al. (2008) trabalhando em ARGISOLO VERMELHO típico, com 2 mg dm^{-3} de P no solo extraídos com Mehlich-1, em dois cultivos consecutivos de milho verão, utilizando Superfosfato triplo, não foi possível verificar diferenças significativas na produtividade, biomassa seca da parte aérea, teor de P no tecido foliar e nos grãos (exportação) quando dos modos de aplicação em sulco de semeadura e a lanço (CARNEIRO et al., 2008).

Para o sistema de semeadura direta, ano após ano, a aplicação de fertilizante fosfatado a lanço vem auxiliando na melhoria do teor de P do solo, devido a saturação de sítios de adsorção, reduzindo a deficiência deste nutriente (SANTOS; GABOTINI; KAMINSKI, 2008).

A baixa mobilidade do elemento, proporciona grande acúmulo deste nutriente na profundidade de até 0,03 m; sendo favorecida por fosfatados solúveis em água e citrato neutro de amônio e, pela deposição do fertilizante fosfatado na superfície, o que atinge 140 vezes mais o teor de P do que as camadas não influenciadas por sua adição (ERNANI; STECKLING; BAYER, 2001).

Corrêa, Mauad e Rosolem (2004) realizaram um estudo em LATOSSOLO VERMELHO distrófico, com baixo teor de P no solo, obtiveram incremento no teores de P em até 0,03 m de profundidade quando da aplicação de fertilizante fosfatado a lanço, em sistema de semeadura direta, o qual foi influenciado pela diminuição da adsorção em vista da presença de palhada e de ácidos orgânicos.

Solos com semeadura direta, sem perturbação do solo e aplicação do P no sulco tem se mostrado responsável pelo elevado teor de P, devido a saturação de sítios de adsorção e adsorções de baixa energia, com maior quantidade de P na camada de 0 a 0,05 m de profundidade; pela absorção em profundidade e deposição na superfície através da ciclagem de nutrientes (TIECHER et al., 2012).

Trabalho comprova que a cada 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 aplicados na semeadura da soja em sulco, há um acréscimo de 4,9 a $5,3 \text{ mg dm}^{-3}$ de P na camada de 0 a 0,10 m de profundidade; sendo a maior quantidade encontrada na superfície (KURIHARA et al., 2016).

Em outro estudo, Motomiya et al. (2004), utilizaram de adubação fosfatada em sistema de semeadura direta, com o uso de fosfato solúvel em água e citrato neutro de amônio, no modo de aplicação a lanço em LATOSSOLO VERMELHO Distroférico,

com baixo teor de P no solo, quando comparada a sua ausência, obteve ganho expressivo do teor de P nas faixas de 0 a 0,05 m e; para a aplicação de fertilizante fosfatado em linha de semeadura, os maiores teores foram encontrados na faixa de 0,05 a 0,10 m de profundidade; aumentando a sua disponibilidade nestas profundidades.

Nunes et al. (2011) citam que estes resultados se devem ao acúmulo deste nutriente proveniente da deposição de palhada e resíduos nas camadas próximas a superfície (0 a 0,05 m), e para as camadas abaixo destas (0,05 a 0,10 m) porque este compreende o local em que o fertilizante fosfatado foi depositado, sendo que os teores em ambos os modos de aplicação passam a igualar-se após 0,15 m.

Costa et al. (2009), em estudo com fertilizante fosfatado em três modos de aplicação (lanço, sulco e em linhas na superfície), em solo com baixo teor de P e em 18 anos de experimentação, observaram que o acúmulo de P na superfície e estratificação do elemento no solo está ligada a sua baixa mobilidade, pela decomposição de resíduos provenientes das culturas antecessoras e das raízes, nas camadas de 0-0,05m; sendo as maiores concentrações na profundidade de 0,05-0,10m devido a deposição do fertilizante fosfatado, sendo que estas diminuem em profundidades maiores.

Para Deith, Anderson e Hoffmann (2005), a aplicação de fertilizante fosfatado na linha tende a ser mais eficiente do que a aplicação em área total em superfície, isto porque a concentração de P fixado é maior quando aplicado sobre o solo.

Quando avaliados os três modos de aplicação estudados neste trabalho, Barbosa et al. (2015) verificaram que para a aplicação do fertilizante fosfatado a lanço os maiores teores foram encontrados na profundidade de 0 a 0,025 m, para o modo parcelado (50% Sulco mais 50% lanço) na profundidade de 0 a 0,05m; e para o modo somente em sulco de semeadura de 0,025 a 0,05m; visto a localização da deposição do fertilizante. Houve superioridade de teor de P na profundidade de 0,075 a 0,10m para a aplicação do fertilizante fosfatado parcelado, quando comparado aos outros dois modos. Obteve-se uma diminuição do teor de P considerável nas profundidades avaliadas, influenciada pelos modos de aplicação.

Para tanto, este trabalho foi dividido em 2 capítulos, onde possuem as seguintes hipóteses e objetivos:

Capítulo 1: A hipótese que a adubação fosfatada a lanço pode ser realizada a fim de obter os mesmos resultados quando da adubação em sulco de semeadura,

otimizando a semeadura das culturas da soja e do milho. Com o objetivo de verificar o melhor manejo quando da aplicação do fertilizante fosfatado, em dois anos consecutivos.

Capítulo 2: A hipótese de que o P seja distribuído no perfil do solo, a fim de incrementar os teores abaixo da profundidade de 0,05m; nos 3 modos de aplicação do fertilizante fosfatado. Objetivando avaliar a distribuição e o incremento de P na profundidade de 0-0,20m; sob os três modos de aplicação do fertilizante fosfatado.

1.1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, T.J.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P.C.; SPAGNOLLO, E.; CAMPOS, B.H.; VEIGA, M. Potential of carbon accumulation in no-till soils with intensive use and cover crops in southern Brazil. **Journal Environmental Quality**. Madison, v.35., n.4, p.1599-607, 2006.

AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F.C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.28, p.115-123, 2004.

ANGHINONI, I. **A method for predicting the most eficiente phosphate placement for corn using a simulation model**. 1979. 170 f. Thesis (Ph. D. in Soil Science) – University the Purdue, West Lafayette, 1979.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) Nutrição mineral de plantas. Viçosa, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2006. p. 251-280.

BARBER, S.A. A diffusion and mass-flow concept of soil nutrient availability. **Soil Science**. West Lafayette. V.93, N°1, p.39-49, 1962.

BARBOSA, Newton Cabral; ARRUDA, Everton Martins; BROD, Elias; PEREIRA, Hamilton Seron. Distribuição vertical do fósforo no solo em função dos modos de aplicação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 1, p. 87-95, 2015.

BASTOS, A.L; COSTA, J.P.V.; SILVA, I.F.; RAPOSO, R.W.C.; SOUTO, J.S. Influência de doses de fósforo no fluxo difusivo em solos de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.2, p.136–142, 2008.

BATISTELLA FILHO, F.; FERREIRA, M.E.; VIEIRA, R.D.; CRUZ, M.C.P.; CENTURION, M.A.P.D.C.; SYLVESTRE, T.D.B.; RUIZ, J.G.C.L. Adubação com fósforo e potássio para produção e qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.7, p.783-790, 2013.

BEZERRA, R.P.M.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Frações de fósforo e correlação com atributos edáficos sob sistemas de plantio direto e integração lavoura-pecuária no Cerrado Goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, p. 1287-1306, 2015.

BORTOLON, L.; GIANELLO, C. Fósforo extraído pela solução de Mehlich-1 determinado por colorimetria e ICP em solos do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 34 , n.1, p. 263-268, 2010.

BUSATO, J.G.; CANELLAS, L.P.; VELLOSO, A.C.X. Fósforo num Cambissolo cultivado com cana-de-acucar por longo tempo. I: Fracionamento seqüencial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.935-945, 2005.

CAIONE, G.; LANGE, A.; BENETT, C.G.S.; FERNANDES, F.M. Fontes de fósforo para adubação de cana-de-açúcar forrageira no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 66-73, 2011.

CARNEIRO, L.F.; FURTINI NETO, A.E.; RESENDE, A.V.; CURI, N.; SANTOS, J.Z.L.; LAGO, F. J.D. Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na interação fósforo-zinco em milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1133-1141, 2008.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. Seja o doutor do seu milho: **Nutrição e Adubação**. Piracicaba: Potafós. 2 ed., n.2, 25p., 1995.

CONTE, E.D.; ANGHINONI, I.; RHEINHEIMER, D.S. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatase ácida após aplicação de fosfato em solo no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.26, p.925-930, 2002.

CORRÊA; J.C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C.A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.12, p.1231-1237, 2004.

COSTA, J. M.; OLIVEIRA, E. F. de. **Fertilidade do solo e Nutrição de plantas**. Coamo – Campo Mourão Coamo/Coodetec (Boletim Técnico S/N). Campo Mourão, PR, 76p., 2006.

COSTA, J.P.V.; BARROS, N.F.; ALBUQUERQUE, A.W.; MOURA FILHO, G.; SANTOS, J.R. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. Campina Grande, v.10, n.4, 2006.

COSTA, S. E. V. G. A.; SOUZA, E.D.; ANGHINONI, I.; FLORES, J.P.C.; CAO, E.G.; HOLZSCHUCH, M.J. Phosphorus and root distribution and corn growth as related to long-term tillage systems and fertilizer placement. **Revista Brasileira de Ciência do Solo [online]**. Viçosa, v.33, n.5, pp.1237-1247, 2009.

CUNHA, A.C.M.C.M.; PAIVA, H.N.; XAVIER, A., OTONI, W.C. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, n.58, p.35-47, 2009.

DEITH, L. G.; ANDERSON, S.A.; HOFFMANN, B.W. Soil and fertilizer sources of plant nutrients. **Management of Wisconsin Soils A3588**, Fifth Edition, chapter 9, 2005, p. 87.

ERNANI, P.R.; STECKLING, C.; BAYER, C. Características químicas de solo e rendimento de massa seca de milho em função do método de aplicação de fosfatos, em dois níveis de acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.939-946, 2001.

FIORIN, J.E.; VOGEL, P.T.; BORTOLOTTTO, R.P. Métodos de aplicação e fontes de fertilizantes para a cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v.11, n.2, p.92-97, 2016.

FURTINI NETO, A.E.; RESENDE, A.V.; ARAÚJO, I.B.; ALVES, V.M.C.; PÁDUA, T.R.P.; MENDES, B.R. Fontes e modos de aplicação de fósforo na produção e nutrição mineral do milho em primeiro cultivo. In: Reunião Brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 25, 2002, Rio de Janeiro. 4p., **Anais..** Rio de Janeiro: SBM, 2002.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; BRUNETTO, G. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatases ácidas durante a diminuição do fósforo disponível no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 8, p. 1085-1091, 2008.

GICHANGI, E. M.; MNKENI, P. N. S.; BROOKES, P. C. Effects of goat manure and inorganic phosphate addition on soil inorganic and microbial biomass phosphorus fractions under laboratory incubation conditions. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 55, n. 6, p. 764-771, 2009.

GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; NACKE, H.; MARENGONI, N. G.; CARVALHO, E. A.; COELHO, G. F. Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 660-666, 2010.

GONDIM, A.R.O.; PRADO, R.M.; FONSECA, I.M.; ALVES, A.U. Crescimento inicial do milho cultivar brs 1030 sob omissão de nutrientes em solução nutritiva. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n.5, p. 706-714, 2016.

GRANDT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. Potafós, **Encarte Técnico**, n.95, p.1-5, 2001.

KURIHARA, C.H.; SILVA, W.M.; DIAS, M.M.; TSUJIGUSHI, B.P.; SILVA, J.V.S. Gradual correction of phosphorus availability in the no-tillage system. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n.2, p. 256-264, 2016.

LEITE, J.N.F.; CRUZ, M.C.P.; FERREIRA, M.E.; ANDRIOLI, I.; BRAOS, L.B. Frações orgânicas e inorgânicas do fósforo no solo influenciadas por plantas de cobertura e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.11, p.1880-1889, 2016.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo. Piracicaba: Ceres, p.57-60, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações**. 2ª Ed. Piracicaba: Potafós, 319 p., 1997.

MARTINAZZO, R.; SANTOS, D. R.; GABOTINI, L. C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J. Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto afetado pela adição de fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.31, n.3, p.563-568, 2007.

MOTOMIYA, W. R.; FABRICIO, A. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C.; ROBAINA, A. D.; NOVELINO, J. O. Métodos de aplicação de fosfato na soja em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 307-312, 2004.

MOTTA, P.E.F.; CURTI, N.; SIQUEIRA, J.O.; RAIJ, B.V.; FURTINI NETO, A.E.; LIMA, J.M. Absorção e formas de fósforo em Latossolos: influência da mineralogia e histórico de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.2, p.349-359, 2002.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. UFV-DPS: Viçosa, 1999. 399p.

NUNES, R.D.S.; SOUSA, D.M.G.; GOEDERT, W.J.; VIVALDI, L.J. Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.3, p. 877-888, 2011.

NYE, P. H. The rate-limiting step in plant nutrient absorption from soil. **Soil Science**, Baltimore, v.123, n.5, p. 292-297, 1977.

PAVINATO, P. S.; MERLIN, A.; ROSOLEM, C. A. Phosphorus fractions in Brazilian Cerrado soils as affected by tillage. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 105, n. 1, p. 149-155, 2009.

PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, S. J.; TORRES, J. L. R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em áreas de Cerrado sob plantio direto, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 1-6, 2010.

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

PRADO, R. M.; FRANCO, C. F. Omissão de nutrientes no crescimento, na nutrição e nos sintomas visuais em plantas de milho variedade Al - Bandeirante. **Revista de Agricultura**, São Paulo, v. 82, n. 1, p. 84-97, 2007.

RANNO, S.K.; SILVA, L.S.; GATIBONI, L.C.; RHODEN, A.C. Capacidade de adsorção de fósforo em solos de várzea do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.21-28, 2007.

RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E.; ALVES, V.M.C.; MUNIZ, J.A.; CURTI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARA, D.I.; SANTOS, J.Z.L.; CARNEIRO, L.F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.2, p.453-466, 2006.

RESENDE, J. C. F.; BUSTAMANTE, M. M. C.; MARKEWITZ, D.; KLINK, C. A.; DAVIDSON, E. A. Phosphorus cycling in a small watershed in the Brazilian Cerrado: impacts of frequent burning. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 105, n. 1-3, p. 105-118, 2011.

ROSA, R.P.; PITTELKOW, F.K.; PASQUALLI, R.M. Doses e métodos de aplicação de fósforo na cultura da soja. Fundação Rio verde, **Boletim Técnico**, v. 23, n. 8, p. 1-9, 2015.

ROSOLEM, C.A.; TAVARES, C.A. Sintomas de deficiência tardia de fósforo em soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p. 385-389, 2006.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**. Santa Maria, V.38, n.2, p.576-586, 2008.

SCHLINDWEIN, J. A.; ANGHINONI, I. Variabilidade vertical de fósforo e potássio disponíveis e profundidade de amostragem do solo no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.4, p.611- 617, 2000.

SFREDO, G.J. **Soja no Brasil: Calagem, adubação e nutrição mineral**. 2008. Londrina: Embrapa soja, 148 p., 2008.

SILVA, M.A.G.; MUNIZ, A.S.; BULL, L.T.; MANNIGEL, A.R.; MARCHETTI, M.E.; NOLLA, A. Manejo da adubação com sulfato de amônio no desempenho produtivo do milho cultivado após aveia e trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 577-588, 2014.

SOUSA, D.M.G.; REIN, T. A.; GOEDERT, W.J.; LOBATO, E.; NUNES, R.S. Fósforo. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes**. Piracicaba: IPNI – Brasil, 2010. v. 2., p. 71- 126.

TANG, X; LI, J; MA, Y; HAO, X; LI, X. Phosphorus efficiency in long-term (15-years) wheat-maize cropping systems with various soil and climate conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.108, p. 231–237, 2008.

TIECHER, T.; SANTOS, D. R.; KAMINSKI, J.; CALEGARI, A. Forms of inorganic phosphorus in soil under different long term soil tillage systems and winter crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 1, v. 36, p. 271-281, 2012.

TOKURA, A. M.; FURTINI A. E.; CARNEIRO, L. F.; CURI, N.; SANTOS, J. Z. L.; ALOVISI, A. A. Dinâmica das formas de fósforo em solos de textura e mineralogia contrastantes cultivados com arroz. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 171-179, 2011.

2. CAPÍTULO 1 MODOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO EM LATOSSOLO NAS CULTURAS DA SOJA E DO MILHO EM SEMEADURA DIRETA

RESUMO

O modo de aplicação do fertilizante fosfatado pode auxiliar no manejo da fertilidade do solo, elevando a capacidade de absorção pela cultura e diminuindo sua adsorção pelos constituintes do solo. O objetivo deste trabalho foi verificar o melhor manejo quando da aplicação do fertilizante fosfatado sob três modos de aplicação, nas culturas da soja e do milho. O experimento foi desenvolvido em LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico, em dois anos consecutivos (safras de 2015/16 e 2016/17). O delineamento utilizado foi de blocos casualizados, com três modos de aplicação da adubação fosfatada (100% a lanço em superfície; 100% localizado no sulco de semeadura e, 50% a lanço em superfície mais 50% no sulco de semeadura), sete repetições. Como fonte de P, utilizou-se um fertilizante formulado contendo fosfato monoamônico (MAP) e fosfato monocálcico (SSP), aplicando-se 86 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Efetuou-se a adubação de correção para a cultura da soja, e de manutenção para ambas. Quanto as avaliações, foram realizadas coletas de folhas para quantificar o teor nutricional e planta para medir a produção de biomassa seca da parte aérea, bem como a extração da parte aérea e exportação de P. No momento da colheita, foram quantificados os componentes de rendimento altura de plantas, massa de mil grãos e produtividade nas culturas da soja e de milho verão. Os resultados obtidos indicam que no primeiro cultivo, o teor de P na folha e a altura de planta da soja, e no segundo cultivo, a altura de planta e a produtividade, responderam de forma eficiente a aplicação do fertilizante fosfatado no sulco de semeadura. Em condição de solo com baixo teor de P, o modo de aplicação do fertilizante fosfatado a lanço proporcionou maior produtividade para a cultura da soja, e para a cultura do milho, a melhor resposta foi obtida na aplicação em sulco.

Palavras-chave: Fertilizante fosfatado; Difusão; Mobilidade; Teor nutricional.

ABSTRACT

PHOSPHORUS APPLICATION MODES IN LATOSOL ON CROPS OF SOYBEANS AND CORN CULTURES IN NO-TILLAGE SYSTEM

The method of application of phosphate fertilizer can help in the management of soil fertility, increasing the absorption capacity by the crop and reducing its adsorption by the constituents of the soil. The objective of this work was to verify the best management when applying the phosphate fertilizer under three modes of application, in soybean and corn crops. The experiment was developed in Dark-Red LATOSOL, in two consecutive years (harvests of 2015/16 and 2016/17). The experiment was carried out in a randomized complete block design with three modes of application of the phosphate fertilizer (100 % broadcast in the surface, 100% along the sowing furrow and, 50% broadcast in the surface more 50% in the sowing furrow), seven replications. As a source of P, a formulated fertilizer containing monoammonium phosphate (MAP) and monocalcium phosphate (SSP) was used, applying 86 kg ha⁻¹ of P₂O₅. Correction fertilization was carried out for soybean cultivation, and maintenance for both. Regarding the evaluations, leaves were collected to quantify the nutritional content and plant to measure the dry biomass production of the aerial part, as well as the extraction of the aerial part and export of P. At the moment of the harvest, the yield components were quantified height of plants, mass of one thousand grains and productivity in soybean and summer corn crops. The results indicate that in the first crop, the content of P in the leaf and the height of soybean plant, and in the second crop, plant height and productivity, efficiently responded to the application of the phosphate fertilizer in the sowing furrow. Under soil conditions with low P content, the application of the phosphate fertilizer the broadcast in the surface provided higher productivity for the soybean crop, and for the corn crop, the best response was obtained in the furrow application.

Keywords: Phosphated fertilizer; Diffusion; Mobility; Nutritional content.

2.1. INTRODUÇÃO

Devido a demanda brasileira por grãos, das culturas da soja e do milho, ocorreu um aumento da produção quando comparada a expansão da área cultivada, sendo esta de 37,78 e 11,73% e o aumento da produção de 38,81 e 22,8%; respectivamente, nos últimos 10 anos (CONAB, 2017). Um dos nutrientes que restringe este aumento de produtividade é o fósforo (P), uma vez que o elemento possui baixa mobilidade no solo e a quantidade adicionada é baixa, necessitando de frequentes adubações (RAIJ et al., 1997). Esta deficiência é devida a sua imobilização decorrente de interações em solos com alta quantidade de argila, sendo sorvido, como acontece em Latossolos (MOTTA et al., 2002).

Resende et al. (2006) relataram a importância de se adotarem manejos diferenciados para a adubação fosfatada, a fim de fornecer P para a cultura atingindo as produtividades desejadas e melhorando a fertilidade para os próximos cultivos, quando a semeadura direta é citada, visto que o ambiente edáfico é alterado, o qual influencia fortemente a disponibilidade do P (MOTOMIYA et al., 2004).

Dentre os fertilizantes fosfatados utilizados encontra-se em maior parcela os fosfatos solúveis em água e citrato neutro de amônio (CNA), os quais representam mais de 90% do mercado (SOUSA; LOBATO, 2004), destacados por sua eficiência agrônômica e residual em semeadura direta, pela ausência de revolvimento do solo (FONTOURA et al., 2010), tanto incorporados como aplicados na superfície do solo (OLIVEIRA JUNIOR; PROCHNOW; KLEPKER, 2008). Lana et al. (2004) também confirmaram a eficiência do fertilizante fosfatado solúvel em água e CNA para a correção de solos com baixo teor, aumentando os teores de P lábil.

O fluxo difusivo de P é limitado em solos argilosos, isto porque o nutriente é influenciado pela distância percorrida até ser absorvida pelas raízes (BASTOS et al., 2008), sendo importante posicionar adequadamente o fertilizante fosfatado no solo. Um manejo que pode ser adotado, a fim de otimizar a semeadura e aumentar a eficiência deste fertilizante pelo aumento da absorção de P pela cultura, é o modo de aplicação (NUNES et al., 2011).

Neste sentido, diversos trabalhos têm sido realizados para avaliar as implicações dos modos de aplicação, de maneira que, Motomiya et al. (2004), em estudo com fertilizante fosfatado solúvel em água e CNA em dois modos de aplicação, no sulco e a lanço, observaram maiores teores nutricionais de P quando da aplicação

no sulco, na cultura da soja. Ocorreu resposta positiva na produtividade do milho, em solo com baixo teor de P inicial, enfatizando que a fertilidade inicial é fator determinante para os resultados obtidos (RESENDE et al., 2006). Outros resultados positivos foram apresentados na cultura da soja e do milho (CARNEIRO et al., 2008; NUNES et al., 2011; ROSA; PITTELKOW; PASQUALLI, 2015; FIORIN; VOGEL; BORTOLOTTI, 2016).

A hipótese deste trabalho é de que a adubação fosfatada a lanço pode ser realizada a fim de obter os mesmos resultados e as mesmas produtividades quando da adubação em sulco, otimizando a semeadura das culturas da soja e do milho.

O objetivo deste trabalho foi verificar o melhor manejo quando da aplicação do fertilizante fosfatado, nas culturas da soja e do milho verão em dois anos consecutivos.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. Caracterização do Local do Experimento

O experimento teve início em outubro de 2015 e encerrou-se em março de 2017, realizado no município de Santa Terezinha de Itaipu, PR, na Fazenda Santa Maria, localizada nas coordenadas geográficas 25°28'09" S 54°22'41" W com altitude de 292 metros. O clima da região é classificado como subtropical, com temperatura média anual variando de 21 a 22°C com mínima de 17°C e máxima de 28°C, verões considerados quentes, pouca frequência de geadas, com chuvas de verão e precipitação média anual variando entre 1600 a 1800 mm, sem estação seca definida e umidade relativa média entre 75 a 80% (CAVIGLIONE et al., 2000). O solo da região em estudo é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico (SANTOS et al., 2014).

O sistema de manejo instalado na propriedade é o sistema de plantio direto (SPD), o qual passou por 13 anos de pastagem e cinco anos de integração lavoura-pecuária, sendo semeadura da soja no verão e cobertura verde no inverno, com aveia e azevém. A declividade é de 3,6%; reduzindo o escoamento superficial do solo.

Previamente a instalação do experimento, realizou-se coleta de solo na camada de 0-0,20m para análise química (Apêndice A), a qual apresenta pH (H₂O): 5,68;

matéria orgânica: $27,4 \text{ g dm}^{-3}$; P: $5,4 \text{ mg dm}^{-3}$ e S: 7 mg dm^{-3} ; Ca, Mg, K, Al e H+Al, respectivamente, 7,90; 2,72; 0,59; 0,0 e $5,35 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, soma de bases: $11,21 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e CTC: $16,56 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, V%: 67,7; %Ca, %Mg e %K, respectivamente, 47,71; 16,42 e 3,56. Enquanto que a análise granulométrica revelou teor de argila, silte e areia, respectivamente, 712, 156 e 132 g kg^{-1} . O solo possui baixo teor de P pelo extrator Mehlich-1 segundo Nepar (2017).

Na Figura 1 estão apresentados os dados pluviométricos coletados decorrer do experimento e, os dados de temperatura segundo o Instituto Nacional de meteorologia (INMET, 2017) em decêndios.

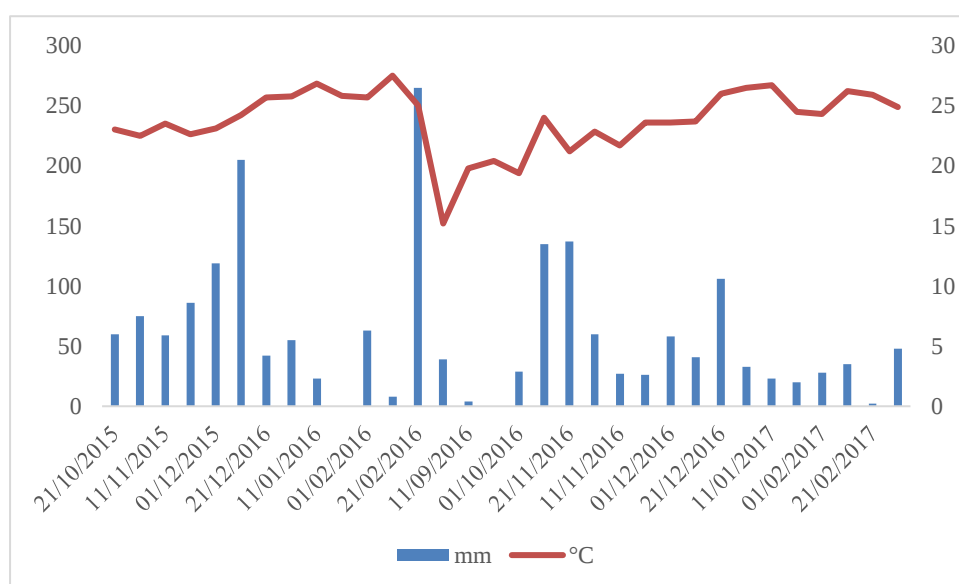


Figura 1 – Precipitação e temperatura registradas no período de Outubro de 2015 a Fevereiro de 2016 e Setembro de 2016 a Março de 2017.

2.2.2. Tratamentos e Delineamento Experimental

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso, com sete repetições.

Os tratamentos foram constituídos pela aplicação do fertilizante fosfatado contendo MAP (Fosfato monoamônico) e SSP (Superfosfato simples – Fosfato monocálcico) em sua composição, sendo eles:

T1: Aplicação do fertilizante fosfatado somente à lanço (Lanço);

T2: Aplicação do fertilizante fosfatado somente em sulco de semeadura (Sulco);

T3: Aplicação do fertilizante fosfatado metade à lanço e metade na linha de semeadura - parcelado (50 Lanço + 50 Sulco).

2.2.3. Condução do Experimento

O primeiro procedimento realizado foi a marcação das linhas de semeadura, sendo estas marcadas com o auxílio de uma semeadora/adubadora de 11 linhas com 0,45 m de espaçamento entre linhas, na área total do experimento. Após, as parcelas foram demarcadas com o uso de uma trena, com comprimento de 10 metros, totalizando 49,5 m². Um corredor de 10 metros de largura foi deixado entre as parcelas dos blocos, para movimentação de máquinas e equipamentos, evitando o tráfego dos mesmos nas parcelas que já haviam recebido os tratamentos (Figura 2).

A área útil foi composta por 18,9 m²; retirando-se duas linhas de semeadura de ambos os lados e 2 metros de comprimento em cada lado.

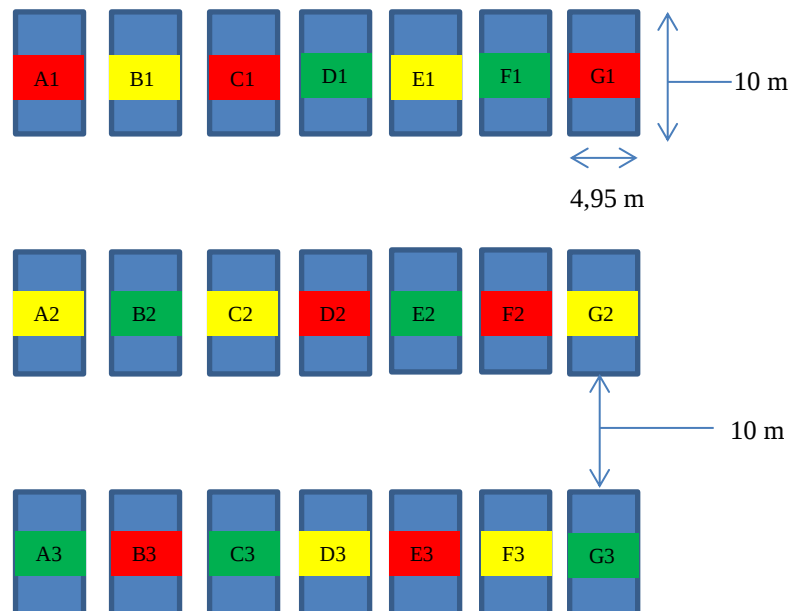


Figura 2 – Croqui do experimento.

Legenda: A2, B1, C2, D3, E1, F3 e G2 com adubação somente à lanço (amarelo); A3, B2, C3, D1, E2, F1 e G3 com adubação somente em linha de semeadura (verde); A1, B3, C1, D2, E3, F2 e G1 adubação 50% em sulco e 50% à lanço (vermelho);

3.2.3.1 Condução da Cultura da Soja

Para a primeira cultura instalada no experimento, ou seja, a cultura da soja, foi realizado o cálculo da adubação levando em consideração a correção de acordo com a análise de solo, a fim de elevar o P para 12 mg dm^{-3} , na camada de 0 a 0,20 m. Juntamente com a adubação de correção, realizou-se a adubação de manutenção para a produção de 4 Mg ha^{-1} , onde a cada tonelada produzida são necessários 5,8 kg de P (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2014).

Para tanto, utilizou-se 86 kg de P_2O_5 com uso de fertilizante formulado 03.21.00 (3% N, 21% de P_2O_5 e 0% de K_2O), contendo MAP e SSP. Para suprir a necessidade de K, utilizou-se 107 kg de K_2O , utilizando Cloreto de Potássio (KCl - 60% de K_2O). Foi realizada a regulação da semeadora/adubadora de forma adequada para a dose de 100% e 50% no sistema de adubação no sulco de semeadura. A adubação à lanço, tanto parcial como total, foi realizada manualmente para obter homogeneidade da aplicação.

A semeadura ocorreu em 16/10/2015, utilizando a variedade BMX Vanguarda, com hábito de crescimento indeterminado, resistente ao acamamento, grupo de maturação 6.0, com exigência de fertilidade alta e adaptada a região (BRASMAX, 2017). Foram semeadas 14 sementes m^{-1} , estabelecendo uma média de 12 plantas m^{-1} , perfazendo 266.667 plantas ha^{-1} . Para o controle fitossanitário, foi realizado conforme a necessidade. Seguem as variáveis analisadas e suas metodologias.

Para o estado nutricional (teor foliar de P), foram coletadas 30 folhas com pecíolo em cada parcela conforme proposto por Raij et al. (1997), no estágio R.2, coletando a primeira folha amadurecida do ápice para a base da haste principal, correspondendo a terceira folha (RAIJ et al., 1997; FAQUIN, 2002; ROSOLEM; TAVARES, 2006; INOCÊNCIO et al., 2012), sendo lavadas em água e posteriormente em água destilada. Em seguida, foram colocadas em sacos de papel e secas em circulação forçada de ar, a 65°C até peso constante, para serem moídas e analisadas (BATISTELLA FILHO et al., 2013), por digestão nítrico-perclórica conforme Lana et al. (2016). Os resultados foram expressos em g kg^{-1} de P.

Para a extração da parte aérea e exportação, 10 plantas foram cortadas rente ao solo no estágio R.6, deixando a raiz no solo e coletando a parte aérea. As amostras foram lavadas em água corrente e posteriormente em água destilada. As partes foram separadas por vagens, folhas, pecíolo e caule conforme Sarruge e Haag (1974) e

Caires e Fonseca (2000). Para a taxa de exportação, após a colheita das parcelas, retirou-se uma amostra homogênea de grãos. Para ambas as avaliações as amostras foram colocadas em sacos de papel e secas em circulação forçada de ar, a 65°C até peso constante e pesadas, para serem moídas e analisadas (GONÇALVES JUNIOR et al., 2010; BATISTELLA FILHO et al., 2013), sendo realizada a digestão nítrico-perclórica conforme Lana et al. (2016), sendo os resultados expressos em kg ha⁻¹ de P.

A biomassa seca da parte aérea foi realizada concomitantemente com a avaliação da taxa de extração de P da parte aérea no estádio R.6. As partes das plantas foram secas até atingirem o peso constante (KURIHARA et al., 2013) e pesadas com o auxílio de uma balança de precisão. Para cálculo da biomassa determinou-se o estande de plantas em 10 repetições de 5 metros de modo aleatório (UENO et al., 2013). Os resultados foram expressos em kg ha⁻¹ de MS.

Para a altura das plantas, foram tomadas 30 plantas ao acaso nas parcelas no estádio R.8, medindo-se do solo até o ápice, antecedendo um dia a colheita, com uso de uma trena milimetrada de aço (SOUZA et al., 2013). Os resultados foram expressos em metros.

A massa de mil grãos foi realizada com grãos provenientes da área útil de cada parcela após a colheita, com o uso de uma balança digital, com oito repetições de 100 sementes e extrapolando para 1000 sementes (BRASIL, 2009). A umidade foi regulada para 13% e os resultados foram expressos em gramas.

Para a produtividade, foi realizada a colheita das plantas da área útil no estádio R.8 (SOUZA et al., 2013), ocorrida em 20/02/2016, o material foi trilhado e peneirado utilizando um batedor de cereais, e os resíduos foram espalhados em sua parcela experimental, conforme Barbosa et al. (2015). A umidade foi regulada para 13% e os resultados foram expressos em kg ha⁻¹.

Após a colheita do experimento, as parcelas receberam uma adubação adicional, seguindo os tratamentos. Esta adubação foi composta de 342,08 kg ha⁻¹ da formulação 10-15-15 (10% N, 15% de P₂O₅ e 15% de K₂O) somente, ficando em pousio de 21/02/2016 a 6/09/2016.

3.2.3.2 Condução da Cultura do Milho Verão

A semeadura ocorreu no dia 07/09/2016, com uso de uma semeadora/adubadora de 11 linhas com 0,45 m de espaçamento entre linhas, utilizando o milho híbrido simples MG600, com características de alto potencial produtivo, o que indica sua exigência de solo fértil, estabilidade em condições adversas, qualidade de colmo e sanidade, pois é moderadamente resistente a várias doenças, entre elas manchas foliares e ferrugem *polysora* e *funghi*. A recomendação de população para o híbrido é de 60 a 75 mil plantas ha⁻¹, para a safra verão. Não há informações para o ciclo do híbrido para a região em estudo (MORGAN, 2017). A média foi de 3,12 plantas m⁻¹; perfazendo uma população de 69.333 plantas ha⁻¹.

Efetuu-se a adubação a fim de produzir 8,5 Mg ha⁻¹ (CONAB, 2016). Foram necessários para cada tonelada produzida 4,4 kg Mg⁻¹ de P (MALAVOLTA, 1980), totalizando 85,63 kg de P₂O₅; utilizando como fonte o SSP (00.19.00 – 0% N, 19% de P₂O₅ e 0% de K₂O, respectivamente). Para o K, foram necessários 21,9 kg Mg⁻¹, totalizando 223,38 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando como fonte o Cloreto de Potássio (60% K₂O).

Foi realizada a regulagem da semeadora/adubadora de forma adequada para a dose de 100% e 50% no sistema de adubação no sulco de semeadura. A adubação de K, N e a adubação à lanço de P, parcial e total, foi realizada manualmente para obter homogeneidade da aplicação.

Para a adubação nitrogenada, foram utilizados 236 kg ha⁻¹ de N, como fonte de N foi utilizado o de Sulfato de Amônio (N – 20% e S- 24%), parcelado em duas vezes, na semeadura a lanço e em V4. O controle fitossanitário, foi realizado conforme necessário.

As variáveis analisadas foram as mesmas das avaliações realizadas na cultura da soja. Seguem as metodologias.

Para o estado nutricional (teor foliar de P), foram coletadas 12 folhas em cada parcela (BARRETO; FERNANDES, 2002), no estágio R.1, quando do aparecimento da inflorescência masculina, coletando a folha oposta e abaixo da espiga com nervura central, (MALAVOLTA et al., 1997; FAQUIN, 2002); sendo lavadas em água e posteriormente em água destilada, colocadas em sacos de papel e secas em circulação forçada de ar, a 65°C até peso constante, para serem moídas em um moinho do tipo Willey e analisadas (MONTEZANO; CORAZZA; MURAOKA, 2008) por

digestão nítrico-perclórica conforme Lana et al. (2016). Os resultados foram expressos em g kg^{-1} de P.

Para a taxa de extração da parte aérea e de exportação foi realizada coletando 10 plantas inteiras foram cortadas rente ao solo no estágio R.6 (CAIRES; FONSECA, 2000), maturidade fisiológica, deixando a raiz no solo e coletando a parte aérea. As amostras foram lavadas em água e posteriormente em água destilada. As partes foram separadas por colmo+pendão, folhas, sabugo e palha conforme Resende et al. (2006). Para a taxa de exportação, após a colheita das parcelas, retirou-se uma amostra homogênea de grãos (RESENDE et al., 2006). Para ambas as avaliações, as amostras foram colocadas em sacos de papel e secas em circulação forçada de ar a 65°C até peso constante, pesadas, para serem moídas em moinho de facas e analisadas (LANA et al., 2014), sendo realizada a digestão nítrico-perclórica conforme Lana et al. (2016). Os resultados foram expressos em kg ha^{-1} de P.

A biomassa seca da parte aérea foi realizada concomitantemente com a avaliação da taxa de extração de P da parte aérea no estágio R.6. Foram obtidas a partir de 10 plantas, através da secagem até peso constante e pesadas com o auxílio de uma balança de precisão (CORRÊA et al., 2008; LANA et al., 2014; FERREIRA JUNIOR et al., 2016). Para cálculo da biomassa determinou-se o estande de plantas em 10 repetições de 5 metros de modo aleatório (UENO et al., 2013). Os resultados foram expressos em kg ha^{-1} de MS.

Para a altura das plantas, foram avaliadas 20 de plantas ao acaso nas parcelas no estágio R.8, antecedendo a colheita, medindo-se da base do solo até o ápice, com pendão (VOGT et al., 2012), utilizando uma trena milimetrada de aço. Os resultados foram expressos em metros.

A massa de mil grãos foi realizada coletando-se grãos provenientes da área útil de cada parcela após a colheita, com o uso de uma balança digital, com oito repetições de 100 sementes e extrapolando para 1000 grãos, conforme Brasil (2009). Os resultados foram expressos em gramas.

A produtividade foi realizada através da colheita das espigas da área útil, de forma manual, no estágio R.8 (UENO et al., 2013), datado em 04/03/2017. O material foi trilhado e peneirado utilizando um batedor de milho (ANDRADE et al., 2014), sendo ajustada a umidade para 14%. Os resultados foram expressos em kg ha^{-1} .

Após a colheita, foi realizada a retirada das últimas espigas de milho, as que não pertenciam a área útil. Posteriormente, receberam roçada e limpeza após rebrote

das plantas daninhas (principalmente as monocotiledôneas – folhas estreitas), com pulverização de 0,82 L ha⁻¹ de Cletodim (24%) + 2,07 L ha⁻¹ de Glufosinato de Amônio (20%) + 6 g ha⁻¹ de Metsulfurom Metílico (60%), a fim de facilitar a coleta das amostras de solo.

2.2.4. Análise Estatística

Os dados foram submetidos a análise de normalidade, homogeneidade e de variância e, em caso de significância foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico SAS - University Edition (SAS Institute Inc., 2014). Foi realizada a correlação de Pearson para verificar a associação entre as variáveis estudadas, sendo apresentados os resultados significativos.

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a cultura da soja, o estado nutricional de P (Teor foliar de P) revelou resposta significativa ($p < 0,05$) em relação ao modo de aplicação (Tabela 1). Os valores em todos os tratamentos ficaram abaixo do nível crítico indicado para a cultura ($2,8-3,6 \text{ g kg}^{-1}$) (NEPAR, 2017). Verifica-se estatisticamente um maior teor quando da aplicação no sulco de semeadura, o que pode ocorrer devido ao baixo teor inicial do solo (RESENDE et al., 2006), favorecendo a difusão do P e sua absorção pela cultura.

Tabela 1 – Estado nutricional de P na folha, biomassa seca da parte aérea, extração de P pela parte aérea, exportação de P, altura de planta, massa de mil grãos (MMG) e produtividade na cultura da soja, em função dos modos de aplicação do fertilizante fosfatado.

Modo de aplicação	Teor de P --g kg ⁻¹ P--	Biomassa --kg ha ⁻¹ MS --	Extração P --kg ha ⁻¹ P--	Exportação P --kg ha ⁻¹ P--
Lanço	1,62 b	6.920,92 a	35,79 a	11,15 a
Sulco	1,84 a	6.662,89 a	37,30 a	9,29 a
50 Lanço + 50 Sulco	1,72 ab	6.467,18 a	33,17 a	10,07 a
CV(%)	5,55	17,39	14,88	14,81
Modo de aplicação	Altura de planta ---m---	MMG ---g---	Produtividade ---kg ha ⁻¹ ---	
Lanço	0,772 b	114 a	3.287,40 a	
Sulco	0,833 a	121 a	3.142,80 a	
50 Lanço + 50 Sulco	0,805 ab	121 a	3.355,20 a	
CV(%)	3,44	5,90	10,32	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Teor de P: Estado nutricional de P na folha (g kg^{-1} P); Biomassa: Biomassa seca da parte aérea (kg MS ha^{-1}); Extração: Extração de P pela parte aérea (kg ha^{-1} P); Exportação: Exportação de P (grão); Altura de planta: em metros; MMG: massa de mil grãos (gramas); Produtividade: Produtividade da soja (kg ha^{-1}).

O modo de aplicação não alterou estatisticamente a biomassa seca da parte aérea, a qual pode ter sido influenciada também pelo teor inicial do solo, visto que o P é nutriente responsável pelo fornecimento de energia para as reações metabólicas e biossintéticas (SFREDO, 2008).

Para extração de P pela parte aérea e exportação, não foi verificada diferença estatística ($p > 0,05$). Isto pode ser explicado pelo baixo teor inicial e baixa mobilidade no solo e, pela alta mobilidade deste nutriente na planta, sendo móvel no floema,

redistribuído de forma rápida para drenos ou órgãos novos da planta (SFREDO, 2008) o que levou a teores de extração da parte aérea e exportação estatisticamente iguais.

Percebeu-se nitidamente a campo a diferença de altura das plantas nos diferentes modos de aplicação do fertilizante fosfatado, a qual foi comprovada estatisticamente. Esta diferença pode ter sido influenciada pela baixa mobilidade do elemento, o qual aplicado em superfície, limitou o desenvolvimento das raízes e a busca do nutriente em maiores profundidades (BARBOSA et al., 2015), refletindo diretamente na altura das plantas da soja. Nota-se que a altura de plantas na aplicação a lanço obteve menor média, porém, isto não interferiu na produtividade. Isto porque, plantas altas podem gerar acamamento, e diminuir o rendimento (BALBINOT JUNIOR et al., 2015).

Não houve diferença significativa na massa de mil grãos, o qual também foi verificado em estudo por Zucareli et al. (2006). Grandt et al. (2001), relatam que a redução no número de sementes é mais evidente em culturas com deficiência de P, do que a redução na massa de grãos.

Em relação a produtividade, embora a aplicação combinada de ambos os modos de aplicação ter expressado a maior média, não ocorreu diferença estatística ($p>0,05$) para a primeira cultura avaliada, o qual também foi verificado por diversos autores (RESENDE et al., 2006; NUNES et al., 2011; FIORIN; VOGEL; BORTOLOTO, 2016). Barbosa et al. (2015) também verificaram que a aplicação de modo combinado (50 Lanço + 50 Sulco) , não diferiu estatisticamente da aplicação em sulco e a lanço, podendo estar os resultados associados ao teor inicial do solo. Embora não tenha sido encontrada diferenças estatísticas nas médias nas produtividades, verifica-se que esta foi acima da média do estado do Paraná em relação as últimas sete safras (CONAB, 2016), com média de 2907,5 kg ha⁻¹.

Para a cultura do milho, o estado nutricional, extração de P pela parte aérea, exportação de P e altura de planta não diferiram estatisticamente ($p>0,05$), como mostra a Tabela 2. As médias do estado nutricional para o modo parcelado, ficou abaixo do recomendado (1,9-4,0 g kg⁻¹) (NEPAR, 2017). Carneiro et al. (2008) concluíram que não houve diferença significativa no estado nutricional quando da aplicação de fertilizante fosfatado solúvel em água e CNA, no sulco e à lanço.

Tabela 2 – Estado nutricional de P na folha, biomassa seca da parte aérea, extração de P pela parte aérea, exportação de P, altura de planta, massa de mil grãos (MMG) e produtividade na cultura do milho, em função dos modos de aplicação do fertilizante fosfatado.

Modo de aplicação	Teor de P --g kg ⁻¹ P--	Biomassa --kg ha ⁻¹ MS--	Extração P --kg ha ⁻¹ P--	Exportação P --kg ha ⁻¹ P--
Lanço	1,93 a	4.057,80 a	39,52 a	27,93 a
Sulco	1,90 a	3.509,90 b	39,63 a	29,90 a
50 Lanço + 50 Sulco	1,88 a	3.286,80 b	38,57 a	27,39 a
CV(%)	7,38	6,28	14,44	19,87
Modo de aplicação	Altura de planta ---- m----	MMG ---g---	Produtividade ---kg ha ⁻¹ ---	
Lanço	2,30 b	345 a	11.442,00 b	
Sulco	2,42 a	357 a	12.590,40 a	
50 Lanço + 50 Sulco	2,34 ab	349 a	11.959,20 ab	
CV(%)	2,46	2,70	5,34	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Teor de P: Estado nutricional de P na folha (g kg⁻¹ P); Biomassa: Biomassa seca da parte aérea (kg ha⁻¹ MS); Extração: Extração de P pela parte aérea (kg ha⁻¹ P); Exportação: Exportação de P (grão); Altura de planta: em metros; MMG: massa de mil grãos (gramas); Produtividade: Produtividade do milho (kg ha⁻¹).

A aplicação de fertilizante fosfatado a lanço possibilitou maior quantidade de biomassa seca da parte aérea na cultura do milho. O fato do fertilizante fosfatado a lanço promover um sistema radicular mais desenvolvido, aumentando o seu volume e proporcionando melhor absorção de P (SOUSA; LOBATO, 2004), pode ter influenciado o aumento da biomassa. O mesmo resultado foi verificado por Barreto e Fernandes (2002).

Porém, esta absorção não foi suficiente para aumentar os valores de extração e exportação de P. Para a exportação o mesmo resultado foi verificado, isto porque quando fornecido a planta, o P pode ser conduzido via floema a outras partes, o que faz o teor de P diminuir na planta (MALAVOLTA et al., 1997). Conforme Resende et al. (2006) os valores de extração e exportação também não diferiram estatisticamente.

Quanto a altura de planta, o modo de aplicação no sulco obteve o melhor resultado. Coelho et al. (2012) obtiveram os mesmos resultados. Gondim et al. (2016) verificaram que houve redução do porte de plantas de milho, quando da ausência de P em solução nutritiva, pela importante função na estrutura, armazenamento e transferência de energia.

A massa de mil grãos do milho não diferiu estatisticamente ($p>0,05$). A deficiência de P levou a uma redução das espigas, reduzindo o número de grãos na espiga, o que não é verificada com intensidade na massa de grãos (GRANDT et al., 2001). Batistella Filho et al. (2013) confirmaram em estudo que em condições de baixa disponibilidade de P, a planta diminui a produção sem prejudicar as sementes.

O modo de aplicação também influenciou a produtividade da cultura do milho, no qual a aplicação no sulco de semeadura obteve ganho de quase 10% em relação a aplicação a lanço, e de 5% em relação a aplicação combinada (50 Lanço + 50 Sulco). Um dos motivos é porque a soja viabilizou o cultivo do milho, em relação ao nutriente em estudo (NOVAIS; SMYTH, 1999), ou seja, o residual da soja atuou positivamente para a produtividade do milho, visto sua baixa relação Carbono/Nitrogênio (C/N), e rápida degradação. O mesmo pode ser verificado por Giacomini et al. (2003), os quais citam que a velocidade de liberação de P presente nos resíduos vegetais, dependem desta relação C/N. O fato da aplicação do fertilizante fosfatado em sulco ter obtido maior média, se deve a limitada absorção de N quando o teor de P no solo é baixo, o que pode ter sido favorecido com o aumento do teor de P no sulco, aumentando a absorção de N, refletindo na produtividade (NOVAIS; SMYTH, 1999). De acordo com os mesmos autores, o N amoniacal favorece a difusão do P e aumenta a quantidade de raízes, proporcionando maior absorção de P. Devido a produtividade da cultura do milho ser maior que a soja, há uma maior demanda do nutriente pela cultura, sugerindo por este estudo, que o melhor modo de aplicação do fertilizante fosfatado é em sulco.

O resumo do quadro de análise de variância para ambas as culturas encontram-se no Apêndice C.

Na Tabela 3 estão apresentadas as correlações de Pearson, para as culturas da soja e de milho. Pode-se observar que a altura de planta no milho, influenciou positivamente a produtividade da cultura. Isto porque, plantas deficientes em P diminuem a taxa de crescimento, gerando menor captação de luz e quantidade de carboidratos, afetando a produtividade (GRANDT et al., 2001). A mesma explicação pode ser utilizada quando verificamos a correlação significativa entre o estado nutricional de P da soja versus a altura de planta desta, assim como para o teor de P de ambas as culturas versus a Biomassa seca da parte aérea destes.

A influência negativa da altura de plantas do milho no estado nutricional de P e na biomassa deste pode ter sido em decorrência de um estiolamento, devido o

espaçamento utilizado para a cultura. Silva et al. (2008), também verificaram a competição intraespecífica e o aumento na altura de plantas quando da redução do espaçamento.

Tabela 3 - Correlação de Pearson para as culturas da soja e do milho, quanto ao teor nutricional de P na folha, altura de planta, extração de P pela parte aérea e exportação, biomassa seca da parte aérea, massa de mil grãos e produtividade.

		Milho					Soja		
		Prod.	Exp.	Ext.	Teor	Bio.	Exp.	Ext.	Teor
M	h	0,58*	---	---	-0,44*	-0,42 ⁺	---	-0,47*	0,49*
i	Prod.	---	0,48*	---	---	---	---	---	---
l	Ext.	---	0,70*	---	---	0,52*	---	---	---
h	Teor	---	---	---	---	0,51*	---	---	---
o	MMG	---	---	---	---	---	---	---	0,56*
S	h	---	---	---	---	---	---	---	0,75*
o	Prod.	---	---	---	---	---	0,78*	---	---
j	Bio.	---	---	0,51*	---	---	---	---	0,85*
a	Exp.	---	0,57*	---	---	---	---	---	---

*Correlação significativa a 5% de probabilidade.

⁺ a 6% de probabilidade.

h. altura de planta (m); Prod. Produtividade (kg ha⁻¹); Exp. Exportação (kg ha⁻¹ P); Ext.Extração da parte aérea (kg ha⁻¹ P); Teor. Estado nutricional de P na folha (g kg⁻¹); Bio.Biomassa seca da parte aérea (kg ha⁻¹ MS); MMG. Massa de mil grãos (gramas).

A exportação pelas duas culturas, influenciaram positivamente a produtividade destas, pelo importante papel do P no armazenamento e transferência de energia (MALAVOLTA, 2006), o que reflete diretamente na produtividade. Resende et al. (2006) citam que a exportação está aliada a obtenção de maiores produtividades, pela alta mobilidade do elemento, favorecendo a translocação da fonte para dreno, ou vice-versa (SFREDO, 2008). Esta alta mobilidade do elemento dentro da planta, também justifica o fato da extração do milho influenciar positivamente a exportação da cultura e sua biomassa.

Quanto a biomassa seca da parte aérea da soja influenciar positivamente a extração na cultura do milho, é devido o P residual presente na parcela orgânica. Novais e Smyth (1999), enfatizam o benefício do cultivo da leguminosa antes da gramínea. O mesmo pode ser discutido para as variáveis estado nutricional de P na soja influenciou positivamente na altura de planta e na massa de mil grãos do milho, Estes resultados podem estar aliados a matéria orgânica do solo, e também ao fato da fixação de nitrogênio pela leguminosa, a qual propiciou resposta na cultura do

milho, devido a disponibilidade de N pela baixa relação C/N (ARGENTA et al., 1999; SILVA et al., 2006).

O fato da exportação da soja ter influenciado positivamente na exportação do milho, pode ter ocorrido devido a soja exportar um quantidade menor de P por ha⁻¹ que o milho, diretamente relacionada a sua produtividade, deixando maior quantidade de P disponível para a cultura seguinte, neste estudo o milho, que transloca de 77 a 86% do P para os grãos (COELHO, 2006). A decomposição do material vegetal foi influenciado pela alta pluviosidade e temperaturas amenas.

Devido ao baixo teor de P inicial no solo e a esta alta translocação para o grão, e menor porcentagem de P devolvido ao solo pela ciclagem do P proveniente da palhada e, ao possível estiolamento ocorrido na cultura do milho, pelo espaçamento entrelinhas utilizado, e competição intraespecífica, a extração da soja influenciou negativamente a altura do milho. Deith, Anderson e Hoffmann (2005) citam que o P é nutriente responsável pela divisão celular, essencial ao crescimento da planta e absorção de água e nutrientes.

2.4. CONCLUSÕES

Na condição em que foi o estudo foi realizado, solo argiloso e com baixo teor de P no solo, a adubação a lanço pode ser recomendado para a cultura da soja, porém, na cultura do milho, o melhor modo de aplicação do fertilizante fosfatado é em sulco.

O efeito residual da adubação fosfatada realizada na cultura da soja influenciou positivamente a produtividade do milho.

2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, F.R.; PETTER, F.A.; NÓBREGA, J.C.A.; PACHECO, L.P.; ZUFFO, A.M. Desempenho agrônômico do milho a doses e épocas de aplicação de nitrogênio no Cerrado piauiense. **Revista Ciência Agrária**, Pernambuco, v. 57, n. 4, p. 358-366, 2014.
- ARGENTA; G.; SILVA, P.R.F.; RIZZARDI, M.A.; BARUFFI, M.J.; LOPES, M.C.B. Manejo do nitrogênio no milho em semeadura direta em sucessão a espécies de cobertura de solo no inverno e em dois locais.II- Efeito sobre o rendimento de grãos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 587-593, 1999.
- BALBINOT JUNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C. **Densidade de plantas na cultura da soja**. Embrapa soja: Londrina. n.364, 36p., 2015.
- BARBOSA, N. C.; ARRUDA, E. M.; BROD, E.; PEREIRA, H. S. Distribuição vertical do fósforo no solo em função dos modos de aplicação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 1, p. 87-95, 2015.
- BARRETO, A.C.; FERNANDES, M.F. Produtividade e absorção de fósforo por plantas de milho em função de doses e modos de aplicação de adubo fosfatado em solo de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.1, p. 151-156, 2002.
- BASTOS, A.L; COSTA, J.P.V.; SILVA, I.F.; RAPOSO, R.W.C.; SOUTO, J.S. Influência de doses de fósforo no fluxo difusivo em solos de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.2, p.136–142, 2008.
- BATISTELLA FILHO, F.; FERREIRA, M.E.; VIEIRA, R.D.; CRUZ, M.C.P.; CENTURION, M.A.P.D.C.; SYLVESTRE, T.D.B.; RUIZ, J.G.C.L. Adubação com fósforo e potássio para produção e qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.7, p.783-790, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.
- BRASMAX. **Cultivar: Vanguarda**. Passo Fundo, RS. Disponível em: <<http://brasmaxgenetica.com.br/cultivar-regiao-sul.php?produto=10>>. Acesso em: 01 de maio de 2017.
- CAIRES, F.E.; FONSECA, A.F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 213-220, 2000.
- CARNEIRO, L.F.; FURTINI NETO, A.E.; RESENDE, A.V.; CURI, N.; SANTOS, J.Z.L.; LAGO, F. J.D. Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na interação fósforo-zinco em milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1133-1141, 2008.

CAVIGLIONE, J. H.; KILHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D.; PUGSLEY, L. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD-ROM.

COELHO, A.M. Nutrição e Adubação do Milho. **Circular Técnica, 78**. Embrapa, Sete Lagoas, 10p. 2006.

COELHO, C.C.E.; COUTINHO, P.W.R.; CONCEIÇÃO, A.G.C.; BEZERRA, M.G.A.; LIMA, S.V.; PINHEIRO, G.F.C.; LIMA, J.V.; SALDANHA, E.C.M. Resposta do milho à adubação fosfatada no Nordeste do Pará. In: XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 29., 2012, Águas de Lindóia.. **Anais**. Campinas: IAC, p. 139-1405, 2012.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2015/16 - Décimo Segundo levantamento**. Brasília: Conab, v. 12, p. 1-182, setembro 2016.

CORRÊA, R.M.; NASCIMENTO, C.W.A.; FREIRE, F.J.; SOUZA, S.K.S.S.; SILVA, G.B. Disponibilidade e níveis críticos de fósforo em milho e solos fertilizados com fontes fosfatadas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Pernambuco, v.3, n.3, p.218-224, 2008.

DEITH, L. G.; ANDERSON, S.A.; HOFFMANN, B.W. Soil and fertilizer sources of plant nutrients. **Management of Wisconsin Soils A3588**, 5.ed., chapter 9, 2005, p. 87.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 77p.,2002.

FERREIRA JUNIOR, D.C.; GRAFFITTI, M.S.; CADELCA JUNIOR, R.; SILVA, M.F.; SÁ JUNIOR, A.; WERLANG, R.C.; BRITO, C.H. Biomassa e diâmetro de colmo de milho sob tratamento de sementes com inseticidas e fungicidas. In: XXXI Congresso nacional de milho e sorgo: Milho e sorgo: Inovações , mercados e segurança alimentar. 21 Ed., V.35, 2016, p.918-921,**Anais**.. Bento Gonçalves, 2016.

FIORIN, J.E.; VOGEL, P.T.; BORTOLOTO, R.P. Métodos de aplicação e fontes de fertilizantes para a cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v.11, n.2, p.92-97, 2016.

FONTOURA, S.M.V.; VIEIRA, R.C.B.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; MORAES, R.P. Eficiência técnica de fertilizantes fosfatados em latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.6, p.1907-1914, 2010.

GIACOMINI, J.S.; AITA, C.; HÜBNER, A.P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E.; AMARAL, E.B. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1097-1104, 2003.

GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; NACKE, H.; MARENGONI, N. G.; CARVALHO, E. A.; COELHO, G. F. Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 660-666, 2010.

GONDIM, A.R.O.; PRADO, R.M.; FONSECA, I.M.; ALVES, A.U. Crescimento inicial do milho cultivar brs 1030 sob omissão de nutrientes em solução nutritiva. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n.5, p. 706-714, 2016.

GRANDT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. Potafós, **Encarte Técnico**, n.95, p.1-5, 2001.

INOCÊNCIO, M.F.; RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E.; VELOSO, M.P.; FERRAZ, F.M.; HICKMANN, C. Resposta da soja à adubação com zinco em solo com teores acima do nível crítico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.10, p.1550-1554, 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET (Porto Alegre, RS). **Consulta Genérica A846 – Foz do Iguaçu/PR: Temperatura média, Mensal**. Porto Alegre, 2017.

KURIHARA, C. H.; VENEGAS, V.H.A.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em soja, como variável do potencial produtivo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.5, p. 690-698, 2013.

LANA, M.C.; FRANDOLOSO, J.F.; FEY, R.; RICHART, A.; FONTANIVA, S. **Análise química de solo e de tecido vegetal: metodologias analíticas**. 2.Ed. Cascavel: Edunioeste. 155 p., 2016.

LANA, M.C.; RAMPIM, L.; SCHULZ, L.R.; KAEFER, J.E.; HARTMANN-SCHMIDT, M.A.; RUPPENTHAL, V. Disponibilidade de fósforo para plantas de milho cultivadas com fertilizante organomineral e fosfato monoamônico. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido rondon, v.13, n.3, p.198-209, 2014.

LANA, R.M.Q.; ZANÃO JUNIOR, L.A.; LUZ, J.M.Q.; SILVA, J.C. Produção da alface em função do uso de diferentes fontes de fósforo em solo de cerrado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, V.22, n.3, p. 525-528, 2004.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Piracicaba: Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo. Piracicaba: Ceres, p.57-60, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações**. 2ºEd. Piracicaba:Potafós, 319 p., 1997.

MONTEZANO, Z.F.; CORAZZA, E.J.; MURAOKA, T. Variabilidade de nutrientes em plantas de milho cultivado em talhão manejado homogeneamente. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.4, p.969-976, 2008.

MORGAN SEMENTES E BIOTECNOLOGIA. **Portfólio: Híbrido MG 600**. 2017. Disponível em: <<https://www.morgansementes.com.br/produtos/>>. Acesso em: 01 de maio de 2017.

MOTOMIYA, W. R.; FABRICIO, A. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C.; ROBAINA, A. D.; NOVELINO, J. O. Métodos de aplicação de fosfato na soja em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 39, n. 4, p. 307-312, 2004.

MOTTA, P.E.F.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O.; RAIJ, B.V.; FURTINI NETO, A.E.; LIMA, J.M. Absorção e formas de fósforo em Latossolos: influência da mineralogia e histórico de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.2, p.349-359, 2002.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. UFV-DPS: Viçosa, 1999. 399p.

NÚCLEO ESTADUAL PARANÁ – NEPAR. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. 1ª Ed. Curitiba: SBCS/NEPAR. 182p. 2017

NUNES, R.D.S.; SOUSA, D.M.G.; GOEDERT, W.J.; VIVALDI, L.J. Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.3, p. 877-888, 2011.

OLIVEIRA JUNIOR, A; CASTRO, C; OLIVEIRA, F.A; FOLONI, J.S.S. Marcha de absorção e acúmulo de macronutrientes em soja com tipo de crescimento indeterminado. In: OLIVEIRA JUNIOR, A.; LEITE, M. R.V. B. C.; CASTRO, C. (Ed.). REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 34., 2014. Resumos expandidos... Londrina: Embrapa, 2014. p.133-136.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; PROCHNOW, L.I.; KLEPKER, D. Eficiência agrônômica de fosfato natural reativo na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.5, p.623-631, 2008.

RAIJ, B.V; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. Ed. Campinas: IAC, 1997. 285 p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E.; ALVES, V.M.C.; MUNIZ, J.A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARA, D.I.; SANTOS, J.Z.L.; CARNEIRO, L.F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.2, p.453-466, 2006.

ROSA, R.P.; PITTELKOW, F.K.; PASQUALLI, R.M. Doses e métodos de aplicação de fósforo na cultura da soja. Fundação Rio verde, **Boletim Técnico**, v. 23, n. 8, p. 1-9, 2015.

ROSOLEM, C.A.; TAVARES, C.A. Sintomas de deficiência tardia de fósforo em soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p. 385-389, 2006.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 4.ed. Brasília: Embrapa, 2014. 376p.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. 1974. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 55 p., 1974.

SAS INSTITUTE INC. **SAS University Edition**: installation guide for Windows Cary: SAS Institute. Version 9.4. Cary, 2014.

SFREDO, G.J. **Soja no Brasil: Calagem, adubação e nutrição mineral**. 2008. Londrina: Embrapa soja, 148 p., 2008.

SILVA, A.G.; CUNHA JUNIOR, C.R.; ASSIS, R.L.; IMOLES, A.S. Influência da população de plantas e do espaçamento entre linhas nos caracteres agrônômicos do híbrido de milho P30K75 em Rio Verde, Goiás. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 89-96, 2008.

SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G.L.; TRIVELIN, P.C.O.; VELOSO, M.E.C. Utilização do nitrogênio (^{15}N) residual de coberturas de solo e da uréia pela cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 30, n. 6, p. 965-974, 2006.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. Embrapa Cerrados: Planaltina, 2.Ed, 416 p., 2004.

SOUZA, C.A.; FIGUEIREDO, B.P.; COELHO, C.M.M.; CASA, R.T.; SANGOI, L. Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 3, p. 634-643, 2013.

UENO, R.K.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; REINEHR, L. L.; POCZYNEK, M.; MICHALOVICZ, L. Exportação de macronutrientes do solo em área cultivada com milho para alimentação de bovinos confinados. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 3001-3018, 2013.

VOGT, G.A.; ELIAS, H.T.; STAFORTI, R.; BALBINOT JUNIOR, A.A. Estimativa da divergência genética em híbridos de milho destinados à formação de novas populações. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.25, n.1, p. 80-83, 2012.

ZUCARELI, C.; RAMOS JUNIOR, E.U.; BARREIRO, A.P.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**. Londrina, v.28, n.1, p. 9-15, 2006.

3. CAPÍTULO 2 DISTRIBUIÇÃO E INCREMENTO DE FÓSFORO EM FUNÇÃO DOS MODOS DE APLICAÇÃO EM LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRICO SOB SEMEADURA DIRETA

RESUMO

Solos deficientes em P limitam a produtividade. Sendo assim, o modo de aplicação do fertilizante fosfatado pode influenciar a disponibilidade e absorção de P pelas plantas. O objetivo deste estudo foi avaliar a distribuição e o incremento de P em LATOSSOLO VERMELHO distroférico, com baixo teor de P, em três modos de aplicação (100% a lanço em superfície, 100% localizado no sulco de semeadura e 50% a lanço em superfície mais 50% no sulco de semeadura). O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com os tratamentos arranjados em parcelas sub-subdivididas no espaço espaço, com sete repetições. As parcelas compostas pelos modos de aplicação, sendo subdivididas nas disposições de linhas e entrelinhas e, sub-subdivididas em profundidade. Foram implantadas as culturas de soja verão e milho verão, em sucessão, em semeadura direta, com o uso de formulado contendo fosfato monoamônico (MAP) e fosfato monocálcico (SSP). Antes da semeadura da soja e após a colheita do milho, foram realizadas as análises de solo em 11 pontos de amostragem, três linhas e oito entrelinhas, em quatro profundidades (0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,15; 0,15-0,20 m). Foi analisado o nível de fósforo inorgânico disponível, utilizando como extrator o Mehlich-1. Em condição de solo com baixo teor de P, o modo de aplicação do fertilizante fosfatado a lanço obteve maior distribuição dos teores e incremento de P na profundidade de 0-0,05m e; para o sulco de semeadura houve maior distribuição e incremento no local de deposição do fertilizante fosfatado, na superfície e nos locais próximos a este pela ciclagem de nutrientes e desenvolvimento de raízes. Para o modo parcelado obteve-se maior homogeneidade de teores, com maiores incrementos tanto em superfície como nas linhas e entrelinhas.

Palavras-chave: Fertilizante fosfatado, Difusão, Teor de P, Mehlich-1, Manejo do solo.

ABSTRACT

DISTRIBUTION AND INCREASE OF THE PHOSPHORUS IN THE FUNCTION OF THE MODES OF APPLICATION IN DARK-RED LATOSOL UNDER DIRECT SOWING

Soils deficient in P limit the productivity. The mode of application of phosphate fertilizer can influence the availability and uptake of P by plants. The objective of this study was to evaluate the distribution and the increase of P in a Dark-Red Latosol, with low P content, in three modes of application (100 % broadcast in the surface, 100% along the sowing furrow and, 50% broadcast in the surface more 50% in the sowing furrow). The design was a randomized block design with treatments arranged in sub-subdivided plots in space, with seven replicates. The parcels were composed the modes of application, being subdivided in lines and between the lines and, sub-subdivided in depth. Summer soybean and summer corn crops were planted in succession, in direct sowing, with the use of a formulation containing monoammonium phosphate (MAP) and monocalcium phosphate (SSP). Before sowing of soybean and after corn harvesting, soil analyzes were performed at 11 sampling points, three lines and eight lines between, in four depths (0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,15; 0,15-0,20 m). The content of available inorganic phosphorus was analyzed using Mehlich-1 as an extractor. In soil condition with low P content, the application of the phosphate fertilizer to the broadcast in the surface obtained higher distribution of the contents and increase of P in the depth of 0-0,05m; for the sowing furrow there was a greater distribution and increment present in the place of deposition of the phosphate fertilizer, on the surface and in the places near this one by the nutrient cycling and root development. For the split mode, a higher homogeneity of contents was obtained, with larger increments distributed both on the surface and in the lines and between the lines.

Key words: Phosphate fertilizer, Diffusion, P content, Mehlich-1, Soil management.

3.1. INTRODUÇÃO

Embora o fósforo (P) seja um dos elementos menos exigidos para as culturas da soja e do milho, é o que mais limita as produtividades, devido aos processos de fixação, impedindo a absorção. Por isso, altas adubações de P são necessárias (SOUSA et al., 2010; BARBOSA et al., 2015).

O transporte de P no solo está relacionado diretamente à absorção do nutriente, já que o principal mecanismo de transporte é a difusão, influenciada principalmente pelos colóides do solo e sua interação com o P, pelo teor do nutriente no solo e distância em relação às raízes, a qual gera barreiras à adubação fosfatada (COSTA et al., 2006).

Algumas práticas podem auxiliar no aumento da eficiência desta adubação, entre elas, o modo de aplicação do fertilizante fosfatado, principalmente em solos argilosos, com baixo teor de P no solo e com o uso de fontes solúveis de P (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2010).

Este método alia os pontos relacionados ao operacional, econômico e agrônomo, alterando as reações que podem ocorrer entre o solo e fertilizante, ficando disponíveis à planta (FIORIN; VOGEL; BORTOLOTTTO, 2016). Principalmente em solos com sistema de semeadura direta, sem revolvimento, os quais promovem altas teores de P na camada superficial (AMADO et al., 2006).

Além disso, o modo de aplicação do fertilizante fosfatado pode influenciar no acréscimo do enraizamento das plantas, e auxiliar na redistribuição do P no solo, por consequência da decomposição, elevando os teores em camadas mais profundas (OLIVEIRA JUNIOR, PROCHNOW; KLEPER, 2008). Isto porque, o P possui baixa mobilidade no solo, a qual limita a absorção do nutriente pelas culturas, diminuindo a quantidade de solo explorado pelas raízes (SILVA; DELATORRE, 2009).

Vários autores vêm estudando o modo de aplicação do fertilizante fosfatado e a distribuição horizontal e vertical, em diversas texturas e teores de P no solo, profundidades, anos de cultivo, nas culturas da soja e do milho, a fim de obter resultados coerentes para cada situação de cultivo (RESENDE et al., 2006; NUNES et al., 2011; DIEL et al., 2014; BARBOSA et al., 2015; FIORIN; VOGEL; BORTOLOTTTO, 2016).

A hipótese deste trabalho é de que ocorra distribuição do P no perfil do solo, incrementando os teores de P abaixo da profundidade de 0,05m; nos 3 modos de aplicação do fertilizante fosfatado.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição e o incremento de P em LATOSSOLO VERMELHO distroférico, em função dos três modos de aplicação do fertilizante fosfatado.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Caracterização do Local do Experimento

O local e sua caracterização encontram-se descritos no item 3.2.1 do capítulo 1.

3.2.2. Tratamentos e Delineamento Experimental

Os tratamentos encontram-se descritos no item 3.2.2 do capítulo 1.

Para o solo foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, em esquema de parcelas sub-subdivididas no espaço, sendo o primeiro fator o modo de aplicação do fertilizante fosfatado, o segundo as coletas de solo na linha e entrelinha, e o terceiro fator as profundidades de amostragem (0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,15; 0,15-0,20 m).

Foram realizados 11 pontos de coleta na parcela em sequência (três em linhas e oito em entrelinhas), em quatro profundidades, nos três tratamentos estudados, em dois anos consecutivos.

3.2.3. Condução do Experimento

O início do detalhamento desta condução encontra-se descrito no item 3.2.3 do capítulo 1.

3.2.3.1 Amostragem e Análise de Solo – Teor Inicial (Ti)

Efetuuou-se a coleta das amostras de solo do teor inicial (Ti). Para tanto, estas foram realizadas antes da semeadura da soja e da aplicação do fertilizante fosfatado, no ano de 2015. Foi utilizada uma pá de corte para melhor coleta, sem haver misturas de solo nas profundidades, possibilitando a correta estratificação.

As amostras de solo foram coletadas em 11 pontos por parcela, sendo oito nas entrelinhas e três nas linhas de semeadura (PAULETTI et al., 2009), em linha reta em cada parcela (Figura 3).

Esta estratificação foi realizada efetuando-se em cada ponto coletado as amostragens de 0 a 0,05; 0,05 a 0,10; 0,10 a 0,15 e 0,15 a 0,20 m, como proposto por Barbosa et al. (2015). Para auxiliar esta estratificação foi utilizada uma trena graduada.

O ponto de coleta foi marcado para que a próxima amostragem ao final do experimento, não ocorresse no mesmo local, devido o revolvimento do solo e sua retirada.

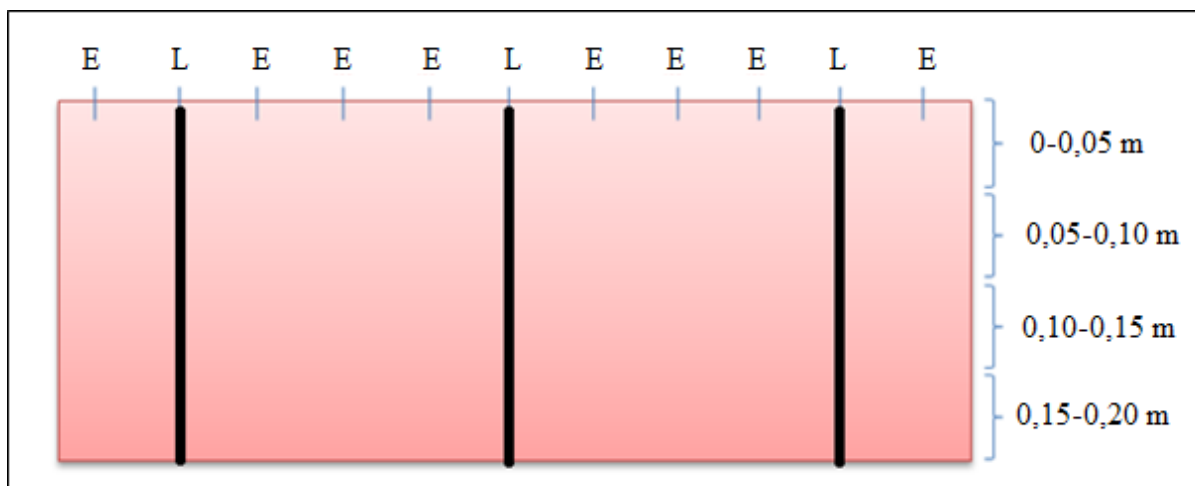


Figura 3 – Esquema dos pontos de coleta (Linha – L e Entrelinha – E) e estratificação de amostragem no perfil do solo (profundidades).

No momento da coleta, as amostras de solo foram acondicionadas devidamente em potes de polipropileno com tampas e foi realizada a catalogação para serem posteriormente enviadas para o laboratório de Fertilidade do solo e Nutrição de Plantas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, onde foram secas em estufa por 24 horas a 40°C e após moídas utilizando um moinho com

peneira de 2 mm de malha (TFSA – Terra fina seca ao ar). Foi analisado o nível de fósforo inorgânico disponível, utilizando como extrator o Mehlich-1, conforme Lana et al. (2016). Os resultados foram expressos em mg dm^{-3} de P.

3.2.3.2 Condução da Cultura da Soja e do Milho em Sucessão

O detalhamento da implantação das culturas até a colheita encontra-se descrito nos itens 3.2.3.1 e 3.2.3.2 do capítulo 1.

3.2.3.3 Análise de solo – Teor Final (TF)

As amostras de solo se deram da mesma forma que do Teor Inicial (Ti), somente preocupou-se para as amostras do Teor Final (TF) não serem coletadas no mesmo local que do Ti, por isso da importância da marcação do ponto inicial de coleta.

Foram realizadas após a colheita da cultura do milho. O detalhamento da coleta, dos pontos e da extratificação estão descritos no item 4.2.3.1 deste capítulo.

3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Efetuuou-se as figuras com eixo x,y,z em forma de grid's de amostragem, utilizando o programa farm Works (TRIMBLE, 2016), com uso de dados quantitativos pela variação contínua da área testada, com classificação dos teores de P, de acordo com Nepar (2017) em muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto. Os dados foram submetidos a análise de normalidade, homogeneidade e, de variância a 5% de probabilidade de erro, com auxílio do software estatístico R (R CORE. TEAM, 2017), apresentados no Apêndice D.

Para as médias dos tratamentos no Ti e T_F em cada tratamento, efetuou-se a análise de variância e teste t a 5% de probabilidade manualmente, a fim de verificar as diferenças estatísticas entre os teores iniciais e finais.

3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 4,5 e 6 encontram-se os teores médios iniciais de P para os três modos de aplicação. Estas são referentes as amostragens antes da instalação de ambas as culturas, por isso, tem relação com os anos de pastagem e com os 5 anos seguintes de integração lavoura pecuária, servindo de base para avaliação dos teores finais.

Verifica-se o baixo teor de P em grande parte do perfil amostrado, conforme confirmado pela análise química geral (Apêndice A), além da diminuição dos teores conforme o aumento da profundidade. Esta diminuição do teor de P conforme a profundidade é comprovada pela análise de variância no teor inicial (Apêndice D), onde a profundidade foi significativa, ou seja, influenciou os teores de P. Um dos fatores que pode ter contribuído para o baixo teor deste nutriente no solo em estudo, foi o uso deste como pastagem por 13 anos, com baixas adições de fertilizante fosfatado e após, a instalação de integração lavoura-pecuária com o revolvimento do solo no manejo, levando a superfície argila não saturada, favorecendo a fixação e perda do P, pelo maior contato entre o solo e os grânulos de fertilizante fosfatado.

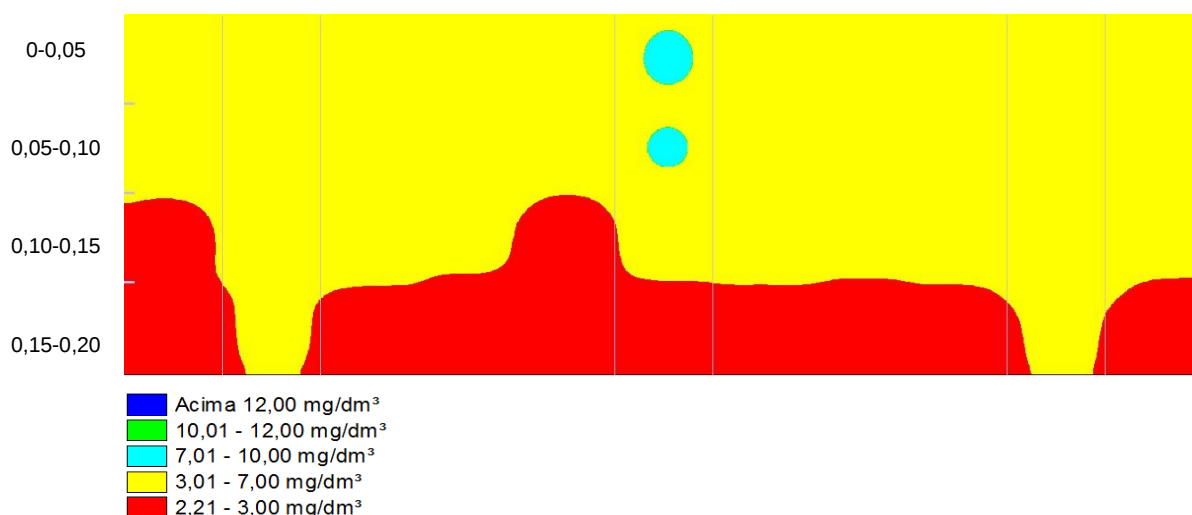


Figura 4 – Valores médios dos teores iniciais (T_i) de P no perfil do solo, em aplicação de fertilizante fosfatado somente a lanço em superfície.

Nunes et al. (2011) também verificaram que nas camadas onde há maiores teores de P, estes ainda são considerados baixos de acordo com a classificação proposta. Os mesmos autores verificaram que com o efeito de revolvimento do solo e

solubilização do P, que reage com uma quantidade maior de solo quando comparado ao não revolvimento, proporciona teores de P baixos extraídos.

Motta et al. (2002) comprovaram que o P se encontra em deficiência, pela imobilização decorrente da alta porcentagem de argila, como acontece em LATOSSOLOS, como o solo deste estudo.

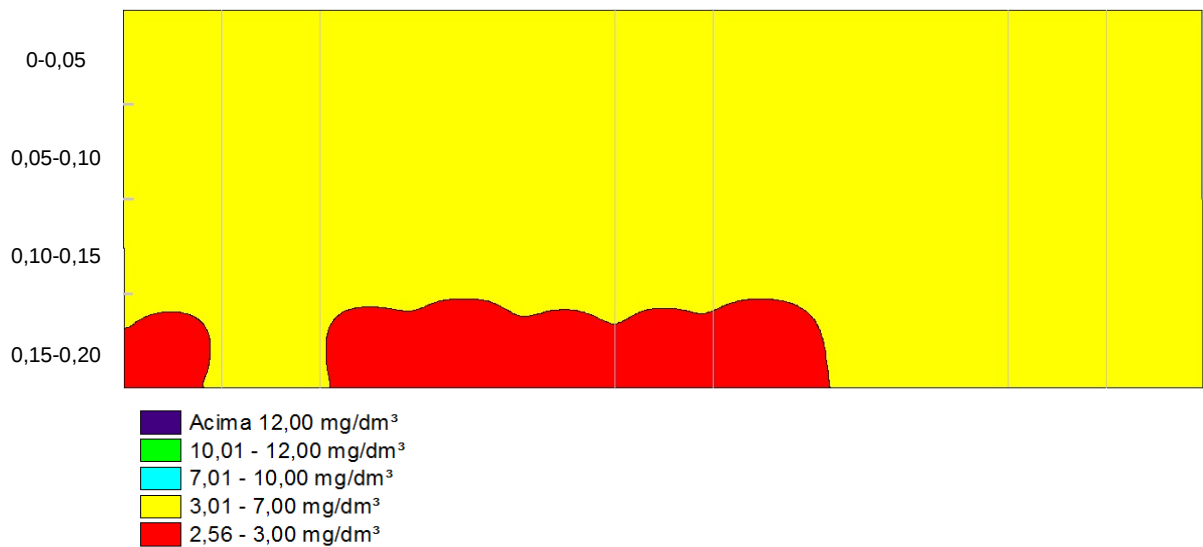


Figura 5 – Valores médios dos teores iniciais (T_i) de P no perfil do solo, em aplicação de fertilizante fosfatado somente em sulco de semeadura.

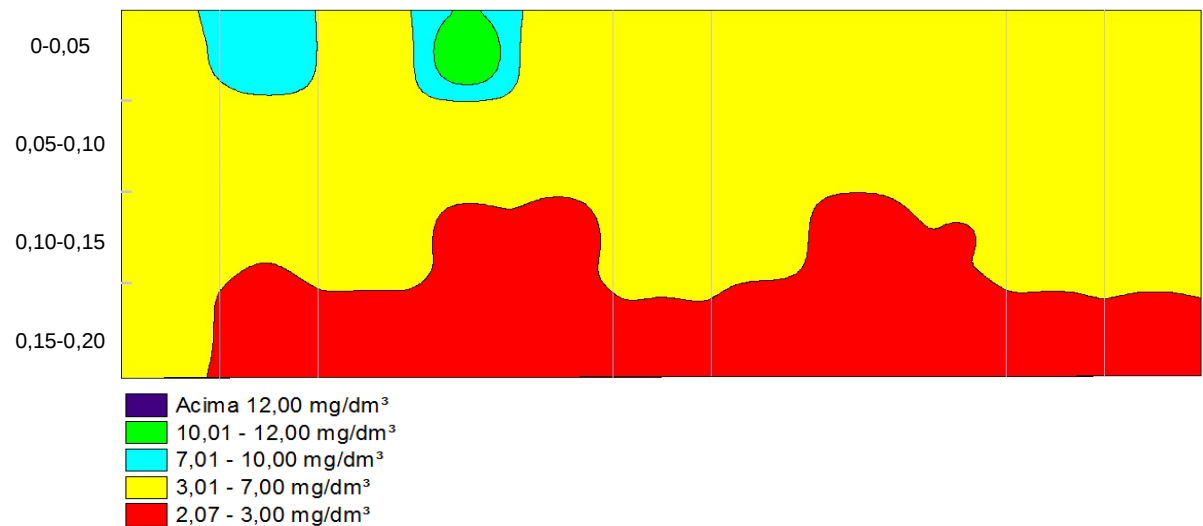


Figura 6 – Valores médios dos teores iniciais (T_i) de P no perfil do solo, em aplicação de fertilizante fosfatado 50% a lanço em superfície mais 50% em sulco de semeadura.

Os teores médios encontrados, indicados pela coloração azul clara nas figuras dos modos de aplicação a lanço em superfície e 50% a lanço em superfície mais 50% em sulco de semeadura para o teor inicial, deve-se provavelmente as culturas e as adubações anteriormente realizadas.

Resende et al. (2006) também verificaram a influência do P em solos com pastagens por vários anos, devido o estoque do nutriente nos restos culturais de braquiárias.

Conte, Anghinoni e Rheinheimer (2002) citam a necessidade da adição de fertilizantes para obtenção de altas produtividades.

As Figuras 7, 8 e 9 são referentes os teores médios finais de P para os três modos de aplicação.

Para a análise de variância no teor final (Apêndice D), houve efeito significativo para modo de aplicação, conforme verificado por Motomiya et al. (2004), Nunes et al. (2011) e Barbosa et al. (2015).

Verifica-se a partir da Figura 7, quando da aplicação de fertilizante fosfatado somente a lanço, os teores de P considerados adequados (alto e muito alto) ficaram posicionados em maior quantidade nos primeiros centímetros, sendo assim, nas camadas de 0-0,05 m. Motomiya et al. (2004) também obtiveram os maiores teores nesta faixa de profundidade. Pauletti et al. (2009) verificaram que quanto maior superficial é a amostra, maior é o teor de P.

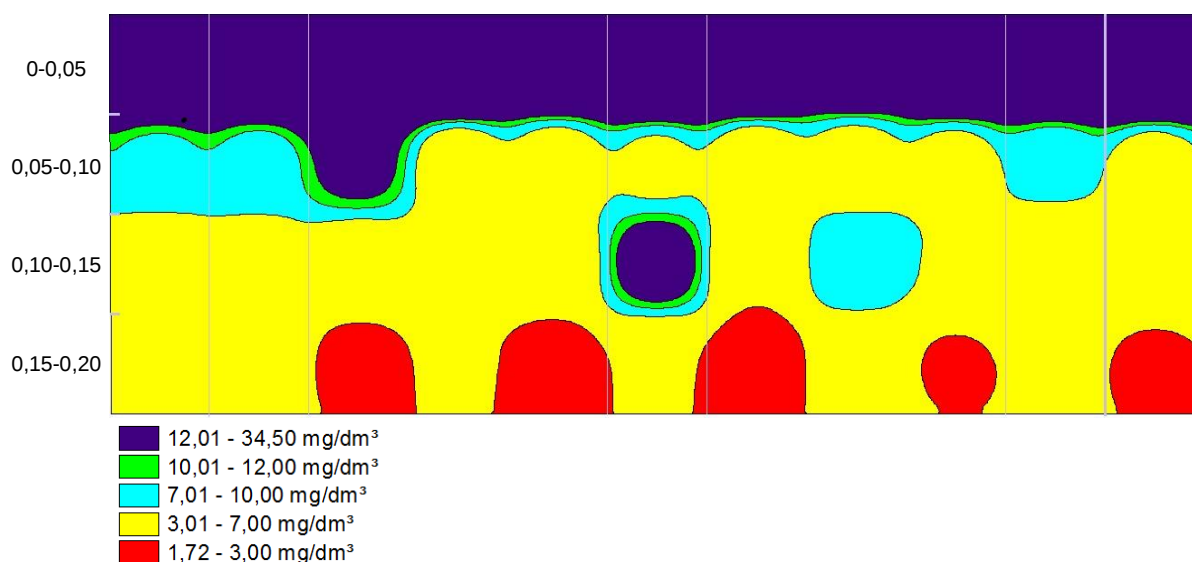


Figura 7 – Valores médios dos teores finais (T_F) de P no perfil do solo, em aplicação de fertilizante fosfatado somente a lanço em superfície.

Nunes et al. (2011) citam que estes resultados se devem ao acúmulo deste nutriente, proveniente da deposição de palhada e resíduos, nas camadas próximas a superfície, pela consequente decomposição. Os dados referentes a adição de P pelo resíduo das culturas da soja e do milho, mostram que houve aproximadamente 36 kg ha⁻¹ de P provenientes da deposição destes, no modo de aplicação a lanço (extração da parte aérea menos a exportação, não levando em consideração o P residual das raízes). Para Santos, Gabotini e Kaminski (2008) este modo de aplicação auxilia na melhoria do teor de P do solo, devido a saturação de sítios de adsorção, reduzindo a deficiência de P.

Esta degradação da palhada foi favorecida pelas temperaturas e pluviosidade alta no decorrer do experimento. Gonçalves, Savaiva e Torres (2010), também verificaram maior decomposição da palhada quando da ocorrência de alta pluviosidade e temperaturas amenas, devido a menor evaporação de água do sistema.

Outros trabalhos também obtiveram incremento no teores de P nos primeiros centímetros de solo, devido a baixa mobilidade do elemento, favorecida por fosfatados solúveis em água e citrato neutro de amônio e, pela deposição do fertilizante fosfatado na superfície (ERNANI; STECKLING; BAYER, 2001; CORRÊA; MAUAD; ROSOLEM, 2004).

Teores maiores abaixo desta profundidade se devem possivelmente ao desenvolvimento de raízes e posterior degradação do material vegetal radicular, ou do teor presente na amostragem inicial, além do procedimento de sulcagem no momento da semeadura, o qual pode ter acarretado na movimentação de solo, levando as camadas da superfície para locais de maior profundidade. Nunes et al. (2011) citam que na camada de 0,05-0,10 m os teores de P são provenientes de resíduos radiculares, quando da aplicação do fertilizante fosfatado a lanço e também pelo procedimento da sulcagem pela semeadora adubadora.

Cunha et al. (2009) afirmam que o P é nutriente necessário a formação do meristema radicular, aumentando a capacidade de absorção do nutriente (GRANDT et al., 2001). Por isso, verifica-se uma maior produção de matéria seca de raízes quando do aumento das doses de P (CORRÊA; MAUAD; ROSOLEM, 2004).

Na Figura 8, está a classificação dos teores de P no perfil do solo para o modo de aplicação em sulco de semeadura.

Nota-se que os maiores teores encontrados, estão no sulco de semeadura mais precisamente na camada de 0-0,15 m; ou seja, no local de deposição do fertilizante fosfatado. Nunes et al. (2011) também obtiveram o mesmo resultado.

Menores variações dos teores quando do modo de aplicação em linha de semeadura se encontram na faixa de 0-0,10 m; também verificado por Motomiya et al. (2004).

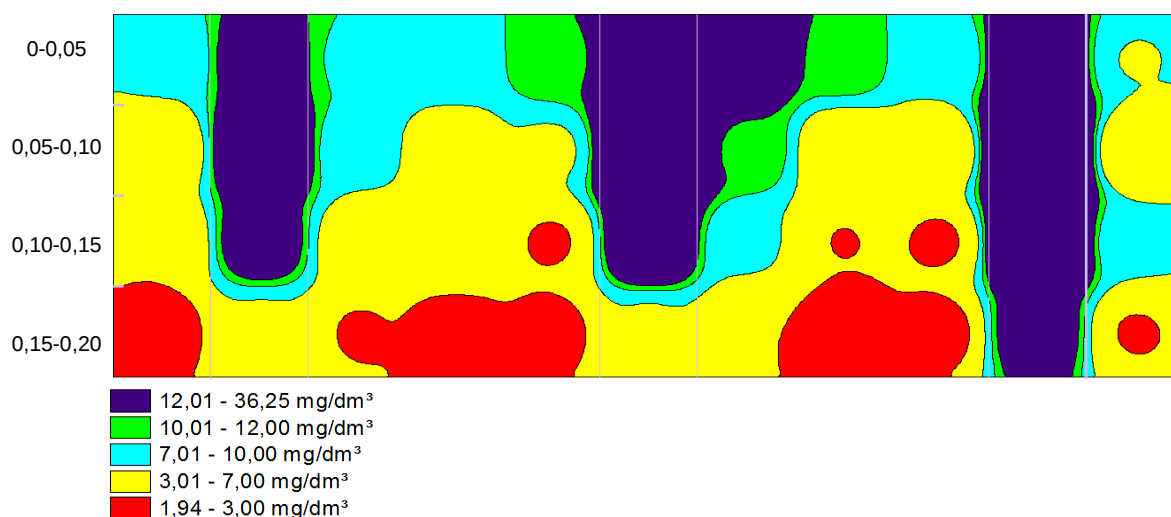


Figura 8 – Valores médios dos teores finais (T_F) de P no perfil do solo, em aplicação de fertilizante fosfatado somente em sulco de semeadura.

O fato de teores de P maiores após a profundidade 0-0,15 m; pode ser devido ao maior alcance do sulcador pela menor resistência a penetração do solo, a qual no início da instalação da cultura da soja se encontrava em 2MPa.

O aumento dos teores próximos a deposição deste fertilizante na horizontal e vertical, nas entrelinhas, pode ter ocorrido devido ao enraizamento das culturas, carregando o P, principalmente na camada de 0-0,05 m; na qual se concentram a maior parte destas, a qual foi relatado por Costa et al. (2009). Outra explicação para tal fato, seria a maior disponibilidade de P pelo menor contato do solo com o fertilizante quando depositado em sulco, em semeadura direta, ocorrendo absorção do P pela planta em profundidade e deposição na superfície através da ciclagem de nutrientes, com maior quantidade de P na camada de 0 a 0,05 m; conforme verificado por Tiecher et al. (2012).

Os resultados obtidos são comprovados pela análise de variância, pelo efeito significativo na posição (linha e entrelinha) e interação entre modo de aplicação versus a posição, indicam que os teores de P nas linhas e entrelinhas foram influenciadas pelo modo de aplicação do fertilizante fosfatado.

Houve também a interação significativa ($p < 0.05$) para a posição do P versus a profundidade, indicando que o teor de P nas posições foi influenciada pela profundidade. Alguns fatores influenciam a disponibilidade de P no solo, através da adição do fertilizante fosfatado, entre estes, o espaçamento utilizado pela cultura, pela maior distribuição quanto menor o espaçamento e, a profundidade de amostragem (KURIHARA et al., 2016).

Schlindwein e Anghinoni (2000), citam que as amostragens em linhas, alteram a variabilidade dos nutrientes no solo.

Notou-se a partir da aplicação do fertilizante fosfatado em sulco de semeadura, que a deposição próximo ou em contato com as raízes, aumentou as concentrações, auxiliando na absorção do P, como verificado no capítulo 1. Deith, Anderson e Hoffmann (2005), afirmam que a aplicação de fertilizante fosfatado em sulco tende a ser mais eficiente porque a concentração de P fixado é maior quando aplicado sobre o solo.

Na Figura 9 se encontra a classificação dos teores de P no perfil do solo para o modo de aplicação parcelado, ou seja, 50% a lanço em superfície e 50% em sulco de semeadura.

Para os maiores teores na camada de 0-0,05 m; no modo de aplicação parcelado, é justificado pelo mesmo fato da aplicação somente a lanço, visto a ausência do revolvimento do solo, as adições de fertilizantes e resíduos provenientes das culturas antecessoras na superfície (GABOTINI et al., 2007; DIEL et al., 2014).

Schlindwein e Anghinoni (2000) e Pauletti et al. (2009), citam a menor adsorção de P por sítios, devido ao não revolvimento do solo e consequente menor contato do P com o solo.

Para a adição de P a partir de resíduos provenientes da cultura da soja e do milho, no modo de aplicação parcelado, obteve-se aproximadamente 34 kg ha^{-1} de P (extração da parte aérea menos a exportação, não levando em consideração o P residual das raízes).

Em comparação aos modos de aplicação já discutidos, este obteve teores altos de P em quase totalidade do perfil, em decorrência da aplicação parcelada,

elevando-os na camada de 0-0,20 m; levando a uma homogeneização de P, conforme verificado por Barbosa et al. (2015). Costa et al. (2009) também obtiveram teores altos de P até a profundidade de 0,20 m.

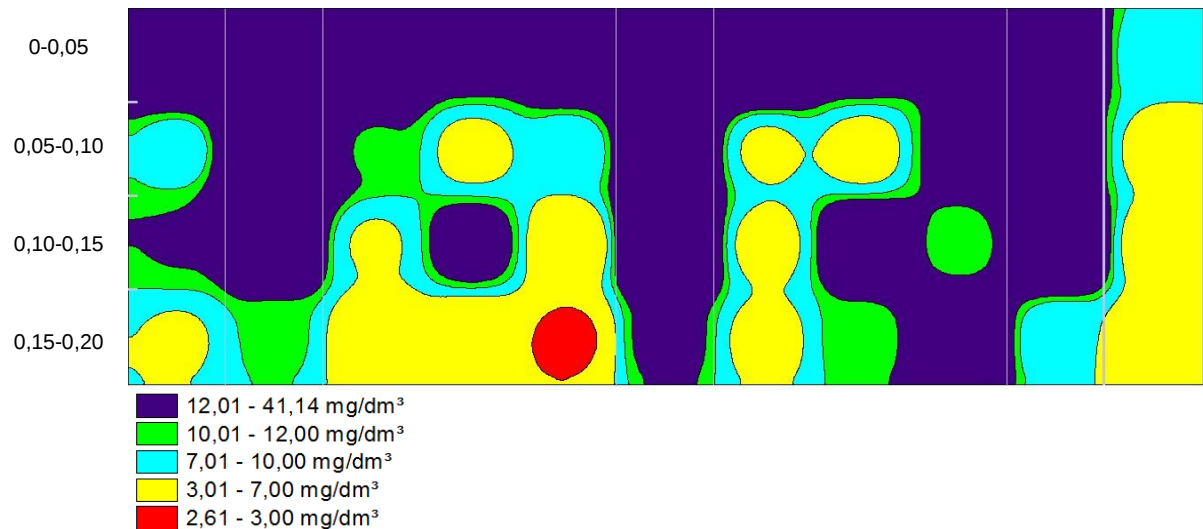


Figura 9 – Valores médios dos teores finais (T_F) de P no perfil do solo, em aplicação de fertilizante fosfatado 50% a lanço em superfície mais 50% em sulco de semeadura.

Resende et al. (2006) afirmam a necessidade da adoção de estratégias de adubação de P parcelada, a fim de auxiliar na fertilidade do solo, aliando aspectos econômicos e agronômicos.

Em decorrência deste alto teor de P em grande parte do perfil, este modo de aplicação pode ter auxiliado a difusão de P no solo, isto porque, em locais onde a solução do solo possui alto teor do nutriente, a difusão aumenta, devido a saturação dos sítios de adsorções de forma progressiva (SOUSA; LOBATO; REIN, 2010; COSTA et al., 2006).

Todos os tratamentos obtiveram diminuição dos teores de P, ou seja, estratificação com o aumento da profundidade, e menores variações nos teores na camada de 0-0,05 m. O fato é comprovado pelo efeito significativo para a profundidade, e entre modo de aplicação versus a profundidade. Resultados de interação entre modo de aplicação e profundidade foram verificados por Nunes et al. (2011) e Pauletti et al. (2009).

Barbosa et al. (2015) observaram a estratificação do P no perfil do solo em relação aos modos de aplicação do fertilizante fosfatado. Resultados coerentes são encontrados em trabalho de Costa et al. (2009).

Além disto, as figuras referentes aos teores finais, demonstram que a quantidade de solo que recebe o fertilizante fosfatado, possivelmente afeta o crescimento e distribuição de raízes ao longo do perfil verticalmente e horizontalmente (COSTA et al., 2009).

A coleta de solo na última entrelinha, a qual obteve teor médio a alto na profundidade de 0-0,05 m; pode ter ocorrido devido ao teor inicial do solo estar baixo, e em conjunto a isto, possíveis erros no momento da aplicação do fertilizante fosfatado a lanço parcial (50% a lanço) ou pela variabilidade do solo. Resende et al. (2006) afirmam que o modo de uso do solo ao longo dos anos, influencia diretamente nas respostas aos tratamentos com P.

Na Tabela 4 estão descritos as médias dos teores finais e iniciais nos modos de aplicação neste estudo, e a comparação estatísticas entre estes, possibilitando avaliar o incremento significativo das amostragens.

O incremento de P no modo de aplicação a lanço (Modo 1), para a profundidade de 0-0,05 m; foi obtida em todas as disposições (linhas e entrelinhas), o que corrobora com os resultados obtidos na Figura 7. Nunes et al. (2011) citam que há capacidade elevada do P ser redistribuído no solo, quando da aplicação a lanço em superfície. Kurihara et al. (2016) citam que o não revolvimento do solo, pelo sistema de semeadura direta, aliado a consecutivas aplicações do P e a deposição de plantas de forma residual em superfície, geram incrementos do nutriente.

Houve incrementos tanto nas linhas como nas entrelinhas para o Modo 1, nas profundidades de 0,05-0,10 e 0,10-0,15 m. O incremento no sulco central nas profundidades de 0-0,15 m se deve ao teor inicial, já existente. Barbosa et al. (2015) verificaram incremento de P na profundidade de 0-0,10 m; quando da aplicação do fertilizante fosfatado a lanço. Kurihara et al. (2016) inferem que o acréscimo na disponibilidade de P no solo pode ser influenciado, pelo teor inicial do nutriente.

Para o mesmo tratamento, somente na profundidade de 0,15-0,20 m houve incremento em uma entrelinha, possivelmente devido erro amostral ou variabilidade do solo. Costa et al. (2009) verificaram que há diminuição da influência da adubação de P nas profundidades de 0,15 a 0,20 m. Barbosa et al. (2015) também obtiveram o mesmo resultado.

No modo de aplicação somente em sulco de semeadura (Modo 2), verifica-se o incremento dos teores em todos os sulcos, devido a deposição do fertilizante fosfatado. Motomiya et al. (2004) e Pauletti et al. (2009) verificam maiores teores de P na profundidade de 0-0,20 m quando da aplicação de P e amostragem no sulco de semeadura.

Além destes, houve o incremento em algumas profundidades nas entrelinhas próximas ao sulco, provavelmente devido ao desenvolvimento das raízes e consequente degradação destas. Corrêa, Mauad e Rosolem (2004) citam que a espécie cultivada influencia na movimentação do P no solo.

Costa et al. (2009) esclarecem que o crescimento e desenvolvimento de raízes em profundidade se devem ao teor de P, ao volume de solo fertilizado e ao sistema de semedura direta.

Não houve incremento significativo de P na profundidade de 0,15-0,20 m nas entrelinhas, devido a baixa mobilidade do elemento e a adição do P de forma localizada. O P, tem sua movimentação quase que exclusivamente por difusão, ou seja, movimentação a pequenas distâncias, sendo crucial posicionar adequadamente o fertilizante fosfatado no solo (MALAVOLTA, 2006).

Para o modo de aplicação parcelado (Modo 3), houve incremento tanto em superfície pela aplicação a lanço, como nos sulcos e, nas entrelinhas, obtendo uma homogeneidade e incremento de teores em maior parte dos pontos avaliados. Isto se deve justamente a aplicação combinada, e também ao possível crescimento das raízes lateralmente e verticalmente, o qual elevou os teores nas entrelinhas. Barbosa et al. (2015) obtiveram os mesmos resultados. Resende et al. (2006) também concluíram que a natureza do solo e as culturas utilizadas no manejo, interferem na disponibilidade de P, devido a recuperação deste a partir de resíduos vegetais.

Tabela 4 – Teste t para média nos teores finais e iniciais, em 3 modos de aplicação do fertilizante fosfatado, em sucessão de culturas, em semeadura direta.

Prof.	L/E	Modo 1			Modo 2			Modo 3		
		T _i	T _F		T _i	T _F		T _i	T _F	
0-0,05	E	5,375	28,292	*	6,619	7,626	ns	6,913	22,934	*
0,05-0,10	E	3,664	9,066	*	4,702	3,613	ns	4,382	8,548	ns
0,10-0,15	E	3,038	4,427	ns	4,733	3,025	*	3,479	12,073	*
0,15-0,20	E	2,587	4,715	*	2,895	2,239	ns	3,180	6,738	ns
0-0,05	L	5,228	25,928	*	6,827	14,380	*	8,359	27,248	*
0,05-0,10	L	7,300	8,574	ns	4,962	20,564	*	4,175	41,141	*
0,10-0,15	L	4,217	5,168	ns	4,293	14,787	*	3,016	19,756	*
0,15-0,20	L	3,442	3,972	ns	3,372	6,247	*	2,458	10,438	*
0-0,05	E	5,680	34,508	*	5,678	9,509	*	5,232	23,894	*
0,05-0,10	E	4,462	13,152	*	4,571	7,639	*	3,989	11,683	*
0,10-0,15	E	4,470	4,335	ns	4,092	4,618	ns	4,816	6,675	ns
0,15-0,20	E	2,490	2,561	ns	2,827	2,956	ns	2,408	3,612	ns
0-0,05	E	5,523	28,507	*	6,185	8,407	*	10,617	13,950	ns
0,05-0,10	E	6,953	4,239	*	5,079	5,196	ns	3,776	5,983	ns
0,10-0,15	E	3,550	4,334	ns	3,703	5,269	ns	2,811	14,748	*
0,15-0,20	E	2,212	3,153	ns	2,564	2,296	ns	2,185	3,676	ns
0-0,05	E	5,023	22,264	*	6,395	11,374	*	5,249	19,829	*
0,05-0,10	E	3,857	4,588	ns	4,665	6,569	*	3,377	7,976	ns
0,10-0,15	E	2,516	4,448	*	5,347	2,898	*	2,626	3,431	ns
0,15-0,20	E	2,212	2,204	ns	2,805	2,545	ns	2,158	2,610	ns
0-0,05	L	7,877	31,921	*	6,099	16,875	*	4,431	30,632	*
0,05-0,10	L	7,863	6,082	*	4,617	31,977	*	6,599	23,455	*
0,10-0,15	L	3,988	14,480	*	4,047	17,866	*	6,094	27,733	*
0,15-0,20	L	2,290	3,159	ns	2,860	6,463	*	2,704	13,170	*
0-0,05	E	6,054	24,640	*	6,378	16,074	*	5,031	25,414	*
0,05-0,10	E	4,704	4,024	ns	6,809	11,583	*	3,615	6,484	ns
0,10-0,15	E	4,263	3,020	ns	3,616	7,422	*	3,435	5,725	ns
0,15-0,20	E	2,542	1,727	ns	2,650	3,031	ns	2,253	5,949	ns
0-0,05	E	5,419	18,391	*	5,309	11,304	*	4,984	14,818	*
0,05-0,10	E	5,015	4,673	ns	5,496	3,553	*	3,531	5,540	ns
0,10-0,15	E	3,575	9,580	*	3,516	3,008	ns	2,369	17,192	*
0,15-0,20	E	2,686	3,951	ns	3,032	1,942	ns	2,080	11,120	*
0-0,05	E	5,520	25,392	*	6,067	7,505	ns	5,491	12,710	ns
0,05-0,10	E	4,823	5,439	ns	5,015	3,628	ns	4,981	13,762	*
0,10-0,15	E	3,982	6,896	*	5,175	2,831	*	3,008	11,288	*
0,15-0,20	E	2,644	2,869	ns	3,690	2,348	ns	2,619	19,666	*

* Médias significativas a 5% de probabilidade pelo Teste t. ns-Não significativo a 5% de probabilidade. Modo 1: aplicação do fertilizante fosfatado somente a lanço; Modo 2: aplicação do fertilizante fosfatado somente em sulco de semeadura; Modo 3: aplicação do fertilizante fosfatado metade a lanço e metade em sulco de semeadura. Prof.: Profundidade; L: Linha; E:Entrelinha; Ti: Teor inicial; T_F: Teor Final.

Tabela 4 – Continuação...

Prof.	L/E	Modo 1			Modo2			Modo 3		
		T _i	T _F		T _i	T _F		T _i	T _F	
0-0,05	L	6,314	26,515	*	4,528	18,976	*	6,048	19,024	*
0,05-0,10	L	6,108	7,546	ns	4,175	36,255	*	6,093	16,632	*
0,10-0,15	L	6,727	3,706	*	4,516	27,012	*	4,196	22,911	*
0,15-0,20	L	3,405	3,111	ns	3,144	14,876	*	2,622	7,394	ns
0-0,05	E	6,690	32,845	*	5,621	6,975	ns	5,080	7,649	ns
0,05-0,10	E	5,231	5,332	ns	4,813	3,354	ns	4,629	5,578	ns
0,10-0,15	E	3,506	3,822	ns	3,737	7,518	*	5,062	4,689	ns
0,15-0,20	E	2,695	2,940	ns	4,081	2,947	ns	2,401	3,747	ns

* Médias significativas a 5% de probabilidade pelo Teste t. ns-Não significativo a 5% de probabilidade. Modo 1: aplicação do fertilizante fosfatado somente a lanço; Modo 2: aplicação do fertilizante fosfatado somente em sulco de semeadura; Modo 3: aplicação do fertilizante fosfatado metade a lanço e metade em sulco de semeadura. Prof.: Profundidade; L: Linha; E:Entrelinha; Ti: Teor inicial; T_F: Teor Final.

3.5. CONCLUSÕES

Para o modo de aplicação a lanço, obteve-se maior distribuição de P na camada de 0-0,05m; e incremento tanto nas linhas como nas entrelinhas na faixa de 0-0,15 m.

Para o modo de aplicação em sulco de semeadura, ocorreu maior distribuição de P no sulco de semeadura na profundidade de 0-0,15 m e nas entrelinhas na faixa de 0-0,05 m; obtendo incrementos em maiores proporções nos sulcos e nas entrelinhas próximas a este.

Para o modo de aplicação parcelado, houve distribuição de P em grande parte do perfil amostrado, incrementando os teores tanto em linhas como em entrelinhas, obtendo homogeneidade de teores em grande parte dos pontos amostrados.

O enraizamento, o não revolvimento do solo, o local de deposição do fertilizante podem ter influenciado na distribuição e incremento de P.

O modo de aplicação influenciou os teores de P em profundidade e em diferentes posições.

Sugere-se para tanto, a correção do P a lanço antes da semeadura, e para a manutenção das culturas, em sulco de semeadura.

3.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, T.J.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P.C.; SPAGNOLLO, E.; CAMPOS, B.H.; VEIGA, M. Potential of carbon accumulation in no-till soils with intensive use and cover crops in southern Brazil. **Journal Environmental Quality**. Madison, V.35., n.4, p.1599-607, 2006.

BARBOSA, Newton Cabral; ARRUDA, Everton Martins; BROD, Elias; PEREIRA, Hamilton Seron. Distribuição vertical do fósforo no solo em função dos modos de aplicação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 1, p. 87-95, 2015.

CONTE, E.D.; ANGHINONI, I.; RHEINHEIMER, D.S. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatase ácida após aplicação de fosfato em solo no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.26, p.925-930, 2002.

CORRÊA; J.C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C.A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.12, p.1231-1237, 2004.

COSTA, J.P.V.; BARROS, N.F.; ALBUQUERQUE, A.W.; MOURA FILHO, G.; SANTOS, J.R. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. Campina Grande, v.10, n.4, 2006.

COSTA, S. E. V. G. A.; SOUZA, E.D.; ANGHINONI, I.; FLORES, J.P.C.; CAO, E.G.; HOLZSCHUCH, M.J. Phosphorus and root distribution and corn growth as related to long-term tillage systems and fertilizer placement. **Revista Brasileira de Ciência do Solo [online]**. Viçosa, v.33, n.5, pp.1237-1247, 2009.

CUNHA, A.C.M.C.M.; PAIVA, H.N.; XAVIER, A., OTONI, W.C. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, n.58, p.35-47, 2009.

DEITH, L. G.; ANDERSON, S.A.; HOFFMANN, B.W. Soil and fertilizer sources of plant nutrients. **Management of Wisconsin Soils A3588**, 5.Ed., chapter 9, 2005, p. 87.

DIEL, D.; BEHLING, M.; FARIAS NETO, A.L.; ISEMHAGEN, E.C.C. Distribuição horizontal e vertical de fósforo em sistemas de cultivos exclusivos de soja e de integração lavoura-pecuária-floresta. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v.49, n.8, p.639-647, 2014.

ERNANI, P.R.; STECKLING, C.; BAYER, C. Características químicas de solo e rendimento de massa seca de milho em função do método de aplicação de fosfatos, em dois níveis de acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.939-946, 2001.

FIORIN, J.E.; VOGEL, P.T.; BORTOLOTTTO, R.P. Métodos de aplicação e fontes de fertilizantes para a cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v.11, n.2, p.92-97, 2016.

GABOTINI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S.; FLORES, J.P.C.. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.3, n°4, p.691-699, 2007.

GONÇALVES, S.L.; SARAIVA, O.F.; TORRES, E. Influência de fatores climáticos na decomposição de resíduos culturais de aveia e trigo. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**. 1º Ed. Londrina: Embrapa Soja. n.5, 27p., 2010.

GRANDT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Potafós, Encarte Técnico, n.95, p.1-5, 2001.

KURIHARA, C.H.; SILVA, W.M.; DIAS, M.M.; TSUJIGUSHI, B.P.; SILVA, J.V.S. Gradual correction of phosphorus availability in the no-tillage system. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n.2, p. 256-264, 2016.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo. Piracicaba: Ceres, p.57-60, 2006.

MOTOMIYA, W. R.; FABRICIO, A. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C.; ROBAINA, A. D.; NOVELINO, J. O. Métodos de aplicação de fosfato na soja em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 39, n. 4, p. 307-312, 2004.

MOTTA, P.E.F.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O.; RAIJ, B.V.; FURTINI NETO, A.E.; LIMA, J.M. Absorção e formas de fósforo em Latossolos: influência da mineralogia e histórico de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.2, p.349-359, 2002.

NÚCLEO ESTADUAL PARANÁ – NEPAR. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBSCS/NEPAR. 182p. 2017

NUNES, R.D.S.; SOUSA, D.M.G.; GOEDERT, W.J.; VIVALDI, L.J. Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.3, p. 877-888, 2011.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; KLEPER, D., OLIVEIRA, F.A. Soja In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes**. Piracicaba: IPNI – Brasil, v. 3., p. 1-38, 2010.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; PROCHNOW, L.I.; KLEPKER, D. Eficiência agronômica de fosfato natural reativo na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.5, p.623-631, 2008.

PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V.; SERRAT, B.M.; FAVARETTO, N.; ANJOS, A. Atributos químicos de um latossolo bruno sob sistema plantio direto em função da estratégia de adubação e do método de amostragem de solo. **Revista Brasileira de ciência do solo**. Viçosa, v.33, n.3, 581-590, 2009.

R Core Team. R: **A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria, Versão 3.4.0, 2017. Disponível em:< <https://www.r-project.org/>>.

RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E.; ALVES, V.M.C.; MUNIZ, J.A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARGA, D.I.; SANTOS, J.Z.L.; CARNEIRO, L.F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.2, p.453-466, 2006.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.38, n.2, p.576-586, 2008.

SCHLINDWEIN, J. A.; ANGHINONI, I. Variabilidade vertical de fósforo e potássio disponíveis e profundidade de amostragem do solo no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.4, p.611- 617, 2000.

SILVA, A.A.; DELATORRE, C.A. Alterações na arquitetura de raiz em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.8, n.2, p. 152-163, 2009.

SOUSA, D.M.G.; REIN, T. A.; GOEDERT, W.J.; LOBATO, E.; NUNES, R.S. Fósforo. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes**. Piracicaba: IPNI – Brasil, 2010. v. 2., p. 71- 126.

TIECHER, T.; SANTOS, D. R.; KAMINSKI, João; CALEGARI, Ademir. Forms of inorganic phosphorus in soil under different long term soil tillage systems and winter crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n° 1, v. 36, p. 271-281, 2012.

TRIMBLE INSTITUTE. **Farm Works software**: a division of Trimble. Version 2016 02 00 57. Sunnyvale, 2016.

4. CONCLUSÕES GERAIS

Na condição de solo argiloso e com baixo teor de P, a adubação a lanço pode ser recomendado para a cultura da soja para obtenção de produtividades. O estado nutricional de P na folha e a altura de planta na soja foram influenciadas pelo modo de aplicação do fertilizante fosfatado.

Porém, na cultura do milho, o melhor modo de aplicação do fertilizante fosfatado é em sulco para obtenção de maior produtividade e altura de planta. A Biomassa seca da parte aérea, a produtividade e a altura de planta foram influenciadas pelo modo de aplicação do fertilizante fosfatado na cultura do milho.

O efeito residual da adubação fosfatada realizada na cultura da soja influenciou positivamente a produtividade do milho.

Para o modo de aplicação a lanço, obteve-se maior distribuição de P na superfície. Em sulco de semeadura houve maior distribuição de P no local de deposição do fertilizante, e para o modo de aplicação parcelado, houve distribuição de P em grande parte do perfil amostrado.

Os incrementos nos 3 modos de aplicação foram obtidos tanto nas linhas como nas entrelinhas. Para a lanço, este foi obtido em maiores proporções na superfície, para o sulco, em todas as profundidades no local de deposição do fertilizante fosfatado e nas proximidades deste e, no parcelado, em grande parte dos pontos amostrados, obtendo homogeneidade de teores de P.

No sistema de semeadura direta, o enraizamento pode ter influenciado na distribuição e incremento de P.

O modo de aplicação do fertilizante fosfatado, nas culturas da soja e do milho, influenciou os teores de P em profundidade e em diferentes posições, em sistema de semeadura direta.

Sugere-se, de acordo com os estudos realizados, a correção do P a lanço em pré-semeadura das culturas e em manutenção, o P em sulco de semeadura, para incrementos na totalidade do perfil do solo (0-0,20m) e absorção pelas plantas.

APÊNDICE A

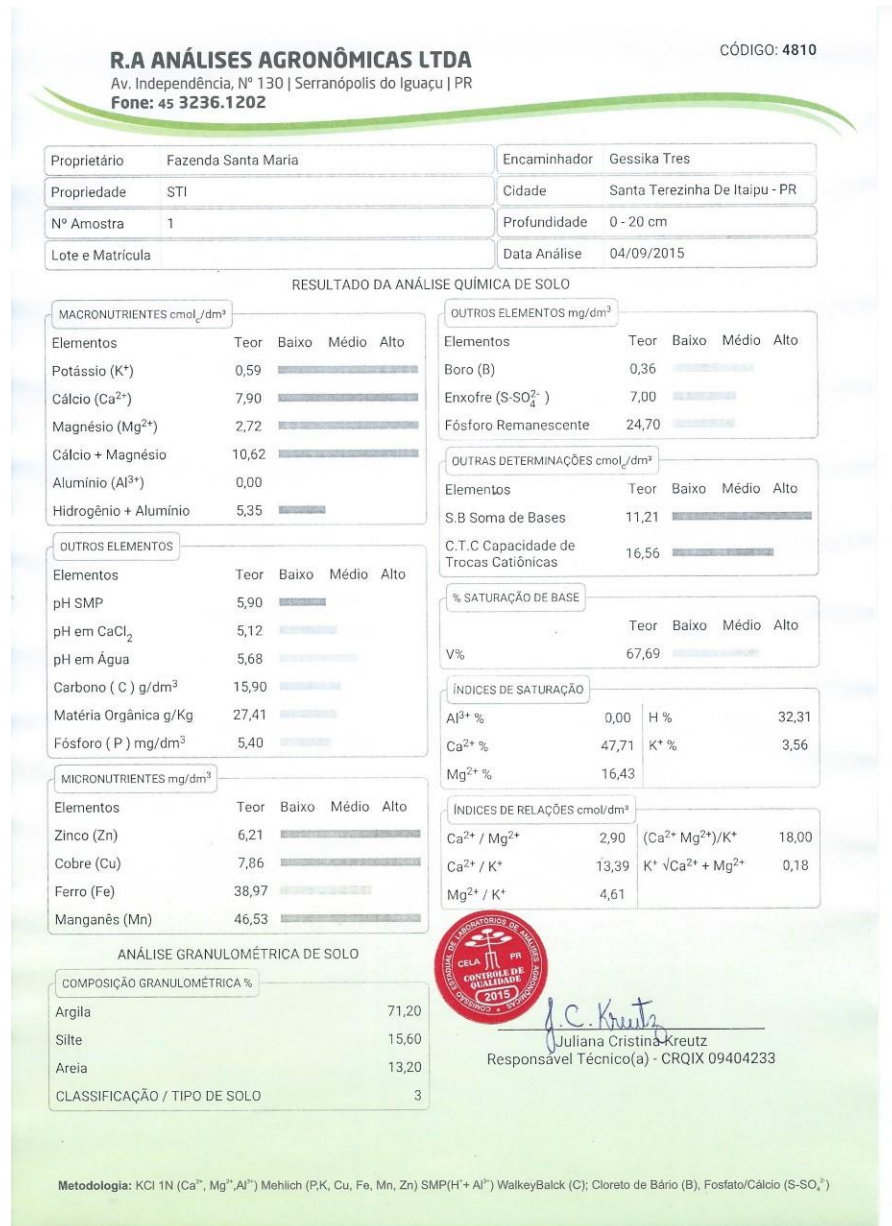


Figura 10 – Análise química e granulométrica geral das parcelas da área experimental, para os teores iniciais.

APÊNDICE B

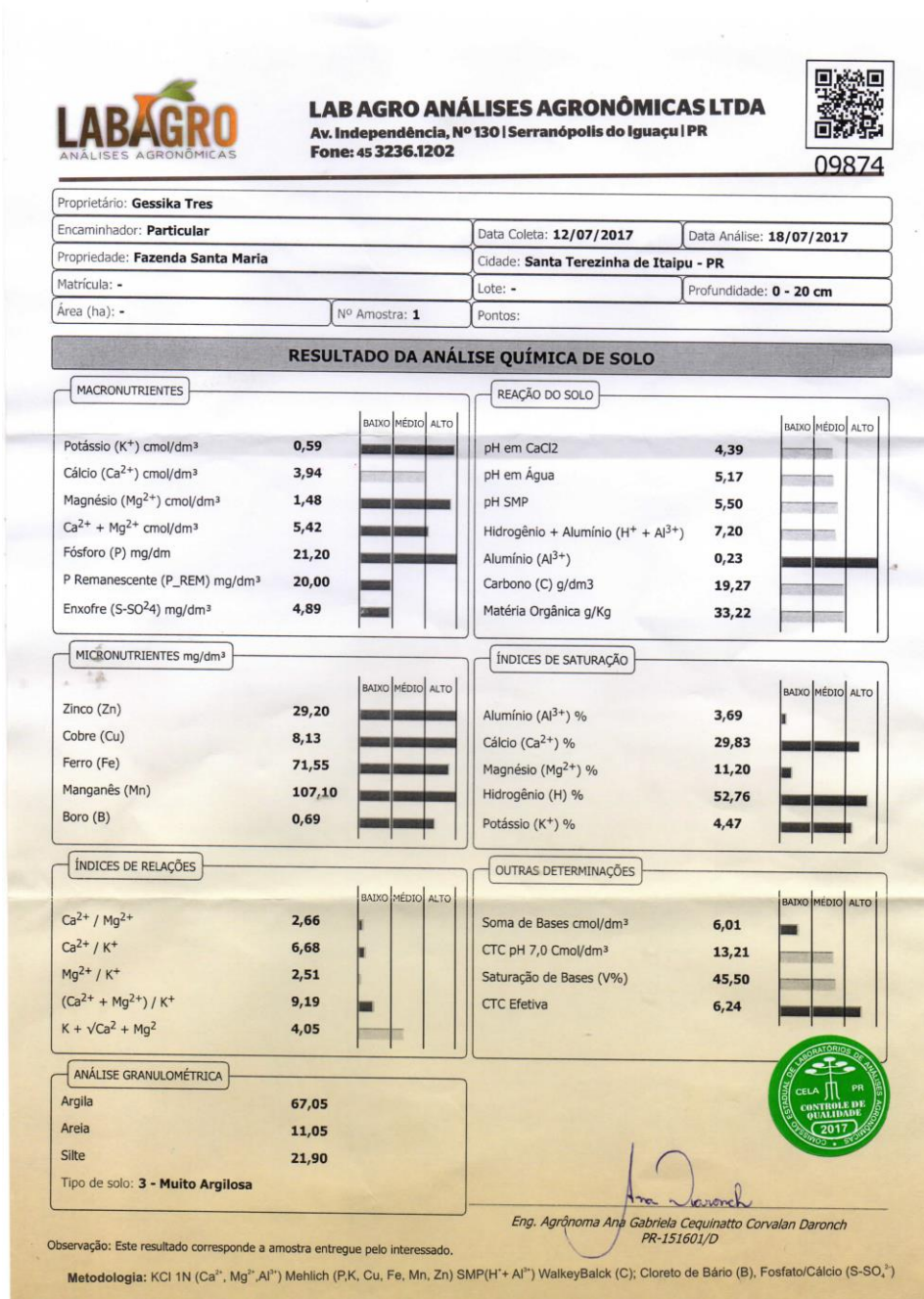


Figura 11 – Análise química e granulométrica geral das parcelas da área experimental, para os teores finais.

APÊNDICE C

Tabela 5 – Resumo dos quadros da análise de variância, para as variáveis analisadas na cultura da soja.

	GL	Extração	AP	Prod.	Teor P	MMG	Biomassa	Exportação
Blocos	6	104,8	0,00214	1.051	0,01741	0,03104	3.925.959	0,993
Tratamentos	2	22,4 ^{ns}	0,00658 ^{**}	1.376 ^{ns}	0,08252 ^{**}	0,12308 ^{ns}	268.544 ^{ns}	5,385 ^{ns}
Erro	12	26,1	0,00076	1.889	0,00928	0,0497	1.215.545	2,252
CV(%)		14,89	3,45	10,32	5,56	5,91	17	14,81
Média		34,31	0,80	3.262	1,73	119,29	6.684	10,13

ns- não significativo; ** significativo a 5% de probabilidade pelo teste t; GL – Graus de Liberdade; Extração: Extração de P pela parte aérea (kg ha⁻¹ P); Altura de planta: em metros; Prod.: Produtividade da soja (kg ha⁻¹); Teor P: Estado nutricional de P na folha (g kg⁻¹ P); MMG: massa de mil grãos (gramas); Biomassa: Biomassa seca da parte aérea (kg ha⁻¹ MS); Exportação: Exportação de P (grão).

Tabela 6 – Resumo dos quadros da análise de variância, para as variáveis analisadas na cultura do milho.

	GL	Extração	AP	Prod.	Teor P	MMG	Biomassa	Exportação
Blocos	6	58,53	0,00793	15.043	0,01491	0,0786	228.343	17,8
Tratamentos	2	2,02 ^{ns}	0,02283 ^{**}	34.209 ^{**}	0,00346 ^{ns}	0,2308 ^{ns}	935.630 ^{**}	12,2 ^{ns}
Erro	12	32,05	0,00337	6.821	0,01958	0,0902	51.371	31,9
CV(%)		14,44	2,46	5,34	7,39	2,71	6	19,87
Média		39,20	2,36	11.980	1,89	350,74	3.604	28,41

ns- não significativo; ** significativo a 5% de probabilidade pelo teste t; GL – Graus de Liberdade; Extração: Extração de P pela parte aérea (kg ha⁻¹ P); Altura de planta: em metros; Prod.: Produtividade do milho (kg ha⁻¹); Teor P: Estado nutricional de P na folha (g kg⁻¹ P); MMG: massa de mil grãos (gramas); Biomassa: Biomassa seca da parte aérea (kg ha⁻¹ MS); Exportação: Exportação de P (grão).

APÊNDICE D

Tabela 7 – Resumo do quadro de análise de variância para o teor inicial de P no solo.

Causas da variação	GL	QM	Pr>F
Modos	2	12,4	ns
Blocos	6	52,3	
Resíduo A	12	16,6	
Posição	1	67	ns
Modos:Posição	2	31,2	ns
Resíduo B	6	16,4	
Profundidade	3	448,1	***
Modos:Profundidade	6	6,9	ns
Posição:Profundidade	3	7,8	ns
Modos:Posição:Profundidade	6	46	ns

ns- não significativo;*** significativo de 0 a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; GL – Graus de Liberdade; QM – Quadrado médio.

Tabela 8 – Resumo do quadro de análise de variância para o teor final de P no solo.

Causas da variação	GL	QM	Pr>F
Modos	2	1525	*
Blocos	6	647	
Resíduo A	12	308	
Posição	1	13320	**
Modos:Posição	2	2428	*
Resíduo B	6	405	
Profundidade	3	8519	***
Modos:Profundidade	6	1889	***
Posição:Profundidade	3	1190	***
Modos:Posição:Profundidade	6	287	ns

ns- não significativo;*** significativo a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; GL – Graus de Liberdade; QM – Quadrado médio.