

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS DOIS VIZINHOS
CURSO DE AGRONOMIA**

BRUNO ACADIO JACOBY STUANY

**PRODUTIVIDADE DO MILHO SOB EFEITO RESIDUAL DA
APLICAÇÃO DE FONTES DE ADUBAÇÃO FOSFATADA E PLANTAS
DE COBERTURA DE INVERNO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS
2019

BRUNO ACADIO JACOBY STUANY

**PRODUTIVIDADE DO MILHO SOB EFEITO RESIDUAL DA
APLICAÇÃO DE FONTES DE ADUBAÇÃO FOSFATADA E PLANTAS
DE COBERTURA DE INVERNO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso Superior de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Laercio Ricardo Sartor

DOIS VIZINHOS
2019



TERMO DE APROVAÇÃO

PRODUTIVIDADE DO MILHO SOB EFEITO RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE FONTES DE ADUBAÇÃO FOSFATADA E PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO

por

BRUNO ACADIO JACOBY STUANY

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado(a) em 01 de JULHO de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro(a) Agrônomo(a). O(a) candidato(a) foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Orientador
Prof. Dr. Laercio Ricardo Sartor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
UTFPR – Dois Vizinhos

Membro titular
Prof. Dr. Paulo Fernando Adami
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
UTFPR – Dois Vizinhos

Membro titular
Eng. Agrônomo Lucas Link
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
UTFPR – Dois Vizinhos

Responsável pelos Trabalhos
de Conclusão de Curso
Profa. Dr. Angélica Signor Mendes
UTFPR – Dois Vizinhos

Coordenador(a) do Curso
Prof. Dr. Alessandro Jaquiel Waclawovsky
UTFPR – Dois Vizinhos

RESUMO

STUANY, Bruno Acadio Jacoby. PRODUTIVIDADE DO MILHO SOB EFEITO RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE FONTES DE ADUBAÇÃO FOSFATADA E PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

Grande parte dos solos no Brasil possuem a característica que limitam a disponibilidade de fósforo. Para diminuir esses efeitos pode-se aumentar a dose, fazer aplicação em sulco e repor constantemente o mineral a cada safra, porém, resulta na elevação do custo de produção. O objetivo deste trabalho é de avaliar o efeito residual do uso de fontes de adubação fosfatadas, solúvel e insolúvel em água, associadas ao cultivo de plantas de cobertura de ciclo hibernal na produção de biomassa vegetal e rendimento de grãos de milho. O trabalho foi realizado na UTFPR, Campus Dois Vizinhos, em Latossolo Vermelho Distroférico com textura argilosa. O experimento foi implantado em 2009, no presente trabalho está apresentada a safra 2018/19. O experimento contém 21 tratamentos em blocos ao acaso no modelo bifatorial (3 x 7), com três repetições. O fator A envolve fontes de fósforo que foram superfosfato triplo (44% de P_2O_5 solúvel em Citrato neutro de amônio + água) e fosfato natural da Argélia (24% de P_2O_5 solúvel ácido cítrico) e uma testemunha com ausência de P, e o fator B plantas de cobertura de inverno (PCI). As fontes de P foram aplicadas na dosagem de 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 , entre os anos de 2009 até o ano de 2015, a partir de 2015 não foram mais efetuadas adubações fosfatadas a fim de avaliar o efeito residual. As PCI utilizadas foram aveia preta cv. IAPAR 61 (*Avena strigosa* Schreb), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), tremoço branco (*Lupinus albus*), azevém comum (*Lolium multiflorum*), ervilhaca peluda (*Vicia villosa* Roth), centeio (*Secale cereale* L.) e a testemunha, mantida em pousio no inverno. Estas foram cultivadas nos meses de abril/maio e avaliada a produção de biomassa. No mês de setembro foi realizada a semeadura do milho. As variáveis analisadas foram o rendimento de grãos de milho, número de espigas por metro, número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira, empregando uma área amostrada de $5,4 \text{ m}^2$. As coletas de solo foram feitas após o manejo das PCI no ano de 2017. O P foi determinado pelo método da Resina Trocadora de Ânions (RTA). Na produção de matéria seca, houve destaque para as gramíneas, os maiores acúmulos foram utilizando as fontes fosfatadas, havendo diferenças entre si dependendo da planta de cobertura, de forma que ambas foram superiores a testemunha com ausência de fósforo. Para os atributos do milho, a ausência de fósforo resultou na redução em todas as variáveis, as duas fontes utilizadas apresentaram diferença entre si, onde as parcelas em pousio, ervilhaca, tremoço, nabo e azevém com FN obtiveram maior produtividade em relação ao STF. O efeito residual das duas fontes avaliadas, foram equivalentes estatisticamente e capazes de sustentar produtividade acima de 10 t ha^{-1} no milho após 3 anos sem adubação fosfatada em solo com histórico de adubação de 100 kg há^{-1} de P_2O_5 anual entre 2009 e 2015.

Palavras chaves: Rendimento. Adubação fosfatada. Plantas de cobertura.

ABSTRACT

STUANY, Bruno Acadio Jacoby. CORN PRODUCTIVITY ON THE RESIDUAL EFFECT OF THE APPLICATION OF FOSPHATE FERTILIZER SOURCES AND WINTER COVERING PLANTS. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

Most of the soils in Brazil have the oxidic characteristic, which favors the retention of phosphorus in the soil colloids. To reduce these effects, you can increase the dose, apply it in the groove and constantly replenish the mineral for each crop, but it results in an increase in the cost of production. The objective of this work is to evaluate the residual effect of the use of phosphate fertilizers, soluble and not soluble in water, associated to the cultivation of winter cover crops in the production of plant biomass and corn productivity. The experiment was implemented in 2009, the present work presents the 2018/19 harvest. The experiment contains 21 randomized block treatments in the two-factorial model (3 x 7), with three replicates. Factor A involves phosphorus sources that were triple superphosphate (44% P₂O₅ soluble in neutral ammonium citrate + water) and natural phosphate from Algeria (24% P₂O₅ soluble citric acid) and a control with absence of P, and factor B winter cover plants (PCI). The sources of P were applied in the dosage of 100 kg ha⁻¹ of P₂O₅, between the years of 2009 and 2015, from 2015 no phosphorus fertilization was carried out in order to evaluate the residual effect. The used PCI were black oat cv. IAPAR 61 (*Avena strigosa* Schreb), forage turnip (*Raphanus sativus* L.), white lupine (*Lupinus albus*), common ryegrass (*Lolium multiflorum*), hairy vetch (*Vicia villosa* Roth), rye (*Secale cereale* L.) maintained in winter fallow. These were cultivated in the months of April / May and evaluated the biomass production. In the month of September, corn sowing was carried out. The variables analyzed were corn grain yield, number of spikes per meter, number of rows per spike and number of grains per row, using a sampled area of 5.4 m². Soil samples were taken after the management of ICP in the year 2017. The P was determined by the Anion Exchange Resin (RTA) method. In the dry matter production, there was a highlight for grasses, the largest accumulations were using the phosphate sources, with differences depending on the cover plant, so that both were superior to the control with absence of phosphorus. For maize attributes, the absence of phosphorus resulted in a reduction in all variables. The two sources used differed from one another, where the fallow, vetch, lupine, lupine and ryegrass plots with NF had higher productivity in relation to FTS. The residual effect of the two evaluated sources were statistically equivalent and capable of sustaining productivity above 10t ha⁻¹ in maize after 3 years without phosphate fertilization in soil with a fertilization history of 100kg ha⁻¹ of P₂O₅ per year between 2009 and 2015.

Keywords: Yield. Phosphate fertilization. Coverage plants.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 OBJETIVO.....	8
2.1 OBJETIVO GERAL.....	8
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	8
3 REVISÃO DE LITERATURA	9
4 METODOLOGIA	13
5 RESULTADOS E DISCUÇÃO	16
6 CONCLUSÃO	27
REFERENCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

Objetiva-se buscar altas produtividades na agricultura, comumente com novas tecnologias, doses altas de fertilizantes e defensivos. O fósforo (P) é um importante nutriente que sempre está ligado a altas produtividades, e deve ser manejado a fim de aumentar sua eficiência e consequentemente a produtividade.

Dos solos brasileiros, 31,6% são Latossolos (LIMA, 2018), esses por sua vez possuem característica de serem bem drenados e profundos além da alta acidez e teor de fósforo disponível ser muito baixo, pois é imobilizado pelo ferro e alumínio. Assim fica comprometido o melhor desenvolvimento da cultura, impossibilitando de atingir o máximo potencial produtivo. Corretivos e fertilizantes quando aplicados de forma correta podem solucionar este problema (SOUSA; LOBATO, 2017).

Alguns manejos são feitos para diminuir o efeito negativo da retenção de P, como por exemplo, aumento de dose, a fim de compensar a parte retida, aplicação em sulco, diminuindo a área de contato com o solo e a reposição constante do mineral a cada safra, porém estes fatores somados elevam significativamente o custo de produção. O uso de plantas de cobertura no inverno pode ser um manejo interessante (ARTUSO, 2017).

As diferentes fontes de P podem ser usadas para manejar essas perdas, por exemplo o uso de fosfatos naturais que tem uma liberação lenta em relação ao fosfatos solúveis, essa liberação mais lenta pode permitir um melhor aproveitamento, visto que as fontes solúveis liberam rapidamente, sendo uma parte é absorvida pelas plantas e outra sendo retida no solo (SANZONOWICZ, GOEDERT, 1986). Os fosfatos naturais tem maior reatividade em solos ácidos como os Latossolos, comparando com solos mais básicos, visto que o pH ácido influencia em sua solubilidade.

De acordo com Chien & Menon (1995,apud Corrêa et al 204, p. 02) as plantas são muito importantes na solubilização do P, principalmente o P não-lábil, pois algumas espécies possuem capacidade de solubilizá-lo por meio exsudação de suas raízes, que contém ácidos orgânicos que conseguem agir na dissolução do coloide, alimentando o P na solução do solo. Associações com micorrizas são benéficas para as plantas, aumentando a absorção de P (FERNANDES et al. 1999).

Alguns trabalhos citados abaixo tem mostrado que algumas plantas de cobertura conseguem utilizar o P retido no solo e tornar em P disponível, sendo aproveitado pela cultura seguinte, alcançando bons resultados.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito residual do uso de fontes de adubação fosfatadas, solúvel e não solúvel em água, associadas ao cultivo de plantas de cobertura de ciclo hibernar na produção de biomassa vegetal e rendimento do milho.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Avaliar efeito residual do fósforo em um Latossolo da região Sudoeste do Paraná.
- Avaliar produção de biomassa das plantas de cobertura de inverno sob fontes e uso do fósforo.
- Avaliar os componentes de rendimentos e a produtividade do milho em relação a fontes fosfatadas e plantas de cobertura de inverno.
- Avaliar se há interação entre fontes fosfatadas e as plantas de cobertura de inverno.

3 REVISÃO DE LITERATURA

No Brasil a produção de milho alcançou 97 milhões de toneladas na safra 2018/2019, sendo 26,33 milhões de toneladas na primeira safra em 5 milhões de hectares (produtividade de 5,3ton ha⁻¹) e 70,66 milhões de toneladas em 12,3 milhões de hectares na segunda safra (5,7ton ha⁻¹) (CONAB, 2019).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial, perdendo para os EUA e China, e o segundo país que mais exporta, ficando atrás dos EUA (FIESP,2018). Isso mostra a importância da cultura no agronegócio brasileiro, gerando empregos diretos e indiretos, e produtos tanto para alimentação humana, mas principalmente para alimentação animal, em especial aves e suínos e também para produção de energia.

O milho é uma gramínea, de metabolismo C4, e alto requerimento de nitrogênio e potássio, em relação ao fósforo. O nitrogênio é muito móvel no solo, e pesquisas apontam que a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* reduz em até 25% o uso de adubos nitrogenados (EMBRAPA, 2015).

Já o fósforo, é um nutriente facilmente retido no solo, se tornando indisponível para as plantas. Mesmo sendo requerido em menor quantidade, é de grande importância para a produtividade da cultura, afetando principalmente, o “desenvolvimento radicular, resistência mecânica dos caules, influenciar positivamente a floração, fecundação, formação e maturação do grão (cerca de 77 a 86 % do fósforo é translocado para o grão) e melhorar a digestibilidade do milho forragem” (UNIVERSIDADE DE ÉVORA, 2014).

O fósforo tem importância muito grande, atuando no metabolismo celular, na transferência de energia, na respiração e na fotossíntese. Seu suprimento é importante desde os estágios iniciais da cultura sendo fundamental para diferenciação do meristema radicular e incentivo ao crescimento geotrópico da raiz. Pelo fato de ser relativamente imóvel no solo, o fósforo tende a se manter próximo onde foi depositado o adubo (GRANT et al, 2001).

O fósforo é muito dependente da umidade de solo e principalmente da acidez, sendo absorvido pelas plantas como H₂PO₄⁻ em solos ácidos e HPO₄²⁻. “Em solos ácidos que apresentam elevados teores de ferro, e alumínio, parte do fósforo disponível é fixada, formando compostos de ferro e alumínio; o fósforo torna-se indisponível para as plantas. A aplicação de calcário é uma maneira de melhorar a disponibilidade” (GIRACCA e NUNES, 2016).

No Brasil predominam os solos subtropicais e tropicais, desses um quarto possuem teores baixos de fósforo disponível as plantas (SANCHEZ e LOGAN, 1992). São solos com avançado intemperismo, que apresentam altos teores de oxihidróxidos de ferro e alumínio, que retém o fósforo (NOVAIS e SMYTH, 1999 ; RHEINHEIMER et al. 2008).

Na natureza o fósforo se encontra em combinações como os fosfatos, não de forma livre, e nem em abundância em formas para absorção das plantas (GIRACCA e NUNES, 2016). As fontes solúveis são as mais utilizadas para a reposição de P, que onera custo de produção, com isso, outras fontes estão ganhando força no mercado, como o fosfato natural que apresenta custo mais baixo, entretanto solubilidade menor nos primeiros cultivos (SCHONINGER; GATIBONI; ERNANI, 2013). A eficiência agrônômica tem a ver com solubilidade em água (H₂O), ácido cítrico (AC) e em citrato neutro de amônio (CNA). Por isso são classificados assim (CHIEN et al, 2011).

KAMINSKY e PERUZZO (1997) classificaram os fosfatos naturais em “concentrados apatíticos obtidos a partir de minérios fosfáticos ocorrentes em jazimentos, os quais podem ou não, passar por processos físicos de concentração, como lavagem e/ou flotação, para separá-los dos outros minerais com os quais estão misturados na jazida.” Assim, o fosfato natural é a rocha fosfática moída, que não passa por tratamento químico, apresentando eficiência média nos primeiros anos, porém ao passar do tempo tende a melhorar sua disponibilidade de P, principalmente nos solos ácidos (SOUSA *et al.*, 2010).

Os fosfatos solúveis também são obtidos de rochas apatíticas, porém são moídos e sofrem ação de ácidos, por exemplo o superfosfato triplo (SST), que é acidulado com ácido fosfórico (MACHADO, 2001).

Esses fosfatos acidulados liberam mais rapidamente íons fosfato pro solo, apresentando melhor efeito imediatamente na produtividade da cultura, devido sua alta solubilidade, comparando-os aos fosfatos naturais (Scholefield et al., 1999; Ramos et al., 2009.; apud FONTOURA et al, 2010).

Segundo QUISPE (2004), as fontes de menor solubilidade obtêm maior eficiência em solos de mais elevada fixação de P, seguindo a hipótese de que a liberação mais lenta de P aumenta a absorção pelas plantas.

A absorção de fosforo pelas plantas tem relação direta com a densidade do sistema radicular, com o aumento da massa da raiz, ocorre uma melhora na absorção de P do solo pela planta. Além disso, algumas plantas desenvolvem outras maneiras de absorver o P, como a liberação de fosfatases, que irão quebrar as moléculas dos ácidos orgânicos liberando o

fosforo. Outras plantas secretam ácidos orgânicos a fim de acidificar a rizosfera, visando aumentar a disponibilidade de P (GRANT et al. 2001).

Os produtores já utilizam as plantas de cobertura a fim de propiciar proteção ao solo, evitando erosão, repondo M.O., melhorar a drenagem e descompactar, fazer rotação de culturas, supressão de daninhas, entre outros.

Para BRAGA (2010), a M.O. proveniente das plantas de cobertura, age na disponibilização de P através dos ácidos húmicos, málico e oxálico. Além de fungos que estão nestes restos culturais, que se associam com as raízes, melhorando a eficiência de absorção de P do solo.

Um bom conhecimento das espécies de cobertura é importante para o sucesso nas culturas sucessoras, sendo utilizadas para aumentar a produtividade, e reduzir o uso de adubos fosfatos a cada semeadura, possibilitando um sistema sustentável ambientalmente, com alta produtividade e reduzindo custos. As espécies estudadas serão a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb), a ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.), o centeio (*Secale cereale* L.), o nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), o azevém (*Lolium multiflorum*), e o tremoço (*Lupinus albus* L.)

As leguminosas acumulam mais P em seus tecidos, comparando-as com gramíneas, assim as culturas sucessoras terão maior oferta de P, além de terem melhor eficiência na solubilização de P (DA ROS, 1993, e GIACOMINI et al. 2003).

A aveia preta é uma gramínea de inverno, bem rustica, não necessita de alta fertilidade e é muito utilizada como forragem, feno e planta de cobertura (DERPSCH & CALEGARI, 1992). Seus restos culturais fornecem nutrientes em prazo médio e longo para às culturas sucessoras (FLOSS, 2002).

O azevém, outra gramínea de inverno, muito cultivado no RS. Apresenta bom vigor inicial, com rápido estabelecimento da pastagem, excelente capacidade de rebrote, alta produtividade de forragem, com excelente qualidade (EMBRAPA,2017).

O nabo forrageiro, uma Brassicaceae, apresenta alta capacidade de ciclagem de N e P, é muito utilizada como adubação verde e importante na rotação de culturas, apresenta tolerância a secas e geadas (BARROS e JARDINE, EMBRAPA 2018).

Outra gramínea de inverno, o centeio, destacado por sua rusticidade, adaptação a solos pobres, raízes profundas e agressivas, tornando-a melhor no quesito de absorção dos nutrientes indisponíveis que outras espécies (EMBRAPA TRIGO,2018).

O centeio promove por suas raízes a exsudação de citrato, que permite a troca de ânions com argilominerais, disponibilizando o P adsorvido (MARSCHIER,1986).

O tremço branco, leguminosa, tendo raiz pivotante, profunda chegando a 2 metros, apresenta potencial para melhorar a parte tanto biológica, quanto física e química do solo (COSTA *et al*, 1992).

Outra fabaceae de inverno, estando entre as mais importantes plantas de cobertura, a ervilhaca, promove a ciclagem de nutrientes e fixação de N₂, utilizada para adubação verde, produção de grãos ou como forrageira, pra feno ou silagem (ORTIZ *et al*, 2015).

4 METODOLOGIA

O presente experimento foi realizado na fazenda experimental da UTFPR, Campus Dois Vizinhos, no Sudoeste do Paraná, com latitude 25°42' S, longitude 53°08' W e altitude média de 561m. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico com textura argilosa (EMBRAPA, 2013).

O experimento foi implantado em 2009, para esse trabalho foram utilizados dados da safra 2018/19. Nos anos anteriores cultivou-se no experimento milho, soja, e dois anos consecutivos de milho, e por último dois anos de soja, respectivamente.

Tabela 1. Análise de solo em três profundidades (0-5,5-10,10-20 cm) antes da implantação do experimento, 2009.

Profundidade cm	pH	MO	P res.	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	V
	CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	mmolc/dm ³					%
0-5	5,4	40,2	8,1	0	34,2	54	26,9	5	71,5
5-10	5,2	40,2	9,7	0	36,8	56,2	29,8	2,8	70,7
10-20	5	26,8	4,8	0,8	39,7	43,2	21,3	1,3	62,4

Foram testados 21 tratamentos com blocos ao acaso em modelo bifatorial (3 x 7), com três repetições, o fator A fontes de fósforo e fator B diferentes plantas de cobertura de inverno (PCI). As fontes de P utilizadas foram superfosfato triplo (44% de P₂O₅ solúvel em Citrato neutro de amônio + água) e fosfato natural da Argélia (24% de P₂O₅ solúvel ácido cítrico) (BRASIL, 2007) e uma testemunha com ausência de P. Já as PCI utilizadas foram aveia preta cv. IAPAR 61 (*Avena strigosa* Schreb), nabo forrageiro IPR116 (*Raphanus sativus* L.), tremoço branco (*Lupinus albus*), azevém comum (*Lolium multiflorum*), ervilhaca peluda (*Vicia villosa* Roth), centeio (*Secale cereale* L.) e pousio no inverno.

A semeadura das plantas de cobertura ocorreu em 03 de maio de 2018, com as taxas de semeadura: 50 kg ha⁻¹ de aveia preta cv. IAPAR 61 (*Avena strigosa* Schreb); 12 kg ha⁻¹ de nabo forrageiro IPR 116 (*Raphanus sativus* L.); 75 kg ha⁻¹ de tremoço branco (*Lupinus albus*); 30 kg ha⁻¹ de azevém comum (*Lolium multiflorum*); 60 kg ha⁻¹ de ervilhaca peluda (*Vicia villosa* Roth); 60 kg ha⁻¹ de centeio (*Secale cereale* L.); sendo estas conduzidas até o dia 12 de agosto de 2018, quando foi realizado o corte, utilizando um quadrado de 0,25m², para avaliação da matéria seca produzida. As amostras foram secas em estufa á 55°C por 72 horas e pesadas em balança semi-analítica, permitindo estimar a produção de massa seca.

Após o corte da unidade amostral, foi realizado manejo das coberturas com dessecação, 100 dias após a semeadura das mesmas, utilizando glyphosate 1440g. i.a. ha⁻¹.

As fontes de P foram aplicadas a lanço para se obter distribuição mais uniforme, no período do inverno após implantação das PCI, na dosagem de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, até a safra de 2014/15. Através de análise de solo do ano de 2014/2015, constatando o alto teor de P nas parcelas as aplicações foram cessadas, de forma que a cultura e as coberturas utilizassem apenas o P residual, P orgânico e P disponibilizado pelas próprias PCI. No mês de setembro de 2018, antes da semeadura do milho, foi realizada calagem na dose de 3 t ha⁻¹, excluindo-se as parcelas com fosfato natural.

No mês de setembro ocorreu a semeadura do milho, utilizando-se a cultivar PIONEER 30F53. Foi feito manejo das plantas daninhas utilizando mistura de atrazina + nicosulfurom nas doses de 2Kg. i.a ha⁻¹ e 40g. i.a. ha⁻¹ respectivamente, quando as plantas se apresentavam em estágio V3. Por apresentar tecnologia Leptra (contra lepdopteros), ciclo precoce com maior tolerância a doenças, junto a baixa incidência de pragas e doenças não foram realizadas aplicações de inseticidas e fungicidas. A aplicação de potássio foi realizada a lanço, utilizando cloreto de potássio, e nitrogênio, na forma de ureia protegida. As doses utilizadas foram baseadas no Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (2004), objetivando não limitar a produção do milho por falta destes nutrientes, as doses foram de 80 Kg ha⁻¹ de K₂O e 75 Kg ha⁻¹ de N quando as plantas se apresentavam em V4-V5, e posteriormente mais uma dose de 75 Kg ha⁻¹ de N em V8.

No ponto de colheita do milho (R6), quando os grãos apresentavam em torno de 18-20% de umidade, foi realizada a amostragem de 30 plantas por parcela, utilizando a área de 4,5 m² no centro da parcela de 25 m² (5x5), respeitando 0,5m da borda da parcela. Foram utilizadas 5 espigas por parcela para avaliar os componentes de rendimento (numero de fileiras, grãos por fileiras). A amostra total foi trilhada em seguida pesada em balança semi-analítica permitindo estimar a produtividade por ha, três sub amostras homogêneas de 100 grãos cada, totalizando 300 grãos por parcela, foram utilizadas para a determinação da massa de mil sementes em balança analítica. Para determinação da umidade dos grãos, foi utilizado medidor eletrônico do tipo caneco, a qual permitiu corrigir as variáveis a 13% de umidade.

As análises estatísticas utilizaram o teste F (0,05), quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste Tukey (0,05). Foi usado o programa estatístico Stathgraphic Plus 4.1. Ainda, como análise complementar foi realizada a técnica multivariada cluster hierárquico foi feito análise multivariada dos dados experimentais das safras de 13/14 com

soja, 14/15 com milho, 15/16 com milho, 16/17 com soja, 17/18 com soja, 18/19 com milho. A Análise de Componentes Principais (ACP) também foi realizada com o objetivo de reduzir a complexidade das inter-relações de um número grande de variáveis observadas a um número relativamente pequeno de combinações lineares com essas variáveis, que são os componentes principais e, assim, facilitam a interpretação da importância das variáveis na análise.

5 RESULTADOS E DISCUÇÃO

Os teores de fósforo do solo disponível para as plantas estão representados na figura 1, utilizando o método de resina trocadora de ânions em análise realizada no ano de 2017. Destaca-se um gradiente de concentração do elemento nos perfis do solo, apresentando maior valor na primeira camada (0-5cm), o que pode ser explicado pela forma de aplicação do nutriente, a lanço em cobertura. Pereira (2009) salienta que o fósforo é de baixa mobilidade no solo, principalmente em solos tropicais, que apresenta alto teor de argila, que contribui para sua fixação.

Figura 1: Teores de Fósforo no solo nas profundidades 0-5cm, 5-10cm e 10-15cm, submetidos a diferentes fontes de P e plantas de cobertura de inverno, 2017. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2019.

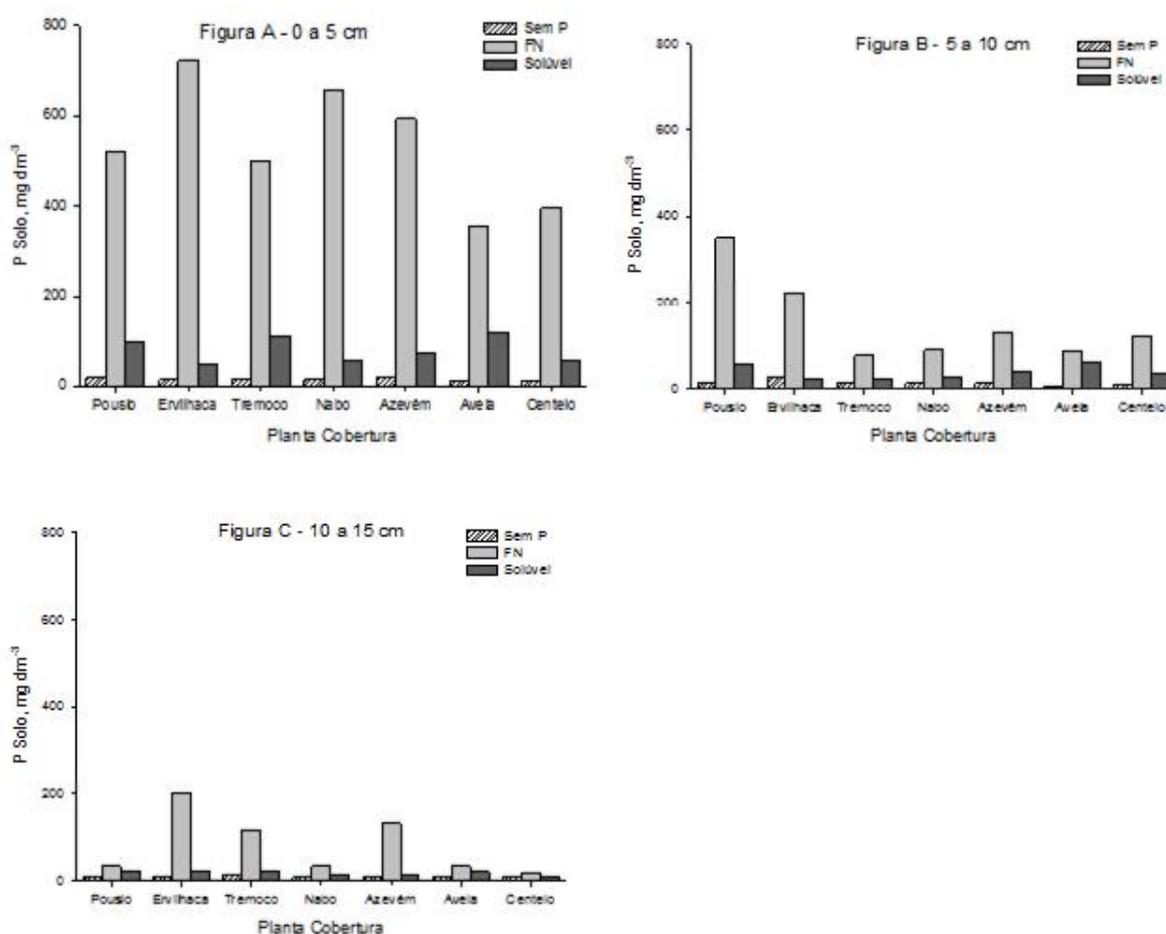


Figura 1 – Extração de Fósforo do solo através do método de Resina Trocadora de Aníons (RTA). Onde: **Figura A:** Teores de Fósforo no solo na profundidade 0-5cm; **Figura B:** Teores de Fósforo no solo na profundidade 5-10cm; **Figura C:** Teores de Fósforo no solo na profundidade 10-15cm; **Sem P** - tratamento testemunha, sem aplicação de P, **Solúvel** - uso de superfosfato triplo; **FN**- uso de fosfato natural.

As parcelas com fosfato natural apresentaram valores bem superiores aos tratamentos com SFT e testemunha com ausência de P. Para o fator plantas de cobertura, a ervilhaca se destacou, obtendo maior valor nas profundidades de 0-5cm e 10-15cm, e na profundidade de 5-10cm ficou atrás apenas do pousio, que se destacou somente nesta profundidade. Nabo e azevém também obtiveram bons resultados em 0-5cm. Essa maior concentração de P nessas camadas superficiais do solo tem relação direta com a adubação fosfatada, o acúmulo da matéria orgânica das culturas, o crescimento da atividade microbiana nas camadas superficiais, resultados de um menor contato dos restos vegetais com o solo e pela maior umidade (ESTEVEZ; ROSOLEM, 2011). Segundo o manual de adubação e calagem RS-SC de 2004, o teor crítico de P no solo a partir do método de resina trocadora de ânions é de 20mg de P/dm³.

Analisando o manual de adubação e calagem (SBCS, 2004), verifica-se que o fosfato natural possui teores acima do nível crítico, que é 20mg de P/dm³, até mesmo nas profundidades de 5-10cm e 10-15cm. E o superfosfato triplo apresenta-se com teores acima nas profundidades de 0-5cm e 5-10cm, porém menor que o FN. O fato de o fosfato natural apresentar teores maiores que os demais tratamentos pode ser explicado pelo fato de apresentar liberação mais lenta de P (QUISPE, 2004), tendo eficiência média nos primeiros anos, porém ao passar do tempo tende a melhorar sua disponibilidade de P, principalmente nos solos ácidos (SOUSA *et al.*, 2010), por não ser tão facilmente adsorvido ao solo.

Em trabalho sobre adubação fosfatada para soja, milho e cereais de inverno cultivados em Latossolos no Centro-Sul do Paraná, os autores afirmam que as doses de fósforo indicadas para essas culturas na região devem ser maiores que as atuais indicações, pelo fato de alcançarem altas produtividades, e de os Latossolos apresentarem alta capacidade de retenção do nutriente (VIEIRA *et al.*, 2015). Essa afirmação salienta que o uso de FN pode ser uma boa alternativa, visto que disponibiliza o nutriente aos poucos, apresentando maior efeito residual, como demonstrado na figura 1.

GARCIA (2014) reporta que “fontes fosfatadas de alta solubilidade em água sejam usadas em solos com baixa à moderada capacidade de fixação de P, em culturas de ciclo curto e solos com pH elevado, ou seja, que foram corrigidos pela calagem.” E para solos ácidos, que tem capacidade de fixar elevadas quantidades de P, a aplicação de fonte de P de menor solubilidade pode ser mais eficiente e econômica do que as fontes de elevada solubilidade para culturas de maior ciclo, como as perenes. Diante disso, acredita-se que ao longo dos anos o SFT irá começar a limitar a produtividade das plantas, enquanto o FN continuará com seu processo de solubilização, disponibilizando P para altas produtividades.

Com o objetivo de avaliar o efeito de doses de fósforo e resíduos de plantas de cobertura na dinâmica do fósforo no solo e no desenvolvimento inicial da soja, os autores concluíram que as plantas de cobertura influenciam a movimentação do fósforo em profundidade no solo (CORREA; MAUAD; ROSOLEM 2004). Essa afirmação contraria os resultados da análise de solo exposto na figura 1.B, que demonstra que no pousio a camada de 5 a 10cm tem mais fósforo que as parcelas com uso de plantas de cobertura, tanto no tratamento com fosfato natural, quanto para a fonte solúvel.

A figura 2 apresenta a produção de matéria seca das plantas de cobertura de inverno no ano 2018, onde se verificou que os tratamentos analisados diferem estatisticamente, se destacando as Poaceae independente da fonte de fósforo, e o nabo com SFT. Para o fator fontes de fósforo, os tratamentos com ausência de P diferiram dos tratamentos com fontes do nutriente, que apresentaram maior produção de matéria seca onde foi utilizado fontes de P, e o nabo com uso de SFT apresentou maior rendimento, sendo a única PC que apresentou diferença entre a fonte solúvel e o FN. O SFT também apresentou media maior na produção de matéria seca do centeio, mas não diferiu estatisticamente, enquanto o fosfato natural teve melhor desempenho nas demais.

Comparando as médias das plantas de cobertura, destaca-se a produção de matéria seca da aveia, do azevém e do centeio, não diferindo estatisticamente entre si, sendo superiores as demais, exceto para o nabo com STF, que não se diferiu estatisticamente, entretanto obteve valor médio menor que as gramíneas.

Figura 2 – Produção de matéria seca das plantas de cobertura de inverno em kg ha⁻¹, ano de 2018, submetidas efeito residual de diferentes fontes fosfatadas. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2019.

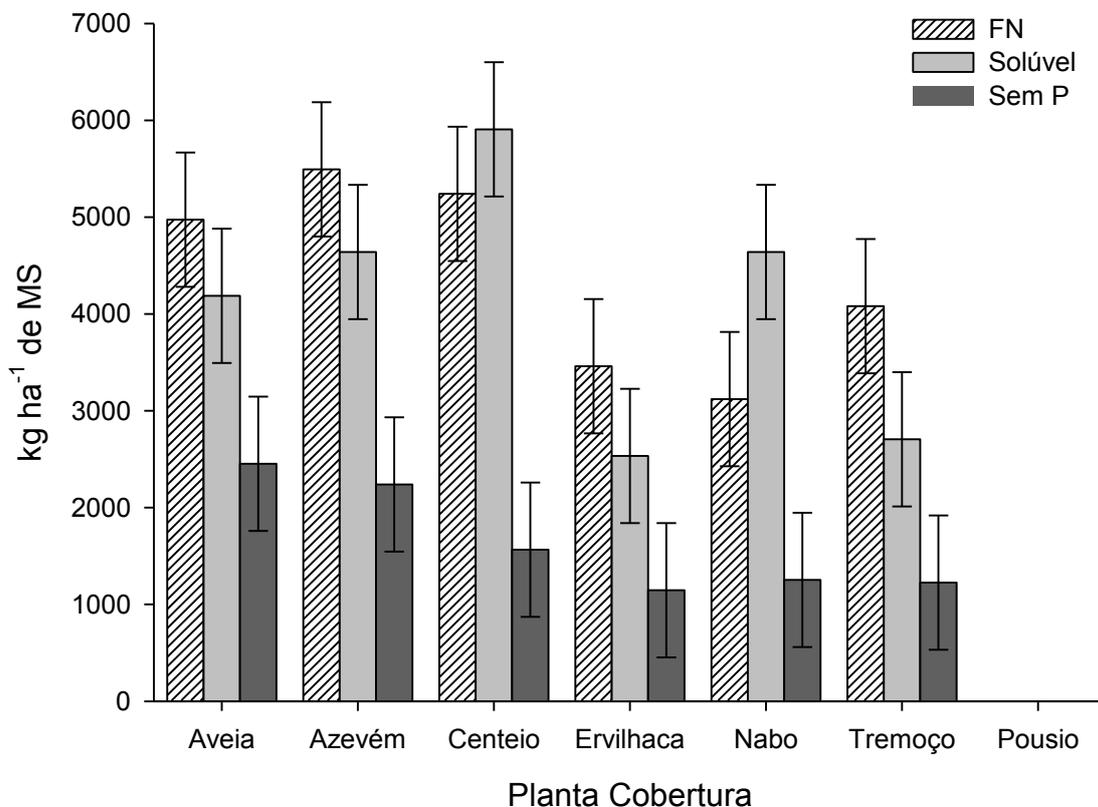


Figura 2 – Barras não coincidentes diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. Fonte: Autor (2019).

O fósforo se apresenta muito importante no crescimento do sistema radicular, e também no perfilhamento das gramíneas, que são fundamentais à maior produção de matéria seca das mesmas (SANTOS, et al 2002). Isso explica o fato de as gramíneas testadas apresentarem valores elevados em relações às demais, quando na presença de fósforo.

Os fosfatos naturais tem maior eficiência em leguminosas do que em cereais, e a eficiência relativa do FN é superior em plantas com demanda menor de concentração de P na solução do solo, assim como as leguminosas, em relação aos cereais (CHIEN & MENON 1995; apud Motomiya et al, 2004), o que esta de acordo com o exposto no figura 2, em que o tremoço branco e a ervilhaca apresentaram maior acúmulo de matéria seca no tratamento com FN do que no tratamento com SFT e testemunha.

Em trabalho sobre a influência da adubação fosfatada na forrageiras de inverno realizado no Rio Grande do Sul, verificou-se que o azevém obteve maior produção de matéria seca na presença de fósforo, e a fonte STF foi melhor que o fosfato natural (GATIBONI et al, 2000). Essa afirmação é confirmada parcialmente pelo resultado exposto na figura 2, em que o azevém teve maior produção de massa seca na presença de fósforo, entretanto o FN obteve

media maior que o STF, isso pode ser explicado pelo fato de o presente experimento avaliar o efeito residual das fontes.

A figura 3 demonstra a massa de mil grãos do milho safra, sendo possível verificar claramente a diferença dos tratamentos com fósforo para a testemunha. Houve diferença significativa entre as duas fontes de P somente para o nabo e tremoço, em que o FN foi melhor que o SFT e a testemunha. Para o fator plantas de cobertura só houve diferença significativa para o nabo no tratamento com SFT e o azevém sem P, que se igualaram ficando abaixo das demais plantas de cobertura com fonte fosfatado, mas acima dos demais tratamentos sem P.

Figura 3 – Massa de mil grãos em milho, safra 2018/2019, sob diferentes plantas de cobertura de inverno e efeito residual de diferentes fontes fosfatadas. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2019.

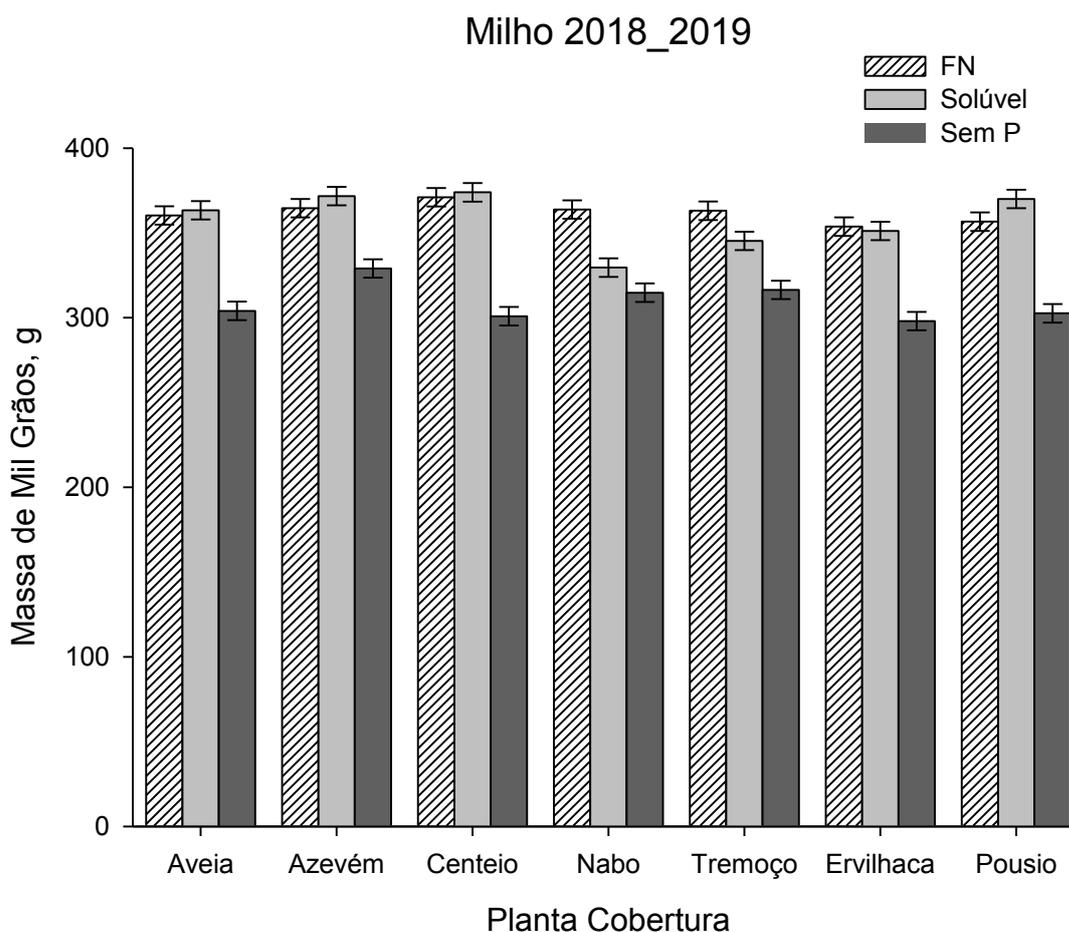


Figura 3 – Barras não coincidentes diferem entre si no teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. Fonte: Autor (2019).

No milho o fósforo é um macronutriente que atua no estímulo do desenvolvimento radicular, incrementa resistência mecânica dos caules, melhora a digestibilidade do milho forragem, influenciar positivamente a floração, fecundação, formação e maturação do grão, chegando a cerca de 77 a 86 % do fósforo é translocado para o grão (Évora, 2014). Essa afirmação vai de acordo com a diferença entre a massa de mil grãos nos tratamentos com e sem fósforo, visto a importância que o fósforo tem para a cultura, que é muito responsiva ao nutriente.

Na figura 4 estão representados os componentes de rendimento do milho, que apresentaram diferença significativa entre os tratamentos com fósforo no tremoço, centeio, azevém e pousio, em que o FN foi melhor para grãos por fileira e para grãos por espiga. A testemunha se demonstrou abaixo em todos os componentes quando comparado aos tratamentos com fonte de P, exceto quando utilizado o azevém, que obteve valores semelhantes para o STF e a testemunha. A testemunha em pousio na variável grãos por espiga, se diferiu das demais obtendo valores abaixo em todas fontes de fósforo.

No quesito grãos por fileira, demonstrado na figura 4.A, destaca-se o tratamento com fonte solúvel+aveia preta no inverno, e fosfato natural+centeio, que tiveram desempenho acima das demais. Para fileiras por espiga, como demonstrado na figura 4.B, apenas a testemunha em pousio se diferenciou das demais, ficando abaixo. Nos outros tratamentos não houve diferença significativa nem para o fator plantas de cobertura e nem para fontes de fósforo.

Na figura 4.C, que demonstra grãos por espiga, mostra a interação entre os fatores plantas de cobertura de inverno e fontes fosfatadas, em que o fosfato natural se saiu melhor na maioria dos tratamentos, tendo diferença significativa e sendo mais produtivo nos tratamentos com centeio, nabo, azevém e pousio em relação ao SFT. Apenas na aveia o SFT apresentou valor maior que o fosfato natural, porém não se diferenciou. O azevém ainda se mostrou melhor que as demais plantas de cobertura nas parcelas sem fósforo, chegando a não diferenciar com tratamentos com fonte de fósforo solúvel nas parcelas com centeio e ervilhaca, e superando o pousio+SFT.

Figura 4 - Componentes de rendimento do milho, safra 2018/2019. Sob diferentes plantas de cobertura de inverno e efeito residual de diferentes fontes fosfatadas. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2019.

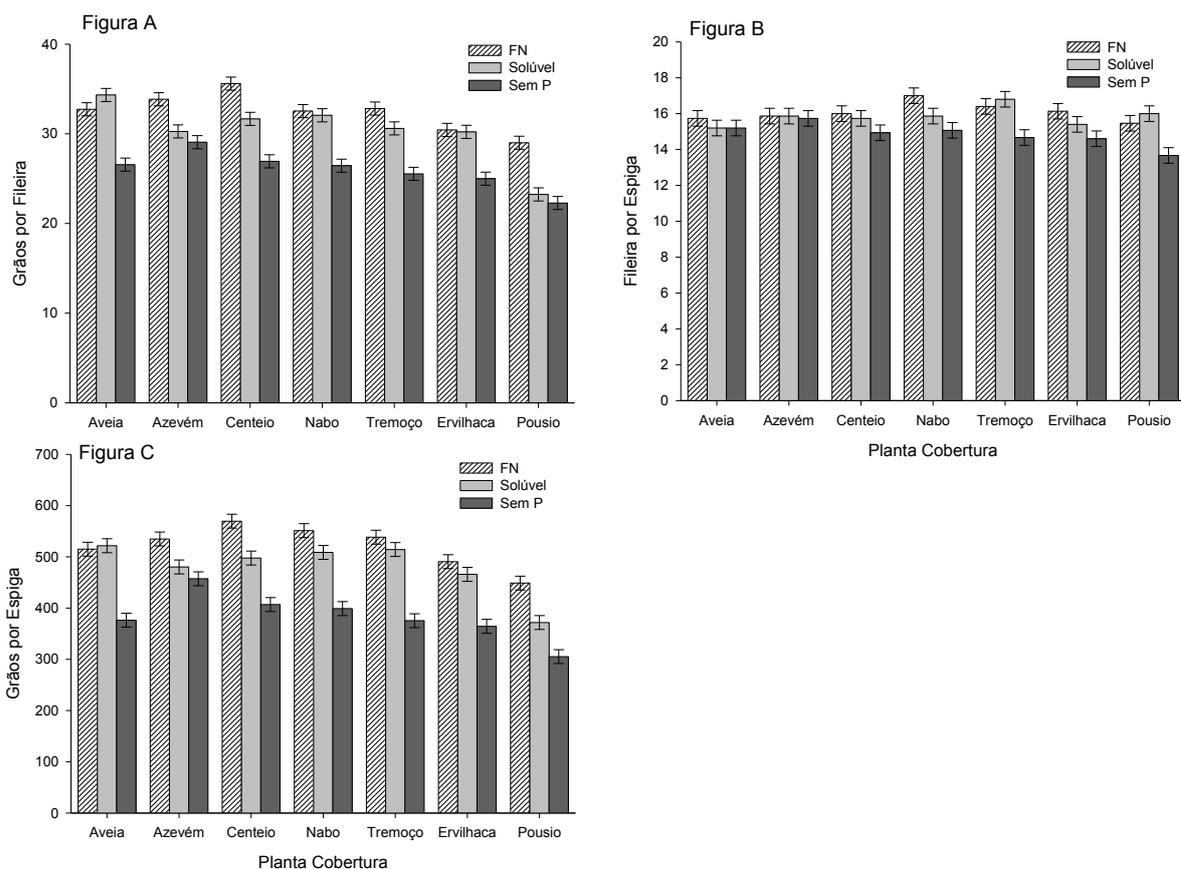


Figura 4 – barras não coincidentes diferem estatisticamente entre si no teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. Onde: **Figura A**: grãos por fileira; **Figura B**: fileiras por espiga; **Figura C**: grãos por espiga. Fonte: Autor (2019).

DIOGENES (2015) afirma que a deficiência de fósforo resulta em formação de espigas defeituosas, tortas e com falhas nas fileiras de grãos, além de poder atrasar a maturação. Que confirma os dados apresentados na figura 4, em que os tratamentos sem P apresentaram se inferiores.

A figura 5 demonstra que, na produtividade de grãos do milho, houve interação entre as plantas de cobertura e tratamentos com fósforo. No tratamento com azevém o rendimento de grãos de milho se diferenciou das demais no tratamento sem fósforo, tendo melhor desempenho comparado ao uso das demais plantas de cobertura. Para as parcelas em pousio, ervilhaca, tremoço, nabo e azevém houve diferença significativa entre as fontes, tendo o fosfato natural com maior produtividade, alcançando um incremento de 27,5% em relação ao SFT no pousio, que por sua vez teve quase o dobro de produtividade que a testemunha, sem fósforo.

Figura 5 – Rendimento do milho em kg ha⁻¹, safra 2018/2019, sob diferentes plantas de cobertura de inverno e efeito residual de diferentes fontes fosfatadas. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2019.

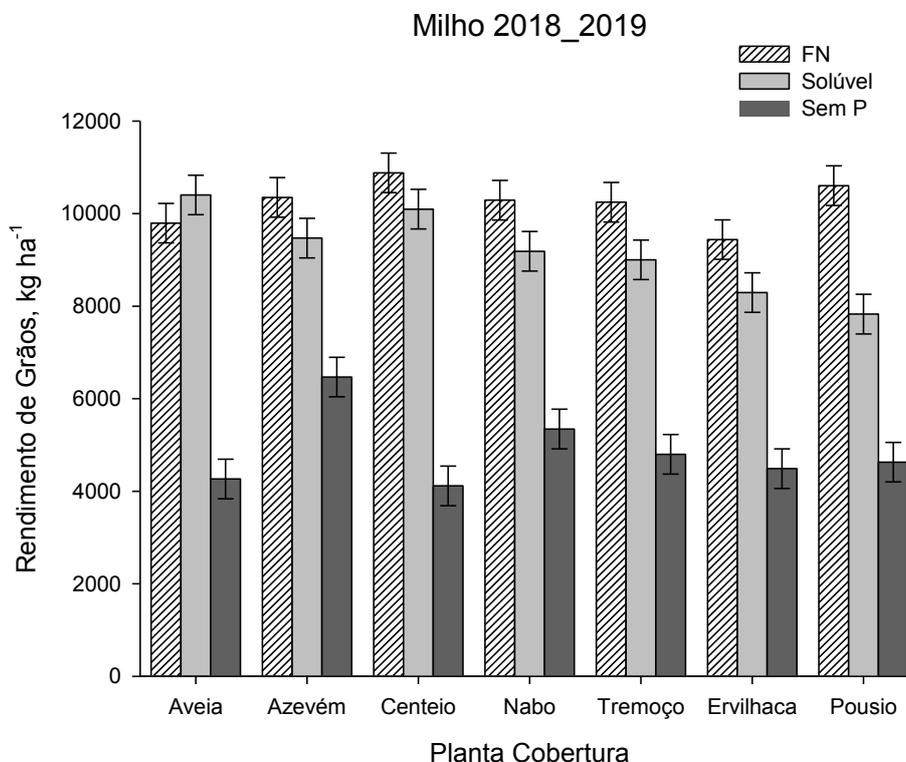


Figura 5 – barras não coincidentes diferem estatisticamente entre si no teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. Fonte: Autor (2019).

Segundo GRANT et al (2001), a deficiência inicial de P no milho, reduz o crescimento da planta por estar relacionado com as restrições na obtenção de carbono. Tendo deficiência de P ocorre a redução da taxa de emissão e crescimento de folhas, principalmente das folhas baixas. Com área foliar reduzida, ocorre redução na captação da radiação solar e, conseqüentemente, menos carboidratos, afetando posteriormente a emergência de raízes nodais e diminuindo a capacidade da planta em absorver P. Reduzindo assim a produtividade final de grãos, como evidenciado na figura 5.

O tratamento ervilhaca+FN produziu menos que o tratamento pousio+FN, contrariando a hipótese esperada. Pode se explicar pelo fato de ao longo dos anos o pousio extrair menor quantidade de nutrientes do solo, por produzir menos que os demais tratamentos.

Resende (2004), em trabalho sobre as fontes e modos de aplicação de P, relatou que as fontes solúveis ocasionaram maior produtividade nos dois primeiros anos de cultivo, e que a partir do terceiro ano os fosfatos naturais apresentaram aumento em sua eficiência, se

equiparando as fontes mais solúveis. Por se tratar do 4º ano de cultivo sem aplicação de P, os dados da figura 5 vão de encontro com a afirmação, mostrando o aumento da eficiência do fosfato natural ao longo do tempo, chegando a ser mais produtivo que a fonte solúvel.

Acredita-se que para os próximos anos a diferença na produtividade irá aumentar, visto que os tratamentos com STF irão começar a limitar o fornecimento de fósforo, enquanto o FN ainda apresenta residual para manter altas produtividades. DIOGENES (2015) em trabalho semelhante sobre fontes e doses de fósforo no milho, concluiu que “a eficiência do fosfato natural de Arad ao longo do período experimental pode comprovar o efeito residual do P no solo, o que é benéfico a médio e longo prazo se houver exploração continuada do milho.”

Ao ser analisado o rendimento de grãos do milho (figura 5) junto com as análises de solo (figura 1), podemos observar que após quatro safras sem aplicação de fósforo, o solo ainda contém quantidade significativa do elemento, conseguindo disponibilizar o suficiente para o milho alcançar boa produtividade. Salienta-se que o fosfato natural teve melhor desempenho na média, e que as plantas de cobertura não apresentaram efeito na produtividade do milho, podendo se observar que a segunda maior produtividade geral foi alcançada no tratamento com FN e pousio no inverno, porém este não se diferiu dos outros tratamentos com fosfato natural.

O FN se mostrou com valores bem acima de SFT na análise de solo, entretanto na produção não se diferenciou tanto porque o SFT ainda apresenta boas condições estando à cima do nível crítico de fósforo no solo. Entretanto analisando somente a fonte solúvel, percebe-se que aveia e centeio se destacaram, estando acima das demais, e as parcelas em pousio e com ervilhaca tiveram os piores desempenhos quando utilizado P.

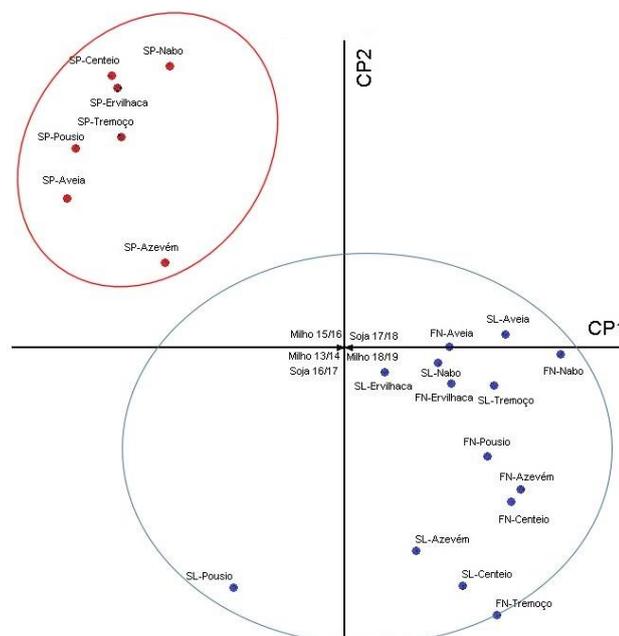
Em trabalho que avaliou fontes e modos de aplicação de fósforo no milho, na média de três cultivos, constatou que as fontes solúveis ou insolúveis não diferiram estatisticamente na produtividade final do milho, e que as fontes com maior eficiência agrônômica não foram as que obtiveram maior eficiência econômica, em que o termofosfato foi mais produtivo, porém o fosfato reativo de Arad e o fosfato de Araxá apresentaram melhor relação custo benefício. Ainda neste trabalho observou-se que a “aplicação localizada no sulco e o parcelamento da adubação proporcionaram maior eficiência agrônômica e econômica para o fosfato reativo, o que não ocorreu no caso do fosfato de Araxá” (RESENDE et al, 2006).

A maioria dos trabalhos referentes ao efeito das plantas de cobertura na produtividade do milho diz respeito ao efeito sobre adubação nitrogenada e não fosfatada. Nesse contexto, Zanata et al. (2015) constatou que o uso de ervilhaca promoveu acréscimo na

produtividade, em relação ao uso de pousio, nabo, aveia preta, aveia branca, canola e trevo vermelho, além de azevém e cevada que obtiveram os piores resultados. Contrariando os resultados da figura 3, em que a ervilhaca teve o pior desempenho na média geral, e o azevém teve superioridade as demais nos tratamentos sem fósforo. Henz e Rosa (2017), em trabalho com soja verificaram que as plantas de cobertura não se diferenciaram na produtividade, entretanto a aveia e a ervilhaca obtiveram os melhores resultados, e a testemunha em pousio a pior produtividade.

A figura 6 representa a análise dos componentes principais ao longo dos anos, a partir da safra 2013/2014, formando agrupamentos de acordo com a produtividade das culturas de verão. Fica nítida a formação de dois grandes grupos, em que as parcelas sem fonte fosfatada se separam do grupo das parcelas em que apresentam uma das fontes. Isso representa que, por enquanto, as plantas de cobertura não apresentaram efeitos sobre a produtividade, e que as fontes fosfatadas não se diferenciaram até o momento.

Figura 6 – Análise dos principais componentes desde a safra 2013/2014, sob diferentes plantas de cobertura de inverno e efeito residual de diferentes fontes fosfatadas. UTFPR, Dois Vizinhos, PR, 2019.



Pode se observar pouca diferença entre as duas fontes utilizadas, mas existe uma separação bem significativa onde não se utiliza fósforo. Acredita-se que ao longo dos anos as fontes de fósforo também irão se diferenciar, formando três grupos, em que o mais produtivo

seria com o uso de fosfato natural, por apresentar maior reserva no solo, de acordo com as análises de solo expostas na figura 1.

6 CONCLUSÃO

O milho e as plantas de cobertura, são afetadas diretamente pela falta do Fósforo.

O uso de fontes de P, influenciou diretamente na produção da matéria seca das plantas de cobertura de inverno, deixando claro que o nutriente é fundamental para o bom desenvolvimento das coberturas avaliadas.

O P residual, a partir de diferentes fontes fosfatadas, foi capaz de proporcionar alta produtividade do milho, atestando que o Fosfato Natural alcançou mesma eficiência técnica que o SFT ao longo do tempo.

Entre as plantas de cobertura, as gramíneas apresentam médias maiores, tanto para acumulo de biomassa e também na produtividade do milho, em comparação com as demais plantas cobertura. O azevém se destacou no tratamento sem fósforo.

REFERENCIAS

BARROS, Talita Delgrossi ; JARDINE, José Gilberto. EMBRAPA Nabo forrageiro, Arvore do conhecimento. Disponível em < <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vn002wx5eo0sawqe38tspejq.html>> acesso em 03 mai. 2018

BRAGA, Gastão Ney Monte; As reações dos fertilizantes fosfatados e o solo, 13 mai. 2010. Disponível em < <https://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2010/05/as-reacoes-dos-fertilizantes-fosfatados.html>> acesso 29 abr. 2018.

BRAGA, Gastão Ney Monte; A matéria orgânica do solo, 20 jul. 2010. Disponível em < <https://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2010/07/materia-organica-do-solo.html>> acesso 03 mai. 2018.

BRAGA, Gastão Ney Monte; Excesso ou deficiência de nutrientes no solo diminui a produção, 22 abr. 2015. Disponível em < <https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2015/04/excesso-ou-deficiencia-de-nutrientes-no.html>> acesso 24 jun. 2018.

CHIEN, S. H.; PROCHNOW, L.I.; TU, S.; SNYDER, C.S. Agronomic and environmental aspects of phosphate fertilizers varying in source and solubility: an update review. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 89, p. 229–255, 2011.

CONAB, Agrolinkfito, Aumento da produção de milho em 2016/2017, 09 dez. 2016. Disponível em < https://www.agrolink.com.br/noticias/aumento-da-producao-de-milho-em-2016-2017_366466.html> acesso em 30 abr. 2018

CONAB, Boletins da safra de grãos na safra 2018/2019, Companhia Nacional de Abastecimento, jun. 2019. Disponível em < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>> acesso em 06 jul. 2019.

CORRÊA, Juliano Corulli; MAUAD, Munir; ROSOLEM, Ciro Antônio. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 12, p. 1231-1237, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v39n12/22865.pdf>>. Acesso em 06 jun. 2019.

COSTA, M.B.B.; CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A. **Adubação Verde no sul do Brasil**. AS-PTA, Rio de Janeiro, 342.p. 1992.

DA ROS, Clóvis Orlando. Plantas de inverno para cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. 1993. 85 f. *Dissertação* (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1993.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. Plantas para adubação verde de inverno. Londrina: IAPAR, 1992. 80 p. (IAPAR. Circular, 73).

DIÓGENES, Haroldo Cunha et al. Fontes e doses de fósforo no cultivo de milho em condições de terra firme em Manaus-AM. 2015. Disponível em: <<https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/4678/2/Tese%20-%20Haroldo%20Cunha%20Di%C3%B3genes.pdf>> acesso em 25 mai. 2019.

EMBRAPA TRIGO. Cultivo do centeio. Passo Fundo. Disponível em <<https://www.embrapa.br/trigo/cultivos/centeio>> acesso em 03 mai. 2018.

EMBRAPA (RS). Azevém - BRS Integração, Soluções tecnológicas, 2017. Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/4291/azevem---brs-integracao>> acesso em 03 mai. 2018.

EMBRAPA, Milho e sorgo. Bactérias aumentam produtividade do milho e reduzem adubos químicos. Embrapa Notícias, Sete Lagoas, 03 fev. 2015. Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2467608/bacterias-aumentam-produtividade-do-milho-e-reduzem-adubos-quimicos>> acesso em 30 abr. 2018.

ESTEVES, José Antonio de Fátima; ROSOLEM, Ciro Antonio. Triticale, milheto e adubação fosfatada para formação de palhada em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 981-990, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n3/v35n3a32.pdf>> acesso em 25 mai.2019

FERNANDES, M.F.; et al. Crescimento e absorção de fosforo em plantas de *Eucalyptus grandis* associadas a fungos micorrizicos em diferentes doses de fosforo e potenciais de água no solo. *Revista brasileira ciencia de solos*, Viçosa. 23:617-625, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v23n3/15.pdf>> Acesso em 24 abr. 2018.

FERREIRA, Alexandre Cunha de Barcellos; Pesquisadores apresentam as vantagens das plantas de cobertura para o sistema soja-milho-algodão. Embrapa Notícias, Maceió, 31 ago. 2017. Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/26301053/pesquisadores-apresentam-as-vantagens-das-plantas-de-cobertura-para-o-sistema-soja-milho-algodao>> acesso em 03 mai. 2018

FIESP, Safra Mundial de Milho 2017/18 – 12º Levantamento do USDA, Informativo, Abril 2018. Disponível em <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/attachment/file-20180411191854-boletim milho abril 2018/>> acesso em 30 abr. 2018

FLOSS, Elmar Luiz. Aveia, um sustentáculo do sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, Passos Fundo, v. 72, n. 69, p. 14-18, 2002.

FONTOURA, S.M.V.; et al. Eficiência técnica de fertilizantes fosfatados em latossolo sob plantio direto. **Revista brasileira ciência de solos**. Guarapuava, 34:1907-1914, 2010.

GARCIA, Luciana de Arruda. Eficiência agronômica de rejeitos da indústria de fertilizantes fosfatados. 2014. Disponível em: <<http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq1201.pdf>> acesso em 25 mai. 2019

GATIBONI, Luciano Colpo et al. Influência da adubação fosfatada e da introdução de espécies forrageiras de inverno na oferta de forragem de pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 8, p. 1663-1668, 2000.

GIACOMINI, Sandro José.; AITA, Celso.; HÜBNER, André Paulo.; LUNKES, Adilson.; GUIDINI, Elias.; AMARAL, Elizandro Brum do. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p.1097-1104, 2003.

GRANT, Cal A. et al. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agrônomicas, Piracicaba**, n. 95, 2001.

KAMINSKI, João; PERUZZO, Geraldino. Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo. Santa Maria, n.3, p.31, 1997. Disponível em: <<http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/Efic.Fosfatos%20Naturais%2004.pdf>> . Acesso em 02 mai. 2018.

KLEIN, Claudia; AGNE, Sandra Aparecida Antonini. Fósforo: de nutriente a poluente. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental** v(8), nº 8, p. 1713-1721 Set 2012.

LIMA, Marcelo Ricardo de. Principais Classes De Solos Do Brasil, 2018. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Disponível em:
<http://www.mrlima.agrarias.ufpr.br/SEB/arquivos/solos_brasil.pdf> acesso em 06 jun. 2019.

MACHADO, Leonardo de Oliveira; Adubação fosfatada, Apostila adubação fosfatada, 2001. Disponível em <
<http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/Monitor%20Leonardo%20-%20Apostila%20Adub.%20Fosfatada%2001.pdf>> acesso em 03 mai. 2018.

MARSCHNER, H. **Plant nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. 674p.

MASCARENHAS, Hipólito Assunção Antonio et al. DEFICIÊNCIA E TOXICIDADE VISUAIS DE NUTRIENTES EM SOJA. *Nucleus*, v. 10, n. 2, 2013.

MOTOMIYA, Wagner Rogério et al. Métodos de aplicação de fosfato na soja em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 4, p. 307-312, 2004.

NOVAIS, Roberto Ferreira de.; SMYTH, Jot T. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399 p.

ORTIZ, Sidney.; MARTIN, Thomas Newton.; BRUM, Marcons da Silva.; NUNES, Nathália Vasconcelos.; STECCA, Jessica Deolinda Leivas.; LUDWIG, Rodrigo Luiz. Densidade de semeadura de duas espécies de ervilhaca sobre caracteres agronômicos e composição bromatológica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.2, p.245-251, fev. 2015

PEREIRA, Hamilton Seron. Fósforo e potássio exigem manejos diferenciados. Disponível em <<https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA9-Fertilidade04.pdf>> acesso em 25 mai. 2019.

QUIPE, Jack Fernando Santos. Eficiência agronômica de fosfatos com solubilidade variável em água em solos distintos quanto a capacidade de fixação de fósforo. 2004. *Dissertação*

(Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

DE RESENDE, A. V. **Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado.** Embrapa Cerrados-Tese/dissertação (ALICE), 2004. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/25024/1/resende_01.pdf> acesso em 06 jun. 2019

RHEINHEIMER, Danilo dos S.; ANGHINONI, Ibanor.; KAMINSKI, João. Depleção do fósforo inorgânico de diferentes frações provocada pela extração sucessiva com resina em diferentes solos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 345-354, 2000.

SANCHEZ Pedro A.; LOGAN Terry J. Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. Soil Science Society of America, Inc., American Society of Agronomy, Inc., 5585 Guilford Rd., Madison, WI 53711 USA, 1992.

SANZONOWICZ, Claudio; GOEDERT, Wenceslau J.; Uso de fosfatos naturais em pastagens. Circular técnica EMBRAPA CERRADO, Planaltina, Abril 1986.

SOUSA, Djalma Martinhão Gomes de; LOBATO, Edson. Latossolos. **Agencia De Informação Embrapa**, 2017. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html> acesso em 06 jun. 2019.

SCHONINGER, Evandro Luiz; GATIBONI, Luciano Colpo; ERNANI, Paulo Roberto. Fertilização com fosfato natural e cinética de absorção de fósforo de soja e plantas de cobertura do cerrado. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 95-106, jan./fev. 2013.

SOUSA, Djalma Martinhão Gomes de.; THOMAZ A. Rein.; WENCESLAU, J. Goedert.; LOBATO, Edson.; NUNES, Rafael de Souza; Fósforo. In: PROCHNOW, Luis Ignacio.; CASARIN, Valter.; STIPP, Silvia Regina. (Eds.). Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. Piracicaba: IPNI – Brasil, v. 2, 2010, p.67-132.

UNIVERSIDADE DE ÉVORA, A cultura do milho, Texto de apoio para as Unidades Curriculares de Sistemas e Tecnologias Agropecuários, Tecnologia do Solo e das Culturas, Noções Básicas de Agricultura e Fundamentos de Agricultura Geral. Évora, 2014. Disponível em <<https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/10804/1/Sebenta-milho.pdf>> acesso em 30 abr. 2018.

VIEIRA, Renan Costa Beber et al. Adubação fosfatada para alta produtividade de soja, milho e cereais de inverno cultivados em rotação em Latossolos em plantio direto no Centro-Sul do Paraná. **Revista brasileira de ciencia do solo**. Viçosa. Vol. 39, n. 3 (maio/jun. 2015), p. 794-808, 2015