

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CANDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

LEODACIR FRANCISCO ZUFFO

CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO TIFTON 85 E
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO SOB DOSES
DE SUPERFOSFATO TRIPLO OU FOSFATO DE ARAXÁ

Marechal Cândido Rondon

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CANDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

LEODACIR FRANCISCO ZUFFO

CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO TIFTON 85 E
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO SOB DOSES
DE SUPERFOSFATO TRIPLO OU FOSFATO DE ARAXÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Zootecnia da Universidade
Estadual do Oeste do Paraná para obtenção do
título de Mestre em Zootecnia, Área de
Concentração: Produção e Nutrição Animal.
Orientador: Prof. Dr. Eduardo Eustáquio
Mesquita
Co-orientador:

Marechal Cândido Rondon

2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

Zuffo, LeodacirFrancisco

Z944cCrescimento, produção e composição química do Tifton 85 e características químicas de um latossolo vermelho sob doses de superfosfato triplo ou fosfato Araxá / Leodacir Francisco Zuffo. – Marechal Cândido Rondon, 2012.

78p.

Orientador:Prof.Dr.Eduardo Eustáquio Mesquita

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) –Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2012.

1. Fósforo.2.Synodonsp.3.Matéria seca. 4.Proteinabruta.5.Saturação por bases.I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.

CDD 21.ed. 631.422

633.2

CIP-NBR 12899

Ficha catalográfica elaborada por Helena Soterio Beijo CRB-9/965

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

LEODACIR FRANCISCO ZUFFO

CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO TIFTON 85 E
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO SOB DOSES
DE SUPERFOSFATO TRIPLO OU FOSFATO DE ARAXÁ

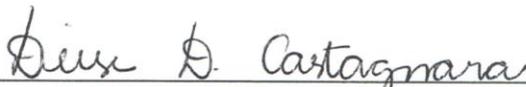
Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Zootecnia, Área de Concentração "Produção e Nutrição Animal", para a obtenção do título de "Mestre em Zootecnia".

Marechal Cândido Rondon, 10 de julho de 2012.

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Eduardo Eustáquio Mesquita
Unioeste - Universidade Estadual do Oeste do Paraná



Dr.ª Deise Dalazen Castagnara
Unioeste/Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – PNPd/CAPES



Prof. Dr. Nelson Massaru Fukumoto
Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Aos meus pais, Virgilio e Alice Zuffo,
exemplos de determinação e fonte de muito
amor.

Ofereço

Aminha esposa Iza Miranda Zuffo e aos
meus filhos Bruna, Junior e João Victor,
meus companheiros de jornada, que com
muito amor e carinho me ajudaram a atingir
este objetivo.

Dedico

"Viva como se fosse morrer amanhã".
"aprenda como se fosse viver para sempre".

Ghandi

AGRADECIMENTOS

À Deus pela graça da vida.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná e ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia (PPZ), pela oportunidade de realização do Mestrado.

Ao meu orientador Pro. Dr. Eduardo Eustáquio Mesquita pela orientação, paciência, confiança e credibilidade em mim depositada.

À Pro. Dra. Marcela Abbado Neres pela amizade, companheirismo e pelos conhecimentos transmitidos.

A coordenação do PPZ, na pessoa da profa. Maximiliana Alavarse Zambom e a todos os professores do programa pela dedicação e conhecimentos transmitidos.

Aos membros componentes da banca examinadora, pela avaliação do trabalho, orientações, sugestões e contribuições.

À Paulo Henrique Morsh secretário do PPZ, pela paciência e dedicação na resolução de assuntos burocráticos.

Ao Colégio Estadual de Toledo (CAET), pela disponibilização da área para realização do experimento e aos estagiários Edson Pacheco e Andréia Becker pelo auxílio nas avaliações do experimento.

Ao Prof. Dr. Affonso Celso Gonçalves Jr. pelas análises químicas do solo no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental da Unioeste.

Ao Prof. Dr. Aldi Feiden, pelo uso dos laboratório da Unioeste Toledo, para realização de parte das avaliações.

À Deise Dalazen Castagnara, Camila Ducati e Jéferson Tiago Piano pelo auxílio na realização das análises bromatológicas.

Ao Laboratório SOLANALISE de Cascavel, na pessoa de Décio Carlos Zocoler, pela disponibilidade de realização das análises foliares.

Ao Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER), por oportunizar a participação neste Mestrado, e ao Gerente Regional de Toledo Ivan Decker Raupp e Gerente Local Claudete Frasson, pela compreensão.

Aos amigos e colegas pela convivência, amizade e toda ajuda que recebi durante o decorrer desta pós-graduação.

E a todos aqueles que não foram citados, mas que direta ou indiretamente contribuíram na realização deste trabalho.

CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO TIFTON 85 E CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO SOB DOSES DE SUPERFOSFATO TRIPLO OU FOSFATO DE ARAXÁ

Resumo

A presente pesquisa teve por objetivo avaliar os efeitos de doses de Superfosfato simples e fosfato de Araxá no crescimento, produção de matéria seca e composição química da forrageira, extração de nutrientes pela forrageira, e nos atributos químicos de um Latossolo Vermelho cultivado com Tifton 85. O trabalho foi desenvolvido num Latossolo Vermelho eutroférico de textura argilosa, durante o período de dezembro de 2010 à março de 2012, em uma área localizada na latitude 24° 42' 49" S e longitude 53° 44' 35" W. O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x5, sendo duas fontes de fósforo (Superfosfato triplo e fosfato de Araxá) e cinco doses de fósforo (0; 40; 80; 120; 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅), com quatro repetições. No crescimento e produção da forrageira foram determinadas a produção de matéria seca, altura do dossel, densidade de perfilhos, área foliar e a relação folha/colmo durante três períodos de crescimento com intervalos de 28 dias. A composição bromatológica foi estudada determinando-se os teores de PB, FDN, FDA, lignina, hemicelulose e celulose; enquanto a composição mineral foi estudada determinando-se os teores de macrominerais (fósforo, potássio, cálcio, enxofre e magnésio) e microminerais (ferro, manganês, zinco e cobre) na forragem produzida pelo Tifton 85 em quatro intervalos de crescimento de 28 dias. A extração de nutrientes foi estudada estimando-se a extração de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, manganês, cobre, zinco e ferro na forragem produzida pelo Tifton 85 durante os quatro períodos de crescimento de 28 dias. No solo, as amostragens foram realizadas ao findar do experimento, nas camadas de 0-10 e 0,10-0,20 m, determinando-se os valores de pH e os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, a soma de bases, CTC, saturação por bases e os teores de cobre, manganês, zinco e ferro. Nas avaliações da produção de matéria seca, altura do dossel, densidade de perfilhos, e área foliar houve efeito significativo apenas das doses de fósforo. Os constituintes bromatológicos foram alterados somente pelos períodos de crescimento devido às condições climáticas de cada período e os teores de macro e microminerais na forragem do Tifton 85 não foram afetados pelas fontes de variação estudadas, com exceção para o fósforo e o enxofre. Houve efeito significativo das doses de fontes de fósforo apenas para a extração de fósforo e para os teores de fósforo no solo. Adubação fosfatada com fosfato de Araxá ou superfosfato triplo aumenta a produção de matéria seca, altura do dossel, perfilhamento e área foliar do tifton 85. Os teores de fósforo e enxofre na matéria seca são aumentados com a aplicação de doses de fosfato de Araxá ou Superfosfato triplo. A extração de fósforo do solo pelo Tifton 85 e os teores de fósforo aumentam de forma mais expressiva com a aplicação de doses de fosfato de Araxá, sem alterara as demais características químicas do solo.

Palavras-chave – *Cynodon* sp. fósforo, matéria seca, proteína bruta, saturação por bases

GROWTH, YIELD AND CHEMICAL COMPOSITION OF TIFTON 85 AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF AN OXISOL UNDER DOSES OF TRIPLE SUPERPHOSPHATE OR ARAXA PHOSPHATE

Abstract

This study aimed to evaluate the effects of single doses of superphosphate and Araxa phosphate growth, dry matter production and chemical composition of forage, forage nutrient uptake, and chemical attributes of an Oxisol cultivated with Tifton 85. The study was conducted in an Oxisol clayey, during the period December 2010 to March 2012, in an area located at latitude 24° 42'49" S and longitude 53° 44' 35" W. The experimental design was randomized blocks in factorial scheme 2x5, with two phosphorus sources (triple superphosphate and phosphate Araxá) and five P rates (0, 40, 80, 120, 160 kg P₂O₅ ha⁻¹), with four replications. On growth and forage production were determined dry matter production, canopy height, tiller density, leaf area and leaf/stem ratio during three growing seasons at intervals of 28 days. The chemical composition was studied by determining the levels of CP, NDF, ADF, lignin, hemicellulose and cellulose, while the mineral composition was studied by determining the levels of macro minerals (phosphorus, potassium, calcium, sulfur and magnesium) and trace (iron, manganese, zinc and copper) in forage Tifton 85 produced by growth in four intervals of 28 days. The nutrient uptake was studied by estimating the extraction of phosphorus, potassium, calcium, magnesium, manganese, copper, zinc and iron in forage produced by Tifton 85 during the four growth periods of 28 days. In soil, the samples were taken towards the close of the experiment, at 0-10 and 0.10-0.20 m, determining the values of pH, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, the sum of bases, CEC, base saturation, and levels of copper, manganese, zinc and iron. In the evaluations of dry matter production, canopy height, tiller density and leaf area was significant effect of phosphorus levels. The bromatological constituents were changed only by periods of growth due to climatic conditions of each period and the levels of macro and micro minerals in the forage of Tifton 85 were not affected by sources of variation studied, except for phosphorus and sulfur. Significant effect of doses of phosphorus sources only for the extraction of phosphorus and phosphorus contents of the soil. Phosphorus fertilization with Araxa phosphate or triple superphosphate increases dry matter production, canopy height, tillering and leaf area of Tifton 85. The phosphorus and sulfur in the dry matter are increased with the dose delivery Araxa phosphate or triple superphosphate. The extraction of soil phosphorus by Tifton 85 and phosphorus increases more significantly with the application of doses of Araxa phosphate altered without the other characteristics of soil.

Key-words: *Cynodon* sp., phosphorus, dry matter, crude protein, bases saturation

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE MATERIA SECA DO TIFTON 85 FERTILIZADO COM DOSES DE SUPERFOSFATO TRIPLO OU FOSFATO DE ARAXÁ

Figura 1. Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média, precipitação pluviométrica acumulada e umidade relativa média durante os meses do período experimental. 1: Adubação fosfatada seguida de plantio, 2: Corte de Uniformização, 3; 4 e 5: 1ª; 2ª e 3ª amostragens do Tifton 85.31

Figura 2. Produção de matéria seca do capim Tifton 85 sob doses de fósforo no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) corte, realizados com intervalos de 28 dias.35

Figura 3. Altura do dossel do capim Tifton 85 sob doses de fósforo no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) corte, realizados com intervalos de 28 dias.37

Figura 4. Densidade de perfilhos do capim Tifton 85 sob doses de fósforo no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) corte, realizados com intervalos de 28 dias.38

Figura 5. Área foliar do capim Tifton 85 sob doses de adubação fosfatada no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) corte, realizados com intervalos de 28 dias.39

Figura 6. Relação folha/colmo do Tifton 85 sob doses de adubação fosfatada no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) corte, realizados com intervalos de 28 dias.40

CAPÍTULO 3

COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E MINERAL DA FORRAGEM PRODUZIDA PELO TIFTON 85 FERTILIZADO COM DOSES DE SUPERFOSFATO TRIPLO OU FOSFATO DE ARAXÁ

Figura 1. Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média, precipitação pluviométrica acumulada e umidade relativa média durante os meses do período experimental. 1: Adubação fosfatada seguida de plantio, 2: Corte de Uniformização, 3; 4; 5 e 6: 1ª; 2ª; 3ª e 4ª amostragens do Tifton 85.48

Figura 2. Teor de proteína bruta do Tifton 85 sob doses de fosfato de Araxá ou superfosfato triplo em quatro intervalos de crescimento de 28 dias.51

Figura 3. Concentrações dos constituintes fibrosos na forragem do Tifton 85 sob doses de fosfato de Araxá ou superfosfato triplo em quatro intervalos de crescimento de 28 dias.53

Figura 4. Teores de fósforo na forragem do Tifton 85 sob doses de fosfato de Araxá ou Superfosfato triplo em quatro intervalos de crescimento de 28 dias.55

Figura 5. Teores de enxofre na forragem do Tifton 85 sob doses de fosfato de Araxá ou Superfosfato triplo em quatro intervalos de crescimento de 28 dias56

CAPÍTULO 4

EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA MATÉRIA SECA PRODUZIDA E CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO CULTIVADO COM TIFTON 85 FERTILIZADO COM DOSES DE SUPERFOSFATO TRIPLO OU FOSFATO DE ARAXÁ

Figura 1. Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média, precipitação pluviométrica acumulada e umidade relativa média durante os meses do período experimental. 1: Amostragem de solo inicial; 2: Dessecação; 3: Aração; 4: 1ª Gradagem, 5: 2ª Gradagem, 6: Adubação fosfatada seguida de plantio, 7: Corte de Uniformização, 8; 9; 10 e 11: 1ª; 2ª; 3ª e 4ª amostragens do Tifton 85; 12: Amostragem de solo final.65

Figura 2. Extração de fósforo na matéria seca produzida pelo Tifton 85 fertilizado com doses e fontes de fósforo em quatro períodos de crescimento de 28 dias.68

Figura 3. Teores de fósforo na camada de 0,0-0,10 m de um Latossolo Vermelho cultivado com Tifton 85 após sete meses da fertilização no sulco com doses e fontes de fósforo.70

Figura 4. Teores de fósforo na camada de 0,11-0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com Tifton 85 após sete meses da fertilização no sulco com doses e fontes de fósforo.73

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 4

EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA MATÉRIA SECA PRODUZIDA E CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO CULTIVADO COM TIFTON 85 FERTILIZADO COM DOSES DE SUPERFOSFATO TRIPLO OU FOSFATO DE ARAXÁ

Tabela 1. Extração de fósforo (kg ha^{-1}) na matéria seca produzida pelo Tifton 85 fertilizado com doses e fontes de fósforo em quatro períodos de crescimento de 28 dias.....68

Tabela 2. Extração e exportação de nutrientes na matéria seca produzida pelo Tifton 85 em quatro períodos de crescimento de 28 dias e fertilizado com doses (0; 40; 80; 120; 160 kg ha^{-1} de P_2O_5) de fosfato de Araxá ou Superfosfato triplo.....69

Tabela 3. Teores de fósforo (mg dm^{-3}) na camada de 0,0-0,10 m de um Latossolo Vermelho cultivado com Tifton 85 após sete meses da fertilização no sulco com doses e fontes de fósforo71

Tabela 4. Teores de nutrientes na camada de 0,0-0,10 m de um Latossolo Vermelho cultivado com Tifton 85 após sete meses da fertilização no sulco com doses (0; 40; 80; 120; 160 kg ha^{-1} de P_2O_5) de fosfato de Araxá ou Superfosfato triplo.....72

Tabela 5. Teores de fósforo (mg dm^{-3}) na camada de 0,11-0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com Tifton 85 após sete meses da fertilização no sulco com doses e fontes de fósforo74

Tabela 6. Teores de nutrientes na camada de 0,11-0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com Tifton 85 após sete meses da fertilização no sulco com doses (0; 40; 80; 120; 160 kg ha^{-1} de P_2O_5) de fosfato de Araxá ou Superfosfato triplo75

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	12
1.1 Introdução	12
1.2 Objetivos	13
1.3 Revisão de Literatura	13
1.3.1 Uso das pastagens na alimentação animal.....	13
1.3.2 Uso do Tifton 85 como planta forrageira	14
1.3.3 Valor nutritivo e características do dossel de forrageiras tropicais.....	15
1.3.4 Degradação das pastagens brasileiras	17
1.3.5 Adubação fosfatada na recuperação de pastagens degradadas	18
1.3.4 Formas e fontes de aplicação da adubação fosfatada	20
1.3.6 Alterações químicas do solo em função da adubação fosfatada	21
1.4 Referências Bibliográficas	22
CAPÍTULO 2	28
CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE MATERIA SECA DO TIFTON 85 FERTILIZADO COM DOSES DE SUPERFOSFATO TRIPLO OU FOSFATO DE ARAXÁ	28
2.1 Introdução	30
2.2 Material e métodos	30
2.3 Resultados e discussão	34
2.3.1 Produção de matéria seca.....	34
2.3.2 Altura do dossel.....	36
2.3.3 Densidade de perfilhos.....	37
2.3.4 Área foliar	38
2.3.5 Relação folha/colmo.....	40
2.4 Conclusões	41
2.5 Referências Bibliográficas	41
CAPÍTULO 3	44
COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E MINERAL DA FORRAGEM PRODUZIDA PELO TIFTON 85 FERTILIZADO COM DOSES DE SUPERFOSFATO TRIPLO OU FOSFATO DE ARAXÁ	44
3.1 Introdução	46
3.2 Material e Métodos	47
3.3 Resultados e Discussão	50
3.3.1 Proteína Bruta	50
3.3.2 Constituintes fibrosos	51
3.3.3 Macrominerais.....	54
3.3.4 Microminerais	57

3.4 Conclusões.....	57
3.5 Referências Bibliográficas	58
CAPÍTULO 4.....	61
EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA MATÉRIA SECA PRODUZIDA E CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO CULTIVADO COM TIFTON 85 FERTILIZADO COM DOSES DE SUPERFOSFATO TRIPLO OU FOSFATO DE ARAXÁ	61
3.6 Introdução	63
3.7 Material e Métodos.....	64
3.8 Resultados e Discussão	67
3.8.1 Extração de nutrientes pelo Tifton 85.....	67
3.8.2 Características químicas do solo na camada superficial	69
3.8.3 Características químicas do solo na camada subsuperficial	73
3.9 Conclusões.....	75
3.10 Referências Bibliográficas	76

CAPÍTULO 1

1.1 Introdução

No Brasil as pastagens cobrem 20% da área agricultável, ou seja 185 milhões de hectares, ocupados pelo maior rebanho bovino comercial do mundo (MOREIRA et al., 2006). Porém, os índices produtivos da pecuária extensiva brasileira são limitados especialmente pela baixa fertilidade (SANTOS et al., 2002) e a acidez (SOUZA et al., 2008) e os baixos níveis de fósforo nos solos tropicais brasileiros (FERNANDES et al., 2003).

A baixa disponibilidade de fósforo decorre da adsorção e precipitação desse elemento nos Latossolos, em função da acidez e dos altos teores de óxidos de ferro e de alumínio (MACEDO, 2004). Uma das alternativas para elevar a capacidade produtiva e a qualidade das pastagens brasileiras é a elevação da disponibilidade de fósforo no solo, mediante a aplicação de fertilizantes fosfatados, visto que o fósforo é essencial no estabelecimento e na manutenção de pastagens (IEIRI et al., 2010).

Para essa finalidade podem ser utilizados os fertilizantes fosfatados solúveis como o superfosfato triplo com aproximadamente 20% de fósforo (MOREIRA et al., 2002), e os fosfatos de rocha, de menor solubilidade (FRANDOLOSO et al., 2010). O uso de fontes de fósforo com rápida liberação favorece o desenvolvimento das plantas, mas também a rápida adsorção e precipitação desse elemento no solo (HOROWITZ; MEURER, 2003). Já os fosfatos de rocha, por serem menos solúveis no solo, apresentam uma disponibilização de fósforo mais lenta para as plantas (FRANDOLOSO et al., 2010), reduzindo também a velocidade da adsorção e precipitação.

O aumento na disponibilidade de fósforo no solo é fundamental no manejo de pastagens, pois a condução de pastagens sem a realização de adubações adequadas pode ocasionar a redução da produção de forragem, do valor nutritivo e das concentrações de nutrientes, podendo ainda ocasionar deficiências nutricionais em animais alimentados exclusivamente com a forragem produzida (CASTAGNARA et al., 2012b). Assim, no monitoramento da produção e qualidade das pastagens, além da produção de matéria seca e das características morfológicas das plantas

podem ser mensurado o valor nutritivo, que é estimado por meio do conhecimento de sua composição bromatológica (GERDES et al., 2000) e da sua constituição química.

Entretanto, além de estimular o desenvolvimento das plantas, a aplicação de fertilizantes fosfatados pode interferir nas características químicas dos solos, que dizem respeito à capacidade de reter e fornecer nutrientes para as raízes das plantas e possibilitar reações químicas entre os seus componentes (PENTEADO, 2007).

Além de elevar os teores de fósforo no solo devido à saturação dos sítios de adsorção desse elemento no solo (RHEINHEIMER et al., 2003), a aplicação superficial de fertilizantes fosfatados induz a formação de gradientes de concentração de fósforo nas camadas superiores do perfil (SCHLINDWEIN; ANGHINONI, 2000), e pode elevar o pH do solo por reduzir o efeito tóxico do alumínio, tanto pela complexação, como por sua precipitação (NOLLA; ANGHINONI, 2006).

1.2 Objetivos

A presente pesquisa teve por objetivo avaliar os efeitos de doses de Superfosfato simples e fosfato de Araxá no crescimento, produção de matéria seca e composição química da forrageira, extração de nutrientes pela forrageira, e nos atributos químicos de um Latossolo Vermelho cultivado com Tifton 85.

1.3 Revisão de Literatura

1.3.1 Uso das pastagens na alimentação animal

O Brasil detém o maior rebanho comercial do mundo e as pastagens cobrem 185 milhões de hectares, ou seja, cerca de 20% de sua área agricultável (MOREIRA et al., 2006). Esse percentual deve-se à praticidade e economia das pastagens, fazendo com que estas sejam a principal fonte alimentar do rebanho bovino

(CASTAGNARA et al., 2011) representando a base dos sistemas de produção de bovinos (SANTANA et al., 2010).

Ainda, esses fatores associados à disponibilidade de áreas e às características das espécies forrageiras passíveis de serem utilizadas no Brasil faz com que a atividade pecuária apresente grande potencial produtivo (VITOR et al., 2009) e se destaque pela competitividade econômica em relação à outros países (CANESIN et al., 2007).

Nesse contexto, a produção de forragens de alta qualidade para utilização na forma de pastagens é uma condição básica e crucial na produção de bovinos no Brasil (CASTAGNARA et al., 2012a), e da mesma forma, a produção estável de forragem facilita o manejo forrageiro e evita variações na oferta de produtos como leite e carne e na renda dos pecuaristas (CASTAGNARA et al., 2012b).

Diante da importância que as pastagens desempenham para a maioria dos modelos de produção de bovinos praticados, é fundamental que seu uso esteja condicionado a práticas sustentáveis de manejo, que garantam a manutenção da produtividade ao longo dos anos sem comprometer os componentes principais do ecossistema (NERES et al., 2012a). Dentre as alternativas de manejo disponíveis para pastagens de gramíneas tropicais, além da aplicação de adubações de manutenção e deve-se adotar o ajuste adequado das taxas de lotação (NERES et al., 2012a).

1.3.2 Uso do Tifton 85 como planta forrageira

As gramíneas do gênero *Cynodon*, dentre elas o híbrido Tifton 85 (*Cynodon* sp.), são resultantes de trabalhos de melhoramento genético realizados nas Universidades da Geórgia e da Flórida, nos Estados Unidos (HILL et al., 1996; MISLEVY; PATE, 1996). Essas gramíneas englobam espécies e cultivares de ampla adaptação às diferentes condições edafoclimáticas (OLIVEIRA et al., 2000), as quais possuem papel importante na exploração pecuária bovina brasileira (TEIXEIRA et al., 2011).

Segundo Evangelista et al. (2000), as espécies desse gênero se destacam pela adaptação às condições do clima tropical e subtropical pelo alto potencial

produtivo, pelo elevado valor nutritivo além da excelente aceitabilidade pelos animais. Dentre as gramíneas do gênero *Cynodon*, que o Tifton 85 se destaca pelo elevado valor nutricional (HILL et al., 1996), sendo recomendado para categorias de alta exigência, como vacas em lactação (ALVIM et al. 2000).

Na região oeste do Paraná, os cultivares e híbridos do gênero também *Cynodon* destacam-se pela produtividade e pelo elevado valor nutritivo, especialmente o tifton 85 (CASTAGNARA et al., 2012a). Essa gramínea forrageira é encontrada na maioria das propriedades produtoras de leite da região oeste do Paraná, e sua forragem é destinada à alimentação de todas as categorias de animais da propriedade, desde as bezerras até as vacas em lactação. Quanto ao fornecimento, é utilizada como forragem verde, ou nas formas conservadas como feno e/ou silagem.

Uma dos fatores que contribuiu para sua adoção por parte dos produtores foi a sua maior resistência ao frio e à seca, características proporcionadas pela emissão de rizomas (ALVIM et al., 2000).

No entanto, o estabelecimento do tifton 85 é realizado por meio de propagação vegetativa, e é dependente da velocidade de alongamento dos estolões e da atividade meristemática localizada nas suas gemas, responsáveis pela emissão de novas raízes e colmos (OLIVEIRA et al., 2010). Esses processos podem ser mais ou menos favorecidos em razão do nível nutricional do solo (CRUZ; BOVAL, 2000).

Outro fator relevante no manejo do tifton 85 diz respeito à fertilidade do solo, pois se trata de uma forrageira altamente exigente, e que requer reposição constante dos nutrientes para a manutenção de elevados níveis de produção de forragem com alta qualidade (PEDREIRA et al. , 1998).

1.3.3 Valor nutritivo e características do dossel de forrageiras tropicais

O valor nutritivo de uma planta forrageira pode ser estudado por meio de sua composição bromatológica (GOMIDE et al., 2001). Pastagens com baixo valor nutritivo são caracterizadas como as que contenham reduzido teor de proteína bruta e de minerais e alto conteúdo de fibras (EUCLIDES, 1995).

Dentre as frações que são avaliadas na composição bromatológica dos vegetais tem-se a fração protéica: proteína bruta; e a fração fibrosa, composta pela fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose e lignina.

A quantificação da fração protéica é relevante na nutrição animal, pois teores de proteína bruta inferiores a 70 g kg^{-1} limitam o consumo de matéria seca por ruminantes devido ao balance negativo do nitrogênio (VAN SOEST, 1994).

O teor de fibra tem sido utilizado como índice negativo de qualidade da dieta, uma vez que representa a fração menos digestível dos alimentos. Contudo a fibra desempenha importante função no controle do consumo voluntário e, conseqüentemente, na ingestão de nutrientes (ALLEN, 2000), sendo requerida para o funcionamento e metabolismo normal do rúmen (MATOS, 1989), estimulando um ambiente ruminal favorável ao desenvolvimento dos microorganismos responsáveis pela digestão de carboidratos fibrosos (NUSSIO et al., 2006).

A FDN é composta pela celulose, hemicelulose e lignina (VAN SOEST, 1994), e o limite considerado adequado para a alimentação de ruminantes é de 550-600 g kg^{-1} (MERTENS, 1994). Concentrações superiores limitam o consumo de forragem pelo efeito de enchimento do rúmen (VAN SOEST, 1994).

A fração da FDA dos alimentos inclui celulose e lignina como componentes primários além de quantidades variáveis de cinza e compostos nitrogenados (BIANCHINI et al. 2007). A lignina é um dos três compostos que se ligam para formar a fração fibrosa das forrageiras, sendo considerada o principal fator limitante à digestibilidade (VAN SOEST, 1994). É constituinte da parede celular das plantas (JUNG; ENGLES, 2002) e seu estudo é crucial na caracterização de forrageiras, pois além de influir negativamente sobre degradabilidade dos tecidos dos colmos (JUNG; ENGELS, 2002), seu excesso pode indisponibilizar a proteína dietética, causando redução no consumo (ROGERIO et al., 2007).

A hemicelulose trata-se de uma coleção heterogênea de polissacarídeos amorfos que compõe a FDN (VAN SOEST, 1994). É composta principalmente por xilose, arabinose e ácido galacturônico, e, dependendo das quantidades desses monômeros na molécula, pode haver menor ou maior digestibilidade (LADEIRA, et al., 2002). Sua concentração em plantas forrageiras pode variar de 200 a 400 g/kg (VAN SOEST, 1994).

A celulose é um dos principais constituintes da parede celular (VAN SOEST, 1994), sendo descrita como um homopolímero de cadeia linear d-glicopiranosil unidas por ligações beta-1,4 agregadas em microfibrilas estruturais da parede primária e secundária dos vegetais (ARRUDA et al., 2002). Vários fatores podem inibir a digestibilidade da celulose, como a presença de lignina, sílica, cutina além de propriedades intrínsecas da própria celulose (VAN SOEST, 1994).

Porém, além da avaliação da composição bromatológica, sob condições de pastejo, outras características devem ser consideradas no estudo das plantas forrageiras (SILVA et al., 2004), como aspectos relacionados à estrutura do dossel da pastagem.

No rendimento animal sob pastejo, o arranjo estrutural dos componentes do dossel é um importante componente e é alterado em função das estratégias de manejo adotadas (SILVA et al., 1994a).

A altura e densidade do dossel afetam o consumo de forragem pelos animais por alterarem a distribuição das folhas nos diferentes extratos do dossel (CÂNDIDO et al., 2005). Da mesma forma, a relação folha/colmo afeta o consumo, uma vez que os animais ingerem preferencialmente as folhas em relação aos colmos (FORBES; HODGSON, 1985). Esse comportamento deve-se à maior facilidade de apreensão das folhas, e estas também são selecionadas pelos animais em função do seu maior valor nutritivo (CÂNDIDO et al., 2005).

1.3.4 Degradação das pastagens brasileiras

Apesar das potencialidades da pecuária extensiva nacional, os resultados econômicos obtidos pela maioria dos pecuaristas brasileiros são bastante inferiores aos níveis ideais de produção passíveis de ser obtidos (VITOR et al., 2009).

O déficit produtivo da pecuária brasileira deve-se declínio na produtividade das pastagens após 4 a 10 anos de pastejo, a qual ocorre em função da ausência de adubações de implantação e manutenção e do ajuste da carga de lotação associados à baixa fertilidade dos solos brasileiros, com destaque para a baixa disponibilidade de fósforo e nitrogênio, fatores químicos que limitam com intensidade a produção forrageira nos solos tropicais (SANTOS et al., 2002).

Essa forma extrativista de exploração pecuária vem aumentando as áreas de pastagem degradadas ou em processo de degradação. Ao serem cultivadas sem adubação, ou somente com adubação residual, as plantas forrageiras apresentam redução da produção de forragem, do valor nutritivo e das concentrações de nutrientes, podendo ocasionar ainda deficiências nutricionais em animais alimentados exclusivamente com a forragem produzida (CASTAGNARA et al., 2012b).

Com a redução na produção de forragem, o pecuarista aumenta o número de animais por área na expectativa de manter os índices produtivos. Porém, essa medida ocasiona a superlotação das pastagens e desencadeia o processo de degradação. Também, a adoção de mesma lotação durante todo o ano é uma prática comum para maioria dos pecuaristas, o que ocasiona utilização do pasto além da capacidade de suporte no período de estiagem, fato que contribui para acelerar o processo de degradação das pastagens (SILVA et al., 2004a).

Na degradação das pastagens, a produtividade e a composição botânica podem ser substancialmente alteradas ao longo do tempo, devido ao declínio da fertilidade do solo e ao manejo inadequado das plantas forrageiras. Quando a fertilidade do solo se faz presente nessas áreas cultivadas com pastagens, o seu esgotamento, em consequência da ausência de adubação, tem sido apontado como uma das principais causas da degradação de pastagens cultivadas (COSTA et al., 2010).

Ao entrarem em estado de degradação, as pastagens apresentam um processo evolutivo de perda de vigor, sem possibilidade de recuperação natural e incapazes de sustentar os níveis de produção e qualidade exigido pelos animais, bem como de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e plantas invasoras (IEIRI et al., 2010).

1.3.5 Adubação fosfatada na recuperação de pastagens degradadas

Apesar de a condição ideal no manejo de pastagens ser a da não ocorrência de degradação, quando esta se faz presente, é necessária a recuperação dessas áreas. Além da adubação, alguns métodos de recuperação requerem a adoção de

um período de descanso, visando obter da planta a capacidade regenerativa como resposta à ausência do *stress* causado pelo pastejo animal e às técnicas aplicadas (Silva et al., 2004b).

Dentre os fertilizantes que podem ser utilizados na adubação das pastagens destaca-se o fósforo, que desempenha importante papel no desenvolvimento radicular e no perfilhamento das gramíneas (IEIRI et al., 2010). As respostas à aplicação desse elemento podem ser expressivas, uma vez que ele naturalmente se encontra em baixa disponibilidade às plantas nos solos tropicais brasileiros (FERNANDES et al., 2003).

Por ser um nutriente crucial na nutrição das gramíneas forrageiras (VELOSO et al., 2005), o aumento da disponibilidade de fósforo no solo melhora o desenvolvimento do sistema radicular no estabelecimento de pastagens e estimula o perfilhamento em pastagens já estabelecidas, elevando a produção de matéria seca (SANTOS et al., 2002).

Em Latossolos, os problemas com o fósforo especialmente no estabelecimento e na manutenção de pastagens são ainda mais expressivos, devido aos níveis extremamente baixos desse elemento quer seja na forma disponível e total no solo (IEIRI et al., 2010). Associada à deficiência desse elemento em Latossolos, têm-se ainda a alta capacidade de adsorção de fósforo decorrente da acidez e dos altos teores de óxidos de ferro e de alumínio (MACEDO, 2004).

Nas condições descritas acima, o cultivo de pastagens sem o uso adequado de adubação fosfata culmina com uma limitação na capacidade produtiva das plantas forrageiras, fazendo com que essa adubação seja fundamental no rendimento e na qualidade das forrageiras. Deve-se atentar ainda, para que sejam fornecidas ao solo doses suficientes desse elemento para que ele não se torne limitante na produção das plantas forrageiras (IEIRI et al., 2010). Solos com deficiência de fósforo limitam a capacidade de produção de forragem das pastagens (CECATO et al., 2004) e também o seu valor nutritivo (RIZZO et al., 2006).

Silva et al. (2004a), ao estudarem a degradação de pastagem *Brachiaria humidicola* em solo com 1 ppm de fósforo, observaram recuperação da pastagem apenas com a adubação fosfatada associada a um período de diferimento.

1.3.4 Formas e fontes de aplicação da adubação fosfatada

A aplicação superficial de fertilizantes fosfatados induz a formação de gradientes de concentração de fósforo nas camadas superiores do perfil do solo, concentrando maiores quantidades de fósforo lábil próximas à superfície do solo (SCHLINDWEIN; ANGHINONI, 2000). Esse processo faz com que a adubação fosfatada em cobertura fosse motivo de discussão em sistemas intensivos de produção animal à pasto (CANTO et al., 2003).

Estudando a forma mais eficiente de aplicação da adubação fosfatada em pastagem de capim-elefante em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de textura argilosa, Moreira et al. (2006) constataram maior produção de matéria seca com a incorporação no sulco do plantio.

Entretanto, existem várias alternativas propostas para aplicação de fósforo em pastagens, porém, quando é levado em consideração o manejo correto da fisiologia da planta e da fertilidade do solo tem-se obtido os melhores resultados (IEIRI et al., 2010).

Quanto às fontes de fósforo possíveis de serem utilizadas na adubação de pastagens, segundo Frandoloso et al. (2010) são encontrados diversos adubos fosfatados no comércio, os quais diferem em concentração de fósforo e solubilidade.

As principais fontes de fósforo podem ser classificadas, basicamente, em solúveis, pouco solúveis e insolúveis; as primeiras são prontamente disponíveis, e por isso mesmo as mais utilizadas para aumentar a quantidade de fósforo disponível para as plantas (SANTOS et al., 2009).

Dentre as fontes de fósforo altamente solúveis, tem-se o superfosfato triplo, que é obtido pelo processo de tratamento químico da rocha apatítica com ácido fosfórico, tornando solúvel o fósforo presente na rocha (NOVAES et al., 2007). Porém, apesar de o uso de fontes de fósforo com rápida liberação favorecer o desenvolvimento das plantas, essa rápida liberação pode favorecer também a adsorção e precipitação das do fósforo do solo, tornando-o indisponível às plantas (HOROWITZ; MEURER, 2003). Esse processo é acentuado com o aumento do teor de argila do solo (SANTOS et al., 2009).

Outra opção seria o uso dos fosfatos de rocha, obtidos apenas pelo processo de moagem da rocha apatítica (FRANDOLOSO et al., 2010). Porém, por serem menos solúveis no solo, sua disponibilização para as plantas é mais lenta (FRANDOLOSO et al., 2010), e os resultados imediatos são menos expressivos em relação às fonte solúveis.

A disponibilidade de fósforo pode ser afetada ainda, pela condição de acidez do solo, especialmente em solos ácidos, quando mesmo com a realização da aplicação de corretivos de acidez, há dificuldade em atingir os valores recomendados de saturação por bases nos primeiros anos após a aplicação (OLIVEIRA et al., 2003).

Em se tratando dos fertilizantes fosfatados solúveis, a literatura dispõe de inúmeros trabalhos, com as mais diversas culturas comprovando sua eficiência. No entanto, em se tratando da fertilização de pastagens com fosfatos naturais os resultados ainda são escassos, havendo a necessidade de mais estudos (OLIVEIRA et al., 2007), especialmente em relação ao Tifton 85.

1.3.6 Alterações químicas do solo em função da adubação fosfatada

Os atributos químicos do solo dizem respeito à capacidade de reter e fornecer nutrientes para as raízes das plantas e possibilitar reações químicas entre os seus componentes (PENTEADO, 2007).

Inicialmente, cabe ressaltar que respostas à adubação fosfatada somente são observadas em solos que não apresentem condições limitantes de acidez (ANGHINONI; SALET, 2000). Quando o fósforo é adicionado à solos com elevada acidez, as respostas são inexpressivas.

Mesmo quando o fósforo é adicionado ao solo por meio da adubação fosfatada, sua disponibilidade às plantas em solos tropicais é regulada pelo fenômeno de adsorção de fósforo pelo solo (LIMA, 2011). Este fenômeno ocorre na superfície dos óxidos de Fe e de Al por meio da troca de ligantes, em que grupos OH são substituídos por íons fosfatos da solução do solo, diminuindo sua concentração em solução (SANTOS et al., 2008).

Com a adubação fosfatada, além da elevação dos teores de fósforo no solo devido à saturação dos sítios de adsorção desse elemento no solo (RHEINHEIMER et al., 2003), ocorre também a formação de compostos de baixa solubilidade como AlPO_4 e o $\text{Al}(\text{OH})_2\text{H}_2\text{PO}_4$ (NOVAIS; SMYTH, 1999). Esses sais após formados, precipitam no solo inativando parte do alumínio trocável presente na solução do solo, o que contribui para reduzir a toxidez por alumínio (WRIGHT et al., 1991). Ao estudarem a adubação fosfatada superficial em Latossolo Vermelho com alta acidez, Nolla (2003) constatou a redução no alumínio trocável do solo de 3,6 para 2,4 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Altos teores de Ca no solo também podem retirar fósforo da solução do solo e formar fosfatos de Ca, contribuindo para a redução do alumínio tóxico (MARSCHNER, 1995). Assim, o aumento da concentração de P na solução do solo, seja pela adubação, seja pelo não-revolvimento do solo no sistema plantio direto, seja pelo uso de calcário, que eleva o pH, pode reduzir o efeito tóxico do Al, tanto pela complexação em solução, como por sua precipitação (NOLLA; ANGHINONI, 2006).

Ao estimular o desenvolvimento das plantas, inclusive do seu sistema radicular, o fósforo pode contribuir para o aumento da matéria orgânica do solo através da periódica renovação radicular. Alterações na matéria orgânica do solo interferem em outros atributos como condutividade elétrica, N mineral (NH_4 e NO_3), além da adsorção de Al^{+3} por grupos funcionais orgânicos, sendo a CTC uma das características avaliáveis que pode detectar indiretamente algumas dessas diferenças (VEZZANI et al., 2008).

Quanto à disponibilidade de nutrientes, essa é alterada em função de alterações nos demais atributos do solo, como pH, matéria orgânica, CTC e alumínio trocável.

1.4 Referências Bibliográficas

ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Madison, v.83, n.7, p. 1598-1624, 2000.

ARRUDA, A.M.V.; FERREIRA, W.M.; ROSTAGNO, H.S.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, E.S.; ALBINO, L.F.T.; SILVA, J.F. Digestibilidade aparente dos nutrientes de rações contendo diferentes fontes de fibra e níveis de amido com coelhos em

crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 31, n. 3, p. 1166-1175, 2002.

BIANCHINI,W.; RODRIGUES, E.; JORGE, A.M.; ANDRIGHETO, C.Importância da fibra na nutrição de bovinos. **REDVET**, Málaga, v.3, n.2, 2007.

CANDIDO, M.J.D.; ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A.; PEREIRA, W.E. Período de descanso, valor nutritivo e desempenho animal em pastagem de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 34, n. 5, p. 1459-1467, 2005.

CANESIN, R.C.; BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P.A.; REIS, R.A. Desempenho de bovinos de corte mantidos em pastagem de capim-marandu submetidos a diferentes estratégias de suplementação no período das águas e da seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v.36, n.2, p.410-420, 2007.

CANTO, M.W.; LIMA, M.Y.S.M.; SENGIK, E.; RICKLI, M.E. Diferentes profundidades de incorporação de adubo fosfatado na produção de massa seca e no perfilhamento da aveia preta (*Avena strigosa*). **Acta Scientiarum**, Maringá, v.25, n.2, p.359-363, 2003.

CASTAGNARA, D.D.; KRUTZMANN, A.; ZOZ, T.; STEINER, F.; CONTE E CASTRO, NA.M.; NERES, M.A.; OLIVEIRA, P.S.R. Effect of boron and zinc fertilization on white oats grown in soil with average content of these nutrients. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v.41, n.7, p. 1598-1607, 2012b.

CASTAGNARA, D.D.; MESQUITA, E.E.; NERES, M.A.;OLIVEIRA, P.S.R.; DEMINICIS, B.B.; BAMBERG,R. Valor nutricional e características estruturais de gramíneas tropicais sob adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v.60, n.232, p.931-942, 2011.

CASTAGNARA, D.D.; NERES, M.A.; OLIVEIRA, P.S.R.; JOBIM, C.C.; TRÊS, T.T.; MESQUITA, E.E.; ZAMBOM, M.A.Z. Use of a conditioning unit at the haymaking of Tifton 85 overseeded with *Avena sativa* or *Lolium multiflorum*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v.41, n.6, p. 353-1359, 2012.

COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim-marandu. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.62, n. 1, p. 192-199, 2010.

CRUZ, P.; BOVAL, M. Effect of nitrogen on some morphogenetic traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A. et al. (Eds). **Grassland ecophysiology and grazing Ecology**. New York: CABI Publishing, 2000. p.151-168.

EUCLIDES, V.P.B. Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero *Panicum*. In: SIMPOSIO SOBRE PASTAGEM, 12., Piracicaba, 1995. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1995. p.245-273.

EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G.; AMARAL, P.N.C.; PEREIRA, R.C.; SALVADOR, F.M.; SANTANA, R.A.V. Produção de silagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu) com e sem emurhecimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.2, p.443-449, 2004.

FERNANDES, A. R.; LINHARES, L. C. F.; MORAIS, F. I. O.; SILVA, G. R. da. Características químicas do solo, matéria seca e acumulação de minerais nas raízes de adubos verdes, em resposta ao calcário e ao fósforo. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 40, p. 45-54, 2003.

FORBES, T.D.A.; HODGSON, J. Comparative studies of the influence of sward conditions on the ingestive behaviour of cows and sheep. **Grass and Forage Science**, v.40, n.1, p.69-77, 1985.

FRANDOLOSO, J.F.; LANA, M.C.; FONTANIVA, S.; CZYCZA, R.V. Eficiência de adubos fosfatados associados ao enxofre elementar na cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v.57, n.5, p.686-694, 2010.

GOMIDE, J.A.; WENDLING, I.J.; BRAS, S.P. et al. Consumo e produção de leite de vacas mestiças em pastagem de *Brachiaria decumbens* manejada sob duas ofertas diárias de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v.30, n.4, p.1194-1199, 2001.

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Eficiência de dois fosfatos naturais farelados em função do tamanho da partícula. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.1, p.41-47, 2003.

IEIRI, A.Y.; LANA, R.M.Q., KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S. Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na recuperação de pastagem com brachiaria. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.5, p.1154-1160, 2010.

JUNG, H.G.; ENGELS, F.M. Alfalfa stem tissues: cell, wall deposition, composition and degradability. **Crop Science**, Madison, v.24, n.2, p.524-534. 2002.

LADEIRA, M.M.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, I.; GONÇALVES, L.C.; SALIBA, E.O.S.; BRITO, S.C.; SÁ, L.A.P. Avaliação do feno de *Arachis pintoi* utilizando o ensaio de digestibilidade *in vivo*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 31, n. 6, p. 2350-2356, 2002.

LIMA, C.C. Disponibilidade de fósforo para a cana-de-açúcar em solo tratado com compostos orgânicos ricos em silício. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.12, Campina Grande, dez., 2011.

MACEDO, M.C.M. Adubação fosfatada em pastagens cultivadas com ênfase na Região do cerrado. In: YAMADA, T.; ABDALA, S.R.S. (Eds.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p.359-400.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego, Academic Press, 1995. 889p.

MATOS, L.L. Utilização de fibra pelos ruminantes. In: MINI SIMPÓSIO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 2, Campinas. **Anais...CBNA**, Campinas, 91p, 1989.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR, G.R. **Forage quality, evaluation and utilization**. American Society of Agronomy, p.450-493, 1994.

MOREIRA, J. N.; ARAÚJO, G. G. L. de, FRANÇA, C. A. de. Potencial de produção de leite em pastagens nativas e cultivadas no semi-árido. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 10. **Anais...** 2006. Petrolina, PE. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/CPATSA/37934/1/OPB1799.pdf>. Acesso em 01 jul. 2012a.

MOREIRA, L.M.; FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A.; NÓBREGA, E.B. Absorção e Níveis Críticos de Fósforo na parte aérea para manutenção da produtividade do Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Napier). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.6, p.1170-1176. 2006b.

NERES, M.A.; CASTAGNARA, D.D.; SILVA, F.B.S.; OLIVEIRA, P.S.R.; MESQUITA, E.E.; BERNARDI, T.C.; GUARIANTI, A.J.; VOGT, A.S.L. Características produtivas, estruturais e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Piatã e do feijão-guandu cv. Super N, em cultivo singular ou em associação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 5, p. 862-869, 2012a.

NOLLA, A. Critérios para a calagem no sistema plantio direto. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. 169p. (Tese de Doutorado)

NOVAES, R.F.; SMYTH, J.T.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAES, RF; ALVAREZ, V.H.V.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007. p. 471-550.

NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; LIMA, M.L.M. **Metabolismo de carboidratos estruturais**. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds) **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal, SP: Funep, 2006.

OLIVEIRA, A.P.P.; ROSSIELLO, R.O.P.; GALZERANO, L.; COSTA JÚNIOR, J.B.G.; SILVA, R.P.; MORENZ, M.J.F. Respostas do capim-Tifton 85 à aplicação de nitrogênio: cobertura do solo, índice de área foliar e interceptação da radiação solar. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.62, n.2, p.429-438, 2010.

OLIVEIRA, M.A.; PEREIRA, O.G.; GARCIA, R. et al. Rendimento e valor nutritivo do capim-tifton 85 (*Cynodon* spp.) em diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v.29, n.6, p.1949-1960, 2000.

OLIVEIRA, P.P.A.; OLIVEIRA, W.S.; CORSI, M. Efeito residual de fertilizantes fosfatados solúveis na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v.36, n.6, p. 1715-1728, 2007.

OLIVEIRA, P.P.A.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, W.S. Eficiência da fertilização nitrogenada com uréia (^{15}N) em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu associada ao parcelamento de superfosfato simples e cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.27, n.4, p.613-620, 2003.

OLLA, A.; ANGHINONI, I. Atividade e especiação química na solução afetadas pela adição de fósforo em latossolo sob plantio direto em diferentes condições de acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.30, n.6, p.955-963, 2006.

PEDREIRA, C.G.S.; NUSSIO, L.G.; SILVA, S.C. **Condições edafoclimáticas para produção de *Cynodon spp.*** In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 2002, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. 296p.

PENTEADO, S. R. **Adubação verde e Produção de Biomassa – Melhoria e Recuperação dos Solos**. Campinas – SP: Livros Via Orgânica, 2007. 174p.

RHEINHEIMER, D.S.; CONTE, E.; ANGHINONI, I. Sorção de fósforo em função do teor inicial e de sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.27, n.3, p.41-49, 2003.

RIZZO, E. A.; MESQUITA, E. E.; MESQUITA, L. P.; SCHENEIDER, F.; NERES, M. A.; ARAÚJO, J. dos S.; RIGOLON, R.; PETRY, L. Teores críticos de fósforo no solo para o estabelecimento de *Panicum maximum* cvs. Mombaça e Tanzânia-1 e *Brachiaria* SP. Híbrido mulato. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 16, 2006,. **Anais...** Recife: Associação Brasileira de Zootecnia, 2006 (CD-ROM).

ROGÉRIO, M.C.P.; BORGES, I.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M.; PIMENTEL, J.C.M.; COSTA, J.B.; SANTOS, S.F.; CARVALHO, F.C. Valor nutritivo do resíduo da indústria processadora de abacaxi (*Ananas comosus L.*) em dietas para ovinos. 1. Consumo, digestibilidade aparente e balanços energético e nitrogenado. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.59, p.773-781, 2007.

SANTANA, G.S.; BIANCHI, P.P.M.; MORITA, I.M.; ISEPON, J.O; FERNANDES, F.M. Produção e composição bromatológica da forragem do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.), submetidos a diferentes fontes e doses de corretivo de acidez. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, n.1, p.241-246, 2010.

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

SANTOS, I. P. A.; PINTO, J. C.; SIQUEIRA, J. O.; MORAIS, A. R.; SANTOS, C. L. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoii* consorciados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 605-616, 2002.

SANTOS, I.P.A.; PINTO, J.C.; SIQUEIRA, J.O.; MORAIS, A.R.; SANTOS. C.L. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoii* consorciados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v.31, n.2, p.605-616, 2002.

SANTOS, V.R.; MOURA FILHO, G.; ALBUQUERQUE, A.W.; COSTA, J.P.V.; SANTOS, C.G.; SANTOS, A.C.I. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n.4, p.389-396, 2009.

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

SILVA, D.S.; GOMIDE, J.A.; FONTES, C.A.A. et al. Pressão de pastejo em pastagem de capim-elefante anão (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv. Mott): 1 - Efeito sobre a estrutura e disponibilidade de pasto. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.2, p.249-257, 1994a.

SILVA, M.C.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JUNIOR, J.C.B.; LIRA, M.A.; MELO, W.S.; OLIVEIRA, T.N.; ARAÚJO, G.G.L. Avaliação de métodos para recuperação de pastagens de braquiária no agreste de Pernambuco: 2. valor nutritivo da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 33, n. 6, p. 2007-2016, 2004b.

SILVA, M.C.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JUNIOR, J.C.B.; LIRA, M.A.; SANTANA, D.F.Y.; FARIAS, I. SANTOS, V.F. Avaliação de métodos para recuperação de pastagens de braquiária no agreste de Pernambuco. 1. Aspectos quantitativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 33, n. 6, p. 1999-2006, 2004a.

TEIXEIRA, S.; BRANCO, A.F.; GRANZOTTO, F.; BARRETO, J.C.; ROMA, C.F.C.; CASTAÑEDA, R.D. Fontes de fósforo em suplementos minerais para bovinos de corte em pastagem de *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 40, n. 1, p.190-199, 2011.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca. Constock Publishing Associates. 476 p. 1994.

VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M.; SOUZA, F. R. S. de; PEREIRA, W. L. M. Resposta de cultivares de milho à adubação fosfatada em Latossolo Vermelho do sul do Pará. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 44, p. 145-156, 2005.

VEZZANI, F. M.; CONCEIÇÃO, P. C.; MELLO, N. A.; DIECKOW, J. Matéria orgânica e qualidade do solo. In: SANTOS, G. DE A.; DA SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, p.483-493, 2008.

VITOR, C.M.T. ; FONSECA, D.M.; CÓSER, A.C.; MARTINS, C.E.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; RIBEIRO JÚNIOR, J.I. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 38, n. 3, p. 435-442, 2009.

WRIGHT, R.J.; BALIGAR, V.C.; BELESKY, J.D.; SNUFFER, J.D. The effect of phosphate rock dissolution on soil chemical properties and wheat seedling root elongation. **Plant Soil**, n. 134, p.21-30, 1991.

CAPÍTULO 2

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE MATERIA SECA DO TIFTON 85 FERTILIZADO COM DOSES DE SUPERFOSFATO TRIPLO OU FOSFATO DE ARAXÁ

Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de doses e fontes de fósforo no crescimento e na produção de matéria seca do capim Tifton 85. O trabalho foi desenvolvido durante o período de dezembro de 2010 à março de 2012 em um Latossolo Vermelho eutroférico, de textura argilosa. O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x5, sendo duas fontes de fósforo (Superfosfato triplo e fosfato de Araxá) e cinco doses de fósforo (0; 40; 80; 120; 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅), com quatro repetições. Estudou-se a produção de matéria seca, altura do dossel, densidade de perfilhos, área foliar e a relação folha/colmo durante três períodos de crescimento com intervalos de 28 dias. Houve efeito significativo da interação dos fatores na produção de matéria seca do capim Tifton 85 apenas na primeira avaliação. Nas avaliações da produção de matéria seca, altura do dossel, densidade de perfilhos, e área foliar houve efeito significativo apenas das doses de fósforo. Na relação folha colmo houve efeito significativo da interação dos fatores na primeira e na terceira avaliação, enquanto na segunda avaliação houve efeito significativo apenas das doses de fósforo. Adubação fosfatada com fosfato de Araxá ou superfosfato triplo promove efeitos semelhantes no acúmulo de matéria seca, altura do dossel, perfilhamento, área foliar e relação folha colmo do capim tifton 85 aos sete meses após a aplicação dos fertilizantes. O tifton 85 respondeu positivamente à adubação fosfatada com fosfato de Araxá ou superfosfato triplo na produção de matéria seca, altura do dossel, perfilhamento e área foliar.

Palavras-chave – fósforo, *Cyndon*, matéria seca

GROWTH AND PRODUCTION OF DRY MATTER OF TIFTON 85 FERTILIZAD WITH TRIPLE SUPERPHOSPHATE OR PHOSPHATE ARAXÁ

Abstract

The present study aimed to evaluate the effects of different phosphorus sources on growth and dry matter production of Tifton 85. The study was conducted during the period December 2010 to March 2012 in an Oxisol clayey. The experimental design was randomized blocks in factorial scheme 2x5, with two phosphorus sources (triple superphosphate and phosphate Araxá) and five P rates (0, 40, 80, 120, 160 kg P₂O₅ ha⁻¹), with four replications. We studied the yield of dry matter, canopy height, tiller density, leaf area and leaf/stem ratio. There was a significant interaction of the dry matter yield of Tifton 85 only in the first evaluation. In the other assessments of dry matter production, and the assessments of canopy height, tiller density and leaf area was significant effect of phosphorus levels. In the leaf stalk there was a significant interaction of factors in the first and third assessment, while in the second evaluation was significant effect of phosphorus levels. Phosphorus fertilization with phosphate or triple superphosphate Araxá promotes similar effects on dry matter accumulation, canopy height, tiller number, leaf area and leaf stalks of tifton 85 to seven months after fertilizer application. The Tifton 85 responded positively to fertilization Araxá phosphate or triple superphosphate on dry matter production, canopy height, tillering and leaf area.

Key-words - phosphorus, *Cyndon*, dry matter

2.1 Introdução

Pastagens cultivadas são a base dos sistemas de produção pecuária (SANTANA et al., 2010), representando a principal fonte alimentar dos rebanhos devido à sua praticidade e economia (CASTAGNARA et al., 2011). As gramíneas do gênero *Cynodon* se destacam por serem espécies e híbridos com adaptação às diferentes condições edafoclimáticas (OLIVEIRA et al., 2000).

No entanto, o ecossistema de pastagens é complexo e seus componentes bióticos e abióticos interagem entre si de maneiras diferentes (DIFANTE et al., 2011). Dentre os fatores que interferem no crescimento e morfologia das pastagens, tem-se as adubações. Vários são os nutrientes que podem ser fornecidos às plantas, e também as formas de fornecimento, porém, a adubação via solo é a mais tradicional.

Dentre os nutrientes que podem ser fornecidos para as plantas via solo destaca-se o fósforo, pois além de possuir grande importância na fase inicial de estabelecimento de espécies forrageiras, a adubação fosfatada contribuiu para o desenvolvimento da parte aérea e das raízes das plantas (BELARMINO et al., 2003).

Devido a essa contribuição no desenvolvimento da parte aérea das plantas, dentre outras técnicas de manejo, a adubação fosfata pode interferir no crescimento e produtividade das pastagens (SKONIESKI et al., 2011), tornando essencial o estudo de parâmetros relacionados morfofisiologia das pastagens (DIFANTE et al., 2011). Dentre esses estudos, a produção de matéria seca tem sido utilizada para prever a produtividade das pastagens, enquanto a altura do dossel e a área foliar podem representar parâmetros relacionados ao crescimento das plantas e possíveis de serem utilizados nas recomendações de manejo das pastagens.

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de doses e fontes de fósforo no crescimento e na produção de matéria seca do Tifton 85.

2.2 Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido durante o período de dezembro de 2010 à março de 2012, na Unidade Experimental do Colégio Agrícola Estadual de Toledo - CAET,

Toledo (PR), em área no Departamento de Produção Animal. O município de Toledo está localizado na região Oeste do Paraná, sob latitude 24° 42' 49" S e longitude 53° 44' 35" W, com altitude aproximada de 560 m. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho eutrófico, de textura argilosa (EMBRAPA, 2006), e por ocasião da implantação do experimento apresentava as seguintes características químicas na camada de 0 - 0, 20 m: pH (CaCl₂) = 5,5; MO (g dm⁻³) = 46,65; P (mg dm⁻³) = 5,75; K (cmol_c dm⁻³) = 0,98; Ca (cmol_c dm⁻³) = 6,79; Mg (cmol_c dm⁻³) = 2,09; H+Al (cmol_c dm⁻³) = 4,61; SB (cmol_c dm⁻³) = 9,86; T (cmol_c dm⁻³) = 14,47 e V(%) = 68,14.

O clima local, classificado segundo Koppen, é do tipo Cfa, subtropical com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes (OMETTO, 1981). As temperaturas médias do trimestre mais frio variam entre 17 e 18 °C, e do trimestre mais quente entre 28 e 29 °C. Os totais anuais médios normais de precipitação pluvial para a região variam de 1.600 a 1.800 mm, com trimestre mais úmido apresentando totais entre 400 a 500 mm (SIMEPAR, 2012).

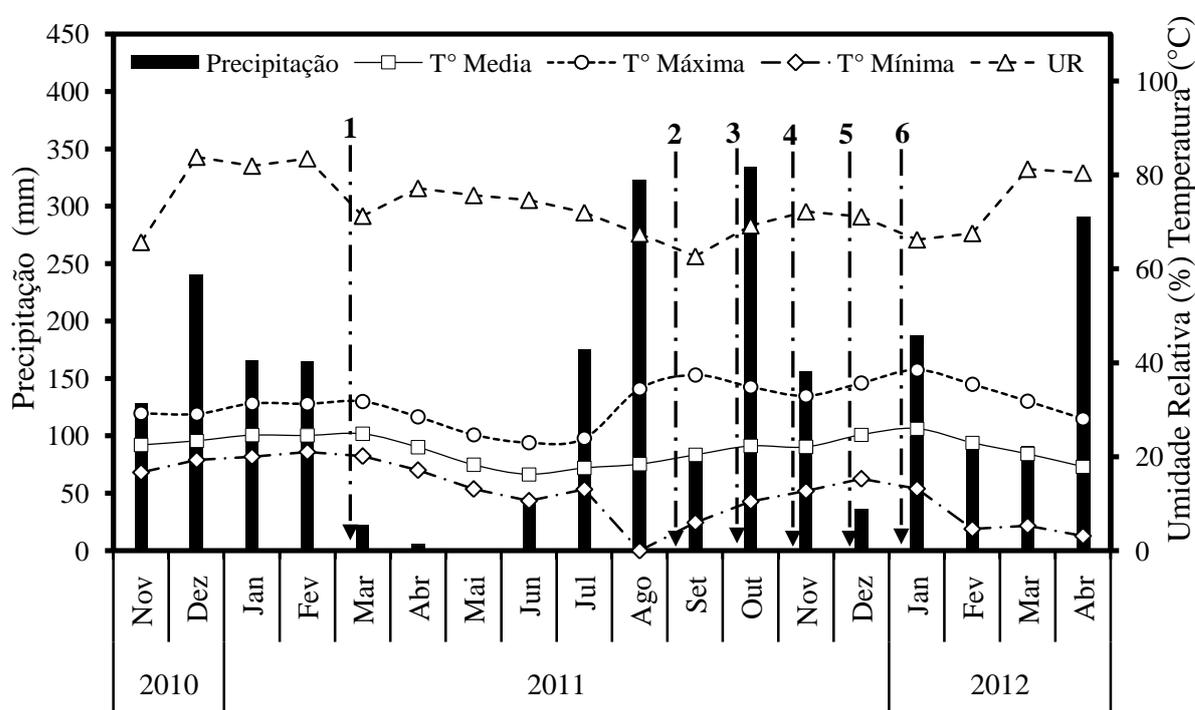


Figura 1. Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média, precipitação pluviométrica acumulada e umidade relativa média durante os meses do período experimental. 1: Adubação fosfatada seguida de plantio, 2: Corte de Uniformização, 3; 4 e 5: 1ª; 2ª e 3ª amostragens do Tifton 85.

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x5, sendo duas fontes de fósforo (Superfosfato triplo e fosfato de Araxá) e cinco doses de fósforo (0; 40; 80; 120; 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅), com quatro repetições. As parcelas experimentais possuíam dimensões de 2x2 m. Por ocasião da implantação do experimento a área encontrava-se implantada com uma pastagem composta por grama mato-grosso (*Paspalum notatum*) implantada há 17 anos e mantida sob pastejo contínuo sem a utilização de adubação de manutenção. Para a implantação do experimento a área foi dessecada em 17/12/2010 utilizando-se o herbicida glifosato (1800 g ha⁻¹ do i.a.) com volume de calda de 250 L ha⁻¹. Após a morte das plantas a área foi preparada mecanicamente com auxílio de uma operação com grade pesada (12/01/2011) e duas operações com grade leve (14/02/2011 e 26/02/2011).

A adubação foi realizada em 06/03/2011, seguiu do plantio das mudas de Tifton 85. As mudas foram obtidas em uma área já implantada com o Tifton 85 destinado à produção de feno, pertencente à uma propriedade particular. As mudas coletadas apresentavam-se enraizadas, e com uma idade de rebrota de 30 dias. O plantio foi realizado em linhas espaçadas de 0,40 m, mantendo-se um espaçamento entre plantas de também 0,40 m. As mudas foram implantadas por meio de sulcos individuais em profundidades de 0,10 m, com posterior cobertura das mudas com uma camada de 0,05 m de solo e compactação manual.

Após a implantação, a área foi vedada para assegurar o desenvolvimento vegetativo da pastagem. Em 19/09/2011 foi realizado o corte de uniformização, com auxílio de roçadeira costal. As plantas foram cortadas a uma altura de 0,05 m em relação à superfície do solo, e o material obtido com o corte, foi retirado das parcelas com auxílio de rastelo. Finalizado o corte de uniformização procedeu-se a adubação nitrogenada e potássica, nas doses de 50 kg ha⁻¹ de N (uréia) e 30 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio), aplicados manualmente à lanço em área total do experimento seguindo recomendações de Oliveira (2003).

Decorridos 28 dias do corte de uniformização foi realizada a primeira avaliação da pastagem, e as demais se repetiram em intervalos de 28 dias. Após cada corte para as avaliações repetiu-se a adubação de cobertura com 50 kg ha⁻¹ de N (uréia) e 30 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio), aplicados manualmente à lanço em área total do experimento.

Nas amostragens utilizou-se uma unidade amostral metálica, de forma quadrada de tamanho $0,5 \times 0,5 \text{ m}$ ($0,25 \text{ m}^2$), que foi lançada aleatoriamente em cada unidade experimental. Após o lançamento todas as plantas contidas no seu interior tiveram a parte aérea coletada com auxílio de cutelo. Após a coleta as plantas foram embaladas em sacos plásticos e conduzidas ao laboratório da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Toledo e pesadas para a determinação da produção de matéria verde. Após a pesagem uma subamostra foi embalada em saco de papel e submetida à secagem em estufa com circulação forçada de ar sob temperatura de 55°C por 72 horas para a determinação dos teores de matéria seca. A produção de matéria seca foi obtida pela multiplicação da produção de matéria verde pelo teor de matéria seca.

Uma segunda subamostra de aproximadamente 200 gramas foi separada em lâminas foliares e colmos+bainhas, que posteriormente também foram secos em estufa para a determinação dos teores de matéria seca. A partir dessas determinações foram calculadas a produção de matéria seca de folhas e de colmos, e a relação folha/colmo.

A densidade de perfilhos foi determinada por ocasião das amostragens com auxílio de uma unidade amostral metálica, de forma quadrada de tamanho $0,5 \times 0,5 \text{ m}$ ($0,25 \text{ m}^2$), que foi lançada aleatoriamente em cada unidade experimental e foram contabilizados manualmente todos os perfilhos contidos no seu interior.

A altura do dossel foi obtida com auxílio de régua graduada em centímetros, com a qual procederam-se medidas da altura das plantas em cinco pontos distintos em cada parcela, sendo considerado o nível do solo até o ponto de curvatura das folhas.

A área foliar foi estimada avaliando-se a área foliar das folhas contidas em 10 perfilhos por parcela, e posteriormente foi corrigida para área foliar por folha. Para a mensuração da área foliar das folhas foi utilizada régua graduada em milímetros.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e testados pelo teste F de Fischer (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002; PIMENTEL-GOMES, 2009). Quando constatado efeito significativo das fontes de fósforo as médias foram comparadas através do teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Quando constatada a significância das doses de fósforo, as médias foram estudadas por, testando-se os modelos linear e quadrático considerando-se a ausência de

significância para os desvios de regressão. Para a escolha do modelo foi considerado o maior coeficiente de determinação (R^2). As significâncias dos coeficientes das equações dos modelos de regressão selecionados para cada variável estudada foram testadas pelo teste t de Student (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002; PIMENTEL-GOMES, 2009).

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Produção de matéria seca

Houve efeito significativo da interação dos fatores na produção de matéria seca do capim Tifton 85 apenas na primeira avaliação (Figura 2A). Nas demais avaliações observou-se significância para as doses de fósforo (Figura 2B e 2C).

Na primeira avaliação, ao serem comparadas as fontes de fósforo, a análise de variância revelou que a partir da dose de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 , a produção de matéria seca do Tifton 85 fertilizado com fosfato de Araxá foi superior à produção do Tifton 85 fertilizado com Superfosfato triplo.

Era esperada a superioridade do superfosfato triplo em função de sua maior velocidade de solubilização do fósforo e da baixa eficiência inicial de fertilizantes fosfatados de origem natural em gramíneas tropicais (CECATO et al., 2007).

No entanto, como a adubação foi realizada em março, e a primeira avaliação foi realizada somente em outubro, parte do fósforo presente no superfosfato triplo pode ter sido solubilizado e retido no solo. Essa retenção ocorre principalmente por meio da adsorção do fósforo por oxidróxidos de ferro e alumínio, freqüentes em solos tropicais (NOVAES et al., 2007). Apesar de ser um fenômeno favorável à utilização do fósforo pelas plantas, o processo de adsorção passa o fósforo para a fração não lábil do solo, tornando-o indisponível para a absorção pelas plantas (NOVAES et al., 2007).

A análise de regressão revelou aumento linear na produção de matéria seca com as doses de fósforo nas três avaliações realizadas (Figura 2). Esse resultado deve-se ao fósforo disponibilizado às plantas pelos fertilizantes aplicados ao solo. Os resultados revelam que mesmo para a fonte de fósforo menos solúvel (Fosfato

de Araxá) a solubilização do fósforo ocorreu de forma que o nutriente estivesse no solo na principal forma assimilável pelas plantas (H_2PO_4^- pelo processo de difusão, pois se encontra em baixas concentrações no solo mesmo com a aplicação de fertilizantes fosfatados (TAIZ; ZEIGER, 2004).

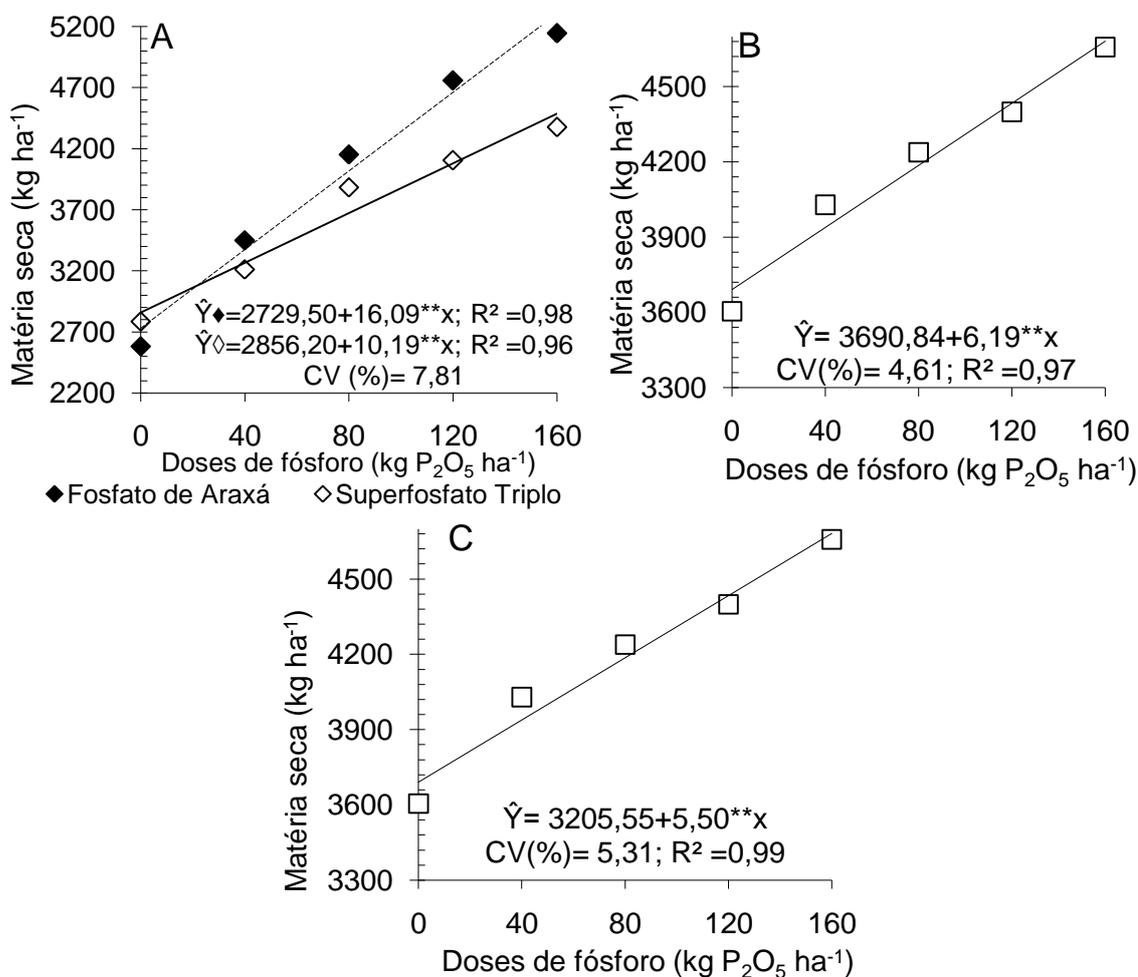


Figura 2. Produção de matéria seca do capim Tifton 85 sob doses de fósforo no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) corte, realizados com intervalos de 28 dias.

*,**: Significativo a 1 e a 5%, respectivamente, pelo teste t.

O aumento na produção de matéria seca deve-se aos efeitos favoráveis do fósforo para o desenvolvimento da parte aérea e das raízes das plantas (BELARMINO et al., 2003). No metabolismo da plantas esse nutriente é considerado determinante (GRANT et al., 2001), pois desempenha funções importantes no metabolismo do carbono, via participação na formação de poder redutor (NADPH)

usado na redução do CO₂, etapa essencial na fotossíntese e acúmulo de matéria seca (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Apesar de a dose de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ poder ser elevada, ao estudarem a grama bermuda (*Cynodon dactylon*) sob aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio em Latossolo Vermelho-Amarelo, Freitas e Jorge (1982) observaram aumentos no rendimento de matéria seca até a dose de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo. Estudando o capim Tanzânia, Gheri et al. (2000) também observaram aumentos na produção de matéria seca com a aplicação de adubação fosfatada, enquanto Belarmino et al. (2003) também observaram aumento na produção de matéria seca do capim Tanzânia, mas na presença de nitrogênio.

2.3.2 Altura do dossel

A altura do dossel das plantas de Tifton 85 foi alterada somente pelas doses de fósforo, sem efeito das fontes de fósforo e da interação dos fatores. Nas três avaliações realizadas foi observado aumento linear da altura do dossel com o aumento das doses de fósforo (Figura 3). O estudo da altura do dossel é relevante em pastagens tropicais, pois essa característica pode ser usada como uma ferramenta de manejo para o controle e monitoramento do pastejo (PEDREIRA et al., 2007).

Os incrementos na altura devem-se aos efeitos do fósforo no metabolismo das plantas, pois este elemento é um componente integral de importantes compostos da planta, incluindo açúcares-fosfato (glicose 6P, Frutose 6P, etc), fosfolipídios de membranas, nucleotídeos usados como fonte de energia (ATP) e nos ácidos nucléicos (TAIZ; ZEIGER, 2004). Assim, em condições de maior disponibilidade desse nutriente as plantas podem ter seu metabolismo aumentado, com maior divisão celular e maior crescimento, alcançando conseqüentemente maior altura. Maior crescimento das plantas fertilizadas com fósforo também foi observado por Oliveira et al. (2004) estudando o capim de raiz (*Chloris orthoton*, Doell).

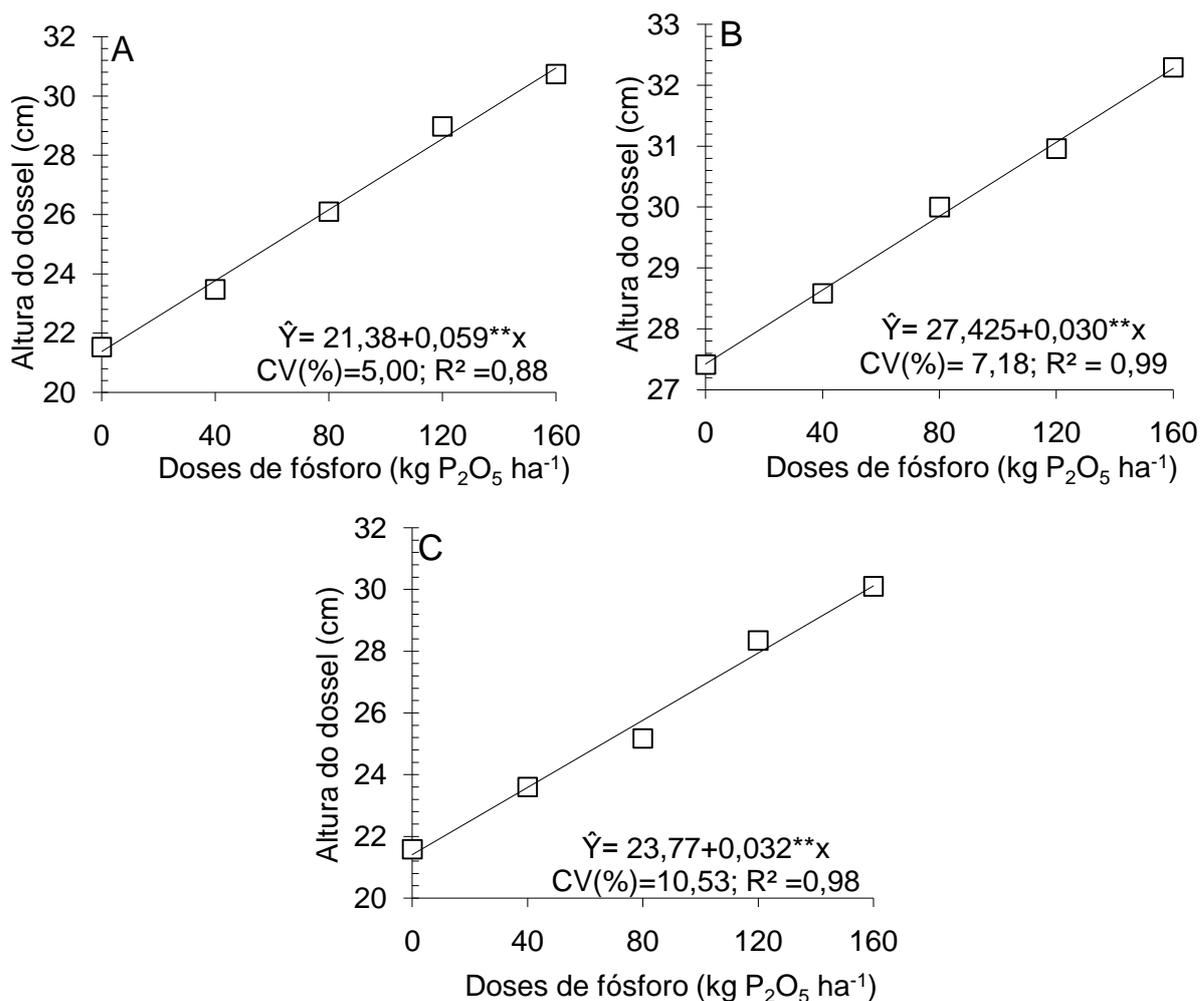


Figura 3. Altura do dossel do capim Tifton 85 sob doses de fósforo no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) corte, realizados com intervalos de 28 dias.

*, **: Significativo a 1 e a 5%, respectivamente, pelo teste t.

2.3.3 Densidade de perfilhos

Não houve efeito significativo das fontes e da interação dos fatores na densidade de perfilhos, que foi alterada somente pelas doses de fósforo. A densidade de perfilhos do tifton 85 apresentou um incremento linear com o aumento das doses de fósforo aplicadas (Figura 4). Os resultados confirmam o papel desempenhado pelo fósforo no perfilhamento e no crescimento do sistema radicular de gramíneas tropicais (SANTOS et al. 2002). Lima et al. (2007) estudando *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, Caione et al. (2011) estudando a cana-de-açúcar

e Oliveira et al. (2012) estudando *Brachiaria brizantha* cv. Piatã e *Panicum maximum* cv. Mombaça também encontraram efeitos positivos da adubação fosfatada no perfilhamento das gramíneas.

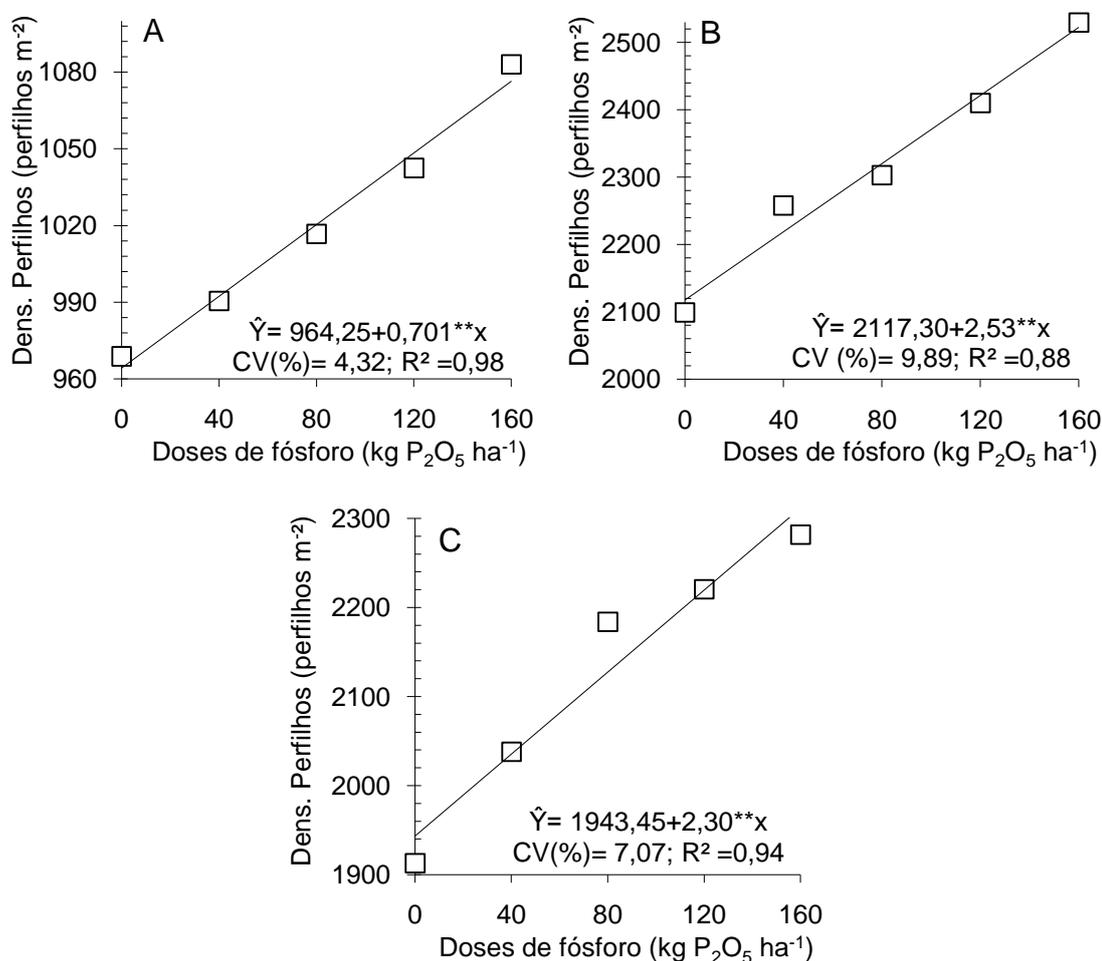


Figura 4. Densidade de perfilhos do capim Tifton 85 sob doses de fósforo no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) corte, realizados com intervalos de 28 dias.

*, **: Significativo a 1 e a 5%, respectivamente, pelo teste t.

2.3.4 Área foliar

A área foliar foi influenciada significativamente apenas pelas doses de fósforo, sem efeito das fontes e da interação dos fatores. Houve um incremento linear na área foliar das plantas de tifton 85 em resposta às doses de fósforo (Figura 4). Na primeira avaliação os valores de área foliar obtidos ficaram entre 340 e 430 mm, na segunda avaliação, os valores foram de 400 a 500 mm, enquanto na terceira

avaliação foram observados valores ainda superiores, de 420 à 640 mm. Os valores obtidos são expressivos, pois Premazzi et al. (2011) estudando adubação nitrogenada no tifton 85 encontraram valores máximos de área foliar de 845 mm².

Os incrementos observados nesse estudo devem-se à contribuição do fósforo para o crescimento das plantas. Além das situações descritas anteriormente o fósforo participa em diversas reações no metabolismo vegetal relacionadas com a conservação e transferência de energia nas células, interferindo na atividade metabólica das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2004), e contribuindo para uma maior taxa de crescimento com maior incremento na área foliar.

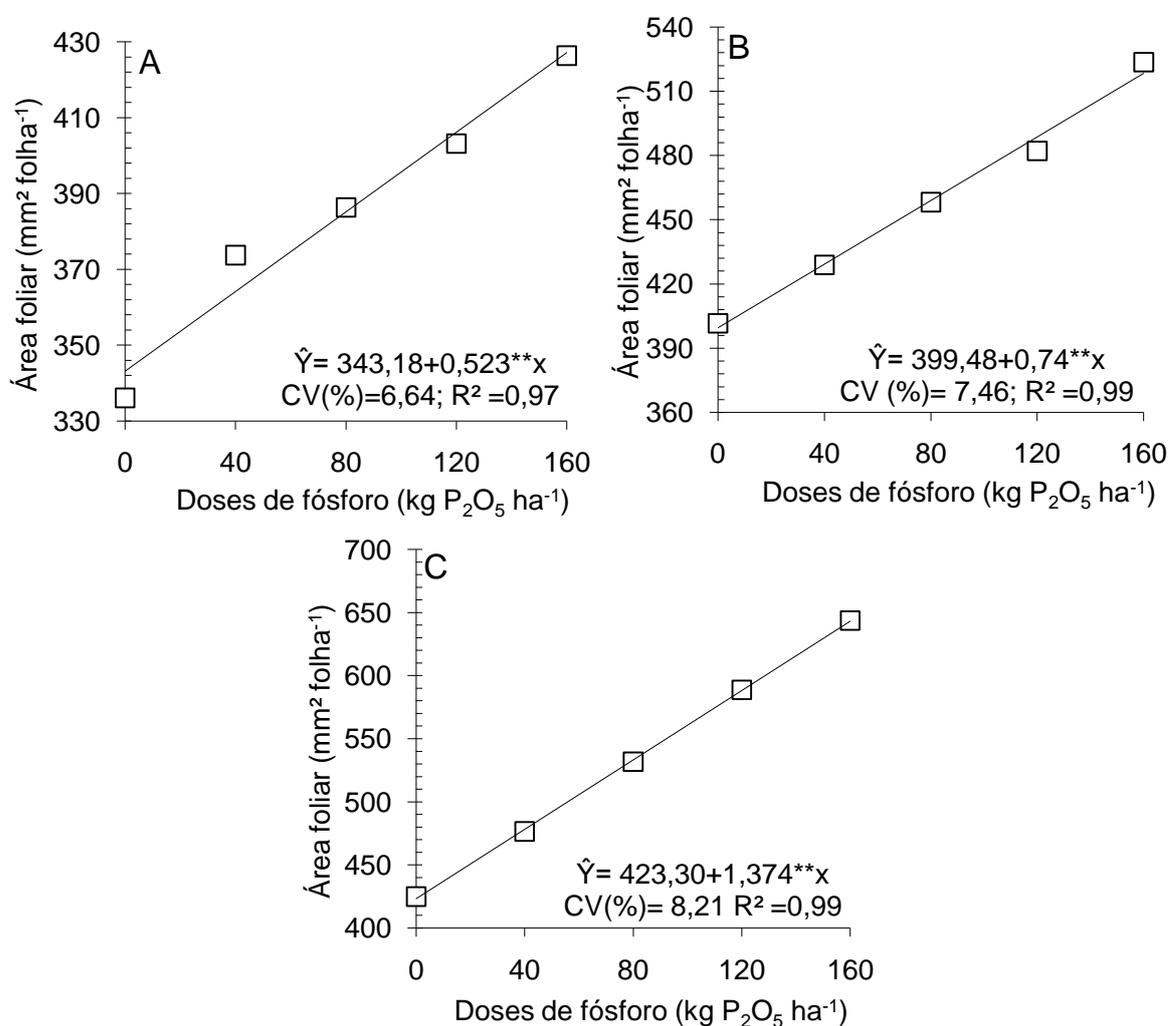


Figura 5. Área foliar do capim Tifton 85 sob doses de adubação fosfatada no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) corte, realizados com intervalos de 28 dias.

*,**: Significativo a 1 e a 5%, respectivamente, pelo teste t.

2.3.5 Relação folha/colmo

Na relação folha colmo houve efeito significativo da interação dos fatores na primeira e na terceira avaliação, enquanto na segunda avaliação houve efeito significativo apenas das doses de fósforo.

A análise de regressão revelou efeito quadrático para todas as médias estudadas. Na primeira avaliação, os menores valores de relação folha/colmo foram obtidos para o fosfato de Araxá e o Superfosfato triplo com as doses de 94 e 130 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A menor relação folha/colmo na segunda avaliação foi obtida com a dose de 59 kg ha⁻¹ de P₂O₅, enquanto na terceira avaliação, as menores relações foram obtidas com as doses de 66 e 111 kg ha⁻¹ de P₂O₅ de fosfato de Araxá e Superfosfato triplo, respectivamente.

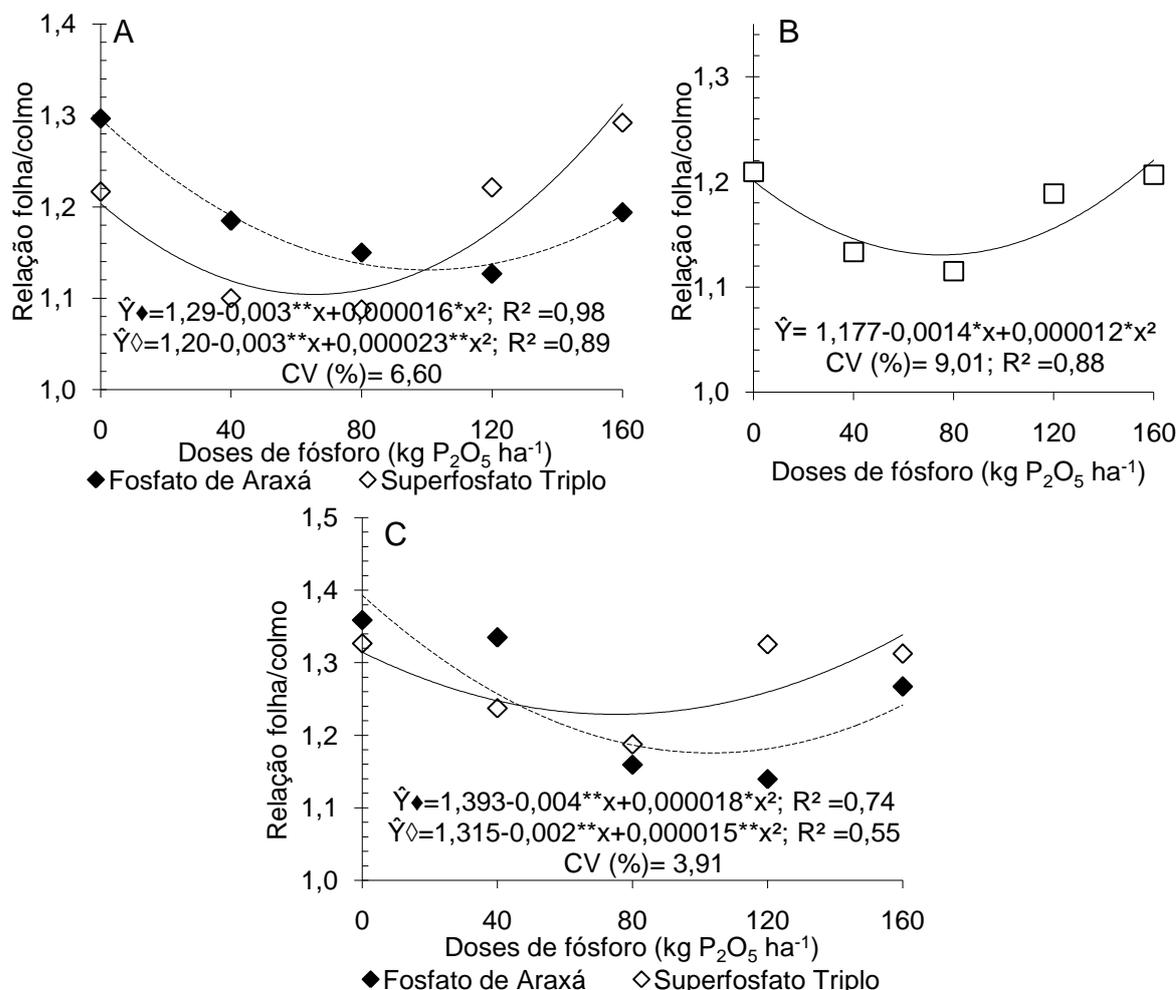


Figura 6. Relação folha/colmo do Tifton 85 sob doses de adubação fosfatada no primeiro (A), segundo (B) e terceiro (C) corte, realizados com intervalos de 28 dias.

*, **: Significativo a 1 e a 5%, respectivamente, pelo teste t.

A relação folha/colmo é uma característica relevante no estudo de espécies forrageiras, pois quanto maior a relação folha/colmo maior será a proporção de folhas na forragem. Essa característica é desejável pois as folhas possuem valor nutritivo superior em relação aos colmos, proporcionando forragem com maior digestibilidade.

A ausência de diferença entre as fontes observada na segunda avaliação pode estar relacionada com a disponibilidade hídrica para as plantas nesse período de rebrota (Figura 1), pois como o fósforo é absorvido por difusão, e a ocorrência desse processo do solo às raízes é altamente influenciado pelo conteúdo de água no solo (PAVINATO; CERETTA, 2004), pode ter sido favorecido pelas precipitações do período. Bergamin et al. (2008) também observaram contribuição da disponibilidade de água na resposta de plantas de soja à adubação fosfatada.

2.4 Conclusões

Adubação fosfatada com fosfato de Araxá ou superfosfato triplo promove efeitos semelhantes no acúmulo de matéria seca, altura do dossel, perfilhamento, área foliar e relação folha colmo do capim tifton 85 aos sete meses após a aplicação dos fertilizantes.

O tifton 85 respondeu positivamente à adubação fosfatada com fosfato de Araxá ou superfosfato triplo na produção de matéria seca, altura do dossel, perfilhamento e área foliar.

2.5 Referências Bibliográficas

BELARMINO, M.C.J.; PINTO, J.C.; ROCHA, G.P. et al. Altura de perfilho e rendimento de matéria seca de capim Tanzânia em função de diferentes doses de superfosfato simples e sulfato de amônio. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.4, p.879-885, 2003.

BERGAMIN, A.C.; SCHLINDWEIN, J.A.; VENTUROSU, L.R.; VALADÃO JUNIOR, D.D.; CARON, B.O.; SCHMIDT, D. Respostas de duas cultivares de soja à adubação a lanço e em sulco no município de Rolim de Moura/RO. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 50, p. 155-166, jul./dez. 2008.

CAIONE, G.; LANGE, A.; BENETT, C. G. S.; FERNANDES, F. M. Fontes de fósforo em variedades de cana-de-açúcar forrageira. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 66-73, 2011.

CASTAGNARA, D.D.; MESQUITA, E.E.; NERES, M.A.; OLIVEIRA, P.S.R.; DEMINICIS, B.B.; BAMBERG, R. Valor nutricional e características estruturais de gramíneas tropicais sob adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v.60, n.232, p.931-942, 2011.

CECATO, U.; SKROBOT, V. D.; FAKIR, G. M.; JOBIM, C. C.; BRANCO, A. F.; GALBEIRO, S.; JANEIRO, V. Características morfogênicas do capim mombaça *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça adubado com fontes de fósforo, sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa – MG, v.36, n.6, p.1699-1706. 2007.

DIFANTE, G. S.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; SILVA, S. C.; EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; SILVEIRA, M. C. T.; PENA, K. S. Características morfogênicas e estruturais do capim-marandu submetido a combinações de alturas e intervalos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa – MG, v.40, n.5, p.955-963, Mai., 2011.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. (2ª Ed.). Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006, 306p.

GHERI, E.O.; CRUZ, M.C.P.; FERREIRA, M.E. et al. Nível crítico de fósforo no solo para *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.9, p.1809-1816, 2000.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. Importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, São Paulo, v.95, p.1-5, 2001.

LIMA, S. O.; FIDELIS, R. R.; COSTA, S. J. C. Avaliação de fontes e doses de fósforo no estabelecimento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no sul do Tocantins. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 100-105, 2007.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, J.T.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAES, RF; ALVAREZ, V.H.V.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007. p. 471-550.

OLIVEIRA, E.L. **Sugestão de Adubação e calagem para culturas de interesse econômico no estado do Paraná**. Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR. Circular nº 128. 2003. 30 p.

OLIVEIRA, M.A.; PEREIRA, O.G.; GARCIA, R. et al. Rendimento e valor nutritivo do capim-tifton 85 (*Cynodon* spp.) em diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v.29, n.6, p.1949-1960, 2000.

OLIVEIRA, S.B.; CAIONE, G.; CAMARGO, M.F.; OLIVEIRA, A.N.B.; SANTANA, L. Fontes de fósforo no estabelecimento e produtividade de forrageiras na região de Alta Floresta – MT. **Global Science Technology**, Rio Verde, v. 05, n. 01, p.01 – 10, jan/abr. 2012.

OLIVEIRA, T.N.; DA PAZ, L.G.; SANTOS, M.V.F et. al. Influência do fósforo e de regimes de corte na produtividade e no perfilhamento do capim-de-raiz (*Chloris orthonoton* Doell). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa – MG, v.33, n.1, p.60-67, 2004

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres 1981. 440p. PAVINATO, P.S.; CERETTA, C.A. Fósforo e potássio na sucessão trigo/milho: épocas e formas de aplicação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, p.1779-1784, 2004.

PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; DA SILVA, S.C. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.2, p.281-287, 2007.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. 11ª Ed. FEALQ, Piracicaba, 2002. 309p.

PIMENTEL-GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental**. 15ª Ed., FEALQ, Piracicaba. 2009. 451p.

PREMAZZI, L.M. et al. Crescimento de folhas do capim-bermuda tifton 85 submetido à adubação nitrogenada após o corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa – MG, v.40, n.3, p. 518-526, 2011.

SANTANA, G.S.; BIANCHI, P.P.M.; MORITA, I.M.; ISEPON, J.O; FERNANDES, F.M. Produção e composição bromatológica da forragem do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.), submetidos a diferentes fontes e doses de corretivo de acidez. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, n.1, p.241-246, 2010.

SANTOS, I. P. A.; PINTO, J. C.; SIQUEIRA, J. O.; MORAIS, A. R.; SANTOS, C. L. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* consorciados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa – MG, v. 31, n. 2, p. 605-616, 2002.

SKONIESKI, F.R.; VIÉGAS, J.; BERMUDEZ, R.F.; NÖRNBERG, J.L.; ZIECH, M.F.; COSTA, O.A.D.; MEINERZ, G.R. Composição botânica e estrutural e valor nutricional de pastagens de azevém consorciadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa - MG, v.40, n.3, p. 550-556, 2011.

TAIZ, T; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

CAPÍTULO 3

COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E MINERAL DA FORRAGEM PRODUZIDA PELO TIFTON 85 FERTILIZADO COM DOSES DE SUPERFOSFATO TRIPLO OU FOSFATO DE ARAXÁ

Resumo

O presente trabalho teve por objetivo estudar a composição bromatológica e mineral da forragem produzida pelo Tifton 85 cultivado em Latossolo Vermelho eutroférico e fertilizado com doses e fontes de fósforo. O trabalho foi desenvolvido durante o período de dezembro de 2010 à março de 2012, em uma área de localizada na latitude 24° 42' 49" S e longitude 53° 44' 35" W. O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x5 com parcelas subdivididas no tempo, sendo duas fontes de fósforo (Superfosfato triplo e fosfato de Araxá), cinco doses de fósforo (0; 40; 80; 120; 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅), quatro períodos de crescimento do Tifton 85, com quatro repetições. A pastagem foi implantada em março de 2010, uniformizada em setembro de 2011, e as amostragens foram realizadas ao final de cada um dos quatro períodos de crescimento que tiveram duração de 28 dias. Nas amostras de forragem coletadas foram estudadas a composição bromatológica determinando-se os teores de PB, FDN, FDA, lignina, hemicelulose e celulose; e a composição mineral, por meio da determinação dos teores de macrominerais (fósforo, potássio, cálcio, enxofre e magnésio) e microminerais (ferro, manganês, zinco e cobre). Os constituintes bromatológicos foram alterados somente pelos períodos de crescimento devido às condições climáticas de cada período. Os teores de macro e microminerais na forragem do Tifton 85 não foram afetados pelas fontes de variação estudadas, com exceção para o fósforo e o enxofre. Para esses minerais foi observada resposta linear positiva em função do aumento das doses de fósforo. A adubação fosfatada com doses de Superfosfato triplo ou fosfato de Araxá na implantação de uma pastagem de Tifton 85 em Latossolo Vermelho eutroférico não alterou a composição bromatológica, mas elevou os teores de fósforo e enxofre na forragem produzida no período de sete a onze meses de estabelecimento.

Palavras-chave: *Cynodon sp.*, fósforo, minerais, proteína bruta

CHEMICAL AND MINERAL COMPOSITION OF THE FORAGE PRODUCED BY TIFTON 85 FERTILIZED WITH TRIPLE SUPERPHOSPHATE OR ARAXÁ PHOSPHATE

Abstract

This work aimed to study the chemical and mineral composition of forage produced by Tifton 85 grown in Oxisol and fertilized with phosphorus sources and doses. The study was conducted during the period December 2010 to March 2012, in an area located at latitude 24° 42'49" S and longitude 53° 44' 35" W. The experimental design was randomized blocks in factorial 2x5 split-plot in time, two phosphorus sources (triple superphosphate and phosphate Araxa), five P rates (0, 40, 80, 120, 160 kg ha⁻¹ P₂O₅), four periods of growth of Tifton 85, with four replications. The pasture was established in March 2010, standardized in September 2011, and the samples were taken at the end of each of the four periods of growth that lasted 28 days. In the forage samples collected were analyzed by determining the chemical composition is crude protein, NDF, ADF, lignin, hemicellulose and cellulose, and mineral composition, by determining the levels of macro minerals (phosphorus, potassium, calcium, sulfur and magnesium) and trace elements (iron, manganese, zinc and copper). The bromatological constituents were changed only by periods of growth due to climatic conditions of each period. The contents of macro and trace minerals in forage of Tifton 85 were not affected by sources of variation studied, except for phosphorus and sulfur. For these minerals was observed linearly with increasing doses of phosphorus. Phosphorus fertilization with triple superphosphate or phosphate Araxa the implementation of a grazing Tifton 85 in Oxisol did not alter the chemical composition, but elevated levels of phosphorus and sulfur in the forage produced within seven to eleven months of establishment.

Key-words: *Cynodon sp.*, phosphorus, minerals, crude protein

3.1 Introdução

Devido à sua praticidade e economia, as pastagens são a base de sustentação da pecuária brasileira (VITOR et al., 2009), fazendo com que a forragem produzida pelas mesmas seja a principal componente das dietas de ruminantes e também a fonte de alimentação mais econômica nos sistemas pecuários (SKONIESKI et al., 2011).

No entanto, os resultados econômicos obtidos pela maioria dos pecuaristas estão muito abaixo das possibilidades produtivas (VITOR et al., 2009), e um dos desse déficit produtivo da pecuária brasileira é a baixa fertilidade (SANTOS et al., 2002) e a acidez (SOUZA et al., 2008) dos solos brasileiros, com destaque para os níveis extremamente baixos de fósforo disponível e total (CECATO et al., 2004) e a ausência de utilização de adubações de manutenção.

A condução de pastagens sem a realização de adubações adequadas pode ocasionar a redução da produção de forragem, do valor nutritivo e das concentrações de nutrientes, podendo ainda ocasionar deficiências nutricionais em animais alimentados exclusivamente com a forragem produzida (CASTAGNARA et al., 2012b).

Como o fósforo está entre os elementos mais importantes para o vigor e desenvolvimento das plantas, assumindo papel fundamental para o estabelecimento e a manutenção das pastagens (CECATTO et al., 2007), a aplicação de adubação fosfatada além de minimizar problemas relacionados com a implantação (CECATO et al., 2004), poderia melhorar o valor nutritivo e composição mineral da forragem produzida por meio das funções que esse elemento desempenha na fisiologia das plantas (TAIZ;ZEIGER, 2004).

O valor nutritivo das plantas forrageiras é estimado por meio do conhecimento de sua composição bromatológica (GERDES et al., 2000), cujas frações comumente determinadas são as frações protéica e fibrosa. O conhecimento dessas frações é fundamental no estudo de plantas forrageiras, pois suas concentrações na matéria seca da forragem podem ser afetados por diversos fatores, como a espécie ou cultivar e a fertilidade do solo, e podem influenciar direta ou indiretamente o consumo de matéria seca pelo animal (VAN SOEST, 1994).

Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo estudar a composição bromatológica e mineral da forragem produzida pelo Tifton 85 sob doses e fontes de fósforo em um Latossolo Vermelho.

3.2 Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido durante o período de dezembro de 2010 à março de 2012, na Unidade Experimental do Colégio Agrícola Estadual de Toledo - CAET, Toledo (PR), em área no Departamento de Produção Animal. O município de Toledo está localizado na região Oeste do Paraná, sob latitude 24° 42' 49" S e longitude 53° 44' 35" W, com altitude aproximada de 560 m. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho eutroférico, de textura argilosa (EMBRAPA, 2006), e por ocasião da implantação do experimento apresentava as seguintes características químicas na camada de 0 - 0, 20 m: pH (CaCl₂) = 5,5; MO (g dm⁻³) = 46,65; P (mg dm⁻³) = 5,75; K (cmol_c dm⁻³) = 0,98; Ca (cmol_c dm⁻³) = 6,79; Mg (cmol_c dm⁻³) = 2,09; H+Al (cmol_c dm⁻³) = 4,61; SB (cmol_c dm⁻³) = 9,86; T (cmol_c dm⁻³) = 14,47 e V(%) = 68,14.

O clima local, classificado segundo Koppen, é do tipo Cfa, subtropical com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes (OMETTO, 1981). As temperaturas médias do trimestre mais frio variam entre 17 e 18 °C, e do trimestre mais quente entre 28 e 29 °C. Os totais anuais médios normais de precipitação pluvial para a região variam de 1.600 a 1.800 mm, com trimestre mais úmido apresentando totais entre 400 a 500 mm (SIMEPAR, 2012).

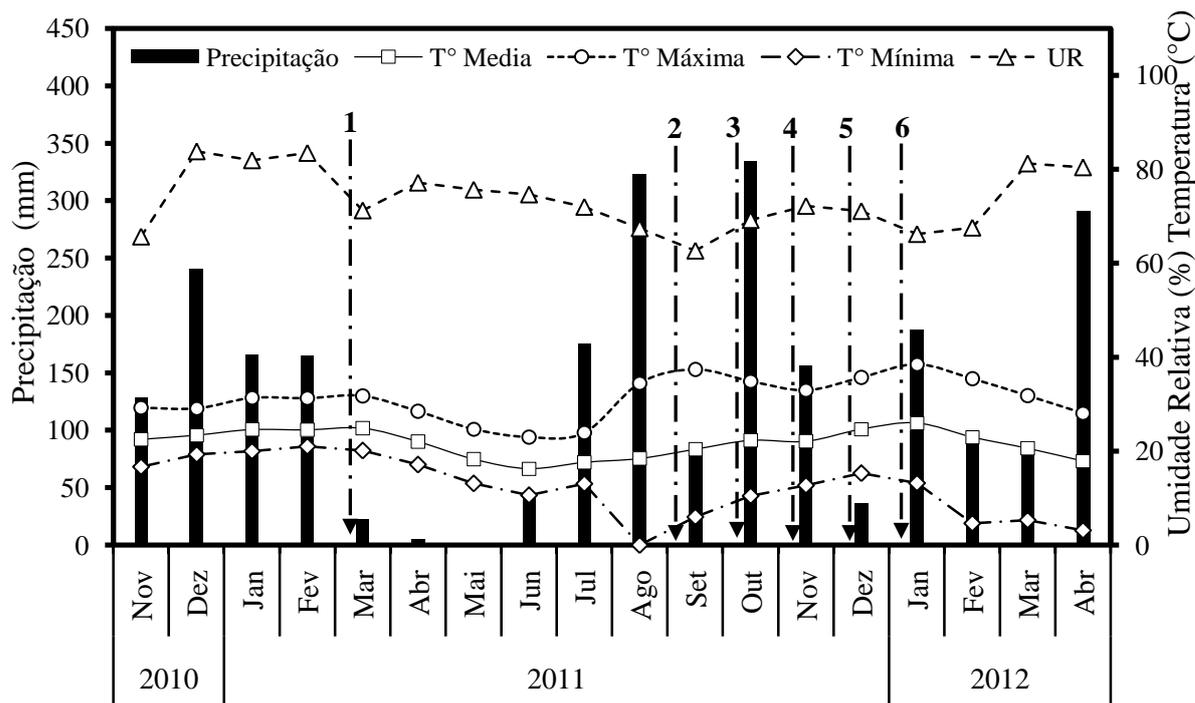


Figura 1. Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média, precipitação pluviométrica acumulada e umidade relativa média durante os meses do período experimental. 1: Adubação fosfatada seguida de plantio, 2: Corte de Uniformização, 3; 4; 5 e 6: 1^a; 2^a; 3^a e 4^a amostragens do Tifton 85.

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x5x4 com parcelas subdivididas no tempo, sendo duas fontes de fósforo (Superfosfato triplo e fosfato de Araxá), cinco doses de fósforo (0; 40; 80; 120; 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅), quatro intervalos de crescimento do Tifton 85, com quatro repetições. Nas parcelas foram alocadas as fontes e as doses de fósforo arranjadas sob o esquema fatorial, e nas subparcelas os intervalos de crescimento do Tifton 85. As parcelas experimentais possuíam dimensões de 2x2 m.

Por ocasião da implantação do experimento a área encontrava-se implantada com uma pastagem composta por grama mato-grosso (*Paspalum notatum*) implantada há 17 anos e mantida sob pastejo contínuo sem a utilização de adubação de manutenção. Para a implantação do experimento a área foi dessecada em 17/12/2010 utilizando-se o herbicida glifosato (1800 g ha⁻¹ do i.a.) com volume de calda de 250 L ha⁻¹. Após a morte das plantas a área foi preparada mecanicamente com auxílio de uma operação com grade pesada (12/01/2011) e duas operações com grade leve (14/02/2011 e 26/02/2011).

A adubação foi realizada em 06/03/2011, seguida do plantio das mudas de Tifton 85. As mudas foram obtidas em uma área já implantada com o Tifton 85 destinado à produção de feno, pertencente à uma propriedade particular. As mudas coletadas apresentavam-se enraizadas, e com uma idade de rebrota de 30 dias. O plantio foi realizado em linhas espaçadas de 0,40 m, mantendo-se um espaçamento entre plantas de também 0,40 m. As mudas foram implantadas por meio de sulcos individuais em profundidades de 0,10 m, com posterior cobertura das mudas com uma camada de 0,05 m de solo e compactação manual.

Após a implantação, a área foi vedada para assegurar o desenvolvimento vegetativo da pastagem. Em 19/09/2011 foi realizado o corte de uniformização, com auxílio de roçadeira costal. As plantas foram cortadas a uma altura de 0,05 m em relação à superfície do solo, e o material obtido com o corte, foi retirado das parcelas com auxílio de rastelo. Finalizado o corte de uniformização procedeu-se a adubação nitrogenada e potássica, nas doses de 50 kg ha⁻¹ de N (uréia) e 30 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio), aplicados manualmente à lanço em área total do experimento seguindo recomendações de Oliveira (2003).

Decorridos 28 dias do corte de uniformização foi realizada a primeira avaliação da pastagem, e as demais se repetiram em intervalos de 28 dias. Após cada corte para as avaliações, a área foi roçada com auxílio de roçadeira costal e todo o material foi retirado das parcelas. Após a roçada repetiu-se a adubação de cobertura com 50 kg ha⁻¹ de N (uréia) e 30 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio), aplicados manualmente à lanço em área total do experimento.

Foram estudadas a composição bromatológica e a composição química da forragem produzida em cada corte. A partir da análise bromatológica foram determinados os teores de proteína bruta (PB), segundo AOAC (1990), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, hemicelulose e celulose segundo Silva e Queiroz (2006). A composição química foi estudada por meio da determinação dos teores de fósforo, potássio, cálcio, boro, enxofre, magnésio, ferro, manganês, zinco e cobre segundo a metodologia descrita por Embrapa (2009).

As análises foram realizadas no material oriundo da parte aérea das plantas e amostrado com altura residual de 0,05 m em cada parcela experimental com auxílio de cutelo. As plantas coletadas foram embaladas em saco de papel e submetidas à

secagem em estufa com circulação forçada de ar sob temperatura de 55°C por 72 horas. Após a secagem as amostras foram trituradas em moinho tipo Willy com facas e câmara de inox e passadas em peneira com crivo de 1,0 mm.

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, enquanto as análises químicas foram realizadas no laboratório Central de Análises LTDA – (SOLANALISE), localizado no município de Cascavel Pr.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e testados pelo teste F de Fischer (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002; PIMENTEL-GOMES, 2009). Quando constatado efeito significativo das fontes de fósforo e dos intervalos de crescimento do Tifton 85, as médias foram comparadas através do teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Quando constatada a significância das doses de fósforo, as médias foram estudadas por análise de regressão, testando-se os modelos linear e quadrático considerando-se a ausência de significância para os desvios de regressão. Para a escolha do modelo foi considerado o maior coeficiente de determinação (R^2). As significâncias dos coeficientes das equações dos modelos de regressão selecionados para cada variável estudada foram testadas pelo teste t de Student (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002; PIMENTEL-GOMES, 2009).

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Proteína Bruta

Houve efeito significativo apenas dos períodos de avaliação para o teor de proteína bruta, sem significância para as interações dos fatores estudados.

O teor de proteína bruta foi superior no primeiro e segundo períodos de crescimento do Tifton 85, e inferior no quarto período, enquanto o terceiro período apresentou teor de proteína bruta intermediário.

As reduções nos teores de proteína bruta no terceiro e quarto período estão relacionadas com a menor precipitação pluviométrica observada nos intervalos de crescimento que antecederam as amostragens (Figura 1).

A mensuração dos teores de proteína bruta é fundamental no estudo do valor nutritivo de forrageiras, pois teores inferiores a 70 g kg⁻¹ limitam o consumo de

matéria seca devido à deficiência de proteína degradável no rúmen para atender o crescimento microbiano e a atividade fermentativa (VAN SOEST, 1994), limitando principalmente, a atividade microbiana sobre os carboidratos fibrosos da forragem (LAZZARINI et al., 2009).

Para todos os períodos de crescimento estudados, o Tifton 85 apresentou teores de proteína bruta superiores a esse limite crítico inferior, e que se aproximam aos obtidos por Neres et al. (2011) e Castagnara et al. (2012), estudando o Tifton 85 na mesma região climática.

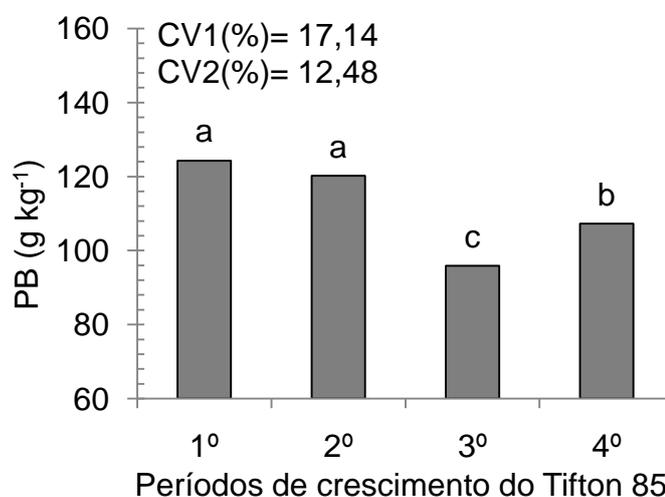


Figura 2. Teor de proteína bruta do Tifton 85 sob doses de fosfato de Araxá ou superfosfato triplo em quatro intervalos de crescimento de 28 dias.

Barras seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey (5%). CV: coeficiente de variação

3.3.2 Constituintes fibrosos

Quanto aos constituintes fibrosos, à semelhança do que ocorreu para a proteína bruta, os mesmos foram alterados somente pelos períodos de avaliação, sem efeitos significativos dos demais fatores estudados bem como das interações.

Os teores de FDN foram superiores na forragem obtida no terceiro período de crescimento, possivelmente devido ao também elevado teor de lignina (Figura 3), uma vez que a lignina é um dos componentes da FDN (VAN SOEST, 1994). Esse comportamento deve-se à menor precipitação pluviométrica nesse período de crescimento (Figura 1). A menor disponibilidade hídrica associada às altas temperaturas do período podem ter contribuído para a redução do conteúdo celular

nas células da forragem, com conseqüente aumento proporcional da fração fibrosa na forragem amostrada.

O estudo da FDN é imprescindível em forragens porque possui relação direta com o consumo de matéria seca. Teores de FDN superiores a 550-600 g kg⁻¹ limitam o consumo de matéria seca pelo efeito enchimento do rúmen (VAN SOEST, 1994). Ao reduzir o consumo de matéria seca, a FDN retarda a entrada de novos componentes potencialmente degradáveis no rúmen (LAZZARINI et al., 2009) limitando o ganho animal.

Apesar de não ter diferido estatisticamente do primeiro período de crescimento, a FDA foi inferior aos demais períodos na forragem colhida no segundo período de crescimento. Esse resultado coincide com o período de maior disponibilidade hídrica durante o experimento, o que pode ter contribuído com o desenvolvimento das plantas de Tifton 85 e possibilitado a obtenção de forragem com menor teor de FDA. Os maiores valores de FDA observados no terceiro e quarto período de crescimento são coerentes com os teores de lignina e celulose (Figura 3). Esse resultado era esperado, uma vez que a lignina e celulose são constituintes da fração FDA da forragem (VAN SOEST, 1994). Os teores de celulose nas plantas variam de 200 a 400 g kg⁻¹, e esta fração representa a maior e mais variável porção da parede celular das plantas. Sua disponibilidade nutricional varia conforme o grau de lignificação, mas também pode ser influenciada por outros fatores como o teor de sílica ou cutina da forragem, bem como características intrínsecas da própria celulose (VAN SOEST, 1994). Já a lignina é um dos constituintes da parede celular que interfere negativamente na digestibilidade das demais frações fibrosas (VAN SOEST, 1994), tanto que altos teores de lignina na dieta de ruminantes podem indisponibilizar a proteína dietética, e reduzir o consumo de matéria seca pelos animais (ROGERIO et al., 2007).

As condições climáticas durante o terceiro e quarto períodos de crescimento do Tifton 85 podem ter contribuído para a elevação nos teores de lignina e celulose, pois a deficiência hídrica limita o desenvolvimento das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A hemicelulose foi superior no segundo período de crescimento, e inferior no quarto período, porém, ambos não diferiram dos demais períodos (Figura 3). A hemicelulose é uma coleção heterogênea de polissacarídeos amorfos com grau de

polimerização inferior a celulose e muito variável, porém, que estão associados à lignina. Assim, a digestibilidade da hemicelulose está diretamente relacionada com a digestibilidade da celulose e inversamente relacionada com a lignificação da parede celular (VAN SOEST, 1994).

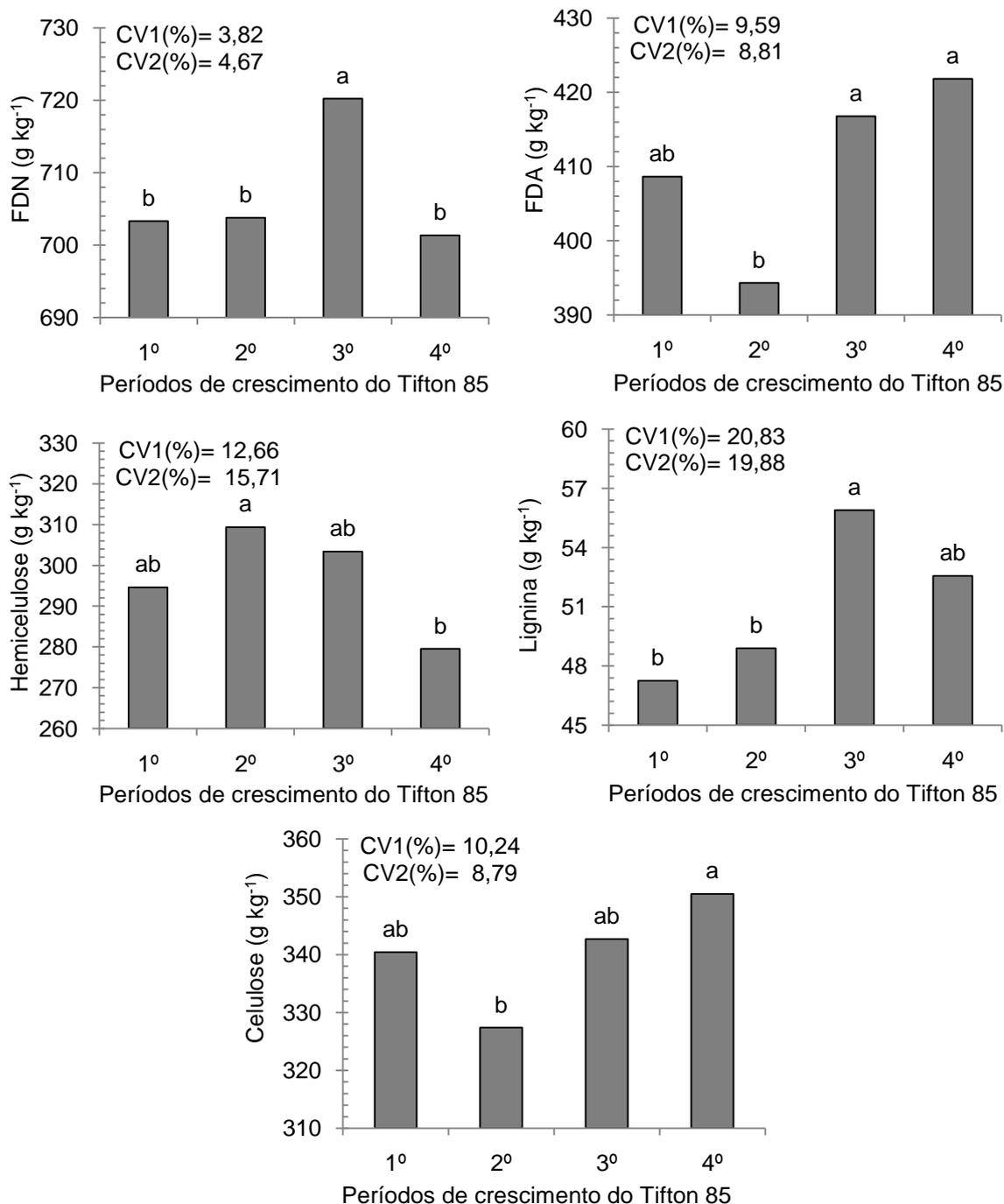


Figura 3. Concentrações dos constituintes fibrosos na forragem do Tifton 85 sob doses de fosfato de Araxá ou superfosfato triplo em quatro intervalos de crescimento de 28 dias.

Barras seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey (5%). CV: coeficiente de variação

O maior teor de hemicelulose no segundo período de crescimento do tifton 85 coincide justamente com o menor teor de FDA, os quais associados ao teor de proteína bruta (Figura 2) poderiam caracterizar a forragem obtida no segundo período como a de melhor valor nutritivo em relação aos demais.

Valores semelhantes para os constituintes fibrosos foram obtidos por Castagnara et al. (2011), Neres et al. (2011) e Castagnara et al. (2012), ao estudarem o Tifton 85 sob condições de crescimento semelhantes às deste estudo.

3.3.3 Macrominerais

Os teores de macrominerais da forragem do Tifton 85 não foram afetados pelas fontes de variação estudadas, com exceção para o fósforo e o enxofre.

Para o fósforo foi observado efeito somente das doses de fósforo, com aumento linear no teor de fósforo na forragem em resposta ao aumento das doses de fósforo aplicadas (Figura 4 e 5). Para cada kg de P_2O_5 aplicado houve um aumento de $0,0028 \text{ g kg}^{-1}$ de fósforo na matéria seca.

Os resultados eram esperados devido à maior disponibilidade de fósforo no solo proporcionada pela adubação fosfatada. Como o fósforo é um elemento pouco móvel no solo, e sua absorção é diretamente dependente da interceptação radicular (MALAVOLTA, 2004), ao ser realizada a adubação fosfatada com maior quantidade do fertilizante, possibilitou-se que o fósforo entrasse em contato com uma quantidade maior de solo, aumentando as chances de ser interceptado pelas raízes das plantas.

Também, como a disponibilidade do fósforo dos fertilizantes às plantas é regulada pelo fenômeno de adsorção (LIMA, 2011) que ocorre na superfície dos óxidos de Fe e de Al e reduz a disponibilidade do P no solo (SANTOS et al., 2008), a adição de maior quantidade de fósforo via fertilizante propiciou que uma maior quantidade do elemento estivesse disponível para ser absorvido pelas plantas.

Rocha et al. (2000) e Fontaneli et al. (2004) estudando a composição do Tifton 85 encontraram teores de 2,5 e $3,35 \text{ g kg}^{-1}$ de fósforo na matéria seca, respectivamente, enquanto Camargo et al. (2011) obtiveram teores próximos aos aqui encontrados. Os valores de fósforo obtidos são inferiores aos recomendados

para vacas em lactação com peso vivo médio de 450 kg e produção média de 25 kg de leite dia⁻¹, havendo a necessidade de suplementação se os animais forem alimentados exclusivamente com a pastagem (NRC, 2001).

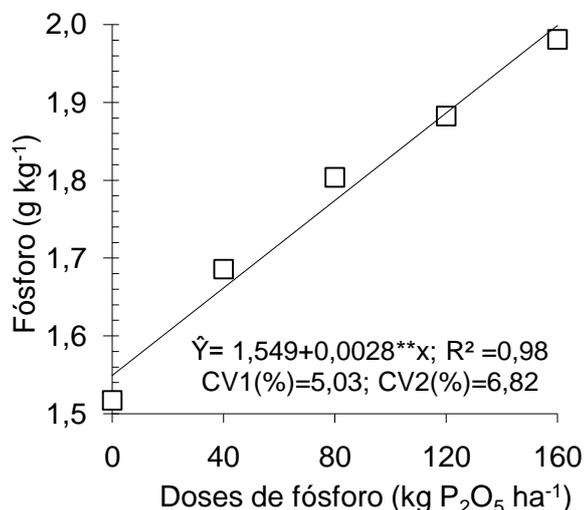


Figura 4. Teores de fósforo na forragem do Tifton 85 sob doses de fosfato de Araxá ou Superfosfato triplo em quatro intervalos de crescimento de 28 dias.

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

Os teores de enxofre foram alterados pelas fontes e pelas doses de fósforo. Em relação às doses de fósforo, houve aumento linear no teor de enxofre na forragem com o aumento das doses de fósforo (Figura 5). O aumento nos teores de enxofre com o aumento das doses de fósforo deve-se à interação entre ambos, pois Richart et al. (2006) também trabalhando em Latossolo vermelho, porém, estudando a cultura da aveia, constataram que o aumento das doses de fósforo aplicadas ao solo aumenta a necessidade de enxofre para as plantas.

A aplicação do fosfato de Araxá proporcionou teores superiores de enxofre na forragem. Essa diferença está relacionada com a eficiência agrônômica dos fertilizantes, pois para o fosfato de Araxá a máxima eficiência agrônômica é obtida com um ano após a aplicação do fertilizante (MARTINHÃO et al. 2004). Assim, como as avaliações tiveram início cerca de sete meses após a aplicação dos fertilizantes, esse período associado ao teor de matéria orgânica do solo poderia ter contribuído para que as amostragens coincidissem com o período em que o fosfato de Araxá estaria disponibilizando as maiores quantidades de fósforo no solo.

A disponibilização do fósforo presente em fertilizantes fosfatados naturais é influenciada pela atividade microbiana no solo, e esta pode ser estimulada pela

presença de enxofre (SIQUEIRA et al., 2004). Apesar de esse elemento não ter sido analisado inicialmente no solo, os resultados evidenciam que o enxofre estaria presente em níveis elevados no solo, possivelmente ligado à matéria orgânica (ALVAREZ V., 2007), cuja análise de solo revelou estar presente no solo em alta concentração ($46,65 \text{ g dm}^{-3}$). Quando o enxofre se encontra presente no solo, é oxidado pelo *Thiobacillus thiooxidans*, formando o ácido sulfúrico, que possui a capacidade de solubilizar o fósforo presente nos fosfatos de rocha, tornando-o disponível às plantas.

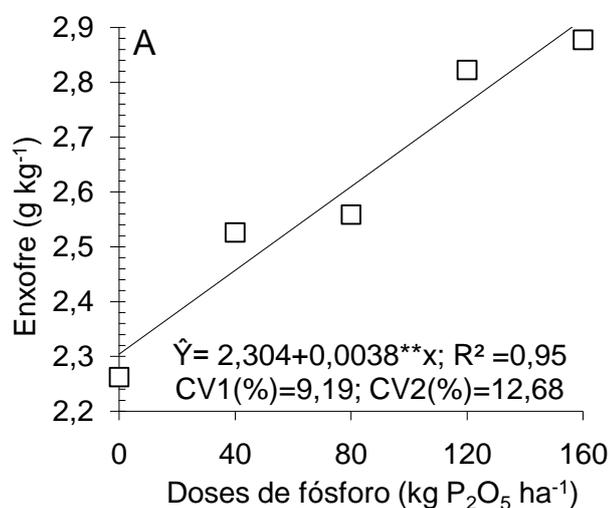


Figura 5. Teores de enxofre na forragem do Tifton 85 sob doses de fosfato de Araxá ou Superfosfato triplo em quatro intervalos de crescimento de 28 dias

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

Os teores médios de cálcio, magnésio e potássio encontrados foram de 4,17; 1,47 e $23,52 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente e se aproximam dos obtidos por Fontanelli et al. (2004) estudando a composição de gramíneas do gênero *Cynodon*. Entretanto, os teores de cálcio e magnésio não atendem as exigências mínimas para vacas em lactação com peso vivo médio de 450 kg e produção média de 25 kg dia^{-1} segundo o NRC (2001). Já os teores de potássio observados na matéria seca da forragem são adequados para suprir as exigências desse nutriente para a mesma categoria animal animal citada anteriormente. Ribeiro e Pereira (2011) também estudando o Tifton 85 encontraram teores de cálcio semelhantes, porém teores superiores de magnésio e fósforo e teores inferiores de potássio. Camargo et al. (2011) estudando o Tifton 85 também em Latossolo Vermelho, encontraram teores de cálcio, magnésio e potássio

de 13,45; 1,96 e 5,18 g kg⁻¹, porém estudando a aplicação de dejetos líquidos suínos, o que justifica as diferenças em relação aos valores obtidos neste estudo.

O estudo dos macrominerais é relevante na qualificação nutricional de plantas forrageiras, pois estes são elementos essenciais do metabolismo animal. Além de serem importantes componentes do tecido ósseo e de outros tecidos dos animais, constituem os fluídos do corpo, possuindo papel fundamental na manutenção do balanço ácido-básico, da regulação osmótica, no potencial elétrico das membranas celulares e nas transmissões nervosas (NRC, 2001).

3.3.4 Microminerais

Os teores de microminerais não foram alterados pelas fontes de variação estudadas. Os valores médios obtidos foram de 164,41; 90,04; 30,69; 8,37 e 9,16 mg kg⁻¹ para ferro, manganês, zinco, cobre e boro, respectivamente. Com exceção do zinco, todos os demais teores atendem as exigências de vacas em lactação com peso vivo médio de 450 kg e produção média de 25 kg dia⁻¹ (NRC, 2001). Camargo et al. (2011) obtiveram teores médios de zinco de 33,23 mg kg⁻¹ em capim Tifton 85 fertilizado com dejetos líquidos suínos.

Apesar de os microminerais estarem presentes nos tecidos dos animais em muito baixas concentrações, possuem papel fundamental no metabolismo animal, e por esse motivo sua quantificação nas forragens e suplementação quando necessária é fundamental para a manutenção das funções produtivas dos animais de interesse zootécnico. No metabolismo animal os microminerais são componentes de metaloenzimas e cofatores enzimáticos, ou participam da constituição de hormônios do sistema endócrino animal (NRC, 2001).

3.4 Conclusões

A adubação fosfatada com doses de Superfosfato triplo ou fosfato de Araxá na implantação de uma pastagem de Tifton 85 em Latossolo Vermelho eutrófico não alterou a composição bromatológica, mas elevou os teores de fósforo e enxofre na forragem produzida no período de sete a onze meses de estabelecimento.

3.5 Referências Bibliográficas

ALVAREZ V., V.H.; ROSCOE, R.; KURIHARA, C.H.; PEREIRA, N.F. **Enxofre**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2007. p.595-644.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed., Virginia: Arlington. 1117p, 1990.

CASTAGNARA, D.D.; AMES, J.P.; NERES, M.A.; OLIVEIRA, P.S.R.; SILVA, F.B.; MESQUITA, E.E.; STANGARLIN, J.R.; FRANZENER, G. Use of conditioners in the production of Tifton 85 grass hay. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.10, p.2083-2090, 2011.

CASTAGNARA, D.D.; KRUTZMANN, A.; ZOZ, T.; STEINER, F.; CONTE E CASTRO, NA.M.; NERES, M.A.; OLIVEIRA, P.S.R. Effect of boron and zinc fertilization on white oats grown in soil with average content of these nutrients. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v.41, n.7, p. 1598-1607, 2012b.

CASTAGNARA, D.D.; NERES, M.A.; OLIVEIRA, P.S.R.; JOBIM, C.C.; TRÊS, T.T.; MESQUITA, E.E.; ZAMBOM, M.A.Z. Use of a conditioning unit at the haymaking of Tifton 85 overseeded with *Avena sativa* or *Lolium multiflorum*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v.41, n.06, p.1353-1359, 2012a.

CECATO, U.; SKROBOT, V.D.; FAKIR, G.M.; JOBIM, C.C.; BRANCO, A.F.; GALBEIRO, S.; JANEIRO, V. Características morfogênicas do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) adubado com fontes de fósforo, sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1699-1706, 2007.

CECATO, U.; PEREIRA, L. A. F.; JOBIM, C. C. Influência das adubações nitrogenada e fosfatada sobre a composição químico-bromatológica do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu). **Acta Scientiarum**, v. 26, n. 03, p. 409-416, 2004.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília, Embrapa Informações Tecnológica, 2009. 627p.

EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306 p.

FONTANELI, R.S.; SCHEFFER-BASSO, S.M., DURR, J.W.; APPELT, J.V.; BORTOLINI, F. HAUBERT, F.A. Predição da composição química de bermudas (*Cynodon* spp.) pela espectroscopia de reflectância no infravermelho proximal. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 838-842, Aug. 2004 .

GERDES, L., J.C. WERNER, M.T. COLOZZA, R.A. POSSENTI, E.A. SCHAMMASS. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras Marandu,

Setária e Tanzânia nas estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 29, n. 4, p. 955-963, 2000.

LAZZARINI, I. ; DETEMANN, E.; SAMPAIO, C.B.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, M.A.; SOUZA, M.A.; OLIVEIRA, F.A. Dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e compostos nitrogenados. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61, n. 3, p. 635-647, jun. 2009.

LIMA, C.C. Disponibilidade de fósforo para a cana-de-açúcar em solo tratado com compostos orgânicos ricos em silício. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.12, Campina Grande, dez., 2011.

MALAVOLTA, E. **O fósforo na planta e interações com outros elementos**. In: YAMADA, t.; ABDALLA, S.R.S. Fósforo na agricultura brasileira. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato – Piracicaba. 2004. p. 35-115.

MARTINHÃO, D.; SOUZA, G.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado**. In: YAMADA, t.; ABDALLA, S.R.S. Fósforo na agricultura brasileira. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato – Piracicaba. 2004. p.157-222.

NERES, M.A.; CASTAGNARA, D.D.; MESQUITA, E.E.; JOBIM, C.C.; TRÊS, T.T.; OLIVEIRA, P.S.R.; OLIVEIRA, A.A.M.; Production of tifton 85 hay overseeded with white oats or ryegrass. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.8, p.1638-1644, 2011.

NRC -NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed., Washington: National Academy Press, 2001. 381p.

OLIVEIRA, E.L. **Sugestão de Adubação e calagem para culturas de interesse econômico no estado do Paraná**. Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR. Circular nº 128. 2003. 30 p.

RIBEIRO, K; PEREIRA, O.G. Produtividade de matéria seca e composição mineral do capim-tifton 85 sob diferentes doses de nitrogênio e idades de rebrotação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 811-816, jul./ago., 2011.

RICHART, A.; LANA, M.C.; SCHULZ, L.R.; BERTONI, J.C.; BRACCINI, A.L. Disponibilidade de fósforo e enxofre para a cultura da soja na presença de fosfato natural reativo, superfosfato triplo e enxofre elementar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v.30, p. 695-705, 2006.

ROGERIO, M.C.P.; BORGES, I.; NEIVA, J.N.M.; PIMENTEL, J.C.M.; MARTINS, G.A.; RIBEIRO, T.P.; COSTA, J.B.; SANTOS, S.F.; CARVALHO, F.C. Valor nutritivo do resíduo da indústria processadora de abacaxi (*Ananas comosus L.*) em dietas para ovinos. 1. Consumo, digestibilidade aparente e balanços energético e nitrogenado. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.3, p.773-781, 2007.

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

SANTOS, I.P.A.; PINTO, J.C.; SIQUEIRA, J.O.; MORAIS, A.R.; SANTOS, C.L. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoii* consorciados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n. 02, p. 605-616, 2002.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Ed UFV, 235 p. 2006.

SIQUEIRA, J.O.; ANDRADE, A.T.; FAQUIN, V. **O papel dos microorganismos na disponibilização e aquisição de fósforo pelas plantas**. In: YAMADA, t.; ABDALLA, S.R.S. Fósforo na agricultura brasileira. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato – Piracicaba. 2004. p.116-156.

SOUZA, G. S.; LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A. Variabilidade espacial do fósforo, potássio e da necessidade de calagem numa área sob pastagem. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 03, p. 384-391, 2008.

TAIZ, T; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca. Constock Publishing Associates. 476 p. 1994.

VITOR, C. M. T. et al. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 03, p. 435-442, 2009.

CAPÍTULO 4

EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA MATÉRIA SECA PRODUZIDA E CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO CULTIVADO COM TIFTON 85 FERTILIZADO COM DOSES DE SUPERFOSFATO TRIPLO OU FOSFATO DE ARAXÁ

Resumo

O presente trabalho teve por objetivo estudar a extração de nutrientes e as alterações químicas em um Latossolo Vermelho cultivado com Tifton 85 fertilizado com doses crescentes de superfosfato triplo ou fosfato de Araxá. O trabalho foi desenvolvido durante o período de dezembro de 2010 à março de 2012 em um Latossolo Vermelho eutroférico de textura argilosa. O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x5, sendo duas fontes de fósforo (Superfosfato triplo e fosfato de Araxá) e cinco doses de fósforo (0; 40; 80; 120; 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅), com quatro repetições. A adubação foi realizada por ocasião da implantação do Tifton 85, e após sete meses a matéria seca produzida pelo Tifton 85 foi amostrada quatro vezes em intervalos de 28 dias e foi submetida à análises laboratoriais para determinação dos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, manganês, cobre, zinco e ferro estimando-se a extração desses nutrientes. No solo, as amostragens foram realizadas após as amostragens do Tifton 85, nas camadas de 0-10 e 0,10-0,20 m, determinando-se os valores de pH e os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, a soma de bases, CTC, saturação por bases e os teores de cobre, manganês, zinco e ferro. Houve efeito significativo das doses de fontes de fósforo apenas para a extração de fósforo e para os teores de fósforo no solo. A extração de fósforo do solo pelo Tifton 85 aumenta com o aumento das doses de fosfato de Araxá ou Superfosfato triplo aplicadas. O Tifton 85 extraiu do solo na matéria seca produzida 288 kg ha⁻¹ de potássio, 51 kg ha⁻¹ de cálcio, 31 kg ha⁻¹ de enxofre e 18 kg ha⁻¹ de magnésio. Os fertilizantes aplicados aumentaram os teores de fósforo disponível sem alterar os teores de macro e micronutrientes, o pH, a soma de bases, a capacidade de troca catiônica e a saturação por bases, na camada de 0-0,20 m de um Latossolo Vermelho.

Palavras-chave: *Cynodon* sp., fósforo, saturação por bases

EXTRACTION OF NUTRIENTS IN DRY MATTER PRODUCED AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF A OXISOL CULTIVATED WITH TIFTON 85 FERTILIZAD WITH PHOSPHATE OR ARAXA OR TRIPLE SUPERPHOSPHATE

Abstract

The present work aimed to study the extraction of nutrients and chemical changes in an Oxisol cultivated with Tifton 85 fertilized with increasing doses of triple superphosphate or phosphate of Araxa. The study was conducted during the period December 2010 to March 2012 in an Oxisol clayey. The experimental design was randomized blocks in factorial scheme 2x5, with two phosphorus sources (triple superphosphate and phosphate Araxa) and five P rates (0, 40, 80, 120, 160 kg P₂O₅ ha⁻¹), with four replications. The fertilizer was applied during the implantation of Tifton 85, and after seven months of dry matter produced by Tifton 85 was sampled four times at intervals of 28 days and underwent laboratory testing to determine the levels of phosphorus, potassium, calcium, magnesium, manganese, copper, zinc and iron estimated the extraction these nutrients. In soil, the samples were taken after samples of Tifton 85, at 0-10 and 0.10-0.20 m, determining the values of pH, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sum of bases, cation exchange capacity, base saturation, and levels of copper, manganese, zinc and iron. Significant effect of doses of phosphorus sources only for the extraction of phosphorus and phosphorus contents of the soil. The extraction of soil phosphorus by Tifton 85 increased with increasing doses of phosphate Araxa or triple superphosphate applied. The extracted soil Tifton 85 dry matter produced 288 kg ha⁻¹ potassium, 51 kg ha⁻¹ calcium, 31 kg ha⁻¹ of sulfur and 18 kg ha⁻¹ of magnesium. The fertilizers applied increased levels of available phosphorus without altering the levels of macro and micronutrients, pH, sum of bases, cation exchange capacity and base saturation in the 0-0.20 m layer of an Oxisol.

Key-words: *Cynodon* sp., phosphorus, base saturation

3.6 Introdução

No Brasil as pastagens cobrem 20% da área agricultável, ou seja 185 milhões de hectares, ocupados pelo maior rebanho bovino comercial do mundo (MOREIRA et al., 2006). Porém, os índices produtivos da pecuária extensiva brasileira são limitados especialmente pela baixa fertilidade (SANTOS et al., 2002) e a acidez (SOUZA et al., 2008) e os baixos níveis de fósforo nos solos tropicais brasileiros (FERNANDES et al., 2003).

Esse elemento é essencial no estabelecimento e na manutenção de pastagens (IEIRI et al., 2010), porém em Latossolos, devido à capacidade de adsorção (MACEDO, 2004) e precipitação, doses muito mais elevadas de fertilizantes fosfatados devem ser aplicadas para assegurar a disponibilidade de fósforo às plantas (MESQUITA et al., 2004).

A adsorção e precipitação de fósforo nos Latossolos se deve à acidez e aos altos teores de óxidos de ferro e de alumínio (MACEDO, 2004), e esses processos tornam o fósforo momentaneamente indisponível às plantas (MESQUITA et al., 2004). Por esse motivo, a disponibilidade de fósforo continua pesquisada, especialmente em solos tropicais intemperizados (VALLADARES et al., 2003).

Uma das alternativas para a elevação da disponibilidade de fósforo no solo é a aplicação de fertilizantes fosfatados. Para tal podem ser utilizados os fertilizantes fosfatados solúveis como o superfosfato triplo com aproximadamente 20% de fósforo (MOREIRA et al., 2002), e os fosfatos de rocha, de menor solubilidade (FRANDOLOSO et al., 2010).

O uso de fontes de fósforo com rápida liberação favorece o desenvolvimento das plantas, mas também a rápida adsorção e precipitação desse elemento no solo (HOROWITZ; MEURER, 2003). Já os fosfatos de rocha, por serem menos solúveis no solo, apresentam uma disponibilização de fósforo mais lenta para as plantas (FRANDOLOSO et al., 2010), reduzindo também a velocidade da adsorção e precipitação.

Além de elevar os teores de fósforo no solo devido à saturação dos sítios de adsorção desse elemento no solo (RHEINHEIMER et al., 2003), a aplicação superficial de fertilizantes fosfatados induz a formação de gradientes de concentração de fósforo nas camadas superiores do perfil (SCHLINDWEIN;

ANGHINONI, 2000). O aumento da concentração de fósforo na solução do solo pode também elevar o pH do solo por reduzir o efeito tóxico do alumínio, tanto pela complexação em solução, como por sua precipitação (NOLLA; ANGHINONI, 2006).

Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo estudar a extração de nutrientes pela forrageira e as alterações químicas em um Latossolo Vermelho cultivado com Tifton 85 fertilizado com doses crescentes de superfosfato triplo ou fosfato de Araxá.

3.7 Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido durante o período de dezembro de 2010 à março de 2012, na Unidade Experimental do Colégio Agrícola Estadual de Toledo - CAET, Toledo (PR), em área no Departamento de Produção Animal. O município de Toledo está localizado na região Oeste do Paraná, sob latitude 24° 42' 49" S e longitude 53° 44' 35" W, com altitude aproximada de 560 m. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho eutroférico, de textura argilosa (EMBRAPA, 2006), e por ocasião da implantação do experimento, após o preparo convencional do solo, apresentava as seguintes características químicas na camada de 0 - 0, 20 m: pH (CaCl₂) = 5,5; MO (g dm⁻³) = 46,65; P (mg dm⁻³) = 5,75; K (cmol_c dm⁻³) = 0,98; Ca (cmol_c dm⁻³) = 6,79; Mg (cmol_c dm⁻³) = 2,09; H+Al (cmol_c dm⁻³) = 4,61; SB (cmol_c dm⁻³) = 9,86; T (cmol_c dm⁻³) = 14,47 e V(%) = 68,14.

O clima local, classificado segundo Koppen, é do tipo Cfa, subtropical com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes (OMETTO, 1981). As temperaturas médias do trimestre mais frio variam entre 17 e 18 °C, e do trimestre mais quente entre 28 e 29 °C. Os totais anuais médios normais de precipitação pluvial para a região variam de 1.600 a 1.800 mm, com trimestre mais úmido apresentando totais entre 400 a 500 mm (SIMEPAR, 2012).

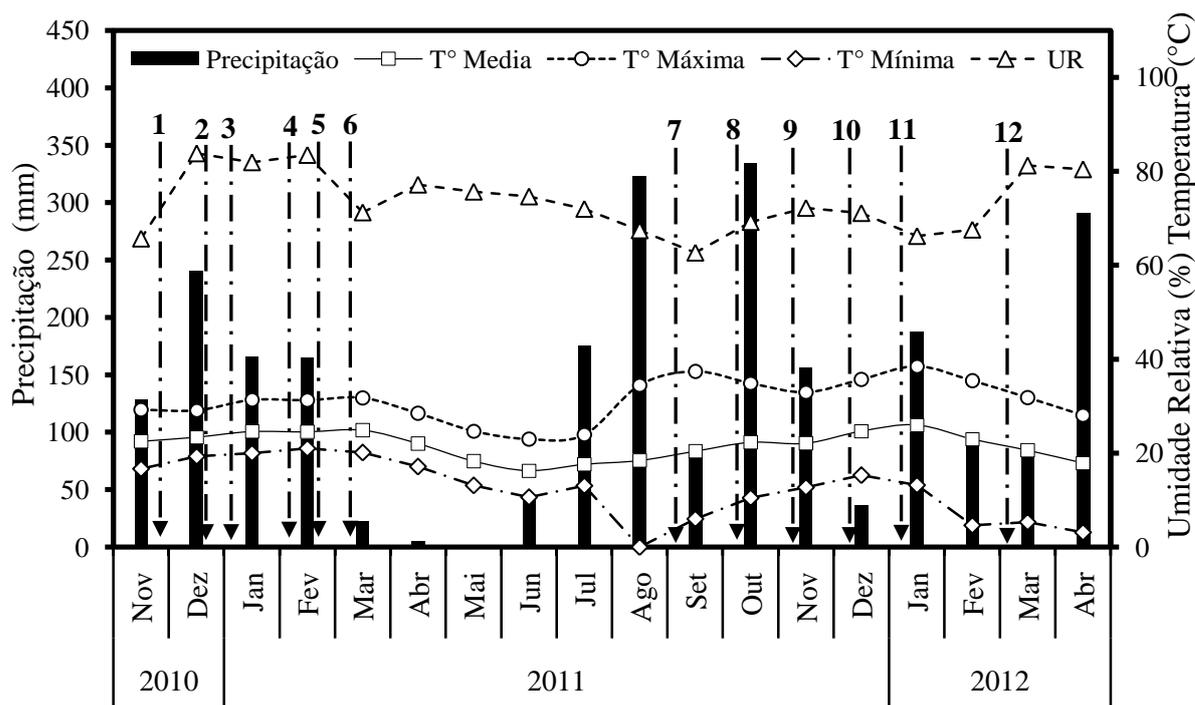


Figura 1. Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média, precipitação pluviométrica acumulada e umidade relativa média durante os meses do período experimental. 1: Amostragem de solo inicial; 2: Dessecação; 3: Aração; 4: 1ª Gradagem, 5: 2ª Gradagem, 6: Adubação fosfatada seguida de plantio, 7: Corte de Uniformização, 8; 9; 10 e 11: 1ª; 2ª; 3ª e 4ª amostragens do Tifton 85; 12: Amostragem de solo final.

Fonte: Simepar - PR, 2010-2012

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x5, sendo duas fontes de fósforo (Superfosfato triplo e fosfato de Araxá) e cinco doses de fósforo (0; 40; 80; 120; 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅), com quatro repetições. As parcelas experimentais possuíam dimensões de 2x2 m. Por ocasião da implantação do experimento a área encontrava-se implantada com uma pastagem composta por grama mato-grosso (*Paspalum notatum*) implantada há 17 anos e mantida sob pastejo contínuo sem a utilização de adubação de manutenção. Para a implantação do experimento a área foi dessecada em 17/12/2010 utilizando-se o herbicida glifosato (1800 g ha⁻¹ do i.a.) com volume de calda de 250 L ha⁻¹. Após a morte das plantas a área foi preparada mecanicamente com auxílio de uma operação com grade pesada (12/01/2011) e duas operações com grade leve (14/02/2011 e 26/02/2011).

A adubação foi realizada em 06/03/2011, seguida do plantio das mudas de Tifton 85. As mudas foram obtidas em uma área já implantada com o Tifton 85

pertencente à uma propriedade particular. O plantio foi realizado em linhas espaçadas de 0,40 m, mantendo-se um espaçamento entre plantas de também 0,40 m. As mudas foram implantadas por meio de sulcos individuais em profundidades de 0,10 m.

Após a implantação, a área foi vedada para assegurar o desenvolvimento vegetativo da pastagem. Em 19/09/2011 foi realizado o corte de uniformização, com auxílio de roçadeira costal. As plantas foram cortadas a uma altura de 0,05 m em relação à superfície do solo, e o material obtido com o corte, foi retirado das parcelas com auxílio de rastelo. Finalizado o corte de uniformização procedeu-se a adubação nitrogenada e potássica, nas doses de 50 kg ha⁻¹ de N (uréia) e 30 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio), aplicados manualmente à lanço em área total do experimento seguindo recomendações de Oliveira (2003).

Decorridos 28 dias do corte de uniformização foi realizada a primeira avaliação da pastagem, e as demais se repetiram em intervalos de 28 dias. Em cada avaliação a forragem produzida foi amostrada com uma unidade amostral metálica com área conhecida (0,25 m²), a qual foi lançada aleatoriamente em cada parcela. Todas as plantas contidas no interior da unidade amostral foram cortadas com auxílio de cutelo, e nessa amostra foi determinado o peso verde, por meio de pesagem em balança de precisão, e o teor de matéria seca por meio de secagem em estufa a 55°C por 72 horas. A partir desses valores, foram calculadas as produções de matéria seca em cada período de crescimento.

Para cada amostragem foram determinados os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, manganês, cobre, zinco e ferro segundo a metodologia descrita em Embrapa (2009). A partir da produção total de matéria seca e dos teores médios dos nutrientes na forragem foi estimada a extração de nutrientes pelo Tifton 85.

Após a quarta avaliação da pastagem procedeu-se a amostragem de solo, a qual foi realizada com trado holandês em cinco pontos distintos em cada parcela para posterior homogeneização. As amostras foram coletadas em duas profundidades, 0-0,10 e 0,11-0,20 m, homogeneizadas para cada parcela e cada profundidade e enviadas ao laboratório. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Química Agrícola e Ambiental da Unioeste Campus Marechal Cândido Rondon, segundo as metodologias descritas por PAVAN (1992). Foram determinados os valores de pH e os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, a

soma de bases, capacidade de troca de cátions, saturação por bases e os teores de cobre, manganês, zinco e ferro.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e testados pelo teste F de Fischer (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002; PIMENTEL-GOMES, 2009). Quando constatado efeito significativo das fontes de fósforo as médias foram comparadas através do teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Quando constatada a significância das doses de fósforo, as médias foram estudadas por análise de regressão, testando-se os modelos linear e quadrático considerando-se a ausência de significância para os desvios de regressão. Para a escolha do modelo foi considerado o maior coeficiente de determinação (R^2). As significâncias dos coeficientes das equações dos modelos de regressão selecionados para cada variável estudada foram testadas pelo teste t de Student (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002; PIMENTEL-GOMES, 2009).

3.8 Resultados e Discussão

3.8.1 Extração de nutrientes pelo Tifton 85

Houve significância apenas para a extração do fósforo, cujos valores foram alterados pela interação dos fatores estudados. No desdobramento das fontes de fósforo em relação às doses, as quantidades de fósforo extraídas do solo se elevaram linearmente em resposta às doses de fósforo aplicadas, tanto para o Fosfato de Araxá quanto para o Superfostato triplo (Figura 2). Esse resultado era esperado e deve-se ao aumento na produção de matéria seca pelo Tifton 85 e ao aumento no teor de fósforo na massa seca (dados não apresentados).

O estudo da capacidade de extração de nutrientes pelas plantas forrageiras é relevante devido à sua importância em indicar a quantidade extraída de minerais do solo pela planta forrageira. Tanto em pastagens destinadas à produção de feno ou ao corte quanto em sistemas de pastejo, devido à necessidade de reposição periódica dos nutrientes para atendimento das exigências nutricionais da plantas e

manutenção da produtividade das plantas forrageiras e da fertilidade do solo (RIBEIRO; FERREIRA, 2011).

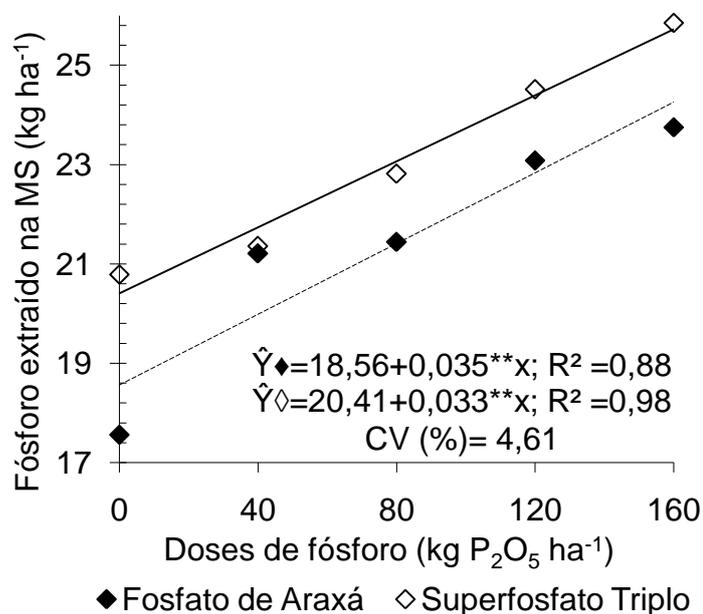


Figura 2. Extração de fósforo na matéria seca produzida pelo Tifton 85 fertilizado com doses e fontes de fósforo em quatro períodos de crescimento de 28 dias.

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

Ao serem comparadas as fontes de fósforo em cada dose, apenas para as doses de 0 e 160 kg ha⁻¹ houve diferença significativa entre as quantidades de fósforo extraídas na matéria seca produzida pelo tifton 85. As diferenças observadas para a não aplicação de fertilizantes fosfatados não era esperadas, e devem-se à características intrínsecas das porções de solo utilizadas nas amostragens. Já superioridade observada para o Superfosfato triplo na dose de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ deve-se está relacionada com os teores desse elemento na matéria seca (Capítulo 3; Figura 1) e com a produção desta pelo Tifton 85 (Capítulo 2; Figura 1).

Tabela 1. Extração de fósforo (kg ha⁻¹) na matéria seca produzida pelo Tifton 85 fertilizado com doses e fontes de fósforo em quatro períodos de crescimento de 28 dias

Fontes de Fósforo	Doses de Fósforo (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)				
	0	40	80	120	160
Fosfato de araxá	17,6b	21,2a	21,4a	23,1a	23,7b
Superfosfato Triplo	20,8a	21,4a	22,8a	24,5a	25,8a
CV(%)	4,61				

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste F.

Não houve significância das doses e das fontes de fósforo para os teores de cálcio, magnésio, potássio, enxofre, ferro, cobre, manganês, zinco e boro extraídos na matéria seca produzida pelo Tifton 85 durante os quatro intervalos de crescimento estudados. Os valores médios das quantidades extraídas de cada elemento estão apresentadas na tabela 2. Dos macronutrientes, a maior extração foi observada para o potássio (288 kg ha⁻¹), seguida pelo cálcio (51 kg ha⁻¹), enxofre (31 kg ha⁻¹), enquanto a menor extração foi observada para o magnésio (18 kg ha⁻¹).

Tabela 2. Extração e exportação de nutrientes na matéria seca produzida pelo Tifton 85 em quatro períodos de crescimento de 28 dias e fertilizado com doses (0; 40; 80; 120; 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅) de fosfato de Araxá ou Superfosfato triplo

Cálcio kg ha ⁻¹	Magnésio kg ha ⁻¹	Potássio kg ha ⁻¹	Enxofre kg ha ⁻¹	Ferro g ha ⁻¹	Cobre g ha ⁻¹	Manganês g ha ⁻¹	Zinco g ha ⁻¹	Boro g ha ⁻¹
51	18	288	31	2152	104	1112	377	107
Coeficiente de variação (%)								
2,38	5,21	2,58	7,14	9,82	3,51	13,04	5,54	7,42

Para os micronutrientes, a maior extração foi observada para o ferro (2152 g ha⁻¹), seguida do manganês (1112 g ha⁻¹) e do zinco (377 g ha⁻¹). As quantidades de cobre e boro extraídas do solo foram próximas, 104 e 107 g ha⁻¹, respectivamente.

3.8.2 Características químicas do solo na camada superficial

Nas características do solo na camada superficial (0,0-0,10 m) houve efeito significativo da interação dos fatores. Tanto para o fosfato de Araxá quanto para o Superfosfato triplo houve resposta linear positiva nos teores de fósforo no solo com o aumento das doses de fósforo aplicadas (Figura 3). Mesmo em se tratando de um Latossolo, aumentos nos teores de fósforo trocável no solo eram esperados, pois Olibone e Rossolem (2010) e Galvani et al. (2008) ao aplicarem fosfatos solúveis e reativos em Latossolo também observaram aumento nos teores de fósforo do solo para as duas formas de fertilizantes fosfatados.

O aumento no teor de fósforo lábil obtido sugere que com exceção da não aplicação, as doses aplicadas foram suficientes para neutralizar as cargas

eletropositivas do solo e saturar sua capacidade de retenção de ânions fosfato (NOVAIS et al., 2007) no intervalo de tempo do estudo.

Para cada kg de fertilizante aplicado, foi constatado um aumento estimado em $0,096 \text{ mg dm}^{-3}$ para o fosfato de Araxá, e de apenas $0,048 \text{ mg dm}^{-3}$ para o Superfosfato triplo. Essa diferença sugere que da mesma forma que houve maior velocidade na liberação do fósforo presente no Superfosfato triplo (SANTOS et al., 2009), também houve maior velocidade na sua complexação na superfície dos óxidos de ferro e de alumínio do solo (SANTOS et al., 2008).

Esse processo fica mais evidente se compararmos os teores de fósforo do final do período experimental das parcelas que não receberam adubação fosfatada. O teor inicial do fósforo no solo foi de $5,75 \text{ mg dm}^{-3}$, e o final foi de $3,0 \text{ mg dm}^{-3}$, sugerindo uma capacidade de adsorção do solo estudado de praticamente $2,75 \text{ mg dm}^{-3} \text{ ano}^{-1}$.

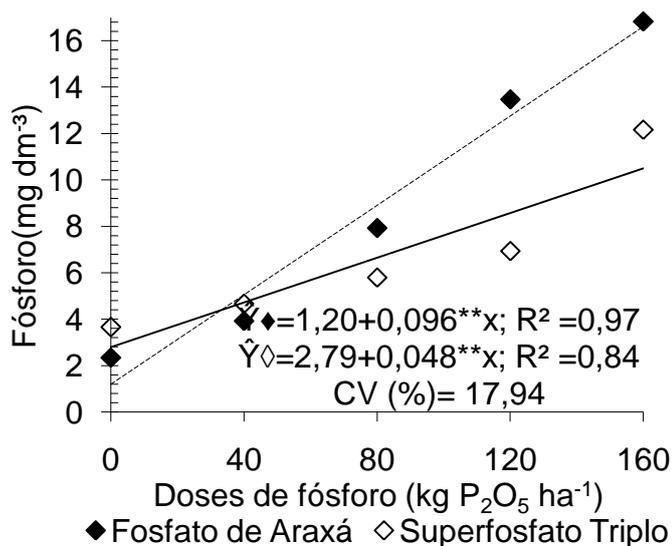


Figura 3. Teores de fósforo na camada de 0,0-0,10 m de um Latossolo Vermelho cultivado com Tifton 85 após sete meses da fertilização no sulco com doses e fontes de fósforo.

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

No desdobramento da interação comparando-se as fontes em cada dose de fósforo aplicada, os teores de fósforo no solo fertilizado com fosfato de Araxá foram superiores a partir da dose de 80 kg ha^{-1} (Tabela 3). Esse resultado deve-se à menor velocidade de liberação do fósforo pelo fosfato de Araxá (FRANDOLOSO et al., 2010). Pois com a rápida liberação do fósforo pela fonte solúvel (Superfosfato triplo), ao ser liberado, o elemento foi rapidamente complexado com os óxidos de ferro e

alumínio presente no solo, passando para a forma não lábil, ou seja, não disponível pelas plantas e não detectadas pelo extrator utilizado na análise desse experimento (Melich 1) (NOVAIS et al., 2007).

Tabela 3. Teores de fósforo (mg dm^{-3}) na camada de 0,0-0,10 m de um Latossolo Vermelho cultivado com Tifton 85 após sete meses da fertilização no sulco com doses e fontes de fósforo

Fontes de Fósforo	Doses de Fósforo (kg ha^{-1} de P_2O_5)				
	0	40	80	120	160
Fosfato de araxá	2,3a	3,9a	7,9a	13,5a	16,8a
Superfosfato Triplo	3,7a	4,7a	5,8b	6,9b	12,2b
CV(%)	17,94				

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste F.

Para as demais características químicas estudadas na camada superficial do solo não houve significância dos fatores estudados. O pH foi de 5,3, enquanto na análise de solo inicial havia sido constatado um valor de pH 5,5. Essa pequena redução no pH deve-se à atividade microbiana que esteve atuante na decomposição da matéria orgânica do solo, especialmente na camada superficial. Ao decomporem a matéria orgânica, os microorganismos liberam ácidos orgânicos que podem ter contribuído com a redução do pH. Já a soma de bases elevou-se de 9,86 na análise inicial para 13,6 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Esse aumento deve-se à alteração dos demais componentes da soma de bases, pois apesar de os teores de potássio e magnésio no solo terem decrescido, foi constatado um aumento no teor de cálcio de 3,71 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em relação à análise de solo inicial.

A redução nos teores de potássio e magnésio deve-se à exportação desses elementos na matéria seca produzida pelo Tifton 85 durante o período de estudo (Tabela 2). O teor de potássio encontrado no solo encontra-se dentro da faixa descrita por Ernani et al. (2007), porém a redução observada em relação ao teor inicial confirma que adubação potássica aplicada após cada uma das quatro colheitas do Tifton 85 (30 kg ha^{-1} de K_2O) não foi suficiente para repor a quantidade de nutriente extraído pelo Tifton 85. Outra possibilidade para essa redução seria de que parte do potássio trocável presente no solo ou adicionado através da adubação tenha sido perdido devido à lixiviação no solo, ocasionada pelas chuvas ocorridas durante o período experimental, uma vez que esse elemento pode ser facilmente perdido no solo pelo processo de lixiviação (ERNANI et al., 2007).

Tabela 4. Teores de nutrientes na camada de 0,0-0,10 m de um Latossolo Vermelho cultivado com Tifton 85 após sete meses da fertilização no sulco com doses (0; 40; 80; 120; 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅) de fosfato de Araxá ou Superfosfato triplo

pH	Elementos									
	Potássio	Cálcio	Magnésio	SB	CTC	V	Cobre	Manganês	Zinco	Ferro
	-----cmol _c dm ⁻³ -----					%	-----mg dm ⁻³ -----			
5,3	1,2	10,5	1,9	13,6	18,2	74,6	13,4	6,0	31,3	160,3
	Coeficiente de variação (%)									
3,19	33,08	5,46	16,74	6,61	4,81	3,37	106,67	19,91	32,99	19,91

Da mesma forma que para o potássio, as reduções nos teores de magnésio do solo podem ter sido ocasionadas pela exportação pelo Tifton 85 e pela lixiviação do elemento no solo. Apesar de se encontrar no solo normalmente e em maior quantidade na forma não trocável, o magnésio quando na forma trocável é perdido por lixiviação mais facilmente que o cálcio por não ser adsorvido tão fortemente à matéria orgânica e à argila do solo quanto ao cálcio (VITTI et al., 2007).

A descrição acima ajuda a explicar o aumento dos teores de cálcio no solo, por estar menos sujeito à lixiviação que o potássio e o manganês, com a redução destes últimos na concentração total de nutrientes, conseqüentemente a proporção de cálcio em relação ao total elevou-se, refletindo-se em maior teor desse nutriente no solo. Ainda devido à grande quantidade de cálcio exportada (51 kg ha⁻¹) pelo Tifton 85, poderia se inferir que boa parte do cálcio detectado na análise de solo seria oriundo da matéria orgânica do solo, cuja análise inicial revelou um valor considerável (46,65 g dm⁻³).

Os aumentos observados para a capacidade de troca de cátions e para a saturação por bases em relação à análise de solo inicial devem-se ao aumento nos teores de cálcio e à decomposição da matéria orgânica nas parcelas que não receberam a adubação fosfatada. Nas demais, além dos fatores citados, a presença do fósforo oriundo da adubação fosfatada pode ter contribuído para a complexação ou precipitação do alumínio tóxico (NOLLA; ANGHINONI, 2006).

Em Latossolos especificamente, a matéria orgânica interfere de forma ainda mais marcante na CTC (SILVA; MENDONÇA, 2007) devido à sua grande capacidade de contribuição com cargas negativas no solo, através principalmente dos ácidos húmicos e fúlvicos (MENDONÇA et al., 2006).

Os valores obtidos para os micronutrientes na camada superficial do solo foram de 13,4; 6,4; 31,3 e 160,3 mg dm⁻³ de cobre, manganês, zinco e ferro,

respectivamente. Sua quantificação e monitoramento dos teores em solos é essencial por serem requisitados em funções metabólicas essenciais do desenvolvimento das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2004). Em se tratando de pastagens, seu monitoramento é ainda mais relevante, pois pastagens produzidas em solos deficientes em micronutrientes podem apresentar teores muito baixos desses elementos, induzindo à sintomas de deficiências nos animais alimentados exclusivamente com essa forragem (CASTAGNARA et al., 2012), especialmente quando não se utiliza suplementação alimentar ou mineral.

3.8.3 Características químicas do solo na camada subsuperficial

Na camada subsuperficial (0,11-0,20 m) também houve significância da interação dos fatores nos teores de fósforo trocável no solo. Tanto no solo fertilizado com fosfato de Araxá quanto no fertilizado com Superfosfato triplo houve aumento linear nos teores de fósforo trocável no solo (Figura 4). Esse resultado era esperado devido ao mesmo processo ocorrido na camada superficial, com a saturação dos sítios de complexação e precipitação de fósforo no solo (NOVAIS et al., 2007).

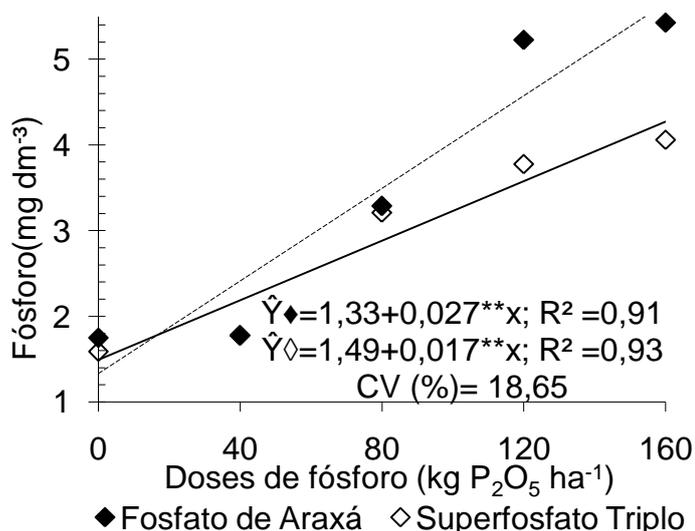


Figura 4. Teores de fósforo na camada de 0,11-0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com Tifton 85 após sete meses da fertilização no sulco com doses e fontes de fósforo.

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

Na camada subsuperficial (Figura 4) as diferenças entre os fertilizantes no incremento nos valores de fósforo disponível no solo foram menos expressivas que

na camada superficial (Figura 3), porém, o fosfato de Araxá proporcionou 0,010 mg dm⁻³ a mais que o Superfosfato triplo para cada kg de P₂O₅ aplicado.

No desdobramento da interação dos fatores, ao serem comparadas as fontes de fósforo em cada dose, constatou-se diferença significativa nos teores de fósforo no solo apenas nas doses de 120 e 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Nessas doses, o fosfato de Araxá proporcionou teores superiores de fósforo disponível no solo. Essas diferenças, além da menor velocidade de liberação do fósforo presente no fosfato de Araxá, pode estar relacionada com a profundidade que o fertilizante foi depositado no solo.

Por ocasião da implantação do Tifton 85, os fertilizantes fosfatados foram aplicados no sulco do plantio, que possuía profundidade de 0,10 m. Dessa forma, os fertilizantes foram aplicados na camada superficial 0,0-0,10 m, e como o fósforo é um elemento pouco móvel no solo (NOVAES et al., 2007), apenas nas maiores doses parte do fósforo foi carregado para a camada subsuperficial (0,11 -0,20 m) do solo.

Comportamento semelhante com concentração de fósforo na camada superficial do solo é comumente encontrado em sistemas agrícolas de semeadura direta, e por esse motivo, a aplicação superficial da adubação fosfatada tem sido motivo de discussões, não somente em solos agrícolas, mas também em sistemas intensivos de produção animal à pasto (CANTO et al., 2003).

Tabela 5. Teores de fósforo (mg dm⁻³) na camada de 0,11-0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com Tifton 85 após sete meses da fertilização no sulco com doses e fontes de fósforo

Fontes de Fósforo	Doses de Fósforo (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)				
	0	40	80	120	160
Fosfato de araxá	1,75a	1,77a	3,29a	5,23a	5,43a
Superfosfato Triplo	1,59a	1,78a	3,21a	3,78b	4,06b
CV(%)	18,65				

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste F.

Em se tratando das demais características químicas estudadas na camada subsuperficial (0,11-0,20 m) do solo não houve efeito significativo dos fatores estudados em nenhuma das demais características mensuradas além dos teores de fósforo. O pH manteve-se próximo ao pH inicial (5,5), porém os teores de potássio e de magnésio decresceram, enquanto os teores de cálcio se elevaram, elevando

consigo a saturação por bases. Essas alterações associadas com a decomposição dos elevados teores de matéria orgânica detectados na análise inicial ($46,65 \text{ g dm}^{-3}$) elevaram a capacidade de troca de cátions do solo e também a saturação por bases.

A redução nos teores de potássio e manganês do solo, além da extração na matéria seca produzida pelo Tifton 85 (Tabela 2) devem-se à lixiviação desses elementos no solo (ERNANI et al. 2007; VITTI et al., 2007) devido às chuvas durante o período experimental (Figura 1).

Tabela 6. Teores de nutrientes na camada de 0,11-0,20 m de um Latossolo Vermelho cultivado com Tifton 85 após sete meses da fertilização no sulco com doses (0; 40; 80; 120; 160 kg ha^{-1} de P_2O_5) de fosfato de Araxá ou Superfosfato triplo

pH	Elementos									
	Potássio	Cálcio	Magnésio	SB	CTC	V	Cobre	Manganês	Zinco	Ferro
	----- $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----					%	----- mg dm^{-3} -----			
5,4	0,8	10,2	1,6	12,6	17,2	74	12,1	4,4	30,6	151,0
Coeficiente de variação (%)										
2,33	11,04	4,66	14,45	5,16	4,71	3,46	3,46	30,93	17,48	28,63

Para os micronutrientes, os valores obtidos na camada subsuperficial do solo foram de 12,1; 4,4; 30,6 e 151,0 mg dm^{-3} de cobre, manganês, zinco e ferro, respectivamente. Sua quantificação, monitoramento e se necessária reposição do solo é essencial pelos mesmos motivos descritos para os micronutrientes da camada superficial do solo.

3.9 Conclusões

A extração de fósforo do solo pelo Tifton 85 aumenta com o aumento das doses de fosfato de Araxá ou Superfosfato triplo aplicadas. Em quatro intervalos de crescimento de 28 dias, o Tifton 85 extraiu do solo na matéria seca produzida 288 kg ha^{-1} de potássio, 51 kg ha^{-1} de cálcio, 31 kg ha^{-1} de enxofre e 18 kg ha^{-1} de magnésio.

A aplicação de doses de fosfato de Araxá ou Superfosfato triplo aumenta os teores de fósforo disponível sem alterar os teores de macro e micronutrientes, o pH, a soma de bases, a capacidade de troca catiônica e a saturação por bases, na camada de 0-0,20 m de um Latossolo Vermelho.

3.10 Referências Bibliográficas

CASTAGNARA, D.D.; KRUTZMANN, A.; ZOZ, T.; STEINER, F.; CONTE E CASTRO, NA.M.; NERES, M.A.; OLIVEIRA, P.S.R. Effect of boron and zinc fertilization on white oats grown in soil with average content of these nutrients. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v.41, n.7, p. 1598-1607, 2012.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília, Embrapa Informações Tecnológica, 2009. 627p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileira de classificação de solos**. (2ª Ed.). Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006, 306p.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. **Potássio**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2007. p.551-594.

FERNANDES, A. R.; LINHARES, L. C. F.; MORAIS, F. I. O.; SILVA, G. R. da. Características químicas do solo, matéria seca e acumulação de minerais nas raízes de adubos verdes, em resposta ao calcário e ao fósforo. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 40, p. 45-54, 2003.

FRANDOLOSO, J.F.; LANA, M.C.; FONTANIVA, S.; CZYCZA, R.V. Eficiência de adubos fosfatados associados ao enxofre elementar na cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v.57, n.5, p.686-694, 2010.

GALVANI, R.; HOTTA, L.F.K.; ROSOLEM, C.A. Phosphorus sources and fractions in an Oxisol under no-tilled soybean. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.65, n.4, p.415-421, abr. 2008.

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Eficiência de dois fosfatos naturais farelados em função do tamanho da partícula. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.1, p.41-47, 2003.

IEIRI, A.Y.; LANA, R.M.Q., KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S. Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na recuperação de pastagem com brachiaria. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.5, p.1154-1160, 2010.

MACEDO, M.C.M. Adubação fosfatada em pastagens cultivadas com ênfase na Região do cerrado. In: YAMADA, T.; ABDALA, S.R.S. (Eds.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p.359-400.

MENDONÇA, E.S. ROWEL, D.L.; MARTINS, A.G.; SILVA, A.P. Effect of pH on the development of acidic sites in clayey and sandy loam Oxisol from de Cerrado Region, Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 132, n. 1-2, p. 131-142, mai., 2006.

MESQUITA, E. E.; FONSECA, D. M.; PINTO, J. C.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; PEREIRA, O. G.; VENEGAS, V. H. A.; MOREIRA, L. M. Estabelecimento de pastagem consorciada com aplicação de calcário, fósforo e gesso. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 428-436, 2004.

MOREIRA, J. N.; ARAÚJO, G. G. L. de, FRANÇA, C. A. de. Potencial de produção de leite em pastagens nativas e cultivadas no semi-árido. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 10. **Anais...** 2006. Petrolina, PE. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/CPATSA/37934/1/OPB1799.pdf>. Acesso em 01 jul. 2012.

NOLLA, A. Critérios para a calagem no sistema plantio direto. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. 169p. (Tese de Doutorado)

NOVAES, R.F.; SMYTH, J.T.; NUNES, F.N. **Fósforo**. In: NOVAES, RF; ALVAREZ, V.H.V.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007. p. 471-550.

OLIBONE, D.; ROSOLEM, C.A. Phosphate fertilization and phosphorus forms in an Oxisol under no-till. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.67, n.4, p. 465-471, abr. 2010.

OLIVEIRA, E.L. **Sugestão de Adubação e calagem para culturas de interesse econômico no estado do Paraná**. Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR. Circular nº 128. 2003. 30 p.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres 1981. 440p.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Londrina: IAPAR, 1992. 39. (IAPAR. Circular, 76).

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. 11ª Ed. FEALQ, Piracicaba, 2002. 309p.

PIMENTEL-GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental**. 15ª Ed., FEALQ, Piracicaba. 2009. 451p.

RHEINHEIMER, D.S.; CONTE, E.; ANGHINONI, I. Sorção de fósforo em função do teor inicial e de sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.27, n.3, p.41-49, 2003.

RIBEIRO, K; PEREIRA, O.G. Produtividade de matéria seca e composição mineral do capim-tifton 85 sob diferentes doses de nitrogênio e idades de rebrotação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 811-816, jul./ago., 2011.

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

SANTOS, I. P. A.; PINTO, J. C.; SIQUEIRA, J. O.; MORAIS, A. R.; SANTOS, C. L. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoii* consorciados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 605-616, 2002.

SANTOS, V.R.; MOURA FILHO, G.; ALBUQUERQUE, A.W.; COSTA, J.P.V.; SANTOS, C.G.; SANTOS, A.C.I. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n.4, p.389-396, 2009.

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

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. **Matéria Orgânica**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2007. p.275-374.

SOUZA, G. S.; LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A. Variabilidade espacial do fósforo, potássio e da necessidade de calagem numa área sob pastagem. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 03, p. 384-391, 2008.

TAIZ, T; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.1, p.111-118, jan., 2003.

VITTI, G.C.; LIMA, E.; CICARONE, F. **Cálcio, Magnésio e Enxofre**. In: FERNANDES, M.S. Nutrição Mineral de Plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2006. p. 376-418.