

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
MESTRADO EM AGRONOMIA**

HENDRIK IVAN REIFUR

**DINÂMICA DO FÓSFORO NA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA SOB
SISTEMA PLANTIO DIRETO**

**PONTA GROSSA
2011**

HENDRIK IVAN REIFUR

**DINÂMICA DO FÓSFORO NA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA SOB
SISTEMA PLANTIO DIRETO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de
Ponta Grossa para obtenção do título de Mestre em
Agronomia - Área de concentração: Agricultura.
Ênfase em Uso e Manejo do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Adriel Ferreira da Fonseca

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Tadeu dos Santos Dias

**PONTA GROSSA
2011**

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

R361d Reifur, Hendrik Ivan
Dinâmica do fósforo na integração lavoura-pecuária sob sistema
plantio direto / Hendrik Ivan Reifur. Ponta Grossa, 2011.
70f.
Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de Concentração :
Agricultura . Ênfase em Uso e Manejo do Solo) , Universidade
Estadual de Ponta Grossa.
Orientador : Prof. Dr. Adriel Ferreira da Fonseca
Co-orientador : Prof. Dr. Carlos Tadeu dos Santos Dias

1. *Zea mays* L. 2. *Avena strigosa* Scrb. 3. *Lolium multiflorum*
Lam. I. Fonseca, Adriel Ferreira da. II. Dias, Carlos Tadeu dos Santos.
III. T.

CDD: 631.5



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação: **“DINÂMICA DO FÓSFORO NA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO”.**

Nome: Hendrik Ivan Reifur

Orientador: Adriel Ferreira da Fonseca

Aprovado pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Adriel Ferreira da Fonseca

Dr. Alexandre Martin Martines

Dr. Renato Yagi

Data da Realização: 29 de novembro de 2011.

DEDICO

Ao Deus do impossível, por permitir finalizar este sonho.

AGRADECIMENTOS

A Deus que me concedeu o dom da vida e a capacidade e motivação para realizar esse trabalho.

À minha família pelo apoio desde o princípio como a base para realização deste trabalho; ao meu pai, minha mãe e meus irmãos, cunhado, afilhada por toda ajuda, meus singelos agradecimentos.

Ao Amigo e orientador, Prof. Dr. Adriel Ferreira da Fonseca, pelo incentivo desde o princípio, credibilidade, amizade e dedicação científica em todos os momentos da realização do estudo.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa e ao Programa de Pós Graduação (Mestrado) em Agronomia, por permitirem o meu aprimoramento profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos.

Às instituições Fundação ABC em nome de Igor Quirrenbach de Carvalho e Elias Bueno, Yoorin Fertilizantes Indústria e Comércio, International Plant Nutrition Institute (IPNI) e Fundação Araucária, pelo fato de apoiarem e viabilizarem financeiramente a realização deste trabalho.

Ao Co-orientador, Carlos Tadeu dos Santos Dias pelo apoio e auxílio na realização deste trabalho, sobretudo das análises estatísticas.

Aos integrantes do laboratório de Nutrição de Plantas: Silvano Harkatin, Jéssica Alves dos Santos, Fabrício Siqueira Hennipman, Eduardo Daniel Guntzel, Flávia Biassio, Rodrigo Martins de Oliveira, Valter Yassuo Assami, Joaquim José Honório de Lima, Moises e a amiga Verônica Dias Carneiro. E a todas as pessoas, que ajudaram de alguma forma.

REIFUR, Hendrik Ivan. **Dinâmica do fósforo na integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto**. 2011. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).

RESUMO

A necessidade de preservar o solo, aliada a constante busca por menores custos de produção e aumento da produtividade implicaram na utilização do sistema plantio direto (SPD). Técnica eficiente na preservação e utilização de solos altamente intemperizados (solos tropicais e subtropicais). Contudo, apenas o cultivo sucessivo com monoculturas tem implicado em diminuição da rentabilidade, aumentando assim os riscos de produção. Técnica que aumenta a rentabilidade, através da maximização da propriedade, dando maior segurança produtiva, é a integração lavoura-pecuária (ILP). Todavia esta técnica utiliza a mesma área para produção animal e vegetal. Ainda para atingir altas produtividades em solos de baixa fertilidade sob (ILP), requer a construção da fertilidade. Portanto após corrigida a acidez desses solos, o fator limitante passa a ser os níveis baixos de P nesses solos. O objetivo desse estudo foi avaliar a viabilidade da antecipação da fertilização mineral fosfatada em uma sucessão de aveia preta (*Avena strigosa* Scrb), milho (*Zea mays* L.) e azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam) manejados na ILP sob SPD. O delineamento experimental empregado foi o de blocos completos ao acaso com quatro repetições e 10 tratamentos: *T1* – sem aplicação de P (controle absoluto); *T2-T4* – aplicação de 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total, respectivamente, na forma de superfosfato triplo (SFT); *T5-T7* – aplicação de 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total, respectivamente, na forma de fosfato natural reativo (FNR) Arad; *T8-T10* – aplicação de 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total, respectivamente na forma de termofosfato magnésiano (TFM). As parcelas receberam aplicação superficial (controle, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total) conforme a sucessão empregada. Antes de iniciar o experimento procederam-se as coletas de solos nas camadas (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 e 20-30 cm), e também durante o cultivo do milho foi coletado material para diagnose foliar e acúmulo de nutrientes. Já para aveia preta e azevém anual foi realizada a coleta de plantas nos momentos de entrada e saída dos animais das pastagens (pré-pastejo e pós-pastejo). Todavia, foram realizadas análises para quantificar a exportação de (N) nitrogênio, (P) fósforo e (K) potássio na parte aérea das forrageiras devido o pastejo animal. Ainda foi realizada avaliação do estado nutricional do milho, acúmulo de (N, P e K), devido à aplicação de fertilizantes fosfatados. Após 12 meses da aplicação superficial de fontes e doses fosfatadas não foi alterado a acidez do solo e as concentrações de Ca, Mg e S tiveram pouca ou nenhuma alteração. Ainda ocorreu efeito para K trocável nas camadas abaixo de 0-5 cm. Os tratamentos incrementaram as concentrações de P disponível mediante aplicação de superfosfato triplo (SFT) e termofosfato magnésiano (TFM), no entanto o extrator mehlich-1 superestimou a concentração de P disponível. Para a aveia preta os valores exportados de N, P e K não foram alterados pelas fontes fosfatadas, exceção ao P mediante aplicação de SFT. O rendimento de aveia preta, grãos de milho e azevém anual não tiveram efeito mediante fertilização fosfatada, exceção a aplicação de TFM no primeiro pré-pastejo. Em curto prazo parece ser uma estratégia interessante para áreas sob SPD que adotam ILP.

Palavra chave: *Zea mays* L., *Avena strigosa* Scrb, *Lolium multiflorum* Lam.

REIFUR, Hendrik Ivan. **Phosphorus dynamic in crop livestock integration under no-tillage**. 2011. Master Science in Agronomy Dissertation - Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).

ABSTRACT

The necessity to preserve the soil, coupled with the constant search for lower production costs and increased productivity resulted in the use no-tillage (NT). Efficient technique in the preservation and use of highly weathered soils (tropical and subtropical soils). However, only the continuous cultivation of monocultures has been implicated in reduced profitability, rising the risks of production. Technique that increases profitability by the property maximizing, giving greater security product, is the crop-livestock integration (CLI). However, this technique uses the same area for plant and animal production. Even to achieve high yields in soils of low fertility under (CLI), requires the construction of fertility. So after correcting the acidity of these soils, the limiting factor becomes low levels of P in these soils. The objective of this study was to evaluate the feasibility of anticipated phosphate mineral fertilization in a succession of black oat (*Avena strigosa* Scrb), maize (*Zea mays* L.) and annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam) managed in CLI under NT. The experimental outline was randomized complete block with four repetitions of 10 treatments: T1 - without application of P (absolute control); T2-T4 – application of 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ P₂O₅ total, respectively, as triplo superphosphate (TSP); T5-T7 – application of 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ P₂O₅ total, respectively, in the form of rock phosphate (RP) Arad; T8-T10 – application of 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ P₂O₅ total, respectively in the form of magnesium thermophosphate (MPT). The plots received surface application (control, 60, 120 and 180kg ha⁻¹ P₂O₅ total) as the sequence used. Before starting the experiment proceeded to the collection of soil layers (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 and 20-30 cm), and also during the cultivation of maize was collected samples for leaf diagnosis and nutrients accumulation. As for black oats and annual ryegrass was collected from plants in times of entry and exit of animals in the pasture (pre-and post-grazing pasture). However, analysis was performed to quantify the exportation of (N) nitrogen, (P) phosphorus and (K) potassium in the air part of forage due to the grazing animal. Yet been conducted evaluating the nutritional status of maize, the accumulation of (N, P and K), due to the application of phosphate fertilizers. After 12 months of surface application of phosphate sources and doses did not change soil acidity and the concentrations of Ca, Mg and S had little or no change. Although occurred effective for exchangeable K in the layers below 0-5 cm. The treatments increased the concentrations of P available by applying triple superphosphate (TSP) and thermophosphate magnesium (TPM), however the Mehlich-1 extractor overestimated P concentrated available. To the black oat export values of N,P and K were not affected by phosphate sources, except the P by applying TSP. The yield of black oats, maize grain and annual ryegrass had no effect posphosphate fertilizer, except for the application of MTP in the first pre-grazing. In the short term, it seems to be an interesting strategy for areas on NT that adopted CLI. It is concluded that the anticipated phosphate fertilizer surface can be made for maize in soils with high fertility, didn't affecting in high yields.

Keywords: *Zea mays* L., *Avena strigosa* Scrb, *Lolium multiflorum* Lam.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Precipitação pluvial (Pp) mensal na área experimental (município de Castro-PR) de abr/2009 a mar/2010 e comparativo com a média da cidade de Castro - (para o período considerado) da última década (FUNDACAO ABC, 2011).....	24
Figura 2. Difrátogramas de raios-X do solo (total) de diferentes camadas. Radiação CuK α . Minerais dominantes: Qz – quartzo; C – caulinita; Gb – gibsita.....	26
Figura 3. Difrátogramas de raios-X da fração argila de diferentes camadas do solo. Radiação CuK α . Minerais dominantes: Qz – quartzo; C – caulinita; Gb – gibsita; Hm – hematita.....	27
Figura 4. Acidez ativa [pH em solução de cloreto de cálcio (CaCl ₂) 0,01 mol L ⁻¹] do solo aos 12 meses após a aplicação superficial de fontes [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (□) e termofosfato magnésiano (Δ)] e doses de fósforo na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições.....	30
Figura 5. Acidez potencial (H+Al) do solo aos 12 meses após a aplicação superficial de fontes [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (□) e termofosfato magnésiano (Δ)] e doses de fósforo na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições.....	31
Figura 6. Acidez trocável [alumínio (Al) trocável] do solo aos 12 meses após a aplicação superficial de fontes [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (□) e termofosfato magnésiano (Δ)] e doses de fósforo na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições. **: significativo a P < 0,01.....	32
Figura 7. Cálcio (Ca) trocável do solo aos 12 meses após a aplicação superficial de fontes [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (□) e termofosfato magnésiano (Δ)] e doses de fósforo na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições.....	33
Figura 8. Magnésio (Mg) trocável do solo aos 12 meses após a aplicação superficial de fontes [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (□) e termofosfato magnésiano (Δ)] e doses de fósforo na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições.....	35
Figura 9. Potássio (K) trocável do solo aos 12 meses após a aplicação superficial de fontes [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (□) e termofosfato magnésiano (Δ)] e doses de fósforo na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições. **: significativo a P < 0,01, respectivamente.....	36
Figura 10. Fósforo (P) disponível no solo aos 12 meses após a aplicação superficial de fontes [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (□) e termofosfato magnésiano (Δ)] e doses de fósforo na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são média de quatro repetições. *: significativo a P < 0,01.....	38

Figura 11.	Enxofre (S) disponível no solo aos 12 meses após a aplicação superficial de fontes [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (□) e termofosfato magnesiano (Δ)] e doses de fósforo na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições.....	39
Figura 12.	Exportações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) pela cultura da aveia preta, após aplicação sob superficial em área total de fontes de P [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (Δ) e termofosfato magnesiano (□)] e doses de fósforo, na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são média de quatro repetições. * e **: significativo $P < 0,05$ e $P < 0,01$, respectivamente.....	51
Figura 13.	Rendimento de matéria seca, pela cultura da aveia preta, no momento de entrada (Pré-Pastejo) e saída (Pós-Pastejo) do piquete, após aplicação de fósforo sob superficial em área total de fontes [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (Δ) e termofosfato magnesiano (□)] e doses de fósforo, na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições. * e **: significativo $P < 0,05$ e significativo a $P < 0,01$, respectivamente.....	53
Figura 14.	Rendimento de grãos de milho e peso de mil sementes (PMS), após aplicação superficial de fontes [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (□) e termofosfato magnesiano (Δ) e doses de fósforo na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições.....	55
Figura 15.	Concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) por ocasião da diagnose foliar do milho, após aplicação antecipada sob superfície em área total de fontes de fósforo [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (Δ) e termofosfato magnesiano (□)] e doses de fósforo, na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições.....	56
Figura 16.	Acúmulo de nutrientes (N, P e K) na planta de milho, após aplicação antecipada sob superfície em área total de fontes de fósforo [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (Δ) e termofosfato magnesiano (□)] e doses de fósforo, na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições.....	57
Figura 17.	Exportações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) pela cultura do azevém anual, após aplicação superficial em área total de fontes de fósforo [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (Δ) e termofosfato magnesiano (□)] e doses de fósforo, na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições. **: significativo a $P < 0,01$	58
Figura 18.	Rendimento de matéria seca, pela cultura do azevém anual, no momento de entrada (Pré-Pastejo) e saída (Pós-Pastejo) do piquete, após aplicação de P sob superfície em área total de fontes [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (Δ) e termofosfato magnesiano. Pontos são médias de quatro repetições.....	59

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Resultados de análises químicas e granulométricas do solo da área experimental, em diferentes camadas, por ocasião da instalação do experimento (abril/2009).....	25
Tabela 2. Resultados de análises químicas e granulométricas do solo da área experimental, nas diferentes camadas, por ocasião da instalação do experimento (abril/2009).....	46
Tabela 3. Precipitação pluvial e temperatura média do ar, durante os anos de 2009 e 2010 da área experimental localizada no município de (Castro-PR).....	46

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1. Características e manejo dos solos sob sistemas de produção nos Campos Gerais.....	14
2.2. Fertilidade dos solos da Região dos Campos Gerais e adubação fosfatada dos sistemas de produção.....	15
2.3. Respostas das culturas de aveia preta, azevém anual e milho a aplicação de fertilizante fosfatado no sistema plantio direto.....	16
2.4. Escala temporal das atividades realizadas durante o período experimental para as culturas de aveia preta, azevém anual e milho.....	18
3. APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE FOSFATOS E ATRIBUTOS DE FERTILIDADE DO SOLO NA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO.....	20
3.1. RESUMO.....	20
3.2. ABSTRACT.....	21
3.3. INTRODUÇÃO.....	22
3.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.5. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	29
3.5.1. <i>Acidez do solo e cátions trocáveis.....</i>	29
3.5.2. <i>Fósforo e enxofre disponíveis.....</i>	37
3.6. CONCLUSÕES.....	40
4. AVEIA PRETA, MILHO E AZEVÉM ANUAL NA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA SOB PLANTIO DIRETO SUBMETIDO A DOSES E FONTES DE FÓSFORO.....	41
4.1. RESUMO.....	41
4.2. ABSTRACT.....	42
4.3. INTRODUÇÃO.....	43
4.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	45
4.4.1. <i>Descrições do local, histórico da área, delineamento experimental e tratamentos empregados.....</i>	45
4.4.2. <i>Cultivo de aveia preta (2009), milho (2009/10) e azevém anual (2010).....</i>	47
4.4.3. <i>Avaliações em campo, determinações laboratoriais e análises estatísticas.....</i>	49
4.5. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	51
4.5.1. <i>Aveia preta.....</i>	51

4.5.2.	<i>Milho</i>	54
4.5.3.	<i>Azevém anual</i>	57
4.6.	CONCLUSÕES.....	61
5.	CONCLUSÕES GERAIS	62
6.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	63

1. INTRODUÇÃO

A constante busca pela redução dos custos de produção e aumento das produtividades agrícolas tem implicado no uso de estratégias eficientes de exploração do agrossistema. Nesse contexto, destaca-se o sistema plantio direto (SPD), que consiste em uma das melhores estratégias de manejo dos solos altamente intemperizados (solos tropicais e subtropicais).

Atualmente, mais de 5,0 milhões de ha no Paraná (MAPA, 2011) e 25,5 milhões de ha no Brasil (FEBRAPDP, 2011), respectivamente, tem sido cultivado sob SPD, no verão. Porém, boa parte dessas áreas agrícolas para cultivo de grãos, no verão, ficam ociosas durante o período de inverno (LUNARDI et al., 2008). Daí à importância dos sistemas integrados de produção, como exemplo, a integração lavoura-pecuária (ILP), que possibilita o cultivo de plantas produtoras de grãos durante a safra de verão e forrageiras para pastejo animal durante a safra de inverno.

Para se obter altos rendimentos agrícolas nos sistemas de produção sob solos altamente intemperizados é fundamental a melhoria dos atributos de fertilidade. Depois de corrigida a acidez, o principal fator limitante ao rendimento das culturas tem sido os baixos teores de fósforo (P) disponível no solo (FAGERIA, 1998). Portanto, o desenvolvimento de estratégias eficientes de fertilização fosfatada é um dos pré-requisitos para a obtenção de altos rendimentos nos sistemas integrados de produção.

Tem sido observado incremento no rendimento de grãos mediante a antecipação da fertilização fosfatada, quando esta é aplicada por ocasião da semeadura de cobertura vegetal (BOHAC et al., 2007). Isso indica que pode ser interessante a antecipação da fertilização fosfatada nos sistemas integrados, uma vez que a ciclagem de nutrientes tem sido incrementada na ILP (ASSMANN et al., 2003; CARVALHO et al., 2010). Todavia, persistem dúvidas quanto à eficiência da fertilização fosfatada antecipada para os diferentes tipos de solos e sistemas de produção (CHIEN; MENON, 1995).

No presente trabalho objetivou-se em avaliar os efeitos, em curto prazo 12 meses de doses (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total) e fontes de fósforo (SFT, FNR e TFM) aplicados em superfície do solo sob os principais atributos de fertilidade. Ainda avaliar o rendimento de MS e exportação de N, P e K pelo animal mediante pastejo de aveia-preta (2009) e azevém anual (2010); verificar a influência desses fertilizantes aplicados antecipadamente sobre a diagnose foliar e acúmulo (na parte aérea) de N, P e K, e o rendimento de grãos de milho (2009-10) em um Cambissolo Háplico na ILP sob SPD.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Características e manejo dos solos sob sistemas de produção nos Campos Gerais

As principais ordens de solos dominantes nos Campos Gerais do Paraná incluem Cambissolos, Latossolos e Argissolos (MAACK; BODZIACK, 1946), manejados principalmente no SPD. Esse sistema de manejo resulta em (i) aumento das concentrações de matéria orgânica do solo (DOS SANTOS et al., 2008), do C microbiano e aumento das populações microbianas (DA SILVA et al., 2006); (ii) incremento da porosidade total, favorecendo a agregação e a aeração (ARATANI et al., 2009) e da condutividade hidráulica do solo (DE ASSIS et al., 2005); (iii) aumento no rendimento de grãos (ANDRIOLI et al., 2008) decorrente da melhoria dos atributos químicos (FLORES et al., 2008), físicos (TORMENA et al., 2004; MARCOLAN; ANGHINONI, 2006) e biológicos no solo (MENDES et al., 2003).

Todavia, apenas a adoção do SPD não tem sido o suficiente para manter ou aumentar a sustentabilidade das propriedades agrícolas. Daí a importância da ILP, que proporciona a diversificação da produção (BALBINOT JUNIOR et al., 2009), consistindo-se em sistema integrado que alterna o cultivo de pastagens perenes ou anuais destinadas à alimentação animal e à produção vegetal, sobretudo grãos, na mesma área (BALBINOT JUNIOR et al., 2009). Tem sido observados rendimentos de grãos superiores nas áreas pastejadas quando comparadas àquelas não pastejadas (LUNARDI et al., 2008), indicando que a ILP no SPD pode ser uma prática mais sustentável do ponto de vista técnico, econômico e ambiental (FLORES et al., 2007).

2.2. Fertilidade dos Solos da Região dos Campos Gerais e Aplicação Antecipada de P em Sistemas de Produção

Os solos da Região dos Campos Gerais do Paraná geralmente apresentam alta acidez associada à baixas fertilidade natural, concentração de matéria orgânica e capacidade de retenção de água (MAACK; BODZIACK. 1946). Torna-se, portanto, necessário a reconstrução da fertilidade desses solos para a obtenção de altos rendimentos agrícolas. Daí a importância da calagem (superficial) no SPD, proporcionando aumento no rendimento de grãos (CAIRES et al., 2006).

Depois de corrigida a acidez do solo, os baixos teores de fósforo disponível se consistem no maior limitante ao rendimento das culturas. Esse nutriente é fundamental para o crescimento e desenvolvimento vegetal, pois (i) faz parte da estrutura de moléculas (adenosina trifosfato – ATP, ácidos nucleicos e fosfolípidios) e de processos metabólicos (MARINS et al., 2007); (ii) fazendo parte das moléculas de DNA e RNA, que são portadoras de informações genéticas e responsáveis pela perpetuação da espécie (MARSCHNER, 1986). O fósforo é um mineral que não possui substituto sintético e possui perspectiva de aumento em suas cotações (SHAFQAT et al., 2009). Desse modo, torna-se importante a busca por estratégias que visem o aumento da sua eficiência nos sistemas de produção.

Os modos de fornecimento de P no SPD são os mais variados. O fertilizante fosfatado pode ser aplicado ao lado e abaixo do sulco de semeadura (SANTOS et al., 2008) ou na superfície do solo, a lanço (SANTOS et al., 2000). Outro fator importante na nutrição fosfatada das plantas é o tipo de fonte a ser empregada. Os fosfatos mais comumente utilizados no Brasil incluem: (i) fosfatos solúveis em água, (ii) fosfatos solúveis em ácido cítrico e (iii) fosfatos com baixa solubilidade em água e ácido cítrico (MOREIRA; MALAVOLTA, 2001).

O melhor desempenho das fontes de maior solubilidade (superfosfato triplo e termofosfato) em relação às fontes de menor solubilidade (fosfato natural reativo) (DA

SILVA et al., 2009) faz com que estas últimas apresentam menor liberação de P para as culturas (BOHAC et al., 2007). As fontes que apresentam alta solubilidade em água e em ácido cítrico normalmente resultam em melhores rendimentos e eficiência agrônômica (RESENDE et al., 2006). Por outro lado, o FNR caracteriza-se por ser insolúvel em água e apresentar baixa solubilidade em ácido cítrico, resultando em baixa dissolução e menor eficiência (NASCIMENTO et al., 2002). Nesse caso, a capacidade tampão do solo é fator preponderante na disponibilidade de P às culturas, onde em baixa capacidade tampão os FNR's apresentam menor solubilidade e disponibilidade às plantas quando comparado às fontes de maior solubilidade superfosfato triplo (SFT) e termofosfato magnésiano (TFM) (DA SILVA et al., 2009).

A antecipação da fertilização fosfatada, através da aplicação de P (na base) junto à semeadura da cultura de outono-inverno é uma técnica que pode ser interessante como estratégia de adubação de sistema. Nesse caso, as culturas possuem dificuldades para obter o fósforo suficiente ao seu desenvolvimento (MARINS et al., 2007), ficando constatada a importância de realizar a adubação com P para que assim tenha-se rendimento satisfatório das culturas (DE SOUZA et al., 2007; SOARES et al., 2000). Desse modo, é importante o conhecimento das doses e fontes que serão mais eficientes nos sistemas de produção (NASCIMENTO et al., 2002), sobretudo, para a ILP no SPD.

2.3. Resposta das culturas de aveia preta, azevém anual e milho a aplicação de fertilizante fosfatado no sistema de plantio direto

As culturas têm respondido à fertilização com P conforme a fonte utilizada (ONO et al., 2009). Em situação de deficiência do P, o crescimento vegetal da parte aérea tem sido afetado, pois as raízes se transformam em drenos de carboidratos para aumentar a massa das raízes e estas se expandem (RESENDE et al., 2006). Como na nossa região os solos são

limitantes em P, as plantas absorvem este nutriente contra um elevado gradiente de concentração (MALAVOLTA et al., 2006), sendo este mecanismo vital para o desenvolvimento e crescimento.

A aveia preta tem se destacado como a principal gramínea anual de inverno utilizada como planta de cobertura do solo ou também, como forrageira destinada à alimentação animal em sistemas de ILP no Sul do Brasil (FLARESSO et al., 2001). Trata-se de uma forrageira que apresenta potencial para suprir déficits alimentares de rebanhos bovinos durante o período de outono-inverno (RESTLE et al., 1998). Também, é uma cultura que tem sido eficiente na ciclagem de nutrientes, devido à relação produção de MS e absorção de nutriente em função do seu sistema radicular agressivo (PRADO et al., 2006). A aveia preta cv. IAPAR 61 – Ibiporã se caracteriza por apresentar ciclo mais longo que os demais cultivares, proporcionando maior rendimento de forragem (GRISE et al., 2002). Essas características são fundamentais na ILP, pois favorecem tanto o pastejo animal a campo quanto a produção de fitomassa para a manutenção do SPD. Desse modo, torna-se essencial o adequado fornecimento de P para as culturas cultivadas e exploradas na produção agrícola, sobretudo na situação de antecipação da fertilização fosfatada. Espera-se que o P fornecido por ocasião da semeadura da forrageira de inverno favoreça o crescimento, desenvolvimento e rendimento desta cultura e, ainda, retorne maior quantidade de P para o sistema de produção. Tem sido observado incremento do rendimento de MS e melhor desenvolvimento da aveia preta devido à aplicação de P (PRADO et al., 2006).

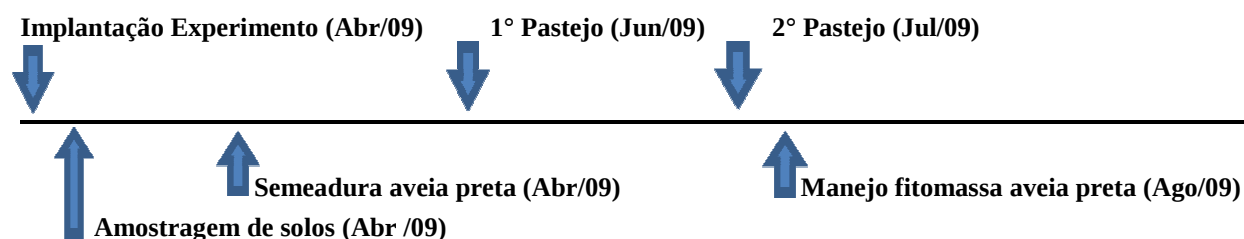
O azevém também é uma gramínea de inverno que apresenta elevada importância no Sul do Brasil. Possui vários cultivares, dentre os quais Barjumbo e ABC 1 se destacam por apresentarem ciclos distintos. O cultivar ABC 1 é mais precoce que o Barjumbo e, quando consorciados, trata-se de importante estratégia para a ILP sob SPD, proporcionando maior número de pastejo e rendimento forrageiro (ASSMANN et al., 2007; EMBRAPA,... 2011).

Daí a importância da adequada nutrição dessa gramínea com fósforo, favorecendo a emissão de folhas e perfilhos, além de proporcionar maior qualidade (MARSCHNER, 1995).

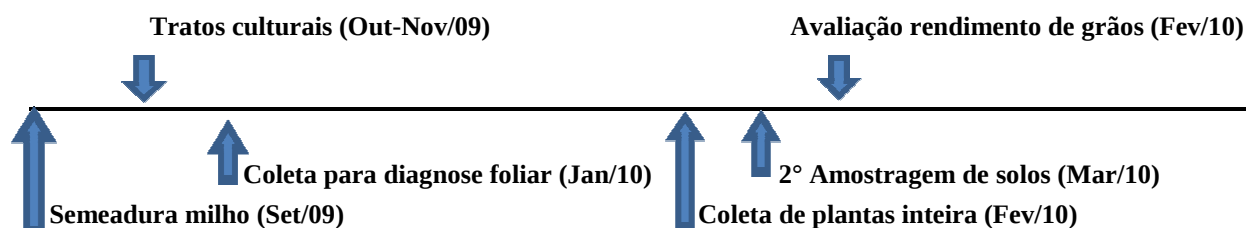
O milho é uma gramínea de verão mundialmente importante na economia, sendo utilizado na alimentação humana e animal devido à sua qualidade, como uma das principais culturas de grãos (FONTOURA; BAYER 2009). A resposta dessa cultura à aplicação de fósforo tem sido expressiva, resultando em maiores rendimento devido à utilização de fontes de maior solubilidade e, no caso de uso de fontes de menor solubilidade, proporcionando pronunciado efeito residual (RESENDE et al., 2006). Informações sobre a viabilidade da antecipação da fertilização fosfatada para o milho na ILP sob SPD são necessárias, sobretudo, para justificar (ou não) a utilização de fontes de menor solubilidade em água (que causam menor impacto ambiental) nos sistemas integrados de produção.

2.4. Escala temporal das atividades realizadas durante o período experimental para as culturas de aveia preta, azevém anual e milho

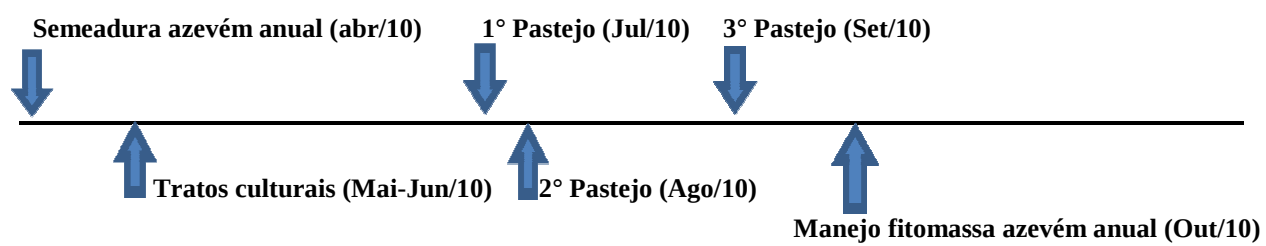
2.4.1. Aveia preta (2009)



2.4.2. Milho (2009/2010)



2.4.3. Azevém anual (2010)



3. APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE FOSFATOS E ATRIBUTOS DE FERTILIDADE DO SOLO NA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA SOB PLANTIO DIRETO

3.1 RESUMO

Nos últimos anos, a busca por estratégias eficientes de uso e manejo do solo tem sugerido a integração lavoura-pecuária como uma das alternativas mais viáveis aos produtores rurais, particularmente, nos Campos Gerais do Paraná. Todavia, um dos maiores limitantes a esse sistema integrado de produção tem sido o entendimento da dinâmica da aplicação de fosfatos de baixa solubilidade ou insolúveis em água, particularmente, quando dispostos na superfície do solo sob a palhada da cultura de verão. O objetivo do presente trabalho foi verificar, em curto prazo (12 meses), o efeito de doses (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) e fontes de fósforo (superfosfato triplo – SFT, fosfato natural reativo – FNR e termofosfato magnesiano – TFM), aplicados na superfície do solo, em área total sob os principais atributos de fertilidade do solo. O experimento foi instalado em Castro-PR, sob um Cambissolo Háplico, empregando-se delineamento experimental de blocos completos ao acaso com quatro repetições e 10 tratamentos: *T1* – sem aplicação de P (controle absoluto); *T2-T4* – aplicação de 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total, respectivamente, na forma de superfosfato triplo (SFT); *T5-T7* – aplicação de 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total, respectivamente, na forma de fosfato natural reativo (FNR) Arad; *T8-T10* – aplicação de 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total, respectivamente na forma de termofosfato magnesiano (TFM). Aos 12 meses após a instalação do experimento, amostras de solo foram coletadas das camadas de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 e 20-30 cm e determinaram-se os seguintes atributos químicos acidez ativa (pH), potencial (H+Al) e trocável (Al); cátions básicos trocáveis (cálcio – Ca, magnésio – Mg e potássio – K); enxofre (S) e fósforo (P) disponíveis. A aplicação superficial de fontes e doses de P implicou em pouca ou nenhuma alteração na acidez do solo e concentrações disponíveis de Ca, Mg e S. Porém, a aplicação de TFM aumentou as concentrações de K trocável abaixo da camada superficial (0-5 cm). Os tratamentos empregados ocasionaram incrementos das concentrações disponíveis de P apenas na camada 0-5 cm. Nesse caso, foram similares os valores de P (extraído pela solução de Mehlich-1) para os tratamentos que receberam SFT e TFM. No entanto, o extrator Mehlich-1 superestimou as concentrações de P disponível para os tratamentos que receberam FNR.

Palavras-chave: superfosfato triplo, fosfato natural reativo, termofosfato magnesiano, reação do solo, cátions trocáveis, sistema integrado de produção.

SURFACE PHOPORUS APPLICATION AND SOIL FERTILITY ATRIBUTES IN A CROP-LIVESTOCK INTEGRATION UNDER NO-TILLAGE

3.2. ABSTRACT

In the last years, the search for efficient strategies for land use and management has suggested the crops livestock-integration as one of the most viable alternatives for farmers, particularly in the Campos Gerais of Paraná. However, one of the major limiting to this integrated production system has been the understanding of the dynamics of the application of phosphates of solubility low or insoluble in water, particularly when placed on the soil surface under the summer crop stubble. The objective of this study was to verify in the short time (12 months) the effect of doses (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ of total P₂O₅) and phosphorus sources (triple superphosphate - TSP, rock phosphate - RP, and magnesium thermophosphate - MTP) applied on the soil surface, in total area sob os principais atributos de fertilidade do solo. The experiment was installed in Castro-Pr, on Flueventic Eutrocherepts, utilizing experimental outline of block in random with four repetitions of 10 treatments: *T1* - without application of P (absolute control); *T2-T4* – application of 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ P₂O₅ total, respectively, as triplo superphosphate (TSP); *T5-T7* – application of 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ P₂O₅ total, respectively, in the form of rock phosphate (RP) Arad; *T8-T10* – application of 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ P₂O₅ total, respectively in the form of magnesium thermophosphate (MPT). After 12 months to the experiment installation, soil samples were collected from layers 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 and 20-30 cm and determined the following chemical characteristics: active acidity (pH), potential (H + Al) and exchangeable (Al), exchangeable basic cations (calcium - Ca, Mg - magnesium and potassium - K), sulfur (S) and phosphorus (P) available. The surface application of P sources and rates resulted in little or no change in soil acidity and concentrations of Ca, Mg and S available. However, the application of TFM increased the concentrations of exchangeable K below the surface layer (0-5 cm). The treatments employed caused increases of available P concentrations only in the 0-5 cm layer. In this case, the values of P were similar (extracted by Mehlich-1 solution) for treatments receiving TSP and TFM. But, the Mehlich-1 overestimated P available concentrations for the treatments with FNR.

Key words: triple superphosphate and rock phosphate, magnesium thermophosphate, soil raction, exchangeable cations, integrated system of production.

3.3. INTRODUÇÃO

A necessidade de preservar o solo, aliada a constante busca pela redução dos custos de produção e o aumento das produtividades agrícolas tem implicado no uso de estratégias eficientes de exploração do agrossistema. Nesse contexto, destaca-se o sistema plantio direto (SPD), que consiste em uma das melhores estratégias de manejo de solos altamente intemperizados (solos tropicais e subtropicais). Atualmente, mais de 5,0 e 25,5 milhões de ha¹ no Paraná (MAPA, 2011) e no Brasil (FEBRAPDP, 2011), respectivamente, têm sido cultivados sob SPD no verão.

Porém, boa parte das áreas agrícolas sob SPD para cultivo de grãos (no verão) fica ociosa durante o período de inverno. Daí a importância da integração lavoura-pecuária (ILP) que possibilita a produção de gramíneas hibernais, amplamente utilizadas no Sul do país como plantas de cobertura de solos sob SPD. Essas gramíneas têm sido utilizadas para formação de pastagens, tornando a atividade agropecuária integrada viável devido à diversidade de renda (TERRA LOPES et al., 2009), diminuição dos riscos econômicos e aumento do giro do capital (FLORES et al., 2007). Essa prática tem sido importante não apenas no Brasil, mas nas mais diversas regiões. No mundo, a ILP representa o montante de aproximadamente 2,5 bilhões de hectare, onde são produzidos 50 e 90% da carne e do leite consumidos, respectivamente (KEULEN; SCHIRE, 2004).

Para se obter altos rendimentos agrícolas na ILP sob solos altamente intemperizados, torna-se necessário a melhoria dos atributos de fertilidade. Nesses solos, depois de corrigida a acidez, o principal fator limitante para a produção são os baixos teores de fósforo (P) disponível (FAGERIA, 1998). Desse modo, o desenvolvimento de estratégias eficientes de fertilização fosfatada consiste-se em um dos pré-requisitos para a obtenção de altos rendimentos, particularmente, na ILP. Uma das estratégias possíveis seria a antecipação da fertilização fosfatada. Essa prática, que tem sido pouco estudada no país, pode ser interessante

na ILP, devido ao aumento da ciclagem de nutrientes proporcionada pelo pastejo animal (CARVALHO et al., 2010). Todavia, a antecipação da fertilização fosfatada é dependente não apenas do componente animal, mas também, das características de reatividade dos fertilizantes utilizados.

Dentre as fontes utilizadas para adubação fosfatada, destacam-se superfosfato triplo (SFT), termofosfato magnésiano (TFM) e fosfato natural reativo (FNR). O SFT caracteriza-se pela alta solubilidade em água e baixo efeito residual (BARBOSA FILHO, 1984). O TFM, apesar de ser insolúvel em água, possui alta solubilidade em ácido cítrico a 20 g kg^{-1} de silicato em sua fórmula conferindo-lhe alta eficiência de uso de P pelas plantas (MOREIRA; MALAVOLTA, 2001). Com relação ao FNR, consiste-se em um produto que, além de ser insolúvel em água, possui baixa solubilidade em ácido cítrico, conferindo-lhe maior efeito residual de suprimento de P ao longo dos anos de cultivos (DA SILVA et al., 2009).

Neste experimento de ILP sob SPD, com aplicação de doses e fontes de P possuindo diferentes graus de solubilidade, foram testadas as hipóteses de: (i) a adubação fosfatada antecipada com fontes de alta solubilidade que irá resultar, em curto prazo, na acidificação do solo e alteração das concentrações de cátions trocáveis; (ii) a adubação fosfatada antecipada, aplicada na superfície do solo, que irá aumentar, em curto prazo, as concentrações de P em profundidades maiores que cinco centímetros. O objetivo do presente trabalho foi verificar os efeitos, em curto prazo (12 meses), de doses (0, 60, 120 e 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 total) e fontes (SFT, TFM e FNR) aplicados na superfície, sobre os principais atributos de fertilidade em um Cambissolo Háplico na ILP sob SPD.

3.4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no município de Castro (PR), em abril de 2009 na Fazenda Capão do Cipó (latitude: 24°51'49"S, longitude: 49°56'61"W, altitude média 1020 m). A área experimental encontra-se na região fisiográfica denominada de Primeiro Planalto Paranaense. O clima regional, segundo a classificação de KÖPPEN, é temperado do tipo Cfb, de verões frescos, com ocorrência de geadas frequentes, não apresentando estação seca (IAPAR, 1994).

Durante o período experimental (abril/2009 a março/2010) a precipitação ocorrida foi de 1600 mm. Na figura 1 são apresentados os valores de precipitação mensal e a média histórica da região nesta última década.

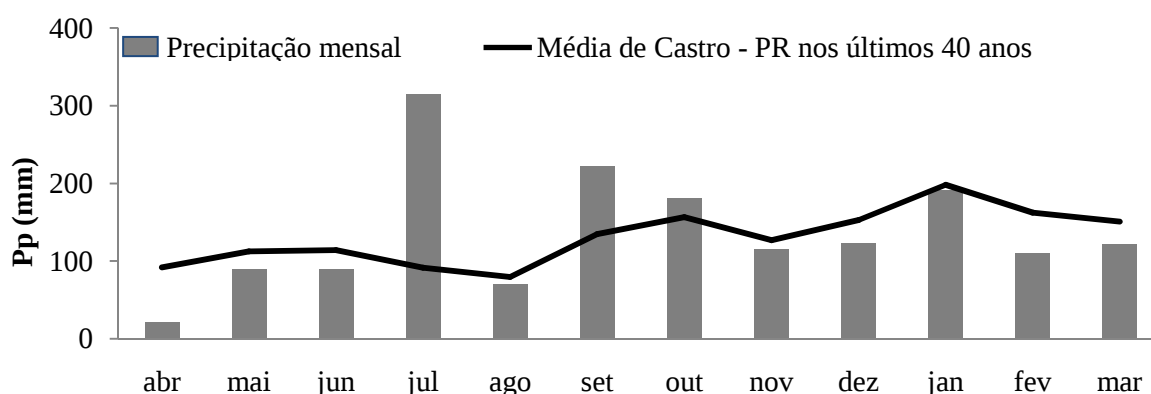


Figura 1. Precipitação pluvial (Pp) mensal na área experimental (município de Castro -PR) de abr/2009 a mar/2010 e comparativo com a média da cidade de Castro - (para o período considerado) da última década (FUNDACAO ABC, 2011).

Por ocasião da instalação do experimento o solo possuía os atributos químicos e granulométricos apresentados na tabela 1. O solo da área experimental apresenta mineralogia simples, predominante, quartzo, caulinita e gibsita e, subordinadamente, hematita e goetita (Figura. 2). Na fração argila, os minerais caulinita e gibsita são dominantes e os óxidos de Fe (principalmente hematita e goetita) são menos expressivos (Figura 3). A concentração no

solo, por ocasião da instalação experimento (Tabela 1), apresenta teor médio (3 a 8mg dm⁻³) de P (Melich-1) e alto (50 g dm⁻³) de matéria orgânica total, segundo Paulletti (2004),

Tabela 1. Resultados de análises químicas e granulométricas do solo da área experimental, em diferentes camadas, por ocasião da instalação do experimento (abril/2009).

Camada	pH ⁽¹⁾	H + Al	Al	Ca	Mg	K	CTC ⁽²⁾	V ⁽³⁾
cm		----- mmol _c dm ⁻³ -----						%
0–5	5,3	70,7	0,0	57,3	37,0	0,5	165,6	57,5
5–10	4,7	89,9	0,4	30,4	21,9	0,3	143,0	36,7
10–15	4,5	103,9	0,6	20,1	18,0	0,3	143,0	26,8
15–20	4,5	104,0	0,6	16,9	16,9	0,3	138,8	24,7
20–30	4,5	98,4	0,6	13,2	17,6	0,2	130,2	24,0
	P ⁽⁴⁾	S	COT ⁽⁵⁾	NT ⁽⁶⁾	Argila	Silte	Areia	
	----- mg dm ⁻³ -----		----- g dm ⁻³ -----		----- g kg ⁻¹ -----			
0–5	9,0	10,4	33,8	2,9	570	252	178	
5–10	4,6	11,4	30,5	1,8	610	218	172	
10–15	2,0	13,4	27,8	1,7	620	212	168	
15–20	1,0	16,1	26,2	1,4	620	217	163	
20–30	2,0	19,6	23,2	1,1	640	214	146	

⁽¹⁾ pH em solução de cloreto de cálcio 0,01 mol L⁻¹.

⁽²⁾ CTC: capacidade de troca de cátions a pH 7,0.

⁽³⁾ V: Índice de saturação por bases.

⁽⁴⁾ P disponível por solução de Mehlich-1.

⁽⁵⁾ COT: carbono orgânico total.

⁽⁶⁾ NT: nitrogênio total.

O solo da área experimental é um Cambissolo Háplico distrófico de textura muito argilosa, manejado no SPD. Nos últimos cinco anos, anteriores ao início do experimento, a área foi cultivada com: aveia preta (2004)/milho (2004-05), azevém anual (2005)/soja (2005-06), trigo (2006)/soja (2006-07), aveia preta (2007)/milho (2007-08) e azevém anual (2008)/soja (2008-09).

O delineamento experimental empregado foi o de blocos completos ao acaso com quatro repetições e 10 tratamentos: T1 – sem aplicação de P (controle absoluto); T2-T4 – aplicação de 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total, respectivamente, na forma de SFT (45 e 13 g

kg⁻¹ de P₂O₅ total e de Ca respectivamente); *T5-T7* – aplicação de 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total, respectivamente, na forma de FNR Arad (33 e 20 g kg⁻¹ de P₂O₅ total e de Ca respectivamente); *T8-T10* – aplicação de 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total, respectivamente na forma de TFM (18, 40, 7 e 10 g kg⁻¹ de P₂O₅ total, Ca, Mg e Si respectivamente).

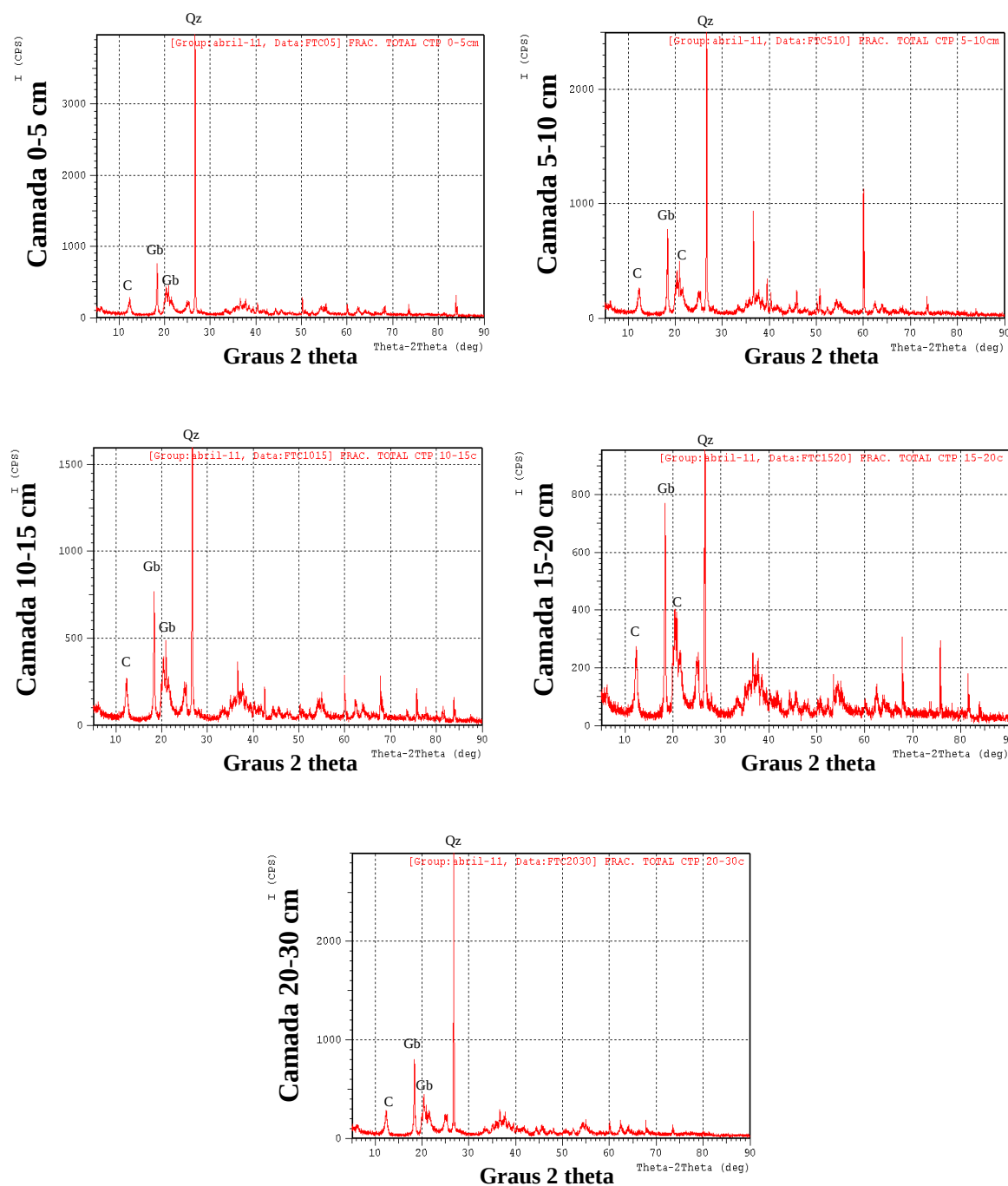


Figura 2. Difratogramas de raios-X do solo (total) de diferentes camadas. Radiação CuK α . Minerais dominantes: Qz – quartzo; C – caulinita; Gb – gibsitita.

Todos os fertilizantes, inclusive as fontes e doses de P, foram aplicados em área total, na superfície do solo e sem incorporação. Na sequência iniciou o estudo procedendo-se a semeadura da aveia-preta (2009), milho (2009-10) e azevém anual (2010).

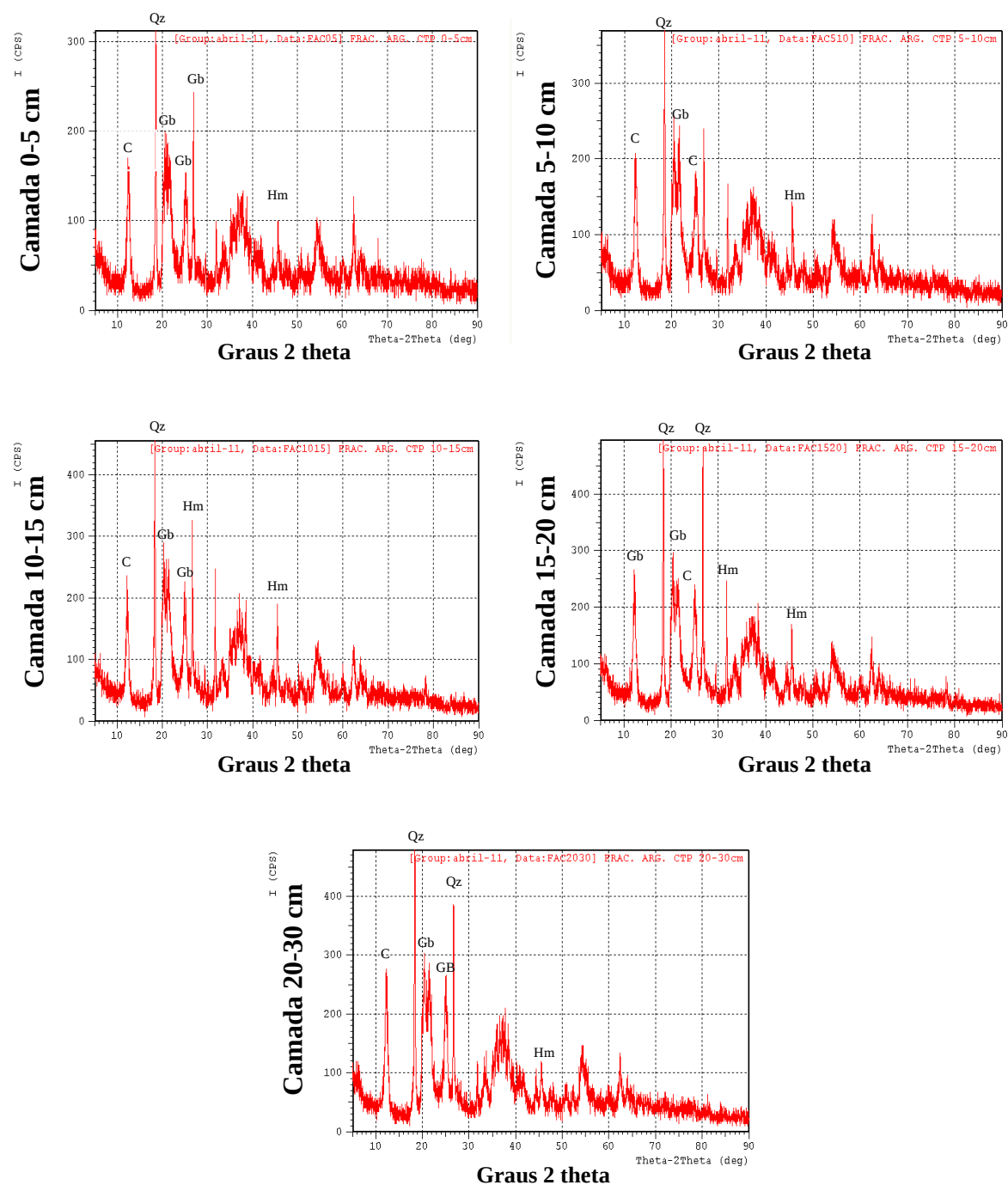


Figura 3. Difratogramas de raios-X da fração argila de diferentes camadas do solo. Radiação CuK α . Minerais dominantes: Qz – quartzo; C – caulinita; Gb – gibsitita; Hm – hematita.

Cada parcela possuía área total e área útil de 425 m² (17 x 25 m) e 273 m² (desprezando-se 2,0 m de bordadura), respectivamente.

Aos 12 meses após a instalação do experimento, depois do cultivo da cultura do milho, procedeu-se a amostragem do solo. Foram retiradas 12 amostras simples para formar uma amostra composta por parcela (OLIVEIRA et al., 2007), para cada camada avaliada (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 e 20-30 cm), mediante uso de trado calador.

Depois de secas em estufa com circulação forçada de ar a 40°C, durante 48 horas, amostras de solo foram destorroadas, moídas e peneiradas em peneira de malha de 2,0 mm, sendo então chamadas de terra fina seca ao ar (TFSA), que foram armazenadas até a realização das determinações analíticas. As amostras de TFSA foram destinadas às determinações analíticas de: (i) pH em solução de cloreto de cálcio (CaCl₂) 0,01 mol L⁻¹ e H+Al em solução tampão SMP, por potenciometria, (ii) alumínio (Al), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis, por meio de extração com solução de cloreto de potássio (KCl) 1,0 mol L⁻¹ e quantificação por titulometria com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,025 mol L⁻¹ para Al e complexometria do etileno diaminotetraacético (EDTA) 0,025 mol L⁻¹ para Ca e Mg; (iii) K trocável e P disponível, por meio de extração com solução de Mehlich-1 [ácido clorídrico (HCl) 0,05 mol L⁻¹ + ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0,025 mol L⁻¹] e Quantificação por espectrofotometria de emissão em chama para K e espectrofotometria de absorção molecular para P; (iv) enxofre disponível, na forma de sulfato (S-SO₄²⁻), extraído com solução de acetato de amônio (NH₄OAc) 0,25 mol L⁻¹ em ácido acético (HOAc) 0,5 mol L⁻¹ e quantificado por turbidimetria com sulfato de bário. As determinações de pH, H+Al, Ca, Mg, K e P foram realizadas de acordo com os métodos descritos em Pavan et al. (1992). As concentrações de S-SO₄²⁻ foram determinadas segundo Vitti; Suzuki. (1978). A soma de bases (SB) foi representada pelo somatório das concentrações trocáveis de Ca, Mg e K. A saturação por

bases (V) foi estimada pela divisão da SB pela capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7 ($CTC = SB + H + Al$).

Foram realizadas análises de regressão por polinômios ortogonais para cada uma das fontes de P estudadas. Os efeitos de doses de P foram ajustados aos modelos linear ou quadrático para cada uma variáveis resposta (atributos de fertilidade do solo), para cada camada de solo e fertilizante estudado. Todas as análises estatísticas foram realizadas mediante uso do programa estatístico SAS Versão 9.1.2 (SAS, 2004).

3.5. RESULTADO E DISCUSSÃO

3.5.1. *Acidez do solo e cátions trocáveis*

O uso de doses (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e fontes de P (SFT, TFM e FNR) não ocasionaram, em curto prazo, alterações na acidez ativa (pH) (Figura 4) e potencial (H+Al) (Figura 5), para todas as camadas estudadas (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 e 20-30 cm). Fato similar também foi observado para a acidez trocável (Al³⁺), com exceção das camadas 5-10, 10-15 e 15-20 cm dos tratamentos com FNR (Figura 6). Na profundidade de 0-5 cm não se esperava alterações nas concentrações de Al e H+Al, devido ao fato de o pH ter sido superior a 5,0. Nessas condições de pH, todo o Al encontra-se precipitado na forma de Al(OH)₃⁰ (VAN RAIJ, 1991). Para as demais camadas onde o pH foi inferior a 5,0, os altos teores de carbono orgânico total (COT) existentes da área estudada (Tabela 1) podem ter amenizados os efeitos da acidez do solo. Resíduos vegetais de diferentes culturas (inclusive de aveia preta cultura existente na área durante cinco meses no decorrer do período experimental) podem neutralizar o H⁺ e diminuir as concentrações de Al trocável (MIYAZAWA et al., 1993). Ainda, pode ter ocorrido amenização da acidez do solo pelos ácidos orgânicos oriundos de animais e vegetais (PAVINATO; ROSOLEM, 2008). Esses

ácidos orgânicos exsudados pelas plantas (MA et al., 2001) também podem ser encontrados no esterco bovino (BAZIRAMAKENGA; SIMARD, 1998) e, possivelmente, nas condições experimentais de ILP sob SPD.

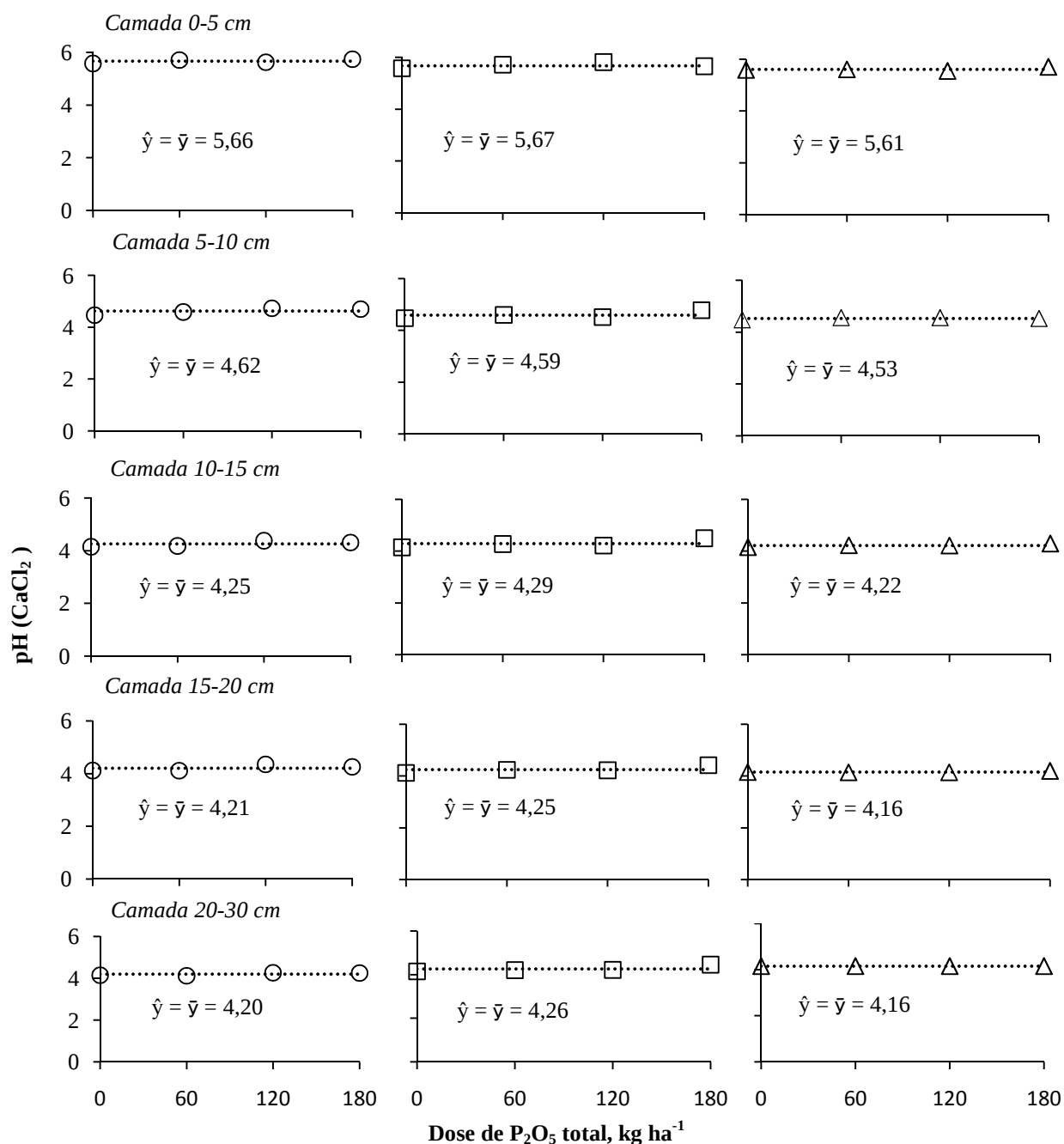


Figura 4. Acidez ativa [pH em solução cloreto de cálcio (CaCl_2) 0,01 mol L^{-1}] do solo aos 12 meses após a aplicação superficial de fontes [superfósforo triplo ($\circ$), fósforo natural reativo ($\square$) e termofósforo magnésiano ($\triangle$)] e doses de fósforo na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições.

O fato de o FNR ter ocasionado diminuição das concentrações de Al trocável nas camadas 5-10, 10-15 e 15-20 cm (Figura 6) pode ser atribuído à solubilização parcial deste fertilizante e a formação de complexos com Al, diminuindo a sua disponibilidade.

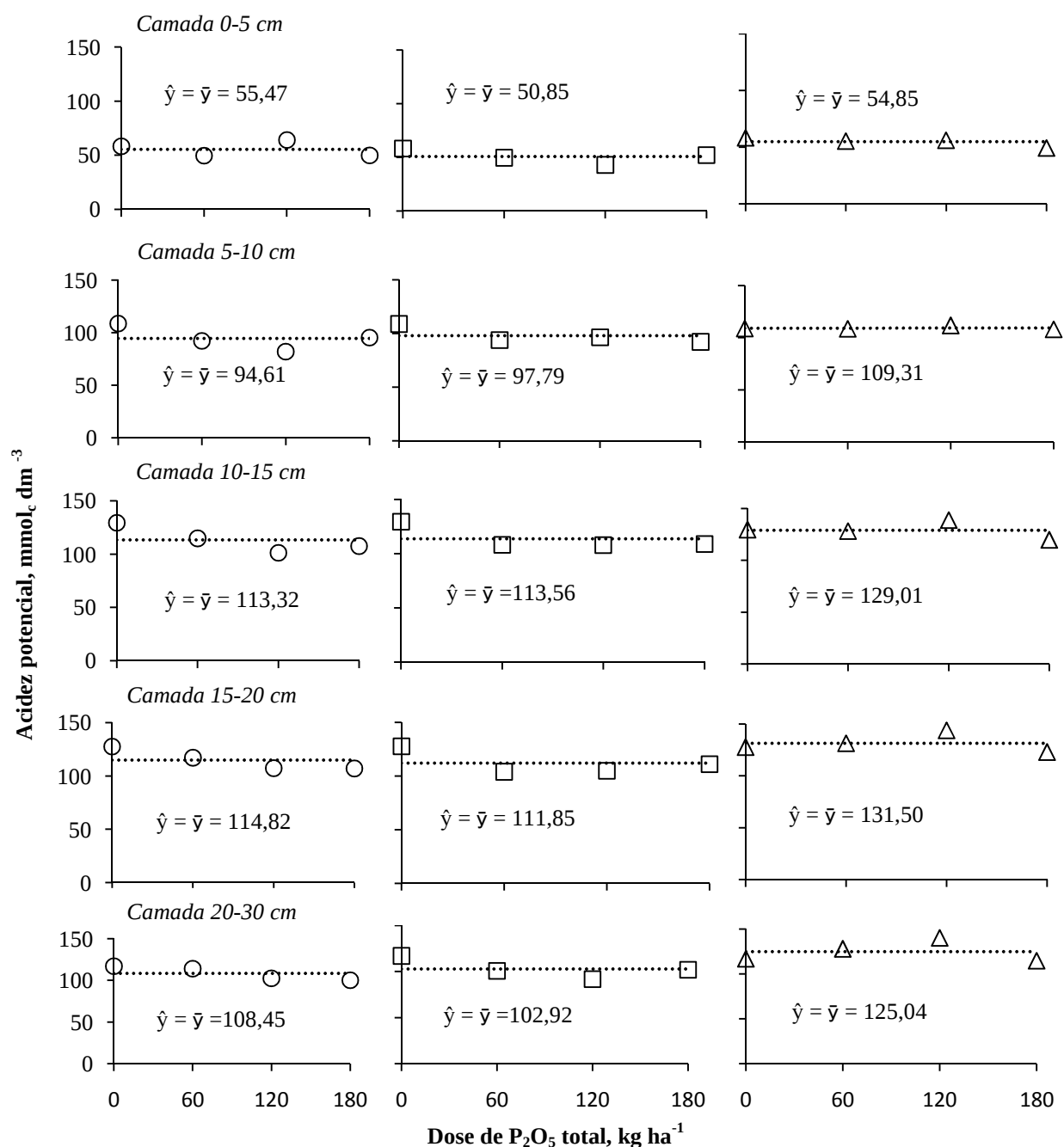


Figura 5. Acidez potencial (H+Al) do solo aos 12 meses após a aplicação superficial de fontes [superfosfato triplo ($\circ$), fosfato natural reativo ($\square$) e termofosfato magnésiano (Δ)] e doses de fósforo na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições.

As seguintes explicações dão suporte a essa hipótese: (i) nessas camadas, o pH do solo (em CaCl_2) se encontrava inferior a 4,6 (Figura 4) – que corresponde a pH 5,2 em água (VAN RAIJ, 1991); (ii) em condições de acidez onde o pH (em água) é inferior a 5,45, ocorre maior

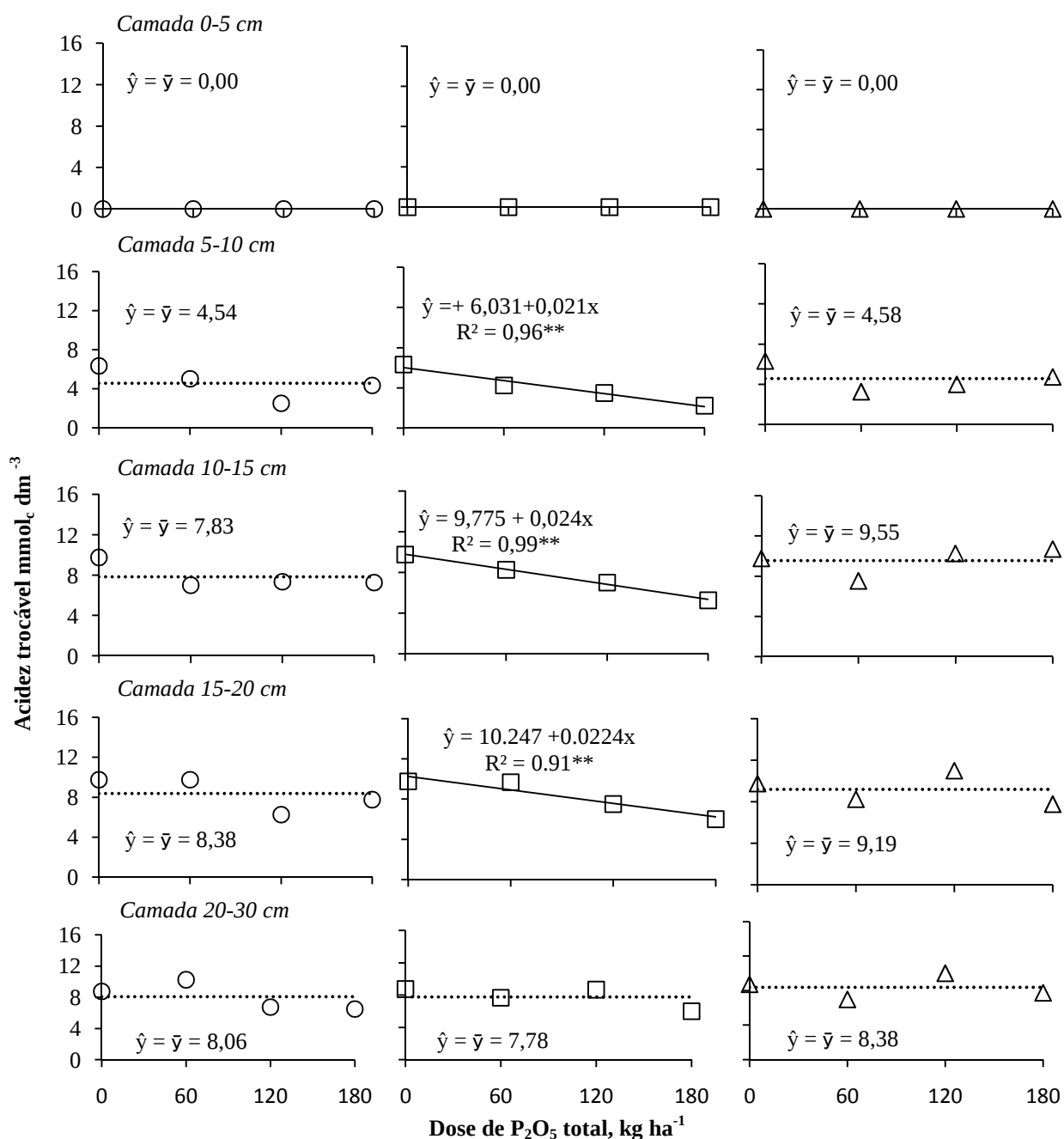


Figura 6. Acidez trocável [alumínio (Al) trocável] do solo aos 12 meses após a aplicação superficial de fontes [superfossato triplo (○), fossato natural reativo (□) e termofossato magnesiano (Δ)] e doses de fósforo na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições. **: significativo $P < 0,01$.

solubilização de FNR, além de haver maior facilidade para formação de complexos de maior estabilidade de P ligado ao Al (LINDSAY, 1979); (iii) apesar do fertilizante fosfatado ter sido

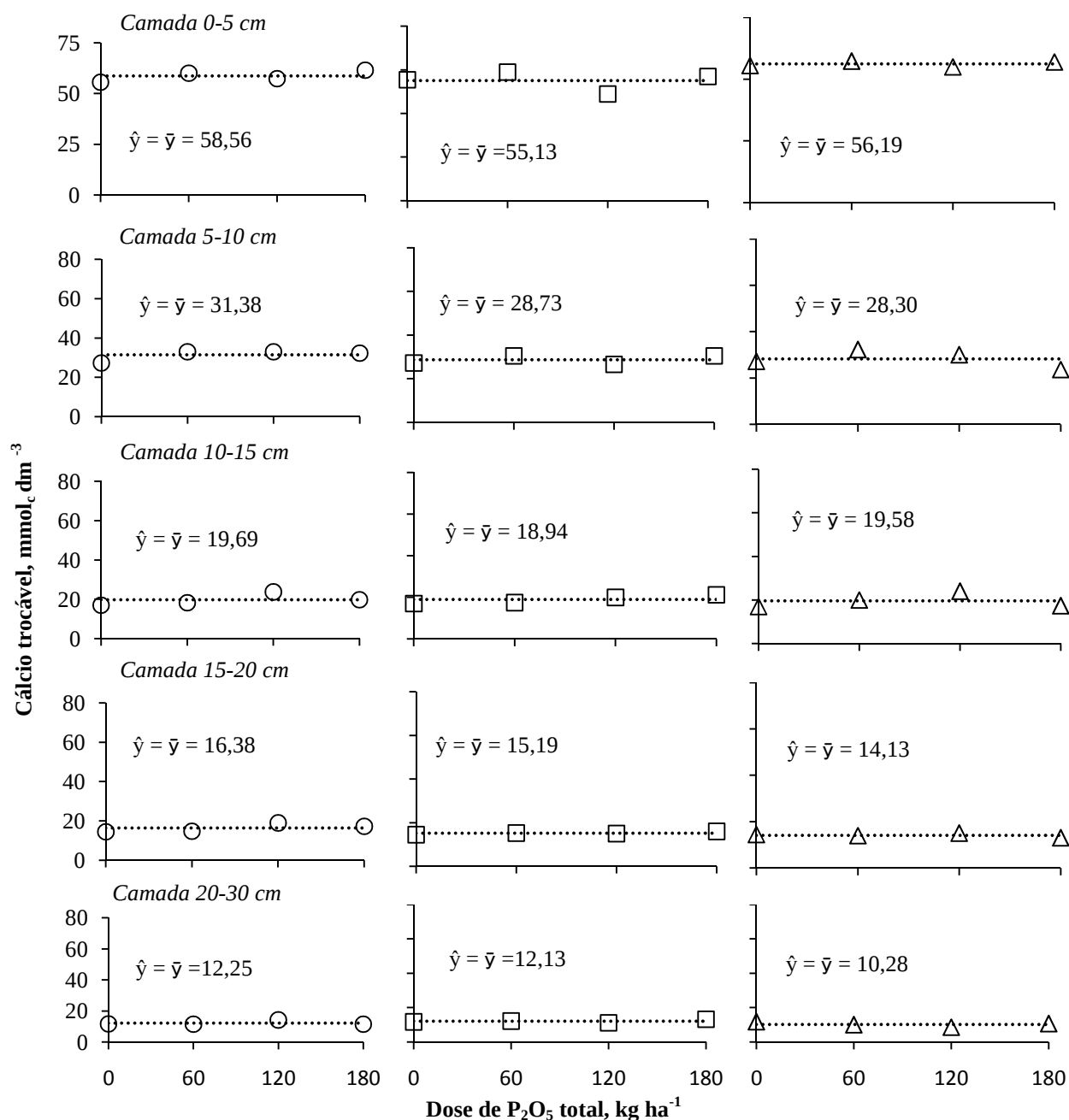


Figura 7. Cálcio (Ca) trocável do solo aos 12 meses após a aplicação superficial de fontes [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (□) e termofosfato magnésiano (Δ)] e doses de fósforo na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições

aplicado sob a palhada de soja (no início do experimento), o processo de semeadura da aveia preta proporcionou certa mobilização do solo, devido ao espaçamento entrelinhas (17 cm) e à profundidade de semeadura (aproximadamente de 6,0 cm) utilizados.

Os tratamentos empregados não alteraram as concentrações de Ca trocável (Figura 7). Considerando que o solo apresentava, em média, $28 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca trocável na camada de 0-30 cm (equivalente a 1106 kg ha^{-1}), o aporte ocasionado pelas doses dos fertilizantes fosfatados (até 23,4; 36,0 e $72,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de Ca, oriundo do SFT, FNR e TFM, respectivamente) não foram expressivos para alterar a faixa de fertilidade deste elemento no solo. Ainda, os teores médios de Ca trocável existente na camada 0-20 cm do solo foram da ordem de $30 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, considerados como médios ($20\text{-}40 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), segundo Pauletti (2004). Aumentos das concentrações de Ca trocável devido à aplicação de fertilizantes fosfatados têm sido mais evidentes em situação de solos de baixa CTC e/ou que possuem baixas concentrações deste nutriente em solução do solo (ERNANI et al., 2001).

As concentrações de Mg nas diferentes camadas do solo avaliadas não foram alteradas pelos tratamentos (Figura 8). O aporte de Mg devido às doses utilizadas de TFM foi desprezível (exemplo, aporte de $12,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mg devido à adição de 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 total via TFM). As outras fontes de P (SFT e FNR) na sua maior dose avaliada, não adicionaram o Mg, pois estes fertilizantes não contém Mg em suas composições (NOVAIS; SMYTH, 1999). Além do mais, os teores de Mg na camada 0-20 cm foram de aproximadamente $23,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (equivalente a $571,05 \text{ kg hectare de Mg}$), encontrando-se na faixa considerada alta (maior que $8,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), segundo Pauletti (2004).

As doses de P_2O_5 total via SFT e FNR não alteraram as concentrações de K trocável em todas as camadas estudadas (Figura 9). Todavia, o uso de doses de TFM resultou em aumento linear das concentrações de K trocável, com exceção da camada 0-5 cm (Figura 9). A ausência de efeitos na camada superficial (0-5 cm) pode ser devido à alta ciclagem

biogeoquímica ocasionada pelas plantas de cobertura (ou forrageiras) que ocupam o outono-inverno em SPD. Borkert et al. (2003) verificaram que a aveia preta (planta comumente cultivada na área experimental) tem sido importante planta recicladora de K. O efeito da aplicação de TFM sobre o aumento de K trocável nas demais camadas (5-10, 10-15, 15-20 e

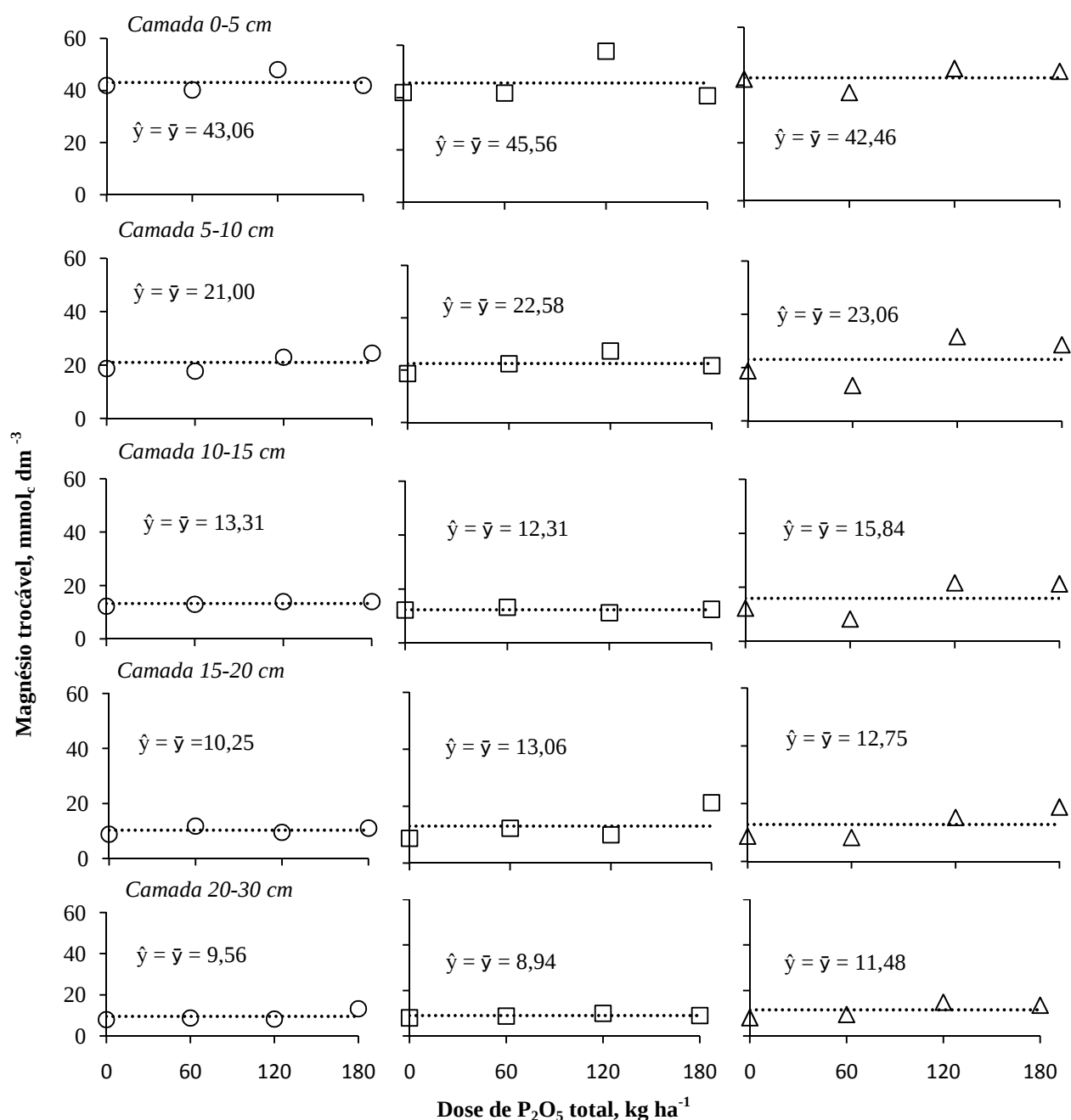


Figura 8. Magnésio (Mg) trocável do solo aos 12 meses após a aplicação superficial de fontes [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (□) e termofosfato magnesiano (Δ)] e doses de fósforo na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições

20-30 cm) pode ser resultante do possível aumento de cargas elétricas negativas (oriundas da adsorção específica de silicato do TFM) retendo este nutriente. Bedin et al. (2003) verificaram que, em solo tropical, a adição de silicato oriundo do TFM resultou em geração de cargas

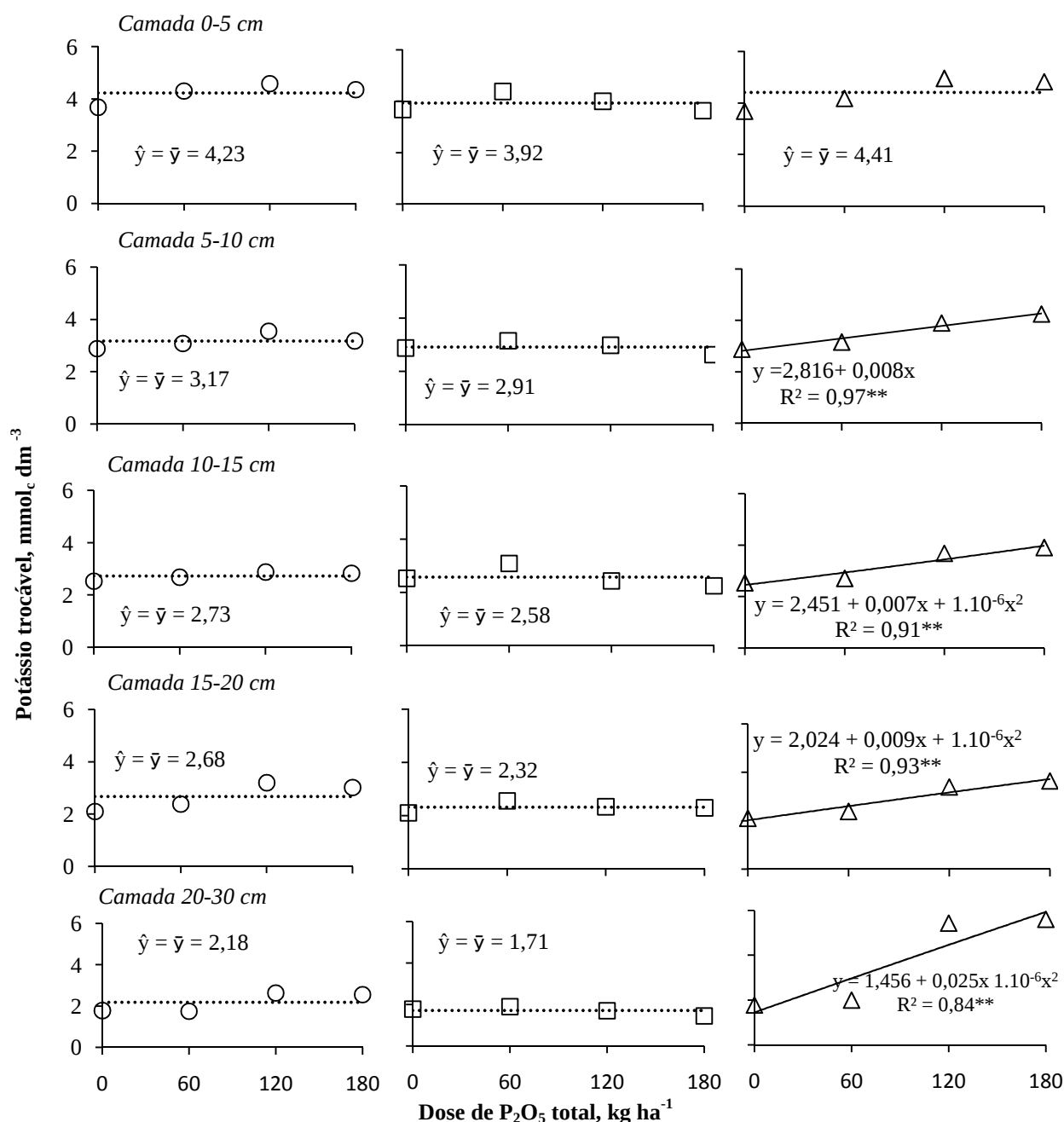


Figura 9. Potássio (K) trocável do solo aos 12 meses após a aplicação superficial de fontes [superfósfato triplo (○), fósforo natural reativo (□) e termofósforo magnésiano (△)] e doses de fósforo na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições. **: significativo a $P < 0,01$, respectivamente.

elétricas negativas e, conseqüentemente, em maior retenção de K nas camadas subsuperficiais do solo. Ainda, as concentrações médias de K existentes na camada 0-20 cm foram da ordem de $0,32 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (correspondendo a $24,96 \text{ kg ha}^{-1}$ de K), consideradas como baixas (menor que $1,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para as principais culturas (milho e soja) da região, segundo Pauletti (2004).

3.5.2. Fósforo e enxofre disponível

As doses e fontes de P ocasionaram apenas alterações nas concentrações deste nutriente na camada 0-5 cm (Figura 10). As concentrações de P aumentaram linearmente com o uso de SFT e TFM, enquanto que a adição de FNR ocasionou incremento quadrático deste nutriente no solo. Observa-se que os incrementos de P disponível (pelo extrator Mehlich-1) foram similares para o uso de SFT e TFM (Figura 10). Todavia, os teores de P-Mehlich-1 nos tratamentos que receberam FNR foram bem superiores aos observados para as demais fontes (Figura 1). Isso evidenciou a alta capacidade de extração de P ligado à Ca do extrator Mehlich-1 (SILVA; VAN RAIJ, 1999), superestimando as concentrações de P disponível (RESENDE et al., 2006). Maiores concentrações de P na camada superficial (Figura 10) pode ser devido ao fato de, nesta camada, ocorrer maiores concentrações de carbono orgânico total (Tabela 1), que ocasiona diminuição na adsorção específica de ortofosfato ($\text{P-H}_2\text{PO}_4^-$) e incremento na disponibilidade deste íon (GUPPY et al., 2005).

A ausência de efeitos da aplicação de fontes e doses de P nas demais camadas (5-10, 10-15, 15-20 e 20-30 cm) se deve aos seguintes fatores: (i) a aplicação dos fertilizantes foi realizada na superfície, sem incorporação; (ii) a migração de P em solo tropical é muito baixa, devido à alta adsorção do ortofosfato ($\text{P-H}_2\text{PO}_4^-$) nos óxidos de Fe e Al (NOVAIS; SMYTH, 1999); (iii) o efeito das plantas proporcionando incremento nas concentrações de P abaixo da camada superficial (devido à liberação deste nutriente oriundo de raízes mortas) tem sido

evidenciado, no SPD, apenas em estudos de médio-longo prazo, conforme observado em Sidiras & Pavan (1985). Ainda, as concentrações médias de P disponível observadas na

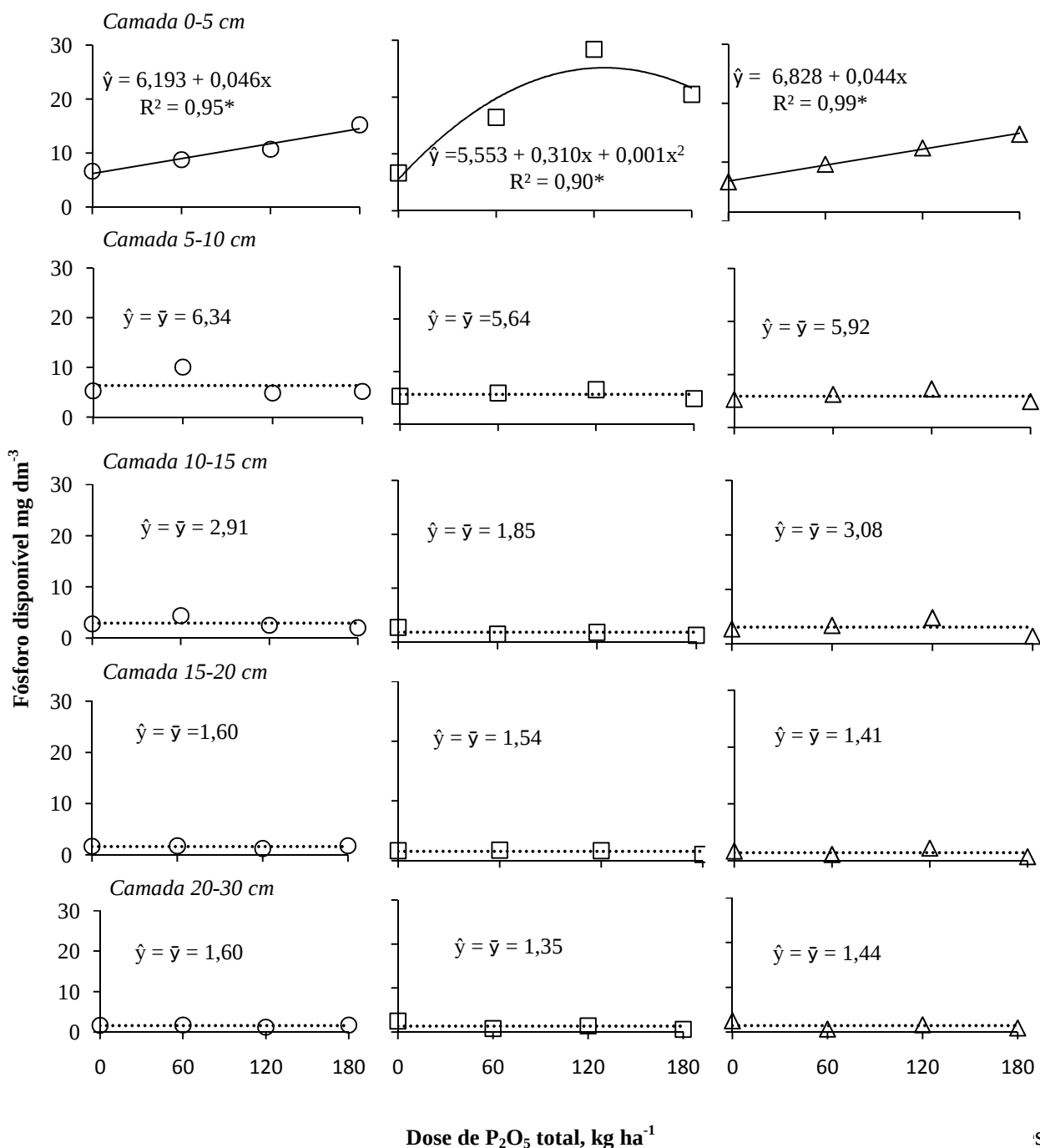


Figura 10. Fósforo (P) disponível no solo aos 12 meses após a aplicação superficial de fontes [superfósforo triplo (○), fosfato natural reativo (□) e termofósforo magnesiano (Δ)] e doses de fósforo na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições. *: significativo a $P < 0,05$.

camada 0-20 cm foram da ordem de 4 mg dm^{-3} – valor considerado como teor médio (3 a 8 mg dm^{-3}) para as principais culturas produtoras de grãos na região (soja e milho), conforme Pauletti (2004).

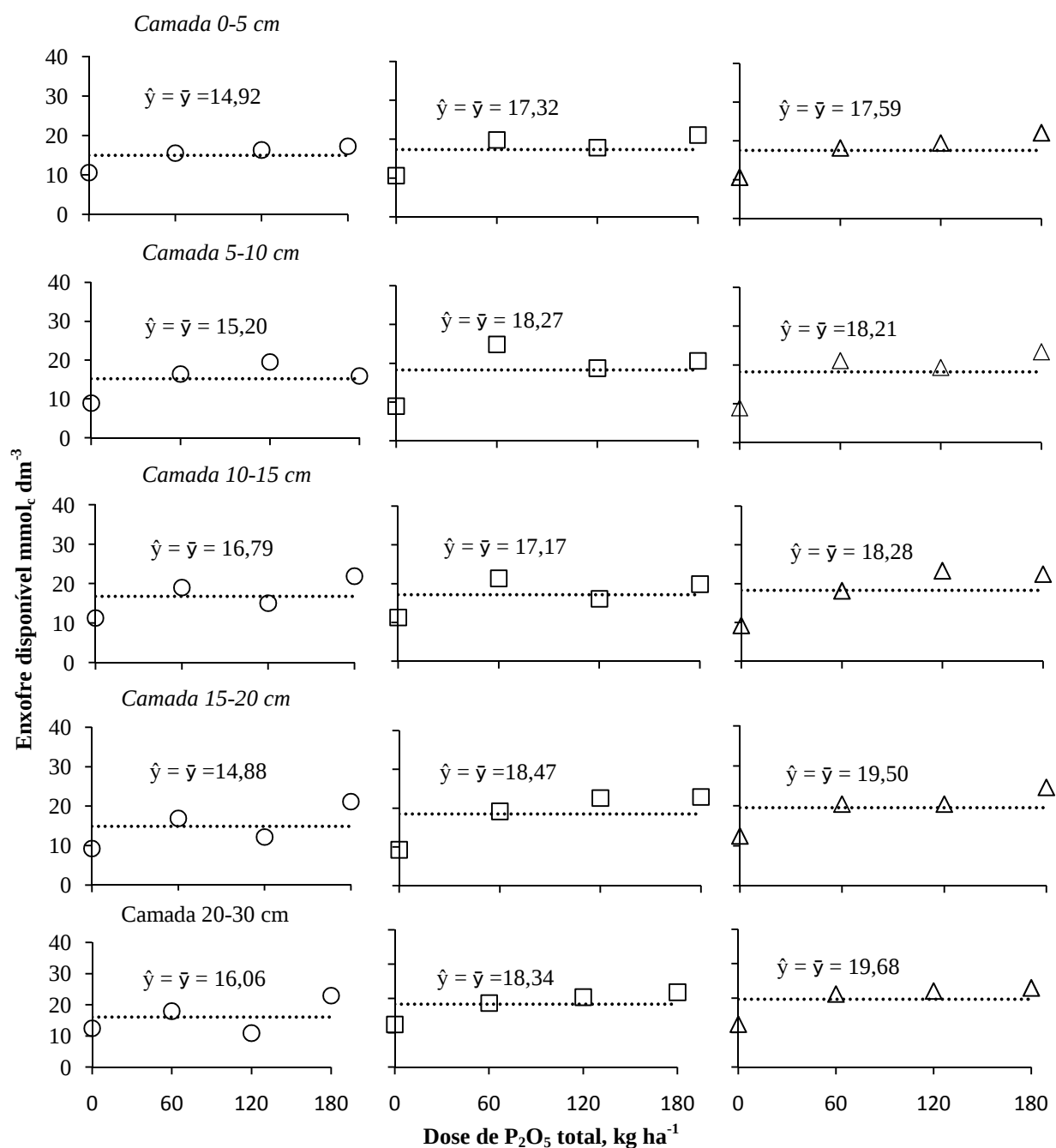


Figura 11. Enxofre (S) disponível no solo aos 12 meses após a aplicação superficial de fontes [superfósfato triplo (○), fosfato natural reativo (□) e termofosfato magnésiano (Δ)] e doses de fósforo na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições.

Os tratamentos empregados não ocasionaram alterações nas concentrações de S-SO_4^{2-} para todas as camadas estudadas (Figura 11). Esse fato pode ser explicado pelos seguintes fatores: (i) não ocorreu aporte de S via fertilização fosfatada. (ii) Devido ao curto prazo deste estudo, os tratamentos empregados não alteraram as concentrações de matéria orgânica do solo (teor alto de 50 g dm^{-3} na camada 0-20 cm – dados não apresentados); (iii) como aproximadamente 95% do S está associado aos compostos orgânicos do solo (YAMADA; ABDALLA; VITTI, 2007), espera-se que a alteração deste nutriente normalmente ocorre pela aplicação do mesmo na forma de fertilizantes (ou organominerais), ou mediante variação das concentrações de matéria orgânica do solo. Ainda, as concentrações médias de S-SO_4^{2-} presentes na camada 0-20 cm encontram-se abaixo do desejável ($25,8 \text{ mg dm}^{-3}$) para alta produção de grãos em SPD nos Campos Gerais do Paraná (CAIRES et al., 2002).

3.6. CONCLUSÕES

Após 12 meses da aplicação superficial de fontes (SFT, TFM e FNR) e doses (0, 60, 12 e 180 kg ha^{-1}) de P, a acidez do solo e as concentrações disponíveis de Ca, Mg e S foram pouco ou nada alterados. Porém, a aplicação de TFM aumentou as concentrações de K trocável abaixo da camada superficial (0-5 cm).

Os tratamentos empregados ocasionaram incrementos das concentrações disponíveis de P apenas na camada 0-5 cm. Nesse caso, foram similares os valores de P (extraído pela solução de Mehlich-1) para os tratamentos que receberam SFT e TFM. No entanto, o extrator Mehlich-1 superestimou as concentrações de P disponível.

4. AVEIA PRETA, MILHO E AZEVEM ANUAL NA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA SOB PLANTIO DIRETO SUBMETIDO A DOSES E FONTES DE FÓSFORO

4.1. RESUMO

A fertilização fosfatada antecipada para a cultura do milho na integração lavoura-pecuária (ILP) é algo recente e pouco estudado, particularmente, em sistema plantio direto (SPD). Os objetivos deste trabalho foram (i) avaliar os efeitos de fontes (superfosfato triplo – SFT, fosfato natural reativo – FNR, e termofosfato magnesiano – TFM) e doses de fósforo (P) (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total) sobre o rendimento de massa seca (MS) e exportação de nitrogênio (N), P e potássio (K) pelo animal mediante pastejo de aveia preta (2009) e azevém anual (2010); (ii) verificar a influência desses fertilizantes aplicados antecipadamente sobre a diagnose foliar e acúmulo (na parte aérea) de N, P e K, e o rendimento de grãos de milho (2009-10) na ILP sob SPD. O experimento foi instalado em abril/2009, no município de Castro-PR, na fazenda “Capão do Cipó”, em um Cambissolo Háplico, empregando-se delineamento experimental de blocos completos ao acaso com quatro repetições e dez tratamentos: T1 – sem aplicação de P (controle absoluto); T2-T4 – aplicação de 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total, respectivamente, na forma de superfosfato triplo (SFT); T5-T7 – aplicação de 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total, respectivamente, na forma de fosfato natural reativo (FNR) Arad; T8-T10 – aplicação de 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total, respectivamente na forma de termofosfato magnesiano (TFM). Foram avaliados o rendimento de MS e a exportação de N, P e K nas culturas de aveia preta e azevém anual. Também, foram realizadas diagnose foliar, acúmulo de N, P e K, e avaliação do rendimento de grãos de milho. A aplicação superficial com diferentes doses e fontes de P aplicados de maneira antecipada, em solos com teor médio de P e SPD consolidado, não alteraram o rendimento de grãos de milho, peso de grãos, teores foliares e acúmulo de N, P e K, contudo mantiveram o rendimento por área elevado. Já para a cultura da aveia preta a exportação de N, P e K mediante pastejo animal foi pouco ou nada alterada. Mesmo efeito ocorreu para o rendimento de matéria seca. Contudo, as fontes de maior solubilidade (SFT e TFM) apresentaram melhor eficiência de utilização, comparada, a fonte de menor solubilidade (FNR). O rendimento de matéria seca pela cultura do azevém anual foi pouco alterado pelos tratamentos estudados, apresentado apenas efeito quadrático no primeiro pré-pastejo para TFM. Todavia a exportação de nutrientes mediante pastejo animal apresentou pouco ou nenhum efeito mediante aplicação das fontes fosfatadas.

Palavras-chave: *Avena strigosa* Schreb., *Zea mays* L., *Lolium multiflorum* Lam., superfosfato triplo, fosfato natural reativo, termofosfato magnesiano.

BLACK OAT, MAIZE AND ANNUAL RYEGRASS IN A CROP-LIVESTOCK INTEGRATION UNDER NO-TILLAGE AFTER APPLICATION OF PHOSPHORUS SOURCES AND DOSES

4.2. ABSTRACT

The anticipated phosphate fertilization for maize cultivation in crop-livestock integration (CLI) is a recent practice, but few studied, mainly in no-till system (NTS). The objectives of this work were (i) evaluate the effects of phosphorus sources (triplesuperphosphate - TSP, reactive phosphate rock - RPR, and magnesium thermophosphate -MTP) and doses (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ of total P₂O₅) over the dry matter (DM) and nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) exportation by animal grazing of black oat (2009) and annual ryegrass (2010) incomes. (ii) To verify the influence of these fertilizers applied earlier over the and whole aerial part of (N, P e K), and yield of maize grain (2009-10) in the CLI in NTS. The experiment was installed at April/2009 in Castro (PR) on farm “Capão do Cipó”, of a vertic Fluventic Eutrocherepts. The design experimental used was randomized completed block with four repetitions of ten treatments: T1 - without application of P (absolute control); T2-T4 – application of 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ P₂O₅ total, respectively, as triplo superphosphate (TSP); T5-T7 – application of 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ P₂O₅ total, respectively, in the form of rock phosphate (RP) Arad; T8-T10 – application of 60, 120 and 180 kg ha⁻¹ P₂O₅ total, respectively in the form of magnesium thermophosphate (MPT). The income of DM and the exportation of N, P, e K in black oat, annual ryegrass and maize culture were evaluated. Also was realized leaf diagnosis and evaluation of maize grain yield. The superficial application of sources and doses of P did not influence the maize grain yield, the concentrations and accumulations of N, P and K. The surface application of different doses and sources of P applied so early, in soils with an average content of P and NTS consolidated, did not affect the maize grain yield, grain weight and leaf concentrations of N, P and K, bus kept the yield per hectare high. To the black oat culture, the export of N, P and K by grazing animals was little or nothing changed. Same effect was observed for dry matter income. However, the sources of higher solubility (TSP and MTP) showed greater efficiency of use, compared with the lower solubility sources (RPR). The dry matter income to annual ryegrass culture was few changed by the studied treatments, presented effect quadratic in the first pre-grazing to MTP. Nevertheless the export of nutrients by grazing animal presented little or no effect upon the application of phosphate sources.

Keywords: *Avena strigosa* Schreb., *Zea mays* L., *Lolium multiflorum* Lam., triple superphosphate, rock phosphate, magnesium thermophosphate.

4.3. INTRODUÇÃO

O agronegócio tem sido a principal fonte de riqueza no Estado do Paraná, sobretudo, na região dos Campos Gerais. Mais de 90% das áreas agrícolas dessa região têm sido cultivadas em sistema plantio direto (SPD). Esse sistema tem sido largamente utilizado em diversas regiões no mundo devido ao fato de proporcionar incremento do rendimento agrícola, redução de custos de produção, aumento da qualidade ambiental, melhoria de atributos biológicos, físicos e químicos do solo, devido ao incremento de carbono orgânico (LAL, 2006).

Todavia, apenas o SPD não tem sido o suficiente para proporcionar uma atividade agropecuária mais sustentável. Daí a importância de utilização de sistemas mais complexos, como exemplo a integração lavoura-pecuária (ILP). Essa prática caracteriza-se como um sistema integrado de produção que alterna, na mesma área, o cultivo de pastagens anuais ou perenes para a alimentação animal e de culturas destinadas à produção vegetal (principalmente, produção de grãos) (BALBINOT JUNIOR et al., 2009). A ILP consiste-se em uma forma de intensificação de uso do solo e diversificação das fontes de rendas, plausível de ser utilizada em pequenas, médias e grandes propriedades, em países desenvolvidos ou subdesenvolvidos (HERRERO et al., 2010).

As principais culturas integrantes dos sistemas de ILP dominantes no Sul do Brasil incluem milho (*Zea mays* L.) e soja (*Glycine max* (L.) Merr.), com objetivo de produção de grãos na primavera-verão, e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.), com propósito para produção de forragem durante o outono-inverno ou fitomassa para manutenção do SPD. Devido à baixa fertilidade natural dos solos brasileiros, o principal fator limitante para a produção vegetal tem sido, depois de corrigida a acidez, os baixos teores de fósforo (P) disponível (FAGERIA, 1998). Daí a necessidade de utilizar de modo mais eficientemente possível os fertilizantes (minerais, orgânicos e organominerais),

particularmente, fosfatados (FRESCO, 2003). Na ILP, o aumento da ciclagem de nutrientes proporcionado pelo pastejo animal (CARVALHO et al., 2010) pode favorecer a antecipação da fertilização fosfatada. Apesar de essa prática ser interessante do ponto de vista estratégico, tem sido pouco estudado e, talvez, é dependente da dose e características do fertilizante fosfatado empregado no sistema de produção.

Dentre as fontes utilizadas para adubação fosfatada, destacam-se: superfosfato triplo (SFT), termofosfato magnesiano (TFM) e fosfato natural reativo (FNR). Esses fertilizantes apresentam características distintas, sobretudo, quanto à solubilidade e efeito residual. O SFT possui alta solubilidade em água e baixo efeito residual (BARBOSA FILHO, 1984). O TFM é insolúvel em água, mas possui alta solubilidade em ácido cítrico; porém, apresenta alta eficiência de uso pelas plantas (MOREIRA; MALAVOLTA, 2001). Quanto ao FNR, este se caracteriza por ser um produto insolúvel em água, e de baixa solubilidade em ácido cítrico, com maior efeito residual ao longo dos cultivos (DA SILVA et al., 2009).

Neste trabalho serão testadas as hipóteses de que (i) o rendimento de massa seca (MS) e a exportação de nitrogênio (N), P e potássio (K) pela aveia preta e azevém anual aumentarão com a dose de P, independentemente da fonte utilizada; (ii) maior concentração e acúmulo (na parte aérea das plantas) de N, P e K e rendimento de grãos de milho serão observados nos tratamentos que receberão fertilizantes de maior solubilidade em água ou em ácido cítrico. Os objetivos do presente trabalho foram (a) avaliar os efeitos de doses (0, 60 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total) e fontes de P (SFT, TFM e FNR) sobre o rendimento de MS e exportação de N, P e K pelo animal mediante pastejo de aveia preta (2009) e azevém anual (2010); (b) verificar a influência desses fertilizantes aplicados antecipadamente sobre a diagnose foliar e acúmulo (na parte aérea) de N, P e K, e o rendimento de grãos de milho (2009-10) na ILP sob SPD.

4.4. MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1. *Descrições do local, histórico da área, delineamento experimental e tratamentos empregados*

O experimento foi instalado na Fazenda Capão do Cipó (latitude: 24°51'49"S, longitude: 49°56'61"W; altitude média: 1020 m), município de Castro (PR), em um Cambissolo Háplico. A região experimental encontra-se alocada no Primeiro Planalto Paranaense. O clima predominante na região, segundo a classificação de KOPPEN, é Cfb de verões frescos com a ocorrência de geadas frequentes, sem a presença de uma estação seca.

Por ocasião da instalação do experimento (abril/2009) o solo possuía os atributos apresentados na tabela 1. Anteriormente à instalação do experimento, a área encontrava-se manejada sob SPD, onde foram empregados os seguintes cultivos nos últimos cinco anos: aveia preta (2004)/milho (2004-05), azevém anual (2005)/soja (2005-06), trigo (2006)/soja (2006-07), aveia preta (2007)/milho (2007-08) e azevém anual (2008)/soja (2008-09). Após a colheita da soja (2008-09), procedeu-se a implantação do experimento, onde foram cultivados aveia preta (2009), milho (2009/10) e azevém anual (2010). Informações sobre precipitação pluvial e temperaturas médias, tanto do período experimental quanto do histórico climático local são mostradas na tabela 2.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos completos ao acaso com quatro repetições e 10 tratamentos, a saber: T1 – sem aplicação de P (controle absoluto) antes da semeadura das forrageiras anuais de inverno; T2-T4 – aplicação de 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total, respectivamente, na forma de SFT, por ocasião da semeadura da forrageira anual de inverno; T5-T7 – aplicação de 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total, respectivamente, na forma de FNR, por ocasião da semeadura da forrageira anual de inverno; T8-T10 – aplicação de 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total, respectivamente na forma de TFM, por ocasião da semeadura da forrageira anual de inverno. Todos os demais nutrientes e

inspluvialumos foram aplicados de modo a proporcionar adequado crescimento e desenvolvimento das culturas.

Tabela 2. Resultados de análises químicas e granulométricas do solo da área experimental, nas diferentes camadas, por ocasião da instalação do experimento (abril/2009).

Camada	pH ⁽¹⁾	H + Al	Al	Ca	Mg	K	CTC ⁽²⁾	V ⁽³⁾
cm		mmol _c dm ⁻³						%
0-5	5,3	70,7	0,0	57,3	37,0	0,5	165,6	57,5
5-10	4,7	89,9	0,4	30,4	21,9	0,3	143,0	36,7
10-15	4,5	103,9	0,6	20,1	18,0	0,3	143,0	26,8
15-20	4,5	104,0	0,6	16,9	16,9	0,3	138,8	24,7
20-30	4,5	98,4	0,6	13,2	17,6	0,2	130,2	24,0
	P ⁽⁴⁾	S	COT ⁽⁵⁾	NT ⁽⁶⁾	Argila	Silte	Areia	
	mg dm ⁻³		g dm ⁻³			g kg ⁻¹		
0-5	9,0	10,4	33,8	2,9	570	252	178	
5-10	4,6	11,4	30,5	1,8	610	218	172	
10-15	2,0	13,4	27,8	1,7	620	212	168	
15-20	1,0	16,1	26,2	1,4	620	217	163	
20-30	2,0	19,6	23,2	1,1	640	214	146	

⁽¹⁾ pH em solução de cloreto de cálcio 0,01 mol L⁻¹.

⁽²⁾ CTC: capacidade de troca de cátions a pH 7,0.

⁽³⁾ V: saturação por bases.

⁽⁴⁾ P disponível por solução de Mehlich-1.

⁽⁵⁾ COT: carbono orgânico total.

⁽⁶⁾ NT: nitrogênio total.

Tabela 3. Precipitação pluvial e temperatura média do ar, durante os anos de 2009 e 2010 da área experimental localizada no município de (Castro-PR), (FUNDACAO ABC, 2011).

Ano	Mês												Média
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Precipitação, mm													
2009	248	215	78	21	78	89	314	69	222	181	115	124	146,2
2010	200	110	122	151	113	55	75	21	53	112	109	212	111,1
Histórico ⁽¹⁾	198	162	150	92	112	113	91	79	134	156	126	152	130,4
Temperatura média do ar, °C													
2009	19,2	19,4	19,6	18,5	15,3	14,6	12,3	14,4	13,3	17,1	17,5	19,9	16,8
2010	19,5	19,4	19,7	19,3	16,1	14,1	12,2	13,8	14,4	17,5	16,9	19,8	16,9
Histórico ⁽²⁾	19,5	19,6	19,7	18,5	15,3	14,6	12,3	14,4	13,3	17,1	17,5	19,9	16,8

⁽¹⁾ Média histórica para precipitação, ocorrida na área experimental nos últimos 40 anos.

⁽²⁾ Média histórica para a temperatura do ar, referente à área experimental nos últimos 6 anos.

Cada parcela apresentava área total e útil de 425 m² (17 x 25 m) e 273 m² (desprezando-se 2,0 m de bordadura), respectivamente, perfazendo um total de 40 parcelas experimentais.

4.4.2. Cultivo de aveia preta (2009), milho (2009/10) e azevém anual (2010)

A semeadura da aveia preta cv. IAPAR 61 (Ibiporã) foi realizada no dia 28 de abril de 2009, após a aplicação superficial, em área total, dos fertilizantes fosfatados (para cada um dos tratamentos em questão). Foi utilizado espaçamento entrelinhas de 17 cm e densidade de 250 sementes (puras viáveis) m⁻² (equivalente a 40 kg ha⁻¹ de sementes). Por ocasião da semeadura da aveia preta foram aplicados 61 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia [CO(NH₂)₂ – 450 g kg⁻¹ de N] e 59 kg ha⁻¹ de K, na forma de cloreto de potássio (KCl – 580 g kg⁻¹ de K₂O). A primeira fertilização de cobertura foi realizada aos 18 dias após a emergência (DAE) da aveia preta, empregando-se 60 kg ha⁻¹ de N (na forma de uréia). A segunda fertilização de cobertura foi realizada aos 75 DAE – período correspondente ao final do primeiro pastejo, empregando-se a mesma dose e fertilizante utilizado na primeira fertilização de cobertura.

O pastejo da aveia preta foi iniciado e finalizado quando esta cultura se encontrava com 30 e 15 cm de altura, respectivamente com lotação média de 4,5 Unidade animal (U.A.). A altura das plantas foi medidas através do bastão graduado (*sward stick*), conforme Barthram (1985). Foi adotado o sistema de pastejo rotacionado, sendo que os animais permaneceram em pastejo durante 5-6 dias em cada bloco. Todavia após o ultimo pastejo, foi deixado um período de 21 dias para a recuperação da pastagem de aveia preta e produção de fitomassa para a manutenção do SPD. Após, procedeu-se o manejo da fitomassa com glifosate, empregando-se 1440 g ha⁻¹ de ingrediente ativo (i.a.) (N-(fosfonometil) glicina, C₃H₈NO₅P).

Aos 30 dias após a dessecação da aveia preta, procedeu-se a semeadura do milho, utilizando-se espaçamento entrelinhas de 80 cm e densidade de cinco plantas m⁻¹, que proporcionou estande final de 62500 plantas ha⁻¹. Foi utilizado o híbrido simples 30F53 –

material adaptado à região que proporciona altos rendimentos e respostas às adubações (PFANN et al., 2009). Foram aplicados, por ocasião da semeadura do milho, 68 e 73 kg ha⁻¹ de N (na forma de uréia) e K (na forma de KCl), respectivamente. Todo fertilizante fosfatado foi aplicado (com exceção do tratamento T1) por ocasião da cultura anterior (aveia preta). A emergência das plantas ocorreu aos sete dias após a semeadura. A fertilização de cobertura foi realizada aos 15 DAE, quando o milho se encontrava no estágio V4 (com quatro folhas completamente expandidas), empregando-se 68 kg ha⁻¹ de N (na forma de uréia), com condições climáticas adequadas para solubilização e disponibilização de N às plantas. O florescimento e a colheita do milho ocorreram aos 63 e 122 DAE. Demais práticas agronômicas foram empregadas (como por exemplo, tratamento de sementes, controle de plantas daninhas, pragas e doenças) de modo a permitir o adequado crescimento e desenvolvimento da cultura.

Após a colheita do milho, procedeu-se a semeadura do azevém anual, no dia 15 de abril de 2010. Foi empregado espaçamento entrelinhas de 17 cm, densidade de 400-500 sementes (puras viáveis) m⁻², correspondendo a 20 e 10 kg ha⁻¹ de sementes dos cultivares Barjumbo e ABC 1, respectivamente. Antes da semeadura, procedeu-se a aplicação dos tratamentos (doses e fontes de fertilizantes fosfatados distribuídos na superfície do solo, em área total). A fertilização por ocasião da semeadura do azevém anual foi realizada a base de 34 e 37 kg ha⁻¹ de N (na forma de uréia) e K (na forma de KCl). Esses produtos e doses também foram aplicados por ocasião da fertilização de cobertura, aos 132 DAE.

O pastejo foi iniciado e finalizado quando o azevém anual se encontrava com 25 e 10 cm de altura, respectivamente. A forma de avaliação da altura do azevém anual (2010) e o sistema de pastejo adotado foram similares aos utilizados por ocasião do cultivo de aveia preta (2009). Porém, os animais permaneceram na área cerca de 5-7 dias. Depois do último

pastejo, foi deixado um período de 28 dias para que ocorresse a recuperação da pastagem e a produção de fitomassa, visando à manutenção do SPD.

4.4.3. Avaliações em campo, determinações laboratoriais e análises estatísticas

Nas culturas da aveia preta (2009) e azevém anual (2010) foram avaliadas as quantidades de fitomassa e nutrientes exportados, nas ocasiões de entrada e saída dos animais. Esses atributos também foram monitorados por ocasião da dessecação do azevém anual e da aveia preta para manutenção do SPD com herbicida glifosate. Todas as avaliações de fitomassa do azevém anual foram realizadas mediante amostragem aleatória, com gaiolas de exclusão (duas gaiolas/parcela), fabricadas com ferro $\frac{1}{2}$ polegada de diâmetro e fechadas com tela de arame de malha 5,0 cm. O procedimento para amostragem constituiu-se na escolha, ao acaso, de áreas para alocação de duas gaiolas $0,17 \text{ m}^2$ dentro de cada parcela perfazendo um total de $0,34 \text{ m}^2$, na ocasião de entrada e saída dos animais desprezando 2,0 m de bordadura, na ocasião de entrada e saída dos animais, visando a obtenção das amostras de pré e pós-pastejo, adaptado de Poli et al. (2008).

As amostras de aveia preta e azevém anual foram pesadas para obtenção da massa verde de forragem em seguida foi retirado subamostras, acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas para o laboratório, onde foram realizados os procedimentos de: (i) lavagem com água deionizada; (ii) secagem em estufa a 65°C com circulação forçada de ar até atingir massa constante; (iii) quantificação da MS; (iv) moagem em moinho do tipo “Wiley” equipado com malha de 0,85 mm, seguido de armazenagem em recipientes plásticos tampados até a realização das análises químicas; (v) determinações analíticas, empregando-se os métodos sugeridos por Malavolta et al. (1997). As concentrações de N foram determinadas mediante digestão sulfúrica e destilação pelo método semi-micro-Kjeldahl. As concentrações de P e K foram realizadas por meio de digestão nítrico-perclórica e leitura por

espectrofotometria de absorção molecular (EAM) para P, e espectrofotometria de emissão em chama, para K.

Na cultura do milho (2009/10), procedeu-se a diagnose foliar mediante a retirada de 30 amostras (por parcela) do terço médio da folha oposta e abaixo da espiga, no estágio R1 (por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina), conforme Malavolta et al, (1997). Ainda, quando o milho se encontrava no estágio R3 (grão leitoso) foi amostrado 1,0 m de plantas por parcela, visando quantificar o acúmulo de nutrientes na parte aérea da cultura. Nesse caso, foram obtidas subamostras de folhas, colmos+inflorescência masculina e espigas, que foram enviadas para o laboratório, preparadas e analisadas de modo similar ao realizado para as amostras de aveia preta e azevém anual. A concentração de nutrientes acumulada na parte aérea do milho foi obtida pelo somatório dos mesmos existentes nas subamostras de folhas, colmos+inflorescência masculina e espigas. O acúmulo de nutrientes em cada subamostra multiplicada pela MS resultou na quantidade acumulada (de nutrientes).

Após a maturação fisiológica do milho (estádio R6), foram colhidas quatro linhas centrais por 10,0 m de comprimento, perfazendo uma área de 32 m² por parcela. O milho colhido foi trilhado e procedeu-se a quantificação do rendimento de grãos corrigido para 130 g kg⁻¹ de umidade. Também foi avaliado o peso de mil sementes (PMS) de milho.

Foram realizadas análises de regressão por polinômios ortogonais para cada uma das fontes de P estudadas. Os efeitos de doses de P foram ajustados aos modelos linear ou quadrático para cada uma das variáveis resposta (rendimento de MS, acúmulo, exportação e concentração de nutrientes e rendimento de grãos). Todas as análises estatísticas foram realizadas mediante uso do programa estatístico SAS Versão 9.1.2 (SAS, 2004).

4.5. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.5.1. Aveia preta

As quantidades de N e K exportadas (obtidas pelas diferenças dos acúmulos de pré e pós pastejo) pela aveia preta através do pastejo animal não foram alteradas pela adição de SFT (Figura 5). Todavia, foi observado efeito quadrático na quantidade exportada de P mediante o uso de SFT (Figura 5). As demais fontes de P não alteraram as quantidades de N, P e K exportadas (Figura 5). O efeito do SFT pode ser devido a sua alta solubilidade, disponibilizando P no sistema e ocasionando maior absorção e aproveitamento deste nutriente pelas plantas, em curto espaço de tempo (MALAVOLTA et al., 1997).

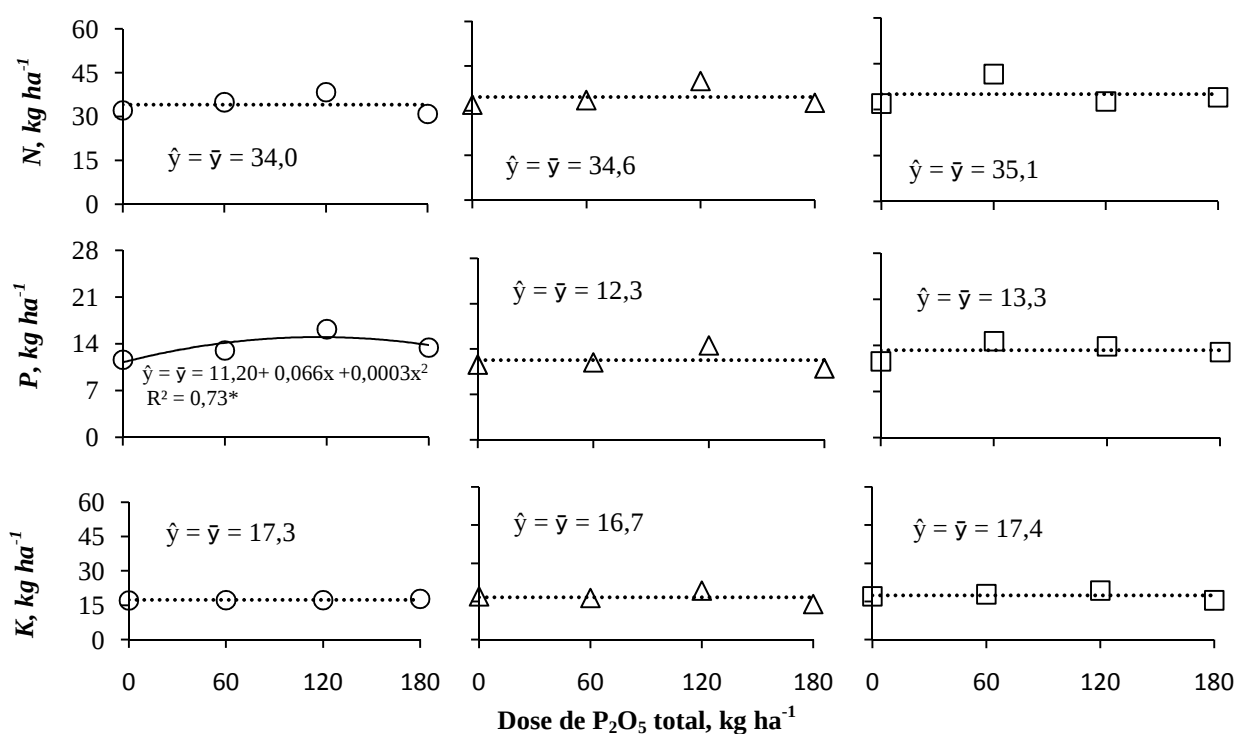


Figura 12. Exportação de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) pela cultura da aveia preta, após aplicação superficial em área total de fontes de P [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (Δ) e termofosfato magnesiano (□)] e doses de P, na integração lavoura pecuária sob sistema plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições. *: significativo a $P < 0,05$.

O rendimento de MS no primeiro pré e pós-pastejo e no segundo pré-pastejo não foi alterado pelas doses de SFT (Figura 6). Todavia, foi observado aumento linear e efeito quadrático do rendimento de MS no segundo pós-pastejo e na fitomassa residual devido à adição de doses de SFT respectivamente (Figura 6). O máximo rendimento de MS por ocasião da avaliação da fitomassa residual (no momento da dessecação) foi de 83 kg ha^{-1} de P_2O_5 na forma de SFT. O fato de não terem sido observadas alterações no rendimento de MS no primeiro pastejo está coerente. O P é um nutriente fundamental no controle da emissão de folhas e perfilhos de gramíneas (GUEDES et al., 2009;). Portanto, a sua aplicação (sobretudo, mediante uso de fonte de alta solubilidade em água – SFT) não resultou em alterações no início, mas tais efeitos foram evidentes à medida que as plantas foram submetidas às situações de pastejo e perfilhamento (Figura 6). Essas observações concordam com àquelas realizadas por Ferreira et al. (2008).

Com relação ao FNR, os rendimentos de MS não foram alterados pelas doses desse produto, com exceção da fitomassa residual que apresentou ligeiro decréscimo (Figura 6). O fato de o FNR ser insolúvel em água e apresentar baixa solubilidade em ácido cítrico diminuem a sua eficiência a um curto espaço de tempo sendo esperada a ausência de efeito. Porém ocorreu fato isolado na diminuição do rendimento de MS com aumento das doses de P, não sendo esperado este resultado. Portanto, os efeitos da aplicação de FNR normalmente são observados ao longo dos anos, em estudos de médio-longo prazo (RESENDE et al., 2006).

Para o TFM, os rendimentos de MS não foram alterados no primeiro pré e pós-pastejo e no segundo pré-pastejo. Foram observados incrementos linear e quadrático para o uso de doses de TFM no segundo pós-pastejo e na fitomassa residual respectivamente (Figura 6). Nesse caso, o máximo rendimento de MS da fitomassa residual ocorreria mediante o uso de 69 kg ha^{-1} de P_2O_5 total na forma de TFM. As explicações, nesse caso, são similares àquelas apresentadas para os tratamentos que receberam SFT. No entanto, a dose de P_2O_5 total

necessária para obtenção do máximo rendimento de MS foi 14 kg a menos quando se utilizou TFM. Isso demonstra a alta eficiência de silicofosfatos pelas plantas. A maior eficiência do

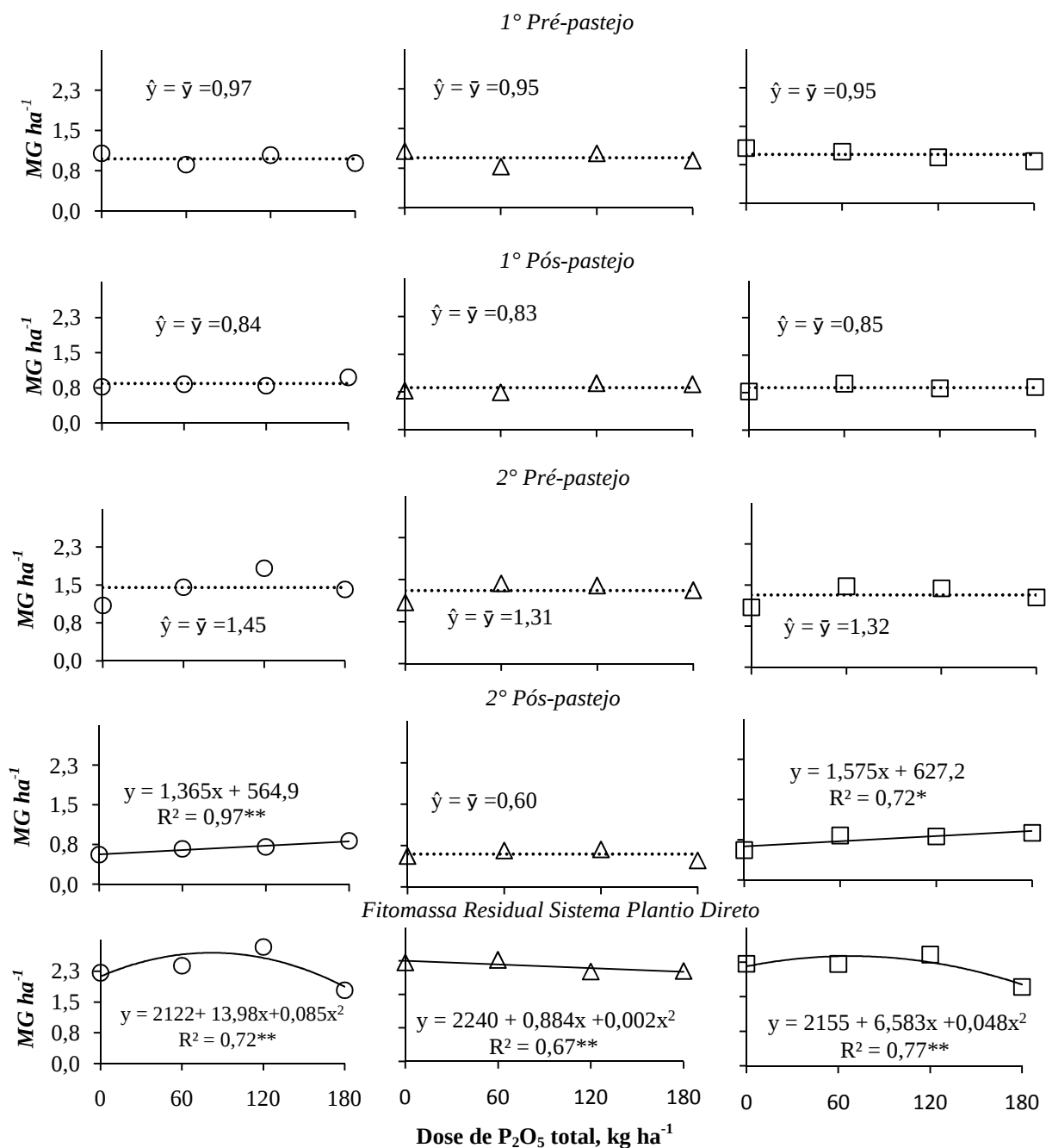


Figura 13. Rendimento de matéria seca, pela cultura da aveia preta, no momento de entrada (Pré-Pastejo) e saída (Pós-Pastejo) dos animais dos piquetes, após aplicação de P sob superficial em área total de fontes [superfósforo triplo (○), fósforo natural reativo (Δ) e termofósforo magnesiano (□)] e doses de fósforo, na integração lavoura pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições. * e **: significativo $P < 0,05$ e significativo a $P < 0,01$, respectivamente.

TFM se deve aos seguintes fatores: (i) trata-se de produto de liberação de P mais lenta que o SFT, diminuindo a probabilidade de adsorção de P nos colóides do solo (BEDIN et al., 2003); (ii) o silício tende a sofrer adsorção mais rápida nos colóides do solo que o fosfato, deixando este nutriente mais disponível às plantas (CARVALHO et al., 2001); (iii) o TFM possui Mg na sua composição e este nutriente atua como carregador de P na planta, favorecendo a absorção e aproveitamento do mesmo (MALAVOLTA, 1997).

Contudo, os rendimentos de MS observados no presente estudo encontram-se dentro do esperado para o cultivar IAPAR 61 Ibiporã. Esse cultivar, segundo (IAPAR... 2010), pode atingir (durante o ciclo de 134 dias) rendimentos de 4728 e 8358 kg ha⁻¹ de MS, nas condições de cinco cortes e cultivo para cobertura do solo, respectivamente. Ainda, os efeitos do SFT e TFM certamente foram favorecidos pelo déficit hídrico que ocorreu nos primeiros 47 dias (Tabela 2). Devido ao fato de o P favorecer o crescimento radicular das plantas (CRUSCIOL et al., 2005), há maior potencial de resposta à fertilização fosfatada em condição de menor disponibilidade de água (POZZA et al., 2002), mesmo em culturas mais rústicas, como é o caso da aveia preta.

4.5.2. Milho

O rendimento de grãos de milho e o PMS não foram influenciados pela aplicação superficial de fontes e doses de P aplicado antecipadamente, por ocasião da semeadura da cultura anterior – aveia preta (Figura 2). Isso pode ser explicado pelos seguintes fatores: (i) o solo possuía, por ocasião da instalação do experimento (Tabela 1), teor médio (3-8 mg dm⁻³) de P (Melich-1) e alto (maior ou igual a 50g dm⁻³) de matéria orgânica segundo Paulletti (2004), implicando, certamente, em menor fixação de P e maior liberação deste nutriente às plantas (AITA et al., 1994; BERTOL et al., 2004); (ii) a precipitação foi adequada ao longo de todo o ciclo da cultura (Tabela 2); (iii) altas concentrações de matéria orgânica implica em

boa reserva de P orgânico no solo, que pode ser mineralizado (SHAFQAT; PIERZYNSKI; XIA, 2009), (iv) à combinação desses fatores associada ao possível aumento da ciclagem de nutrientes, que tem sido comum na ILP (CARVALHO et al., 2010); (v) ao curto prazo do presente estudo. Salienta-se que o rendimento médio de milho do presente estudo foi bem superior àqueles observados nas condições de lavouras paranaenses e brasileiras. A média dos rendimentos de milho no Estado do Paraná e Brasil tem sido da ordem de 7,7 MG ha⁻¹ (SEAB... 2011) e 4,4 MG ha⁻¹ (EMBRAPA...2011), respectivamente. Com relação ao PMS, os valores observados neste estudo foram superiores aos observados por Argenta et al. (2001), mas coerentes com as observações por Rizzard et al. (1994) e Ferreira et al. (2001).

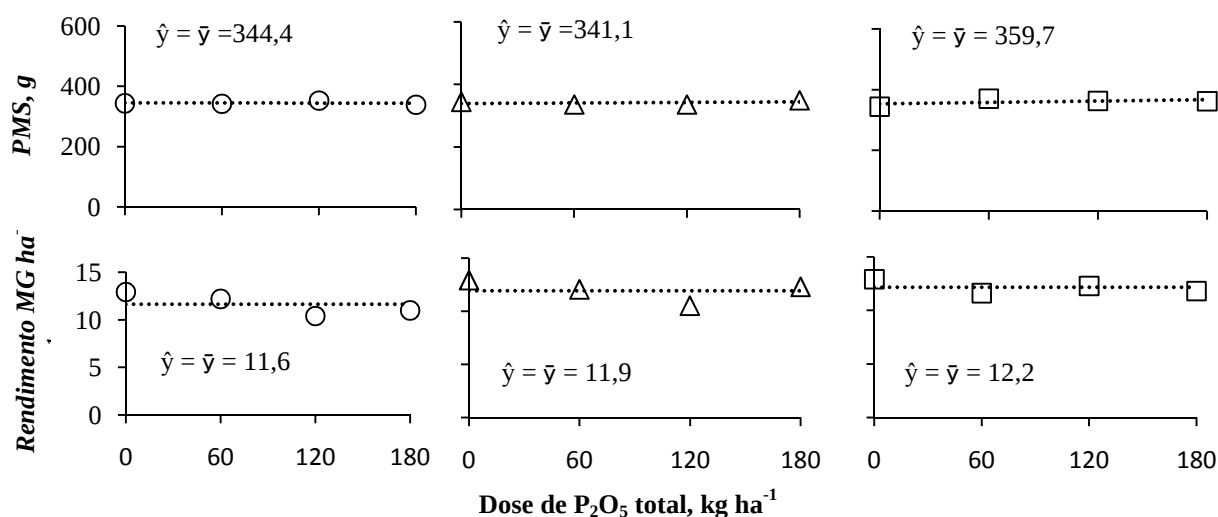


Figura 14. Rendimento de grãos de milho e peso de mil sementes (PMS), após aplicação superficial de fontes [superfósforo triplo (○), fósforo natural reativo (□) e termofósforo magnésiano (Δ)] e doses de fósforo na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições.

Apesar de o milho, ser uma cultura responsiva à aplicação de P (FOLONI et al., 2008), não foi observado, no presente estudo, incremento no teor foliar de N, P e K (Figura 3). Em outros experimentos, tem sido relatados incrementos nos teores foliares destes nutrientes mediante a aplicação de P (NAKAGAWA et al., 2005; BARRETO; FERNANDES, 2002).

Todavia, trata-se de estudos realizados em solos com fertilidade bem inferior ao do presente estudo. Ainda, salienta-se que as concentrações foliares verificadas neste estudo encontram-se acima das faixas consideradas como adequadas para N (27,5-32,5 g kg⁻¹), P (2,5-3,5 g kg⁻¹) e K (17,5-22,5 g kg⁻¹), conforme Malavolta et al. (1997).

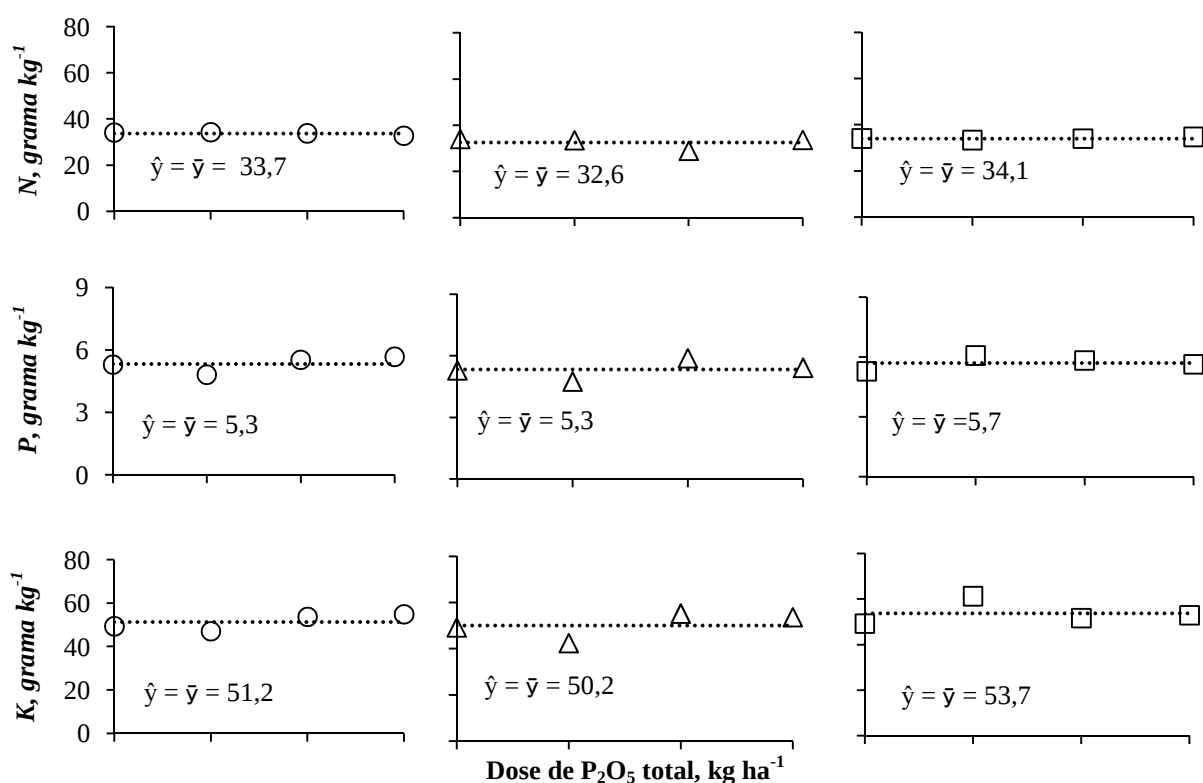


Figura 15. Concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) por ocasião da diagnose foliar do milho, após aplicação antecipada sob superficial em área total de fontes de P [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (Δ) e termofosfato magnesiano (□)] e doses de fósforo, na integração lavoura pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições.

Os acúmulos de N, P e K na parte aérea do milho não foram influenciados pelos tratamentos (Figura 4). Isso pode ser atribuído aos seguintes fatores: (i) a capacidade que o solo possuía em suprir a exigência da cultura durante o seu ciclo de desenvolvimento (AITA et al., 1994); (ii) a adequada disponibilidade de água ao longo do ciclo da cultura (Tabela 2), favorecendo a difusão de P até as raízes e absorção deste e outros nutrientes (Malavolta,

2006); (iii) a maior ciclagem de nutrientes nas áreas de ILP sob sistema plantio direto (CARVALHO et al., 2010).

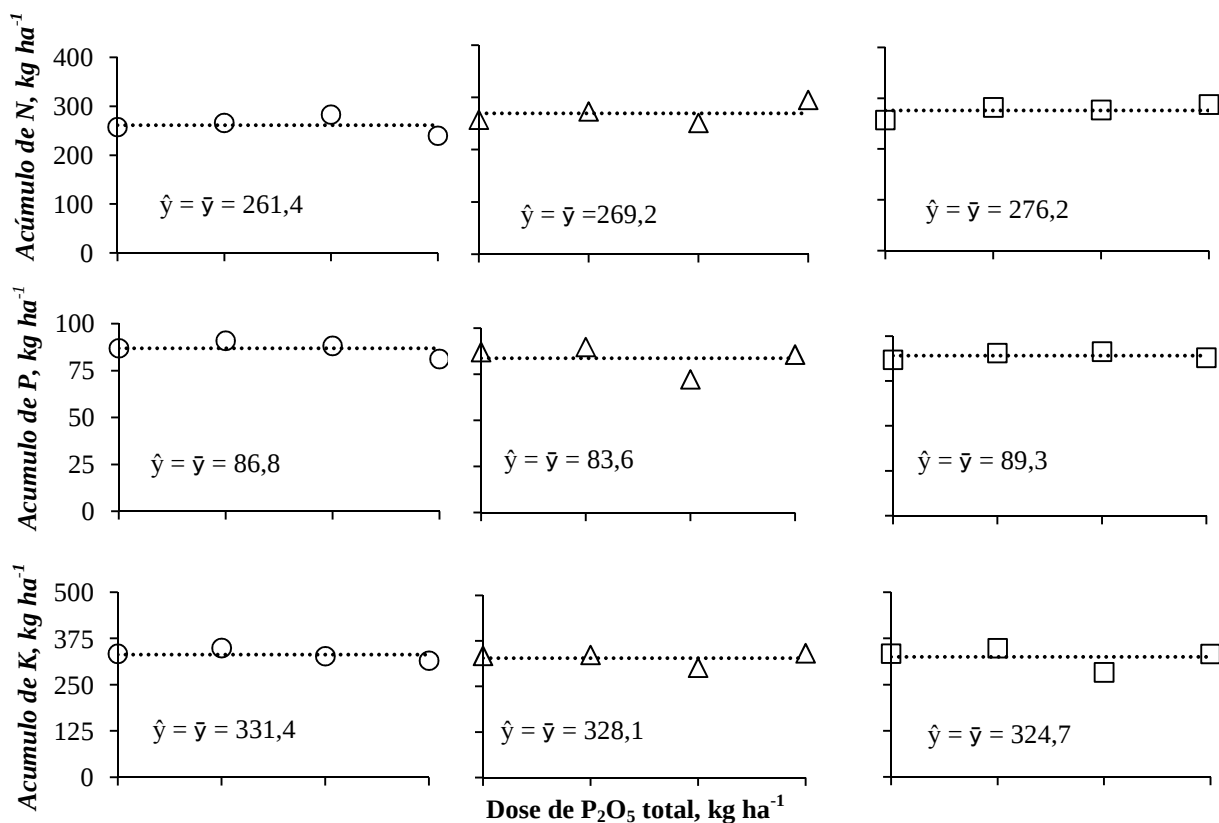


Figura 16. Acúmulo de nutrientes (N, P e K) na planta de milho, após aplicação antecipada sob superficial em área total de fontes de P [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (Δ) e termofosfato magnésiano (□)] e doses de fósforo, na integração lavoura pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições.

4.5.3. Azevém anual

As exportações de N, P e K, mediante o pastejo animal, não foram influenciadas pelos tratamentos, com exceção para o P (Figura 7). Salienta-se que a adição de FNR, inesperadamente, ocasionou diminuição na exportação de P (Figura 7), certamente, devido à sua baixa capacidade de disponibilização deste nutriente às plantas (ONO et al., 2009; SANTOS, et al., 2008). Todavia, o azevém anual, no presente estudo, cresceu e desenvolveu em condições adequadas de precipitação (Tabela 2), possibilitou a realização de três pastejos e apresentou elevadas quantidades de nutrientes exportados (Figura 7). A alta exportação de

nutrientes devido o pastejo animal, influenciou o crescimento radicular em solo de boa fertilidade (GOMIDE, 1998) e altos teores da matéria orgânica.

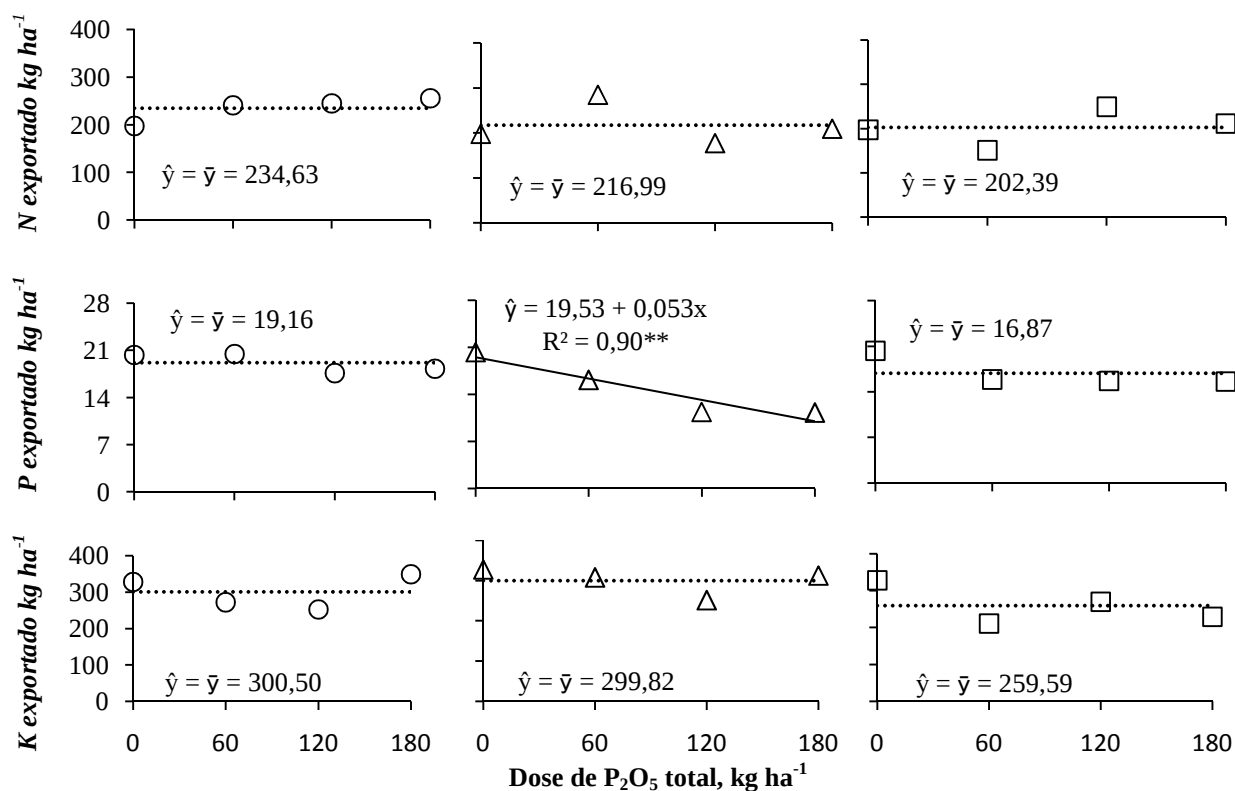


Figura 17. Exportações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) pela cultura do azevém anual, após aplicação superficial em área total de fontes de P [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (Δ) e termofosfato magnesiano (□)] e doses de fósforo, na integração lavoura pecuária sob plantio direto. Pontos são médias de quatro repetições. **: significativo a $P < 0,01$.

Os tratamentos empregados não alteraram os rendimentos de MS no primeiro, segundo e terceiro pré e pós-pastejo e ainda, no acúmulo de fitomassa residual (por ocasião da dessecação), com exceção do TFM (Figura 8). Salienta-se que, o uso de doses de TFM aumentou quadraticamente o rendimento de MS no primeiro pré-pastejo (Figura 8). A dose que resultaria, nessa ocasião, o máximo rendimento de MS seria de 103 kg ha^{-1} de P_2O_5 na forma de TFM. O fato de os tratamentos normalmente não terem alterados os rendimentos de MS do azevém anual se deve aos seguintes fatores: (i) o solo possuía, por ocasião da instalação do experimento (Tabela 2), teor médio ($3 \text{ a } 8 \text{ mg dm}^{-3}$) de P (Melich-1) e alto (50 g dm^{-3}) de matéria orgânica total, segundo Paulletti (2004), implicando certamente, em menor

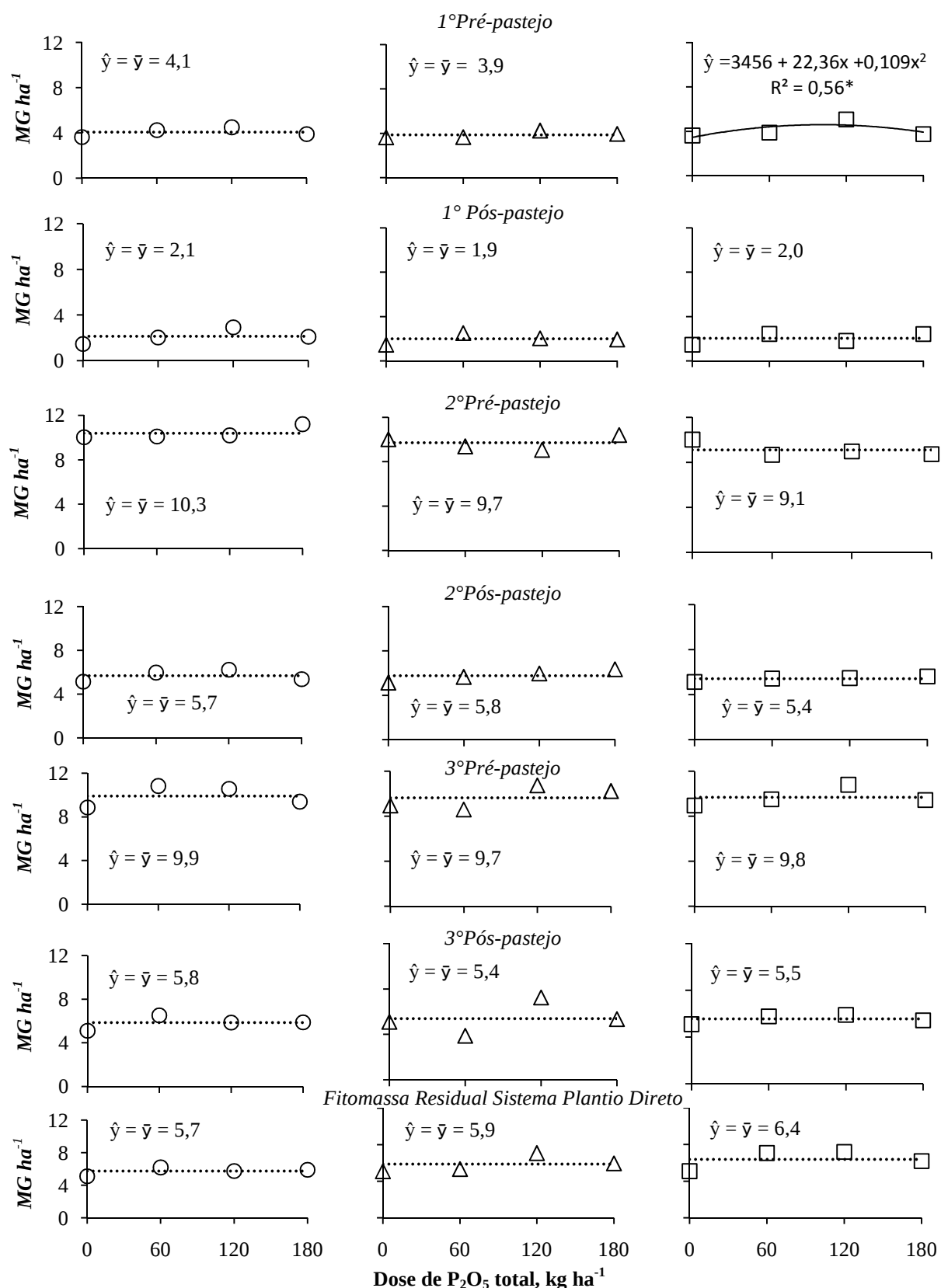


Figura 18. Rendimento de matéria seca pela cultura do azevém anual, no momento de entrada (Pré-Pastejo) e saída (Pós-Pastejo) após aplicação de P sob superfície em área total de fontes [superfosfato triplo (○), fosfato natural reativo (Δ) e termofosfato magnésiano (□)] e doses de fósforo, na integração lavoura pecuária sob plantio direto. Pontos são média de quatro repetições. *: significativo $P < 0,05$.

fixação de P maior liberação deste nutriente às plantas (ARAÚJO et al., 2008); (ii) a precipitação foi adequada ao longo do ciclo da cultura, inclusive, na fase inicial (Tabela 2). (iii) à combinação desses fatores associada ao possível aumento da ciclagem de nutrientes, que tem sido comum na ILP (CARVALHO et al., 2010); (iv) à menor exigência do azevém anual em P quando comparado às principais culturas produtoras de grãos, como milho e soja (PAULLETTI, 2004); (v) à adequada taxa de lotação animal (3,5 U.A. ha⁻¹) que, certamente, favoreceu a adequada taxa de emissão de folhas e perfilhos, sem exaurir as reservas das plantas.

No presente estudo, os rendimentos acumulados de MS foram elevados para a cultura do azevém anual, da ordem de 11,9 MG ha⁻¹ mediante fertilização fosfatada. Tem sido verificado que o azevém anual, adequadamente manejado, tem suportado alta lotação animal sob pastejo por área (LESAMA; MOOJEN 1997; RESTLE et al., 1998), proporcionando, ao longo ciclo, elevados rendimentos (ASSMANN et al., 2007).

4.6. CONCLUSÕES

Em solo sob SPD consolidado e com teor médio de P disponível, a exportação de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) mediante pastejo animal foi pouco ou nada alterado pela aplicação superficial de fontes (SFT, FNR e TFM) e doses (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) de P, na cultura da aveia preta. O rendimento de matéria seca foi pouco ou nada alterado pela adubação fosfatada. Contudo, as fontes de maior solubilidade (SFT e TFM) apresentaram melhor eficiência de utilização comparada a fonte de menor solubilidade (FNR).

O acúmulo de nutrientes na parte aérea, bem como a concentração foliar destes na cultura do milho não foram alterados pela adubação fosfatada antecipada, com diferentes doses e fontes de P (SFT, FNR e TFM). O rendimento de grãos de milho e o peso de grãos também não foram influenciadas pelos tratamentos estudados.

Para a cultura do azevém anual a exportação de N, P e K mediante pastejo animal apresentou pouco efeito mediante aplicação das fontes fosfatadas. O rendimento de matéria seca mediante o pastejo animal foi pouco alterado pela fertilização fosfatada apresentando efeito quadrático no primeiro pré-pastejo para o TFM.

5. CONCLUSÕES GERAIS

Em curto prazo, após 12 meses da aplicação superficial de fontes (SFT, TFM e FNR) e doses (0, 60, 12 e 180 kg ha⁻¹) de P, a acidez do solo e as concentrações disponíveis de Ca, Mg e S foram pouco ou nada alterados. Porém, a aplicação de TFM aumentou as concentrações de K trocável abaixo da camada superficial (0-5 cm).

Os tratamentos empregados ocasionaram incrementos das concentrações disponíveis de P apenas na camada 0-5 cm. Nesse caso, foram similares os valores de P (extraído pela solução de Mehlich-1) para os tratamentos que receberam SFT e TFM. No entanto, o extrator Mehlich-1 superestimou as concentrações de P disponível.

Em solo sob SPD consolidado e com teor médio de P disponível, a exportação de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) mediante pastejo animal foi pouco ou nada alterado pela aplicação superficial de fontes (SFT, FNR e TFM) e doses (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) de P, para a cultura da aveia preta. O rendimento de matéria seca para aveia preta foi pouco ou nada alterado pela adubação fosfatada. Contudo, as fontes de maior solubilidade (SFT e TFM) apresentaram melhor eficiência de utilização comparada a fonte de menor solubilidade (FNR).

O rendimento de grãos de milho e o peso de grãos não foram influenciados pelos tratamentos estudados, porém mantiveram as elevadas produtividades por hectare.

Para a cultura do azevém anual, a exportação de nutrientes N, P e K mediante pastejo animal apresentou pouco efeito mediante aplicação das fontes fosfatadas. O rendimento de matéria seca mediante o pastejo animal foi pouco alterado pela fertilização fosfatada apresentando efeito quadrático no primeiro pré-pastejo para o TFM.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AITA, C.; CERETTA, C. A.; THOMAS, A. L.; PAVINATO, A.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.18, p. 101-108, 1994.

ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; COUTINHO, E.M.L.; Produção de milho em plantio direto com adubaçãonitrogenada e cobertura do solo na pré-safra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.32, p.1691-1698, 2008.

ARAUJO, F. F.; TIRITAN, C.S.; PEREIRA, H.M.; JUNIOR, O.C. Desenvolvimento do milho e fertilidade do solo após aplicação de lodo de curtume e fosforita. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v.12, p.507-511, 2008.

ARATANI, R.G.; FREDDI, O. da S., CENTURION, J.F.; ANDRIOLI, I.; Qualidade física de um latossolo vermelho acriférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa-MG, v.33, p.677-687, 2009.

ARGENTA, G.; DA SILVA, P.R.; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L.; MANJABOSCO, E.A.; BOHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho a redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v.36, p.71-78, 2001.

ASSMANN, T.S.; JÚNIOR RONZELLI, P.; MORAES, A.; ASSMANN, A.L.; KOEHLER, H.S.; SANDINI, I. Rendimento de milho em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.27, p. 675-683, 2003.

ASSMANN, T.S.; ASSMANN, J.M.; CASSOL, L.C.; DIEHL, R.C.; MANTELI, J.M.; MAGIERO, E.C.; Desempenho da mistura forrageira de aveia-preta mais azevém e atributos químicos do solo em função da aplicação de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.31, p.1515-1523, 2007.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria- RS, v.39, p.1925-1933, 2009.

BARBOSA FILHO, M.P. Utilização de fosfatos naturais em solos de cerrado. **Informações Agronômicas**, Piracicaba-SP, n.28, p.12, 1984.

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-MG, v.26, p.151-156, 2002.

BARTHAM, G.T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. **Hill Farming Research Organization/Biennial Report**. p.30, 1985.

BAZIRAMAKENGA, R. SIMARD, R.R. Low molecular weight aliphatic acid contents of composted manures. **Journal of Environmental Quality**, USA, v.27, p.557-561, 1998.

BEDIN, I.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; FAQUIN, V.; TOKURA, A. M.; SANTOS, J. Z. L. Fertilizantes fosfatados e produção da soja em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa-MG, v.27, p.639-646, 2003.

BERTOL, D.L.; GUADAGNIN, J.C.; RITTER, S.R. Erosão hídrica em um nitossolo háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. Perdas de nutrientes e carbono orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.28, p.1045-1054, 2004.

BOHAC, E.A.F.; CÂMARA, D.S.G.M.; SEGATELLI, C.R. Estado nutricional e produção do capim-pé-de-galinha e da soja cultivada em sucessão em sistema antecipado de adubação. **Bragantia**, Campinas-SP, v.66, n.02, p.259-266, 2007.

BORKET, C.M.; GAUDÊNCIO, C.A.; PEREIRA, L.R.; JUNIOR, A.O. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v.38, p.143-153, 2003.

CAIRES, E.F.; FELDHAUS, I. C.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. Lime gypsum application on the wheat crop. **Scientia Agricola**, São Paulo-SP, v.59, p.357-364, 2002.

CAIRES, E.F.; CHURKA, S.; GARBUIO, F.J.; FERRARI, R.A.; MORGANO, M.A. Soybean yield and quality as function of lime and gypsum applications. **Ciência Agronômica**, Piracicaba-SP, v.63, p.370-379, 2006.

CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; DAMACENA, E.S.; SULC, R.M.; LANG, C.R.; FLORES, J.P.C.; LOPES, M.L.T.; da SILVA, J.L.S.; CONTE, O.; WESP, C.L.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R.S.; BAYER, C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Germany- GER, v.88, p.259-273, 2010.

CARVALHO, R.; FURTINI NETO, A.E.; SANTOS, C.D.; FERNANDES, L.A.; CURI, N.; RODRIGUES, D. C. Interação silício-fósforo em solos cultivados com eucalipto em casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília - DF, v.36, p.557-565, 2001.

CHIEN, S.H.; MENON, R.G. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. **Dordrecht**, v.41, p.227-234, 1995.

CONAB Companhia Nacional de Abastecimento, média de rendimento de milho no Brasil. Disponível em <www.conab.gov.br/conteudos>. Acesso em:1 nov.2011.

CRUSCIOL, C.A.C.; MAUAD, M.; CASSIA, R.; ALVAREZ, F.; LIMA, E.V.; TIRITAN, C.S. Doses de fósforo e crescimento radicular de cultivares de arroz de terras altas. **Bragantia** Campinas-SP, v.64, p.643-649, 2005.

DA SILVA, R.F.; AQUINO, A.M.; MERCANTE, F.M.; GUIMARÃES, M.F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em latossolo da região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília- BR, v.41, p.697-704, 2006.

DA SILVA, F.N.; FURTINI, A.E.; CARNEIRO, L.F.; MAGALHÃES, C.A.S.; CARNEIRO, D.N.M. Crescimento e produção de grãos da soja sob diferentes doses e fontes em solos distintos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG. v.33, p.1220-1227, 2009.

DE ASSIS, R.L.; LANÇAS, K.P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférrico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.29, p.515-522, 2005.

DE SOUZA, F. S.; FARINELLI, R.; ROSELEM, C.A. Desenvolvimento radicular do algodoeiro em resposta à localização do fertilizante. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa-MG, v.31, p. 387-392, 2007.

DOS 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- RS. v.38, p.576-586, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em <www.embrapa.br>. Acesso em: 1 nov. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Manual de métodos de análise de solo. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Rio de Janeiro-RJ: v.2, p.212, 1997.

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 Ciências do Solo**, Viçosa-MG. v.25, p.939-946, 2001.

FAGERIA, N.K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande-PB, v.2, p.6-16, 1998.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA (FEBRAPDPD) - Evolução da área cultivada em plantio direto. Disponível em: <<http://www.febrapidp.org.br/download/informativoB>>. Acesso em: 10 mar. 2011.

FERREIRA, A.C.B.; ARAÚJO, G.A.A.; PERREIRA, P.R.G.; CARDOSO, A.A. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agricola**, Piracicaba-SP, v.58, p.131-138, 2001.

FERREIRA, E.M.; SANTOS, A.C.; ARAUJO, L.C.; CUNHA, O.F.R. Características agronômicas do *Panicum maximum* cv. Mombaça submetido a níveis crescentes de fósforo. **Ciência Rural**, Santa Maria – RS, v.38, P.484-491, 2008.

FLARESSO, J.A.; GROSS, C.D.; ALMEIDA, E.X. Época e densidade de semeadura de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb. e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa-MG, v.30, p.1969- 1974, 2001.

FLORES, J.P.C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L.C.; CARVALHO, F.P.C.D.; LEITE, J.G.D.B.; FRAGA, T.I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio

direto em integração lavoura pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.31, p.771-780, 2007.

FLORES, J.P.C.; CASSOL, L.C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, F.P.C.D. Atributos químicos do solo em função da aplicação superficial de calcário em sistema de integração lavoura-pecuária submetido a pressões de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.32, p.2385-2396, 2008.

FOLONI, J.S.S.; TIRITAN, C.S.; CALONEGO, J.C.; JUNIOR, J.A.; Aplicação de fosfato natural e reciclagem de fósforo por milheto, braquiária, milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa-MG, v.32, p.1147-1155, 2008.

FONTOURA, S.M.V.; BAYER, C. Adubação nitrogenada para alto rendimento de milho em plantio direto na região centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.33, p.1721-1732, 2009.

FRESCO, L.O. plant nutrients: what we know, guess and not know. **Agriculture Conference: Global Food Security and the Role of Sustainability Fertilization**. Rome - ITA, IFA/FAO, p.8, 2003.

FUNDAÇÃO ABC, **Dados climáticos**, Castro-PR, Brasil, 2011.

GOMIDE, J. A. Fatores de produção de leite a pasto. In: Congresso Nacional dos Estudantes de Zootecnia. **Anais**. Viçosa - MG. v.1, p.32, 1998.

GRISE, M. M.; CECATO, U.; MORAES, A. de; FACCIO, P.C.C.; CANTO, M.W. do; JOBIM, C.C.; RODRIGUES, A.M. Avaliação do desempenho animal e do pasto na mistura aveia IAPAR 61 (*Avena strigosa* Schreb) e Ervilha Forrageira (*Pisum arvense* L.) manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v.31, p.1085-1091, 2002.

GUPPY, C.N.; MENZIES, N.W.; MOODY, P.W.; BLAMEY, F.P.C. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: a review. **Australian Journal of Soil Research**, Australia-AUS, v 43, p.189-204, 2005.

GUEDES, E.M.S.; FERNANDES, A.R.; LIMA, E. V.; GAMA, M.A.P.; SILVA, A.L.P. Fosfato natural de arad e calagem e o crescimento de *Brachiaria brizantha* em latossolo amarelo sob pastagem degradada na Amazônia. **Revista Ciência Agrária**, Belém-PA, v.52, p.117-129, 2009.

HERRERO, M.; THORNTON, P.K.; NOTENBAERT, A.M.; WOOD, S.; MSANGI, S.; FREEMAN, H.A.; BOSSIO, D.; DIXON, J.; PETERS, M.; VAN DE STEEG, J.; LYNAM, J.; PARTHASARATHY RAO, P.; MACMILLAN, S.; GERARD, B.; MCDERMOTT, J.; SERÉ, C.; ROSEGRANT, M. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. **Science**, New York-EUA, v.327, p.822-825, 2010.

IAPAR. Cartas climáticas do Estado do Paraná. **Instituto Agrônomo do Paraná**, Londrina-PR, p.45, 1994.

IAPAR. Aveia Preta, Iapar 61 Ibiporã. Disponível em: <www.cppse.embrapa.br/arquivos> Acesso em 5 de mai. de 2010.

KEULEN, V.H.; SCHIRE, H. Crop-livestock systems: old wine in new bottles. **Proceedings of the International Crop Science**, Brisbane-AUS, 26sep-01oct, 2004.

LAL, R. Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands. **Land Degradation & Development**, Columbus-USA, v.17, p.197-209, 2006.

LESAMA, M. F.; MOOJEN, E. L. Produção animal em gramíneas de estação fria com fertilização nitrogenada ou associadas com leguminosa, com ou sem fertilização nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v. 29, n. 1, p. 123-128, 1999.

LINDSAY, W. I. Chemical equilibria in soils. **John Wiley**, New York-USA, 1979.

LUNARDI, R.; CARVALHO, P.C.F.; TREIN C.R.; COSTA, J.A.; CAUDURO, G.F.; BARBOSA, C.M.P.; AGUINAGA, A.A.Q. Rendimento de soja em sistema de integração lavoura-pecuária: efeito de métodos e intensidade de pastejo. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.38, p.795-801, 2008.

MA, J. F.; RYAN, P. R.; DELHAIZE, E. Aluminium tolerance in plants and the complexing role of organics acids. **Trends in Plant Science**, Oxford-UK, v.6, p.273-278, 2001.

MAACK, R.; BODZIACK, JR. C. Contribuição ao conhecimento dos solos dos campos gerais do estado do Paraná. **Arquivo de Biologia e Tecnologia**, Curitiba-PR v.1, p.197-214, 1946.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. **Potafós**, Piracicaba-SP, n.2, p.319, 1997.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. **Ceres**, São Paulo-SP, n. 1, p.631, 2006.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Disponível em: <<http://www2.cead.ufv.br/espacoProdutor>>. Acesso em 30 abr. 2011.

MARCOLAN, A.L.; ANGHINONI, I. Atributos físicos de um argissolo e rendimento de culturas de acordo com o revolvimento do solo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.30, p.163-170, 2006.

MARINS, V. R.; DE PAULA, F.J.F.; ROCHA, C.A.S. Geoquímica de fósforo como indicadora da qualidade ambiental e dos processos estuários do rio Jaguaribe costa nordeste oriental Brasileira. **Química Nova**, São Paulo-SP v.30, n.5, p.1208-1214, 2007.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London-ING, **Academic Press**, p.647, 1986.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. second edition. **Academic Press**, London-ING, p.899, 1995.

MENDES, C.I.; SOUZA, V.L.; RESCK, D.S.V.; GOMES, A.C. Propriedade biológica em agregados de um Latossolo Vermelho escuro sob plantio convencional e direto no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.27, p.435-443, 2003.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Fontes e doses extratores de fósforo em alfafa e centrosema. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília- BR, v.36, p.1519-1527, 2001.

MAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. The effect of plant material on soil acidity. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa-MG, v. 17, p.411-416, 1993.

NASCIMENTO, J.L.; ALMEIDA, R. DE A.; SILVA, R.S.M.; MAGALHÃES, L.A.F. Níveis de calagem e fontes de fósforo na produção do capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia-GO, v.32, p.7-11, 2002.

NAKAGAWA, J; ROSOLEM, C.A. Teores de nutrientes na folha e nos grãos de aveia preta em função da adubação com fósforo e potássio. **Bragantia**. Campinas-SP. v.64, p.441-445, 2005.

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

OLIVEIRA, F.H.T.; ARRUDA, J.A.; SILVA, I. de F.; ALVES, J.C. Amostragem para avaliação da fertilidade do solo em função do instrumento de coleta das amostras e de tipos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa-MG. v.31, p.973-983, 2007.

ONO, B. F.; MONTAGNA, J.; NOVELLINO, J.O.; SERAFIM, M. E.; DALLASTA, D. C.; GARBIATE, M. V. Eficiência agrônômica de superfosfato triplo e fosfato natural de Arad em cultivos sucessivos de soja e milho. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras-MG. v.33, p.727-734, 2009.

PAULETTI, V. Nutrientes: Teores e Interpretações. **Fundação ABC**, Castro-PR. v.2, p.86, 2004.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Londrina-PR, Instituto Agrônômico do Paraná. (Circular, 76). p.38,1992.

PAVINATO, P.S.; ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 32, p.911- 920, 2008.

PFANN, A.Z.; FARIA, M.V.; ANDRADE, A.A.; NASCIMENTO, I.R.; FARIA, C.M.D.R.; Capacidade combinatória entre híbridos simples de milho em dialelo circulante. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.29, p.635-641, 2009.

POLI, C. H. E. C.; MONTEIRO, A. L.; BARROS, C. S.; MORAES, A.; FERNANDES, M.A.M.; PIAZZETTA, H.V.L.; Produção de ovinos de corte em quatro sistemas de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v.37, p.666-673, 2008.

POZZA, A. A. A.; GUIMARÃES, P.T.G.; ROMANIELLO, M.M.; EDSON, A.P.; CARVALHO, J.G. Suprimento de fósforo na produção e intensidade da cercosporiose de mudas de cafeeiro em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras- MG. v.26, p.970-976, 2002.

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**. Maringá-PR, v.28, p.527-533, 2006.

RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E.; ALVES, V.M.C.; MUNIZ, J.A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KIMPORA, 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-MG, v.30, p.453-466, 2006.

RESTLE, J.; LUPATINI, G.C.; ROSO, C. Eficiência e desempenho de diferentes categorias de bovinos de corte em pastagem cultivada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v.27, p.397-404, 1998.

RIZZARDI, M.A.; BOLLER, W.; DALLOGLIO, R. Distribuição de plantas de milho, na linha de semeadura e seus efeito no componentes de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v.29, p.231-236, 1994.

SAS System. **SAS Institute Inc. SAS OnlineDoc® 9.1.2**. Cary, NC: SAS Institute, 2004.

SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; IGNACZAK, J.C.; ZOLDAN, S.M. Conversão e balanço energéticos em sistemas de produção de grãos com pastagens sob sistemas de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília - DF, v.35, p.743-752, 2000.

SANTOS, J.Z.L.; FURTINI, A.E.N.; VILELA, A.D.R.; CURI, N.; CARNEIRO, L.F.; GIGANTE, S.E. Frações de fósforo em solo adubado com fosfato em diferentes modos de aplicação e cultivo com milho. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa-MG, v.32, p.705-714, 2008.

Secretaria da Agricultura e Abastecimento (SEAB), média de rendimento de milho no estado do Paraná. Disponível em: <www.seab.pr.gov.br>. Acesso em: 1 nov.2011.

SOARES, W.V.; LOBATO, E.R; MARTINHÃO, D.; SOUSA, G.D.; REIN, T.A.; Avaliação do fosfato natural de Gafsa para recuperação de pastagem degradada em Latossolo Vermelho escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília - DF, v.35, p.819-825, 2000.

SHAFQAT, M. N.; PIERZYNSKI, G. M.; XIA, K. Phosphorus source effects on soil organic phosphorus: A P NMR Study. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia - EUA, v.40, p.1722-1746, 2009.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 9, p.249- 254, 1985.

SILVA, F.C.; VAN RAIJ, B. Disponibilidade de fósforo em solos avaliada por diferentes extratores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v.34, p.267-288, 1999.

TERRA LOPES, M.L.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; SANTOS, D.T.; AGUINAGA, A.A.Q.; FLORES, J.P.C.; MORAES, A. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia-preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.39, p.1499-1506, 2009.

TISSI, J.A.; CAIRES, E.F.; PAULETTI, V. Efeitos da calagem em semeadura direta de milho. **Bragantia**, Campinas-SP, v.63, p.405-413, 2004.

TORMENA, C.A.; FRIEDRICH, R.; PINTRO, J.C.; COSTA, A.C.S.; FIDALSKI, J. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num latossolo vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.28, p.1023-1031, 2004.

VAN RAIJ, Fertilidade do solo e adubação. Agronômica Ceres, **POTAFÓS**. Piracicaba-SP, p.343, 1991.

VITTI, G.C.; SUZUKI, J.A. Determinação de sulfato enxofre com método turbidimétrico. **Universidade de Estadual Paulista**. Jaboticabal-SP. 1978.

YAMADA, T.; ABDALLA S.R.S.; VITTI, G.C. Nitrogênio e enxofre na agricultura Brasileira. **International Plant Nutrition Institute**. Piracicaba-SP. v.1, p.714, 2007.