

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE ZOOTECNIA

JHEFERSON GABRIEL DO CARMO

EFEITO RESIDUAL DE FERTILIZANTES FOSFATADOS NA CULTURA DA AVEIA  
PRETA E AZEVÉM EM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

PONTA GROSSA  
2016

**JHEFERSON GABRIEL DO CARMO**

**EFEITO RESIDUAL DE FERTILIZANTES FOSFATADOS NA CULTURA DA AVEIA  
PRETA E AZEVÉM EM SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Universidade Estadual de Ponta Grossa como  
exigência parcial para a obtenção de título de  
graduado em Zootecnia. Orientador: Prof. Dr. Adriel  
Ferreira da Fonseca.

**PONTA GROSSA  
2016**

Dedico esse trabalho aos meus pais Lauro R. do Carmo e Cleuzi T. do Carmo, que não mediaram esforços para que eu chegasse até essa etapa de minha vida, e aos meus irmãos Luis, Maria e Tatiane pelo apoio em todos os momentos enfrentados.



## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a Deus pela realização deste trabalho, por me conceder sabedoria e discernimento durante a vida e principalmente na formação acadêmica.

Agradeço ao meu orientador Dr. Adriel Ferreira da Fonseca por me acompanhar no decorrer da formação e auxiliar no meu aprendizado.

Agradeço a fundação ABC, Mineração Curimbaba, laboratório multiusuário da UEPG e Laboratório de Nutrição de Plantas que possibilitaram a realização deste trabalho.

Agradeço ao CNPq pela disponibilização de minha bolsa de estudos.

Se não puder voar, corra.  
Se não puder correr, ande.  
Se não puder andar, rasteje,  
Mas continue em frente  
de qualquer jeito.  
(Martin Luther King)

## Resumo

O estudo teve como objetivo avaliar o efeito de fertilizantes fosfatados nas doses de 0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total, e o efeitos das fontes de P [superfosfato triplo (SFT), termofosfato magnesiano (TFM) e fosfato natural reativo (FNR)] na cultura de aveia preta e azevém. O experimento foi instalado na Fazenda Capão do Cipó (latitude: 24°51'49"; longitude: 49°56'61"; altitude média: 1.020 m), no município de Castro (PR), em um Cambissolo Háptico. Após a instalação do experimento (abril/2009), procederam-se os cultivos de aveia preta (*Avena strigosa* Scrb) – 2009, 2011, 2013, milho (*Zeamays* L.) – 2009/10, azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam) – 2010, 2012 e 2014 e soja (*Glycine Max*) – 2010/11, 2012/13 e 2014/15. Neste estudo foram consideradas as culturas de azevém e aveia preta. As amostras de azevém foram coletadas no período de junho a outubro de 2014 e aveia preta de maio a agosto de 2015, preparadas e armazenadas, para análises químicas. Os seguintes atributos foram determinados: concentração dos nutrientes N, P, K, S e produção de MS. Foram verificados que os efeitos residuais das fontes de fósforo SFT, FNR e TFM mostraram-se eficientes na disponibilização deste nutriente para as culturas da aveia preta e azevém. Os efeitos residuais das fontes SFT, FNR e TFM se apresentaram distintos na disponibilização de fósforo para as culturas. Em longo prazo, fontes fosfatadas solúveis e insolúveis em água + citrato neutro de amônio são eficientes da disponibilização de P em sistema integrado de produção agropecuária sob plantio direto. A resposta em termos de nutrição de plantas e rendimento de massa seca foi distinta para as culturas de azevém anual e aveia preta.

**Palavras-chave:** *Avena strigosa*; *Lolium multiflorum*; nutrição fosfatada; plantio direto.

## ABSTRACT

In this work was evaluated the effect of phosphate fertilizers doses (0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> of total P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) annual applied in an integrated crop-livestock system. Also, the effects of source [triple superphosphate (TSP), magnesium thermophosphate (MTP) and rock phosphate (RP) – Arad] was studied in black oat and annual ryegrass. The experiment was carried out in Capão do Cipó Farm (latitude: 24°51'49"; longitude: 49°56'61"; average altitude: 1,020 m), in the municipality of Castro (PR), on a soil clayey Typic Distrudept. After the experiment was established (april/2009), black oats (*Avena strigosa* Scrb) – 2009, 2011, 2013, maize (*Zeamays* L.) – 2009/10, ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam) – 2010, 2012 and 2014 and soybean (*Glycine Max*) – 2010/11, 2012/13 e 2014/15 were cropped. In this study were considered only ryegrass and black oats crops. Ryegrass samples were collected in the period of June to October of 2014; black oats were sampled during May up to August of 2015. These samples was performed to chemical analysis aiming determine nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K) and sulphur (S) concentrations; dry matter yield too was measured. It was verified that the residual effects of phosphorus sources TSP, MTP e RP were efficient at availability of this nutrient, but their effects were distinct. In long-term, water + ammonium citrate neutral soluble and insoluble P-fertilizers were viable for integrated crop-livestock system. Concern to plant nutrition and dry mass yield ryegrass and black oat was different requirement.

**Keywords:** *Avena strigosa*; *Lolium multiflorum*; phosphorus nutrition; no-tillage.

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Sequência de culturas em sucessão na área experimental: ano da cultura, espaçamento entre linhas e densidade de semeadura, cultivar ou híbrido.....	16
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Concentração de nutrientes na cultura da aveia (g/kg) nas diferentes fontes em cada uma das doses estudadas.....	20
Figura 2 - Massa seca (kg ha <sup>-1</sup> ) produzida pela aveia e amostrada na descecação com o uso das fontes SFT, FNR e TFM.....	21
Figura 3 - Concentração de nutrientes na cultura da azevém (g/kg) nas fontes em cada uma das doses estudadas.....	22
Figura 4 - Massa seca (kg ha <sup>-1</sup> ) produzida pelo azevém e amostrada na descecação com o uso das fontes SFT, FNR e TFM.....	23

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ca	Cálcio
FNR	Fosfato natural reativo
K	Potássio
Mg	Magnésio
MS	Massa seca
N	Nitrogênio
P	Fósforo
S	Enxofre
SIPA	Sistema integrado de produção agropecuária
SFT	Superfosfato triplo
TFM	Termofosfato magnesiano
Zn	Zinco

## SUMÁRIO

Introdução.....	13
Material e Métodos.....	16
Resultados e discussão .....	19
Conclusões.....	24
Referências .....	25

## **Introdução**

O município de Castro está localizado na região dos Campos Gerais, em que aproximadamente 24% de seu solo caracteriza-se como Cambissolo Háplico, o qual segundo Fasolo et al. (2002) possui teores baixos de fósforo, fato este que remete para a importância da adubação fosfatada na região. Grande parte das áreas da região são cultivadas no sistema plantio direto (SPD), o qual vem sendo amplamente utilizado, Landers. (2007) estima que 50% das áreas de culturas de verão cultivadas no país são manejadas nesse sistema.

Boa parte dos produtores rurais dos Campos Gerais tem praticado concomitantemente atividades agrícolas (produção de grãos no SPD) e zootécnicas (predominantemente bovinocultura de leite e, em menor escala, bovinocultura de corte). No entanto, nem sempre essas atividades encontram-se integradas. Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) proporcionam uma otimização das áreas cultivadas com grãos, integrando a atividade agrícola com a pecuária. Além disso, esse sistema proporciona a redução da degradação de pastagens (MACEDO, 2009) e viabilização econômica da atividade e do próprio plantio direto (MELLO et al., 2004).

Para se ter produção em (SIPA) Balbinot et al.(2009) apresentam alguns requisitos que precisam ser atendidos, entre eles: correção da acidez do solo, uso de plantio direto, sucessão ou rotação de culturas, uso de genótipos melhorados e um correto manejo da pastagem. Portanto, o uso de SIPA tem enorme potencial de expansão tanto nos Campos Gerais quanto nas mais distintas regiões do país, pelo fato de proporcionar a verticalização da produção agropecuária e a melhoria na utilização dos recursos terra, trabalho e capital.

As fontes de fósforo (P), como fosfato totalmente acidulado, o qual segundo Prochnow (2002) é um fosfato que possui baixo custo por unidade de fósforo e é obtido através da reação da rocha fosfática com ácidos, que mediante uso de ácido sulfúrico e ácido fosfórico é obtido o superfosfato triplo, o fosfato de rocha é encontrado no mercado como fosfato natural Gafsa ou Hiperfosfato e Arade, os quais são de origem sedimentar e são considerados fosfatos reativos (KAMINSKI & PERUZZO, 1997). O termofosfato é obtido através do tratamento térmico da rocha fosfática e é uma fonte de fosfatos silicatados (BÜLL et al., 1997). Essas fontes utilizadas no SPD implicam em resultados distintos do ponto de vista tanto agrônomo quanto econômico para a cultura de primavera-verão, dependendo do grau de solubilidade do fertilizante e do custo de aquisição do mesmo. O tema é complexo, considerando a capacidade

distinta que cada fonte fosfatada apresenta para garantir a liberação de P tanto para a forrageira cultivada no outono-inverno quanto para a cultura de primavera-verão [milho (*Zeamays* L.) e soja (*Glycinemax* (L.) Merr.)]. Pouco se conhece sobre o potencial desses fertilizantes em fornecer P para os sistemas integrados de produção, sobretudo, para SIPA. Nessas condições, a fertilização com P implica, acima de tudo, no uso de fonte(s) fosfatada(s) de solubilidade que garanta(m) suprimento contínuo deste nutriente ao longo do ano, nas seguintes condições: (i) P para o período de pastejo no outono-inverno, (ii) P para obtenção de alto rendimento de fitomassa no final do inverno para a manutenção do SPD e (iii) fornecimento de P (e/ou liberação de P ligado à fração lábil da matéria orgânica do solo) para promover o adequado crescimento, desenvolvimento e rendimento da cultura de primavera-verão.

O custo da adubação e as respostas em produtividade das culturas estão sujeitos a muitas incertezas e podem variar de um ano para outro. A relação custo/benefício do uso de fosfatos pode ser muito diferente quando se considera a produção obtida no ano da aplicação e a produção acumulada de vários cultivos (RESENDE et al., 2006). Assim, o manejo da adubação fosfatada deve ser planejado numa perspectiva de longo prazo (SOUSA & LOBATO, 2003).

O P juntamente com o nitrogênio (N) são os nutrientes mais limitantes no desenvolvimento de pastagens, sobretudo se tem maiores problemas na implantação e manutenção de pastagens pelo teor de fósforo, visto que a maioria dos solos não possui teores adequados do mesmo (JÚNIOR et al., 2010). Para se ter um alto rendimento de pastagens é preciso considerar os fatores relacionados ao solo, planta e ambiente, sobretudo a disponibilidade de nutrientes (LUPATINI et al., 1998). O teor de P obtido nas forrageiras pode variar de forma ampla, tendo como principal influência o teor de P no solo (TEIXEIRA, 2008). A prática mais utilizada para se avaliar o nível nutricional das pastagens tem sido baseada na utilização de análise de solo, entretanto se discute o quanto uma interpretação da realidade solo-planta, pode ser obtida somente com os teores de análise de solo. Com isso tem-se a necessidade de avaliar os nutrientes diretamente nos tecidos da planta (MAZZA, 2010).

Em um cenário em que o solo apresenta deficiência de P, a consequência será de que as plantas sofrerão um prejuízo em sua absorção. Isso se torna um agravante em um sistema que se tema presença de animais na pastagem. Para o animal o P tem grande importância, visto que no metabolismo animal o (P) age como componente de DNA e RNA, participa de

compostos de alta energia (ATP), tem ação na regulação enzimática e é um dos componentes dos fosfolipídios (GONZÁLES&SILVA., 2003).

A aveia preta (*Avena strigosa*) é uma cultura que vem sendo amplamente utilizada tanto na produção de cereais quando para a alimentação animal como pastejo, devido ao seu potencial econômico de produção e ao seu possível uso como alternativa para rotação com culturas como soja e milho (BENIN et al., 2003). No sul do Brasil, a aveia preta é largamente utilizada no período de inverno. Caierão et al. (2001) estima que 200.000 ha são cultivados anualmente para fins de produção de cobertura para o solo e também produção de forragens. A utilização da aveia como forragem na alimentação de bovinos proporciona, sobretudo, menor custo em relação a utilização de outros volumosos (CARGNELUTTI FILHO et al., 2015).

Juntamente com a aveia, o azevém (*Loliummultiflorum*) é largamente utilizado no sul do Brasil, sendo considerado uma espécie rústica e vigorosa, apresentando grande capacidade de perfilhamento e, sobretudo um proeminente valor nutritivo (FONTANELI et al., 2012). Por suas características de ciclo longo e boa capacidade de rebrote, vem sendo amplamente utilizado como forrageira de inverno (PEDROSO et al., 2004).

Portanto, torna-se evidente que as informações existentes sobre as estratégias de fertilização fosfatada nos solos manejados sob SIPA são incipientes e carecem de mais pesquisas. Nesse sentido, este estudo objetivou avaliar o efeito residual fontes e doses de P buscando a maximização do rendimento de azevém anual (*Loliummultiflorum*Lam) e aveia preta (*Avena strigosa*) – principais plantas cultivadas no outono-inverno com propósitos de produção de forragem e fitomassa para o sistema integrado de produção agropecuário.

## Material e Métodos

O experimento foi instalado na Fazenda Capão do Cipó (latitude: 24°51'49"; longitude: 49°56'61"; altitude média: 1.020 m), no município de Castro (PR), em um Cambissolo Háplico. Após a instalação do experimento (abril/2009), procederam-se os cultivos conforme Tabela 1. Todas as culturas foram semeadas no período recomendado. Para esse estudo, foram utilizadas as culturas de azevém anual (2014) e aveia preta (2015). **Tabela 1:** Sequência de culturas em sucessão na área experimental: ano de cultivos, espaçamento entre linhas e densidade de semeadura, cultivar ou híbrido.

Cultura	Ano	Espaçamento entre linhas e densidade de semeadura	Cultivar ou híbrido
Aveia preta	2009	0,17 m e 250 sementes m <sup>-2</sup>	IAPAR- 61
Milho	2009/2010	0,80 m e 5 sementes m <sup>-1</sup>	30F53
Azevém anual	2010	0,17 m e 450 sementes m <sup>-2</sup>	FABC-1 e Barjumbo
Soja	2010/2011	0,40 m e 16 sementes m <sup>-1</sup>	BMX- Apolo
Aveia preta	2011	0,17 m e 250 sementes m <sup>-2</sup>	IAPAR- 61
Milho	2011/2012	0,80 m e 5 sementes m <sup>-1</sup>	30F53
Azevém anual	2012	0,17 m e 250 sementes m <sup>-2</sup>	FABC-1 e Barjumbo
Soja	2012/2013	0,40 m e 16 sementes m <sup>-1</sup>	BMX- Apolo
Aveia preta	2013	0,17 m e 250 sementes m <sup>-2</sup>	IAPAR- 61
Milho	2013/2014	0,80 m e 5 sementes m <sup>-1</sup>	30F53
Azevém anual	2014	0,17 m e 250 sementes m <sup>-2</sup>	FABC-1 e Barjumbo
Soja	2014/2015	0,40 m e 16 sementes m <sup>-1</sup>	BMX- Apolo
Aveia preta	2015	0,17 m e 250 sementes m <sup>-2</sup>	IAPAR- 61

O delineamento experimental empregado foi o de blocos completos ao acaso, em esquema fatorial incompleto (3x3+1) com quatro repetições, a saber: *Tratamento 1 (T1)* – sem aplicação de P (controle absoluto); *T2, T3 e T4* – aplicação anual (de 2009 a 2014) de 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total, respectivamente na forma de superfosfato triplo; *T5, T6 e T7* – aplicação anual (de 2009 a 2014) de 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total, respectivamente na forma de fosfato natural reativo (Arad); *T8, T9 e T10* – aplicação anual (de 2009 a 2014) de 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total, respectivamente na forma de termofosfato magnésiano. As quantidades utilizadas de cada fonte foram calculadas com base no teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total dos fertilizantes e aplicadas anualmente na superfície (em área total), por ocasião da semeadura da forrageira de inverno. A última aplicação de fosfato ocorreu por ocasião da semeadura do azevém anual (2014). Portanto, no ano de 2015, a aveia preta foi semeada com todos os nutrientes e quantidades adequadas, exceto P.

Nessa área experimental, o período de outono-inverno tem era utilizado para o cultivo de forrageiras anuais (azevém FABC1+ Barjubo e aveia preta IAPAR-61). A semeadura do azevém foi realizada em 19/04/2014, logo após a aplicação (superficial) dos fertilizantes fosfatados, empregando-se densidade de 400-500 sementes puras viáveis m<sup>-2</sup> (30 kg ha<sup>-1</sup> Azevém FABC1 + 15 kg ha<sup>-1</sup> Azevém Barjumbo). Ainda, a semeadura da aveia preta, 07/04/2015, utilizando-se espaçamento de 17 cm entre as linhas e densidade de 250-400 sementes puras viáveis m<sup>-2</sup> (60-80 kg ha<sup>-1</sup> de sementes). O pastejo foi iniciado quando a pastagem encontrava-se com aproximadamente 35 cm de altura e finalizado quando apresentava 10 cm de altura. Foi adotado o sistema de pastejo rotacionado, considerando que os animais permaneceram na área de 5-7 dias para o azevém e de 3-5 dias para a aveia. Após a retirada dos animais, foi realizada a aplicação dos fertilizantes potássico (na forma de cloreto de potássio) e nitrogenado (na forma de ureia) na superfície do solo, em condições climáticas que condicionem adequada solubilização e disponibilidade às plantas. Depois do último pastejo, deixou-se um período de 28 dias para recuperação da pastagem e produção de fitomassa para manutenção do SPD. O manejo da fitomassa foi feito com o herbicida glifosato e, após 15 dias, procedeu-se a semeadura da cultura de verão (milho).

Antes e após cada pastejo animal e ainda, por ocasião do manejo da aveia com glifosfato. Foi aleatoriamente amostrado 1,0 m<sup>2</sup> por parcela, visando à quantificação da massa seca e dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) acumulados. As amostras de tecido vegetal

coletadas foram acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas para o laboratório, onde foram submetidas à lavagem, secagem moagem e determinação dos nutrientes com o emprego dos procedimentos sugeridos por Malavolta et al. (1997) para preparo e análises químicas. Após lavagem com água deionizada, as amostras foram transmitidas para uma estufa com circulação forçada de ar a 65°C até atingirem massa constante, posteriormente fora moídas em moinho tipo “wiley”, este equipado com malha de 0,85 mm, subsequentemente foram embaladas em recipientes plásticos até a realização das análises químicas. A quantificação dos nutrientes P e S foi realizada perante o uso de espectrofotometria, K com o uso de fotômetro de chama, N através de digestão sulfúrica e destilação de nitrogênio e para análises dos nutrientes Ca e Mg as análises foram encaminhadas para o laboratório multiusuário.

Todos os resultados foram submetidos à análise estatística univariada de acordo com o modelo de experimento em blocos completos casualizados. Nos casos de F significativo ( $P < 0,05$ ), foi aplicado o teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para comparar o efeito de doses de P. Ainda, foram ajustados ao modelo linear ou quadrático os efeitos das variáveis preditoras (dose de P para cada uma das fontes). Todas as análises estatísticas foram realizadas mediante uso do Programa de computador SAS Versão 9.2 (SAS, 2004).

## Resultados e discussão

Para a cultura da aveia preta, os teores dos nutrientes N, P, K e S não diferiram em relação às fontes estudadas (Figura 1). Houve interação entre nitrogênio e fósforo. Segundo Silva & Trevizam (2015), a absorção de N ( $\text{NO}_3$ ) é um processo ativo e demanda energia metabólica por ser contra o gradiente de concentração, logo, necessita de correta nutrição de P.

Os teores de Ca e Mg foram afetados em relação a fonte (Figura 1). O SFT ocasionou maiores teores destes nutrientes que o FNR desses nutrientes na parte aérea da aveia preta (Figura 1). Esse efeito pode ser atribuído ao fato o P do SFT ser prontamente disponível, favorecendo a nutrição de Ca e Mg à planta.. Além disso, melhoria na nutrição de P favorece o aproveitamento de Mg pelas plantas, pois há sinergismo entre esses nutrientes (FAQUIN., 2005).

Segundo Grant et al. (2001), o suprimento de P é essencial para que se tenha o máximo desenvolvimento das raízes e desempenha a função de estimular o crescimento radicular, tornando a planta mais eficiente na absorção de nutrientes. Ao se ter mais fósforo disponível, a planta aumenta sua demanda por Mg, visto que este segundo Malavolta (1997), atua na ativação de quase todas as enzimas fosforilativas.

Conforme Faquin (2005) fatores morfológicos podem ser responsáveis por alterações na absorção de Ca, dentre eles encontra-se a área ou superfície de absorção das raízes, que como citado por Grant et al (2001), tem ligação com o fósforo fornecido, pois quando atendido o requerimento da planta proporciona o máximo desenvolvimento de raízes.

O efeito de dose foi notado somente para K, onde se obteve a maior concentração perante a dose de  $82,63 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  de SFT, que se obteve a concentração de  $39,68 \text{ g kg}^{-1}$  de K (Figura 1), notando-se um declínio em doses superiores. A diminuição dos teores de K com o aumento da dose de P também foi observada por Prado et al.(2006). Adubações com altas doses de P podem interferir na absorção de micronutrientes. Para Faquin. (2005) ao se utilizar doses elevadas de P pode-se induzir deficiência de Zn, visto que esses apresentam antagonismo. A deficiência de Zn, para Kirkby & Römheld (2007), pode levar a perda de açúcares, aminoácidos e K. Esse declínio também pode estar associado ao fato de que a absorção de K pode ser prejudicada por altos teores de Ca e Mg. Segundo Faquin (2005) ocorre inibição competitiva entre esses nutrientes.

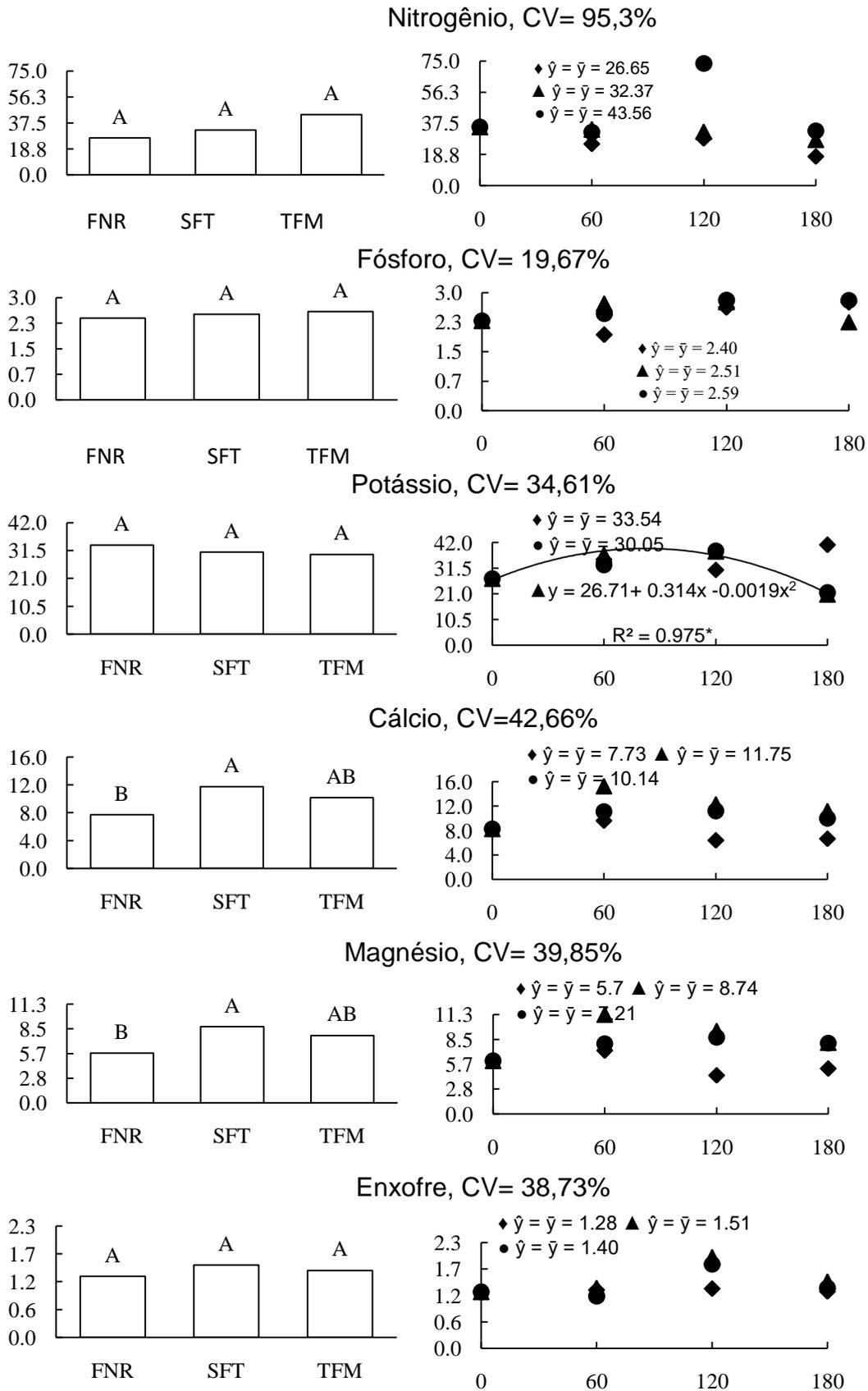


Figura 1. Concentrações de nutrientes na cultura da aveia preta (g/kg) nas diferentes fontes em cada uma das doses estudadas: FNR (♦); SFT (▲) e TFM (●). Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $\alpha < 0,05$ ). \*:  $P < 0,05$ . \*\*:  $P < 0,01$

O rendimento de matéria seca da aveia preta não diferiu em relação as fontes estudadas (Figura 2). Em outros estudos de médio prazo, tem sido observado maior eficiência de FNR nas culturas produtoras de grãos – soja (GOEDERT et al, 1990). Também tem sido observado que a presença de silicatos de cálcio e magnésio proporcionaram maiores rendimentos e nutrição das plantas em situação de aplicação de TFM (BÜLL et al., 1997). Entretanto, tem sido poucos os estudos da aplicação de FNR e TFM em pastagens e, desse modo, os resultados que diferiram do presente estudo foram com culturas (grãos), ou seja, mais exigente em termos de nutrição de plantas e fertilidade do solo.

Notou-se queda na produção de MS com a aplicação de doses de TMF superiores a  $101 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Isso pode ser atribuído à provável diminuição nas concentrações de Zn nas plantas. Lopes & Malavolta (1974) verificaram que fosfatos com presença de cátions divalentes (Ca e Mg) apresentaram redução mais acentuada na absorção de Zn, Este nutriente, quando em deficiência, pode vir a afetar o metabolismo de carboidratos, proteínas e afetar a integridade das membranas (KIRKBY & RÖMHELD, 2007), diminuindo o rendimento das culturas.

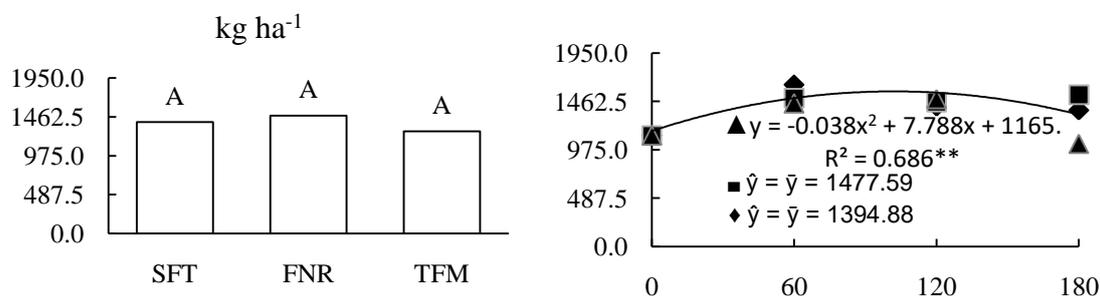


Figura 2. Matéria seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) produzida pela aveia preta e amostrada na descecação com o uso das fontes : SFT (◆); TFM (▲) e FNR (■). Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $\alpha < 0,05$ ). \*:  $P < 0,05$ . \*\*:  $P < 0,01$ .

Com relação à cultura do azevém, maiores e menores concentrações de N foram observadas nos tratamentos com SFT e FNR (Figura 3) respectivamente. As concentrações de N no azevém tratado com TFM não diferiram para os demais tratamentos (Figura 3). O fato de SFT ter ocasionado maiores concentrações de N pode ser devido à suas características de solubilidade, pois maior disponibilidade de P favorece o aproveitamento de N.

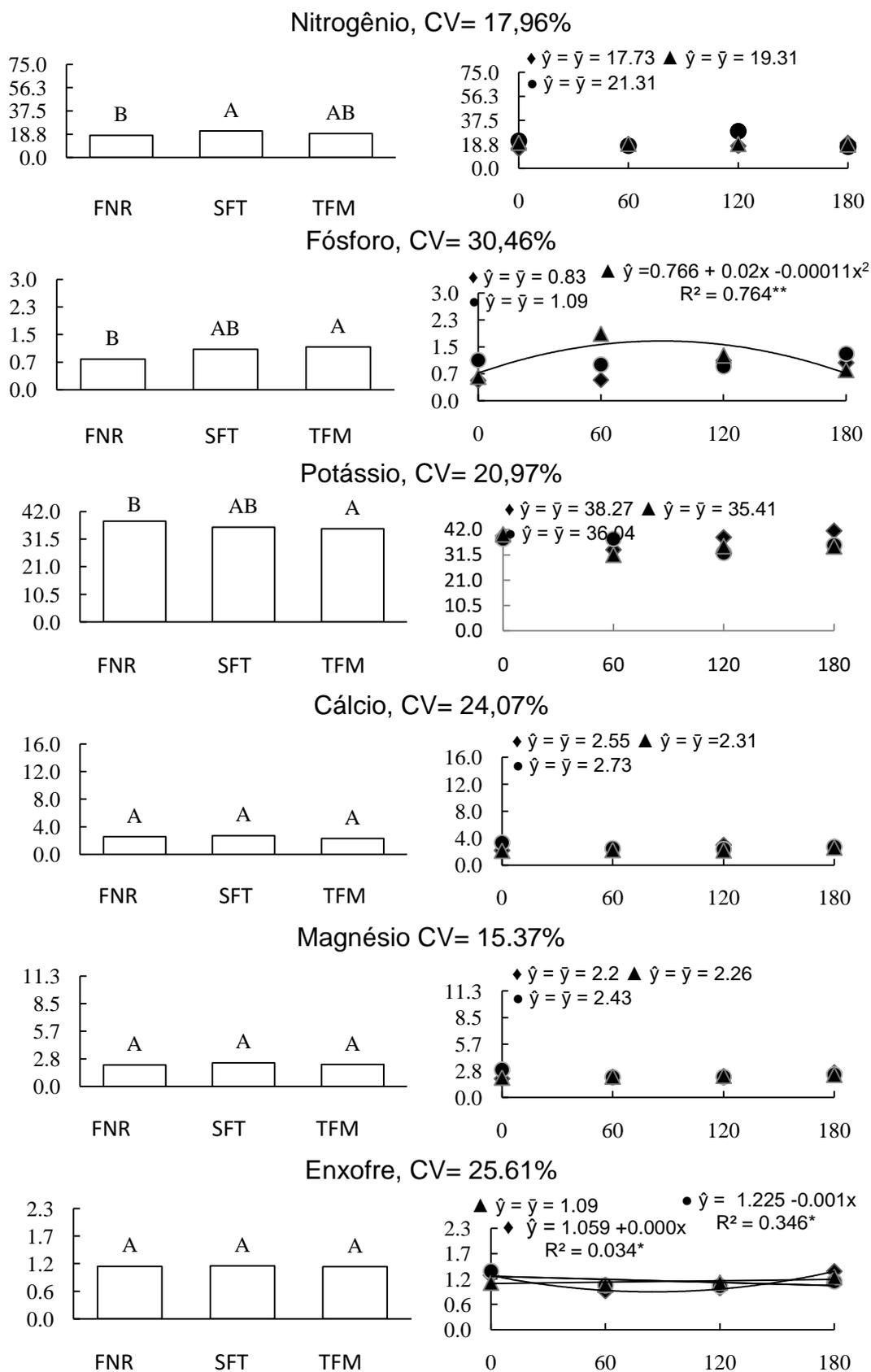


Figura 3 Concentrações de nutrientes na cultura da azevém (g/kg) nas diferentes fontes em cada uma das doses estudadas: FNR (♦); SFT (▲) e TFM (●). Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $\alpha < 0,05$ ). \*:  $P < 0,05$ . \*\*:  $P < 0,01$ .

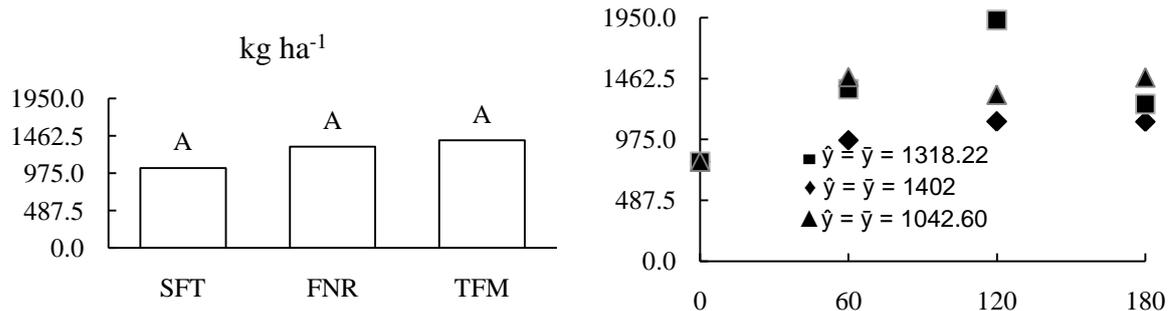


Figura 4. Matéria seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) produzida pelo azevém e amostrada na dessecação com o uso das fontes :SFT (♦); TFM (▲) e FNR (■). Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $\alpha < 0,05$ ). \*:  $P < 0,05$ . \*\*:  $P < 0,01$ .

Os teores de P e K no azevém diferiram para as fontes TFM e FNR (Figura 3). Esse resultado também pode ser atribuído à diferença de solubilidade dos fertilizantes, características que são de grande importância em relação à sua eficiência. Os fosfatos de maior solubilidade são mais prontamente disponíveis e favorecem a absorção e o aproveitamento do nutriente. Este fato tem sido comprovado mais comumente nas culturas produtoras de grãos – soja (Novais & Smyth, 1999). O P proveniente de fertilizantes solúveis passa para formas menos disponíveis, enquanto os fosfatos naturais são solubilizados no decorrer do tempo. Ao considerar a produção acumulada de vários cultivos após a aplicação, verifica-se que o desempenho de alguns fosfatos naturais pode equiparar-se ao das fontes mais solúveis (RESENDE et al., 2006), explicando também o fato de não se ter variação quando a produção de MS (Figura 4).

Maior concentração de P no azevém, com a aplicação do TFM, foi observada mediante aplicação de  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Figura 3). Segundo Grant et al. (2001), o P dos fertilizantes pode reagir com Ca e Mg presentes no solo e formar compostos com menos solubilidade. Mediante uso de TFM em doses elevadas, tem-se o aumento nos teores de Ca e Mg, visto que estes estão presentes em sua composição, ocasionando a formação de compostos de baixa solubilidade, e dificultando a absorção P pela planta.

## **Conclusões**

Os efeitos residuais das fontes SFT, FNR e TFM apresentaram-se distintos na disponibilização de fósforo para as culturas. Em longo prazo, fontes fosfatadas solúveis e insolúveis em água + citrato neutro de amônio são eficientes da disponibilização de P em sistema integrado de produção agropecuária sob plantio direto.

A resposta em termos de nutrição de plantas foi distinta entre as culturas, os rendimentos de massa seca foram semelhantes para as culturas de azevém anual e aveia preta, não havendo diferença entre as fontes.

## Referências

- ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. Os adubos e a eficiência das adubações. ANDA Associação Nacional para Difusão de Adubos, **BOLETIM TÉCNICO** N° 3, 1998.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v.39, n.6, 2009.
- BENIN, G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; MARCHIORO, V. S.; LORENCETTI, C.; KUREK, A. J.; SILVA, J. A. G.; CARGNIN, A.; SIMIONI, D. Estimativas de correlações e coeficientes de trilha como critérios de seleção para rendimento de grãos em aveia. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.9, p.9-16, 2003.
- BÜLL, L. T.; LACERDA, S.; NAKAGAWA, J. Termofosfatos: alterações em propriedades químicas em um latossolo vermelho-escuro e eficiência agronômica. **Bragantia** vol. 56 n. 1 Campinas 1997
- CAIERÃO, E; CARVALHO, F. I. ; PACHECO, M. T. et al. Seleção indireta em aveia para incremento no rendimento de grãos. **Ciência Rural**, Santa Maris, v31 n32 p.231-236, 2001.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.;ALVES, B. M.;BURIN, C.;SANTOS, G. L.;FACCO, G.; NEU, I. M. M. Relações lineares entre caracteres de aveia preta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.6, p.985-992, 2015.
- FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P.; POTTER, R. O.; BOGNOLA, I. A.; BHERIG, S. B.; MARTORNO, L. G.; Caracterização dos solos do município de castro, PR. Rio de Janeiro : **Embrapa Solos**, 88p, 2002.
- FAQUIN. V.; Nutrição mineral de plantas. - **Lavras: UFLA / FAEPE**, 2005.
- FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira. Brasília, DF: **Embrapa**, 544p, 2012.
- GORDET, W. J.; REIN, T. A.; SOLZA, D. M. G. Eficiência agronômica de fosfatos naturais, fosfatos parcialmente acidulados e termofosfatos em solos de cerrado. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 521-530, abr. 1990
- GRANT, C. A.; FLATEN, D. N., TOMASIEWICZ, D.J., SHEPPARD, S. C. a importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações agronômicas** n° 95 – setembro/2001

- GONZÁLEZ, F.H.D. & SILVA, S.C. Introdução à bioquímica clínica animal. Porto Alegre: **Gráfica da UFRGS**, 2003
- JÚNIOR, A. C. G.; HERBERT, N.; 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. **Ciênc. Agrotec**, v. 34, n3, p.660-666, 2010.
- KAMINSKI, J.; PERUZZO, G. Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo **Núcleo Regional Sul da Soc. Brás. de Ciência do Solo, Boletim Técnico No.3, 31pg**, Santa Maria - RS, 1997
- KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. micronutrientes na fisiologia de planta: funções, absorção e mobilidade. **International plant nutrition institute**, informações agrônômicas, n18, 2007.
- LANDERS, J.N. Tropical crop-livestock systems in conservation agriculture: the Brazilian experience. Rome: **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 92p, 2007.
- LOPEZ G., O.E.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre as relações entre zinco e fósforo na nutrição da planta. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v.31, p.467-483, 1974.
- LUPATINI, G.C. et al. Avaliação da mistura de aveia preta e azevém sob pastejo submetida a níveis de nitrogênio. **Pesqui. Agropecu. Bras., Brasília**, v. 33, n. 11, p. 1939-1944. 1998.
- MACEDO, A. C. M. Integração Lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **R. Bras. Zootec.**, v.38, p.133-146, 2009.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: **Potafos**, 319p, 1997.
- MAZZA, L. M. Estado nutricional, acúmulo de matéria seca e desenvolvimento radicular do azevém submetido a doses de fósforo. 2010. 98 f. Dissertação (mestrado em Ciência do Solo)- UFPR, 2010.
- MELLO, L. M. M.; YANO, E. H.; NARIMATSU, K. C. P.; TAKAHASHI, C. M.; BORGHI, E. Integração agricultur-pecuária em plantio direto: produção de forragem e resíduos após pastejo. **Engenharia agrícola**, v.24, n.1, p 121-129, 2004.
- NOVAIS, R.F.; Smyth, T.J. 1999. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. **Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa, MG. 399p
- PEDROSO, C. E. S.; MEIDEIROS, R. B.; SILVA, M. A.; JORNADA, J. B. J.; SAIBRO, J. C.; TEIXEIRA, J. R. F. comportamento de ovinos em gestação e lactação sob pastejo em

- diferentes estádios fenológicos de azevém anual. **R. Bras. Zootec.**, v.33, n.5, p 1340-1344, 2004.
- PRADO, R. M.; ROMUALDO, L. M.; VALE, D. W. Resposta da aveia preta à aplicação de fósforo sob duas doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação. **Acta Scientiarum**. Agronomy, v.28, n.4, p.527-533, 2006.
- PROCHNOW, L.I. Fertilizantes fosfatados: Algumas crenças e alguns fatos científicos. Disponível em: <<http://hotsites.cnps.embrapa.br/blogs/redefertbrasil/conteudo/artigos/4.pdf>>. Acesso em 12 Dez de 2016.
- RESENDE, A.V. de; FURTINI NETO, A.E.; ALVES, V.M.C.; MUNIZ, J.A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KINPARA, 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**, v.30, p.453-466, 2006.
- SAS System. SAS Institute Inc. SAS OnlineDoc® 9.1.2. Cary, NC: **SAS Institute**, 2004.
- SILVA. M. L .S.; TREVIZAM. A. R. interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. Informações agronômicas, n° 149, 2015.
- SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, 2003. 16p. (Informações Agronômicas, 102).
- TEIXEIRA, S. Fontes de fósforo em suplementos para bovinos de corte em pastagem de *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst 2008.49 f. Dissertação (mestrado em zootecnia)- UEM, 2008.