

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

FONTES DE FÓSFORO EM SUPLEMENTOS PARA
BOVINOS DE CORTE EM PASTAGEM DE *Cynodon*
nlemfuensis Vanderyst

Autora: Silvana Teixeira
Orientador: Prof. Dr. Antonio Ferriani Branco

“Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de Concentração Produção Animal”.

MARINGÁ
Estado do Paraná
abril- 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

FONTES DE FÓSFORO EM SUPLEMENTOS PARA
BOVINOS DE CORTE EM PASTAGEM DE *Cynodon*
nlemfuensis Vanderyst

Autora: Silvana Teixeira
Orientador: Prof. Dr. Antonio Ferriani Branco

“Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de Concentração Produção Animal”.

MARINGÁ
Estado do Paraná
abril- 2008

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

T355f Teixeira, Silvana
 Fontes de fósforo em suplementos para bovinos de
 corte em pastagem de *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst /
 Silvana Teixeira. -- Maringá : [s.n.], 2008.
 49 f.

 Orientador : Prof. Dr. Antonio Ferriani Branco.
 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
 Maringá, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia -Área
 de Concentração Produção Animal, 2008.

 1. Nutrição de ruminantes. 2. Suplementação a
 pasto. 3. Fontes de fósforo suplementar. 4. Minerais -
 Suplementação animal. 5. Osteocalcina. 6. Pastagem de
 Cynodon nlemfuensis Vanderyst. I. Universidade
 Estadual de Maringá. Programa de Pós-Graduação em
 Zootecnia. II. Título

CDD 21.ed. 636.2085

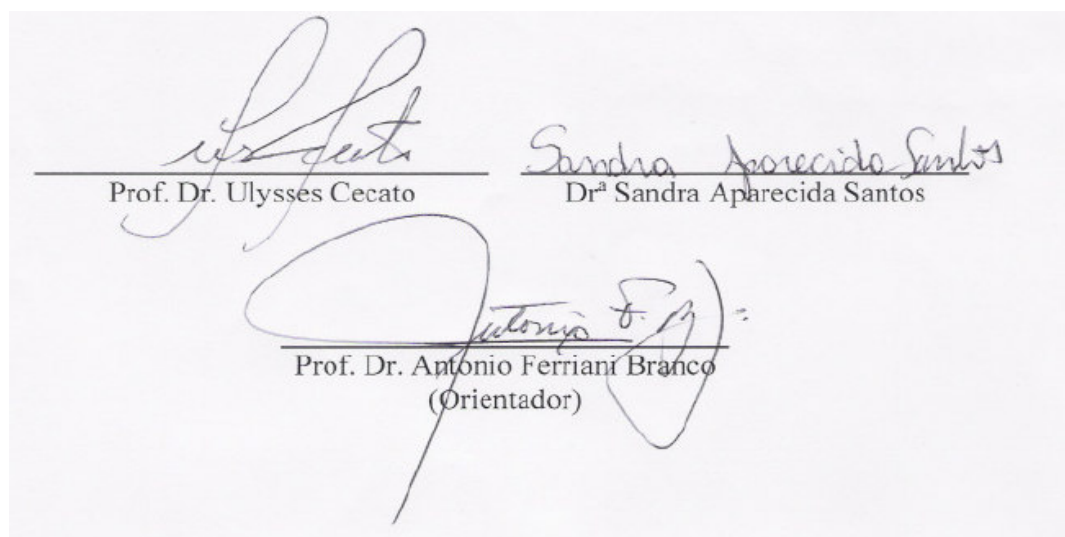
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

FONTES DE FÓSFORO EM SUPLEMENTOS PARA
BOVINOS DE CORTE EM PASTAGEM DE *Cynodon*
nlemfuensis Vanderyst

Autora: Silvana Teixeira
Orientador: Prof. Dr. Antonio Ferriani Branco

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia– Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 25 de abril de 2008.



Prof. Dr. Ulysses Cecato

Drª Sandra Aparecida Santos

Prof. Dr. Antonio Ferriani Branco
(Orientador)

"Não se considere sábio ao realizar seu trabalho, e não se glorie no tempo da necessidade. É melhor uma pessoa que trabalha e tem tudo em abundância, do que alguém que se gloria e tem falta de alimento. Meu Filho conserve sua honra com modéstia, e saiba apreciar o justo valor que você tem".

(Eclesiástico 10, 26-28)

O trabalho honesto edifica a honra do homem. Dedico este trabalho a pessoas essenciais na minha vida, que contribuíram de forma inestimável por mais uma etapa vencida;

A Deus pela incessante fortaleza, força infinita que não nos deixa desistir jamais, por mais que caminhemos em vales de lágrimas com Deus jamais temeremos;

A meus pais, alicerce da minha vida, Luiz Teixeira e Marinalva do Nascimento Teixeira, pelo amor incondicional, pelos ensinamentos de vida, sou eternamente grata, sem vocês ao meu lado jamais conseguiria;

Aos meus avós, José Ferreira do Nascimento (*in memorian*), Euflasia Nunes Ferreira, Angelo Teixeira (*in memorian*), espelho de vida;

Aos meus irmãos Amauri Teixeira, Leila Teixeira e Marcos Roberto Teixeira, pelo amor, força e compreensão;

Aos meus amados sobrinhos Marco Aurélio Teixeira, Nivando Henrique Teixeira e Luiz Eduardo Teixeira, amor puro e sincero;

Ao namorado, amigo, companheiro e querido Paulo Levi de O. Carvalho, pela força, amor, compreensão, dedicação prestada ao longo desta caminhada.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela força, fortaleza, fé e bênçãos recebidas durante esta caminhada fazendo com que eu conhecesse pessoas de imenso valor para completar esta empreitada;

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá todas as oportunidades proporcionadas;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento e concessão da bolsa de estudos, de fundamental importância para a realização deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Antonio Ferriani Branco pela orientação e compreensão durante os dois anos de caminhada;

À Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, por ter sido base de ensinamento e de vida. Aos Professores e amigos: Nanci Cappi, Elis Regina de Moraes Garcia, Carlos Antonio Lopes de Oliveira;

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em especial ao Prof. Dr. Ulysses Cecato e Claudete Regina Alcalde, pela amizade e grande ajuda prestada no trabalho e na vida;

Aos funcionários do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Densilon dos Santos Vicentin, Rose Mary Pepinelli e Waldirene Rossi da Silva;

À coordenadora do Laboratório de Nutrição Animal, Prof. Dr^a Lucia Maria Zeoula. Às técnicas Cleuza Volpato e Creuza Azevedo pela grande ajuda na condução das análises, por toda paciência e amizade;

Ao proprietário da Fazenda Duas Fontes, José Aparecido da Silva, seu filho Fernando e o Sr^o Edivaldo por cederem a fazenda e por toda a colaboração para a realização do trabalho;

Aos funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi, Wilson, Ezupério e Neno pela ajuda;

Aos amigos: Alexandre Leseur dos Santos, Fernanda Granzotto, Fernanda Fereli, Cláudio Fabrício da Cruz Roma, Valter Harry Bumbieris Junior, Vanessa Jaime de Almeida Magalhães, Ossival Lolato Ribeiro e Julio Cezar Barreto, que sendo do grupo de pesquisa ou não, foram fundamentais na realização do trabalho, sem vocês não conseguiria terminar;

Aos meus amigos da graduação e aos da pós-graduação, companheiros de todas as horas, que me deram força nesta caminhada amigos que terei guardados para sempre: Daniele Cristina da Silva, Iolanda Maria Sartori, Ricardo Kazama, Patrícia Cristina F. do Couto, Sandra Galbeiro, Wallacy Barbacena, Rute Feiden Barbacena, Luciano Soares de Lima, Roberto Haryoshi Ito, Liliane Piano, Moysés Calixto Junior. Amigo fiel não tem preço, e seu valor é incalculável;

Ao meu amigo Joiceilton Gomes de Oliveira Cruz e minhas amigas Josiane Aparecida Volpato, Sr^a Alice Fraga, Leydimary Barreto Tenório, Joyce Moraes, Edma Ferraz e Jakeline V. Romero pela amizade compartilhada, momentos vividos, força nessa caminhada. Amigo fiel é proteção poderosa, e quem o encontrar, terá encontrado um tesouro;

A Marcela Mataveli, Tarcila Castro, Priscila Bustos Mac-Lean e Hanna Sakamoto Freitas, pela compreensão nas horas de estudos e pela amizade;

Aos colegas do grupo de pesquisa: Daniel Suzigan Mano, Romàn Castañeda, Fabrício, Bruna, Beatriz, Bruno, Fabio e Israel;

A todos os colegas da Pós-Graduação em Zootecnia da UEM;

A todos os meus colegas catequistas da Comunidade Santa Maria Goretti, pela força e fortalecimento da Fé em Cristo;

Aos Professores e amigos Prof. Dr. Severino Gonzaga Neto e Prof. Dr. Marcus Vinicius Moraes de Oliveira, por ser espelho de vida e integridade, pela força nesta caminhada. Serão para sempre meus eternos mestres!

OBRIGADA!

BIOGRAFIA

SILVANA TEIXEIRA, filha de Luiz Teixeira e Marinalva do Nascimento Teixeira, nasceu às 07h45min na cidade de Cruzeiro do Oeste, Estado do Paraná, na data de 14 de dezembro de 1981.

Cursou o ensino fundamental na Escola Estadual Viriato Bandeira e o ensino médio na Escola Estadual Padre Nunes, na cidade de Coxim/MS.

Em Agosto de 2000, ingressou no curso de graduação em Zootecnia, pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade de Aquidauana/MS, concluindo o mesmo em Julho de 2005.

Em Fevereiro de 2006, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de mestrado, área de concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá, área específica Nutrição de Ruminantes.

Submeteu-se, em abril de 2008, à banca para defesa da Dissertação de Mestrado.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Caracterização da Forrageira.....	2
1.2 Suplementação animal a pasto.....	3
1.3 O Elemento Fósforo e as Fontes Disponíveis para Ruminantes.....	5
1.4 Distribuição e funções do fósforo nos ruminantes.....	8
1.5 Absorção e perdas endógenas do fósforo.....	10
1.6 Excesso e deficiência de fósforo.....	13
CITAÇÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
II – OBJETIVO GERAL.....	18
III - FONTES DE FÓSFORO EM SUPLEMENTOS PARA BOVINOS DE CORTE EM PASTAGEM DE <i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	19
Resumo.....	19
Abstract.....	20
Introdução.....	21
Material e Métodos.....	23
Resultados e Discussão.....	29
Conclusões.....	44
Citação Bibliográfica.....	45

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1	Condições climáticas durante o período experimental (dezembro 2006 a maio 2007)..... 23
Tabela 2	Análise química do solo da área experimental (0-20 cm)..... 24
Tabela 3	Composição percentual dos suplementos com as diferentes fontes de fósforo..... 25
Tabela 4	Teores de fósforo, cálcio, flúor e solubilidade em ácido cítrico (2%) nas diferentes fontes de fósforo utilizadas na mistura mineral de bovinos..... 25
Tabela 5	Disponibilidade de matéria seca (DMS), disponibilidade de lâmina foliar verde (LFV), disponibilidade de bainha + colmo verde (BCV) e disponibilidade de material morto (MM), por período experimental 31
Tabela 6	Acúmulo de massa de forragem (AMF), acúmulo diário de massa de forragem (ADMF), oferta de forragem (OF) e taxa de lotação (TL), da grama-estrela roxa em diferentes períodos de avaliação..... 32
Tabela 7	Composição bromatológica dos componentes estruturais da planta e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) de grama-estrela roxa em diferentes períodos de coleta..... 34
Tabela 8	Concentrações de cálcio (Ca) e fósforo (P) na lâmina foliar e bainha + colmo verde em pastagens de grama-estrela roxa em diferentes períodos de coleta..... 36

Tabela 9	Ganho de peso vivo/ha (kg/ha) em bovinos mestiços suplementados com diferentes fontes de fósforo em pastagens de grama-estrela roxa.....	37
Tabela 10	Ganho médio diário (kg/dia) de bovinos suplementados com diferentes fontes de fósforo em pastagens de grama-estrela roxa.....	38
Tabela 11	Consumo de suplemento mineral, ingestão de fósforo, cálcio e flúor pela mistura mineral por bovinos de corte.....	41
Tabela 12	Concentrações de osteocalcina e fósforo inorgânico de bovinos suplementados com diferentes fontes de fósforo.....	43

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Lâmina foliar verde (LFV), bainha + colmo verde (BCV) e material morto (MM), em diferentes períodos de coleta.....	30

RESUMO

O experimento foi conduzido na Fazenda Duas Fontes, em Cruzeiro do Sul, noroeste do Paraná e no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animais da Universidade Estadual de Maringá, no período de 10 de janeiro a 20 de novembro de 2007. O objetivo foi avaliar três fontes não convencionais de fósforo para bovinos em pastagem de grama-estrela roxa (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) e compará-las ao fosfato bicálcico quanto ao desempenho ponderal e parâmetros fisiológicos dos animais. A produtividade e a qualidade forrageira também foram avaliadas. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado. Foram utilizados 32 animais mestiços (zebuíno x taurino) com peso inicial médio de 347 kg, distribuídos ao acaso em quatro tratamentos que correspondiam a suplementos minerais formulados com as fontes de fósforo, como segue: 1) Fosfato bicálcico (BIC); 2) Superfosfato triplo (SPT); 3) Fosfato monoamônio (MAP) e 4) Fosfato de Rocha de Araxá (FRA). O ganho de peso vivo por hectare (GPV/ha) diferiu ($P \leq 0,05$) entre as datas de coleta, havendo uma redução significativa no último período, provavelmente decorrente da redução na qualidade e produção forrageira. O ganho médio diário (GMD) não foi influenciado ($P > 0,05$) pelos tratamentos, sendo de 0,67; 0,65; 0,63 e 0,56 kg/dia para BIC, SPT, MAP e FRA, respectivamente. O consumo da mistura mineral foi maior ($P \leq 0,05$) para SPT com consumo de 68 g/animal/dia, enquanto as misturas contendo BIC e MAP não diferiram entre si com consumos de 56,6 e 43,2 g/animal/dia, respectivamente. O suplemento contendo FRA com consumo de 33,4 g/animal/dia foi inferior ($P \leq 0,05$) a SPT e BIC. As concentrações de osteocalcina mantiveram-se em níveis baixos (47,67 ng/mL) e foram semelhantes entre os tratamentos. As fontes suplementares de fósforo não influenciaram ($P > 0,05$) os níveis de fósforo plasmáticos e foram eficientes em manter níveis adequados de fósforo no soro (7,03 mg/100 mL).

Palavras-chave: minerais, osteocalcina, ruminantes, suplementação a pasto

ABSTRACT

This trial was carried out on Duas Fontes Farm, located in the city of Cruzeiro do Sul, northwest of Paraná and in the Feed Analyses and Animal Nutrition Laboratory of Maringa State University, during 2007, from January, 10th to November, 20th. The objective was to evaluate the use of three phosphorus sources in mineral supplements for cattle in grazing pasture (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) comparing with dicalcium phosphate considering performance and physiological parameters of animals. In this period, forage quality and production were also evaluated. Treatments were distributed in a completely randomized design. Thirty-two crossbred steers (*Bos indicus* x *Bos taurus*) with 347 kg of initial body weight were used. The animals were allocated to four treatments corresponding to mineral supplements with different supplemental phosphorus sources: 1) Dicalcium phosphate (DP); 2) Supertriple phosphate (SP); 3) Monoammonium phosphate (MP) and 4) Araxa rock phosphate (ARP). The body weight gain per hectare (BW/ha) was influenced ($P \leq 0.05$) by periods, with a significant reduction in the last period, as a result of quality and forage production reduction. Average daily gain (ADG) was not influenced ($P > 0.05$) by treatments, and gains were 0.67; 0.65; 0.63 and 0.56 kg/d for DP, SP, MP and ARP, respectively. The consumption of mineral supplement was highest ($P \leq 0.05$) for SP with consumption of 68 g/animal/d, while the mixtures containing DP and MP did not differ with consumptions of 56.6 and 43.2 g/animal/d, respectively. Mineral supplement containing ARP showed consumption of 33.4 g/animal/d and was inferior ($P \leq 0.05$) to SP and DP. Plasma osteocalcin was similar among treatments (47.67 ng/mL). Supplemental phosphorus sources did not differ ($P > 0.05$) and they were efficient in maintaining appropriate levels of serum phosphorus, with an average of 7.03 mg/100 mL.

Key Words: minerals, osteocalcin, pasture supplementation, ruminants

I - INTRODUÇÃO GERAL

A bovinocultura de corte é desenvolvida em grande parte do território brasileiro. Estimativas mostram que a pecuária brasileira ocupa em média 172.333.073 hectares de pastagens naturais e plantadas (em boas condições e degradadas) com 2.650.596 estabelecimentos pecuários (IBGE, 2006). O Brasil possui o segundo maior rebanho mundial de bovinos, ficando atrás somente da Índia, no entanto ocupa lugar de destaque no cenário internacional do mercado da carne, sendo o maior exportador. De acordo com os dados do IBGE (2006) o rebanho nacional chegou a 205.886.244 cabeças em 2006, e o estado do Paraná contribui com 9.764.545 cabeças, possuindo o segundo maior rebanho da Região Sul, ficando atrás do Rio Grande do Sul (13.974.827 cabeças).

Pedreira & Mello (2000) relatam que os sistemas pecuários brasileiros são caracterizados fundamentalmente pela utilização de pastagens como fonte principal de alimento para o rebanho. Segundo Euclides & Medeiros (2005) Na pecuária, as pastagens assumem dois aspectos importantes. O primeiro é que elas viabilizam a competitividade brasileira, e o segundo é que possibilitam a produção de forma natural, com respeito ao ambiente e aos animais, viabilizando o atendimento de grande parte da demanda mundial por alimento.

As forrageiras de clima tropical e subtropical constituem-se em uma fonte alimentar altamente viável na produção de bovinos, conseqüência do alto potencial de produção e do baixo custo. Desta forma, a pecuária de corte nacional caracteriza-se pela produção quase que exclusiva em sistemas baseados em pastagens, ocorrendo basicamente em sistema extensivo, e na maioria das vezes apenas com suplementação mineral. O ciclo de produção de carne pode ser dividido em dois períodos: o período de primavera/verão (período das águas) quando a alta produção forrageira resulta em elevado desempenho animal, e, o período de outono/inverno (período das secas) quando

a produção limitada de pastagem retarda o crescimento animal ou provoca, até mesmo, perdas de peso.

Entre os fatores responsáveis pela baixa produtividade do rebanho, a carência de minerais ocupa lugar de destaque. Dentre os minerais que devem ser suplementados, o fósforo (P) destaca-se pelo número e importância das funções que desempenha no organismo animal; pela frequência e severidade de suas deficiências nas forrageiras tropicais e pelo alto custo de sua fonte principal, o fosfato bicálcico.

A deficiência de fósforo é extremamente prejudicial na criação extensiva de bovinos e amplamente verificada em países tropicais. Na maioria das situações, as forrageiras não contêm todos os nutrientes essenciais, na concentração adequada, de forma a atender integralmente as exigências dos animais em pastejo. O teor de P das forrageiras varia amplamente e é influenciado principalmente pelo teor de P disponível no solo. O déficit hídrico e maturidade da planta também podem resultar em diminuição de P na forragem (Pedreira & Berchielli, 2006). Forrageiras de ciclo C3 (gramíneas temperadas e leguminosas) geralmente contêm mais fósforo do que forrageiras de clima tropical, mas existem exceções quanto a esses conteúdos (Underwood & Suttle, 1999).

Devido a deficiência de fósforo ser generalizada nas pastagens do Brasil Central, há necessidade de inclusão de fosfatos na mistura mineral fornecida a bovinos em pastejo para suprir a exigência animal, pois a deficiência deste elemento na dieta pode acarretar prejuízos para a produção, pela importância do mineral no metabolismo animal.

1.1 Caracterização da Forrageira

O gênero *Cynodon* é constituído por espécies e cultivares de ampla adaptação as diferentes condições edafoclimáticas (Oliveira et al., 2000). As gramíneas deste gênero vêm se destacando nos últimos anos, sendo frequentemente recomendadas como forrageiras para a alimentação de bovinos e eqüinos em todo o mundo. Essas gramíneas são originárias da África e consideradas bem adaptadas às regiões tropicais e subtropicais (Vilela & Alvim, 1998).

O centro de distribuição da grama-estrela roxa (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) corresponde a porção leste da África tropical e Angola, na África Ocidental (Pedreira, 1996). A maior parte das informações de pesquisas com espécies do gênero *Cynodon*

são oriundas de ensaios realizados na Região Sudeste dos Estados Unidos (Pedreira & Mello, 2000).

Nos últimos 50 anos, foram realizados muitos trabalhos de melhoramento de plantas com o objetivo de modificar as características agrônômicas e qualitativas dentro do gênero *Cynodon*, originando novos híbridos e cultivares mais produtivos e resistentes a diferentes ambientes e solos. Os híbridos do gênero *Cynodon* são utilizados para produção de feno e para pastejo, apresentando elevada capacidade de suporte. As principais características dos híbridos são: boa resposta à fertilização, boa produtividade, melhor qualidade da forragem produzida e melhor tolerância ao frio do que as linhagens comuns (Menegatti et al., 2002).

A grama-estrela roxa é um cultivar rústico e de crescimento agressivo e destaca-se como opção em muitos sistemas de produção animal a pasto e também como alimento conservado. A grama-estrela apresenta perenidade, é estolonífera, apresenta colmos eretos, não possui rizomas, porém é bem adaptada a condições de estresse hídrico, enraizando-se nos nós e cobrindo rapidamente o solo (Vilela & Alvim, 1998). Segundo Mislevy (1989), em solo fértil, essa gramínea torna-se densa, com colmos medindo 1,2 a 2,7 mm de diâmetro e atingindo a altura de 50 a 80 cm. Sua inflorescência é avermelhada, possuindo de quatro a seis espiguetas com 5 a 6 mm e sua multiplicação é vegetativa. Pode apresentar teores de proteína bruta que variam entre cultivares entre 8,1 a 13,6%. A produção de matéria seca fica em torno de 10,1 e 20,5 toneladas/ha/ano, sendo influenciada pelo cultivar e frequência de pastejo pelos animais (Vilela & Alvim, 1998). Alguns cultivares do gênero *Cynodon* quando bem manejados chegam a uma produção de 20 a 25 ton. de MS/ha/ano.

1.2 Suplementação animal a pasto

A suplementação para bovinos em pastejo vem sendo empregada há longo tempo, principalmente quando a pastagem apresenta deficiências que impedem o animal de produzir ou reproduzir de forma satisfatória (Santos et al., 2007). Algumas das razões envolvidas no fornecimento de suplementos para bovinos de corte em pastagens incluem: correção das deficiências nutricionais, melhoria na utilização da forragem, melhoria no desempenho animal, flexibilização da taxa de lotação, conservação da forragem, redução na permanência dos animais na propriedade, obtenção de novas

oportunidades de negócios, aumento no retorno econômico e melhoria na qualidade de carne (Prado & Moreira, 2002; Prohmann et al., 2004a, b).

Em condições tropicais, durante as estações de outono e inverno, há grande aumento no percentual de massa morta e de fibra indigestível e queda abrupta do conteúdo de proteína e da digestibilidade da forragem, sendo que nestas condições, o consumo voluntário é reduzido a níveis mínimos (Peruchena, 1999).

Durante o período de seca, quando o valor nutritivo das plantas forrageiras cai, decorrente do avanço na maturação fisiológica, uma alternativa de baixo custo é o uso de pastagens diferidas, mas, no entanto, o que se observa com frequência, é uma redução no peso dos animais. Assim, a alternativa viável para suprir as exigências dos animais é a suplementação que tem por objetivo complementar a dieta de modo que haja o desenvolvimento contínuo dos mesmos.

Forrageiras tropicais geralmente contêm menos P do que as temperadas, e leguminosas possuem maiores teores que gramíneas, podendo, no entanto, haver exceções. A carência do fósforo em regiões tropicais é bem conhecida, tornando indispensável a suplementação mineral. De acordo com Underwood & Suttle (1999), o teor de fósforo nas forrageiras é influenciado pelas concentrações do solo, pelo estágio de maturidade da planta e o pelo clima. As concentrações de fósforo na planta aumentam de 0,03-0,05 g/kg de MS para cada miligrama de fósforo extraído do solo.

Os fosfatos de cálcio em produtos como rações chegam a compor 5% dos custos, no entanto este insumo compõe 60% do custo total do sal mineral. Vários estudos com fontes não convencionais de fósforo têm sido conduzidos com o intuito de avaliar as possibilidades de uso de fontes alternativas e seus níveis de inclusão, de forma a minimizar estes custos na suplementação e aumentar a competitividade da pecuária bovina brasileira.

Além de minimizar os custos na suplementação devem-se observar as opções de suplementação, pois pode haver diversidade de respostas ao P suplementar como resultado da falta de outros nutrientes limitantes ao desempenho normal do animal. Numa situação em que o nitrogênio amoniacal no líquido ruminal é inferior a 150 mg/L (Preston & Leng, 1987) a probabilidade de resposta do animal em relação a uma suplementação com P será muito pequena. Esse tipo de situação ocorre normalmente em áreas tropicais, principalmente no período da seca, quando níveis protéicos nas pastagens ficam abaixo de 6,2 % na MS (Minson, 1990). Na maioria dos casos em que ocorre deficiência em P, o teor de proteína também pode estar deficiente, e desta forma,

se houver a suplementação do primeiro sem a correção do segundo, as chances para obter respostas na suplementação de P serão reduzidas.

O NRC (1996) estima os requerimentos líquidos de cálcio (Ca) e fósforo (P) para ganho de peso, a partir do ganho diário de proteína ou proteína retida, que por sua vez é estimada a partir do peso vivo em jejum do animal e da energia retida. Dessa forma, adotando-se as equações de predição apresentadas pelo NRC (1996) estimam-se exigências líquidas diárias de 13,5 e 8,5 g de Ca e 7,5 e 4,8 g de P para animais de 200 e 450 kg de peso vivo (PV) ganhando 1 kg de PV por dia, respectivamente. De acordo com esse sistema, as exigências de manutenção para o cálcio são calculadas como 15,4 mg Ca/kg de PV e para o fósforo, como 16 mg de P/kg de PV.

1.3 O Elemento Fósforo e as Fontes Disponíveis para Ruminantes

O elemento P, embora distribuído extensamente na natureza, nunca ocorre no estado livre. Combina-se espontaneamente com o oxigênio, e mesmo o seu pentóxido P_2O_3 , liga-se prontamente com água para formar o ácido ortofosfórico (NRC, 1980).

O fósforo, em termos mundiais, está contido nas rochas de depósitos de origens sedimentares, ígneas e biogénicas. Os depósitos sedimentares e os depósitos de origem ígnea são os mais importantes do ponto de vista econômico. Os depósitos biogénicos são concentrações orgânicas nitrogenadas, originadas pelos dejetos de aves, e se constituem de menor importância econômica (Souza, 2001). Na crosta terrestre, o P está na forma de fosfato, especificamente na forma de ortofosfato. Todavia, no solo, o P não ocorre na forma livre, devido a sua grande capacidade de reagir com outros elementos (Carvalho et al., 2003).

De acordo com Butolo (2002), o fosfato inorgânico, que é utilizado na agricultura, na alimentação animal e na alimentação humana é extraído de uma rocha conhecida como Apatita, que é um fosfato cristalino de cálcio com flúor, sendo que o teor de P_2O_5 nesse tipo de depósito oscila de 4 a 15%. As fontes de P, isto é, as jazidas, podem ser consideradas não renováveis, porque os fertilizantes, onde seu emprego é maior (80%), não são recuperáveis após o uso no solo. Portanto, a fabricação de fertilizantes e fosfatos para a alimentação animal é de grande relevância para o futuro da humanidade.

As rochas ígneas, devido a sua formação primária, apresentam apatita elevada, isto é, com baixos teores de elementos indesejáveis, como ferro, flúor, alumínio e metais pesados. Ao contrário, as sedimentares são formadas por intemperismo da

natureza e apresentam fosfatos contaminados por flúor, metais pesados e, até mesmo, de elementos radioativos.

Várias exigências devem ser atendidas antes que uma fonte de fósforo possa ser recomendada para o uso na nutrição animal, dentre as quais se destacam: a sua concentração de fósforo; a determinação da absorção real (biodisponibilidade); a capacidade dessa fonte em suprir os requerimentos de fósforo dos animais de diferentes categorias e estágios fisiológicos; a ausência de efeitos tóxicos para o animal; a segurança alimentar para os consumidores da carne e subprodutos de origem animal, e ainda as relações custo/benefício satisfatórias (Lopes & Tomich, 2001).

Quanto a origem, o P pode ser orgânico ou mineral. Os de origem orgânica podem estar sob a forma vegetal ou animal. Nas plantas, o ortofosfato, com excelente valor biológico, é encontrado nas folhas e caules, e o metafosfato, com baixa biodisponibilidade é encontrado nas sementes, e, por conseqüência, nos farelos (Knoop, 2004). A disponibilidade do P nos vegetais vem sendo discutida há anos, sendo que ainda ocorrem muitas especulações. As dúvidas se devem ao fato de que o fósforo estaria na forma de fitina, que consiste primariamente nos sais de cálcio e magnésio do ácido fitico, que é um éster do ácido hexafosfórico. Sabe-se que mais da metade do fósforo presente nas sementes e nos alimentos preparados à base destas aparece na forma de fitina (Martin, 1993). No mesmo artigo Martin (1993) relatou que em ruminantes, os fitatos ingeridos são hidrolisados normalmente no rúmen, por meio da enzima fitase, produzida pelas bactérias ruminais, sendo que nas fontes de origem animal, há o ortofosfato tricálcico, com alta biodisponibilidade, que é encontrado em farinhas de carnes, de peixes e de ossos, autoclavadas ou calcinadas. No entanto, quando se trata de farinhas que contenham proteínas de mamíferos, estes não podem ser utilizados na alimentação de ruminantes, por razões de saúde pública (Brasil, 2003).

Dos fosfatos de origem mineral, têm-se os ortofosfatos produzidos pela indústria química a partir do ácido ortofosfórico. Os mais tradicionais e utilizados devido a alta biodisponibilidade e estabilidade são os fosfatos bicálcico e monocálcico. Também podem ser utilizado fosfato tricálcico desfluorizado, fosfatos de amônio, de sódio, e o próprio ácido fosfórico. Estas formas normalmente são mais instáveis, com maior custo e requerem cuidados especiais para sua utilização. No mercado internacional, as fontes de fósforo destinadas a alimentação animal (*feed grade*) devem apresentar relação fósforo/flúor de 100:1 (Knoop, 2004).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) exige que as misturas minerais prontas para uso apresentem o máximo de 2.000 ppm (mg/kg) de flúor (F) e uma relação mínima de P:F de 60:1.

Em ensaios experimentais na avaliação de fontes de fósforo para ruminantes encontramos como fontes de fósforo, o fosfato de rocha, fosfato bicálcico, fosfato monoamônio e o superfosfato triplo. No processo de produção destas fontes, o fosfato de rocha ou rocha fosfática é a rocha fosfatada simplesmente moída. O fosfato bicálcico, como os fertilizantes fosfatados solúveis, tais como o superfosfato triplo e o monoamônio fosfato são fabricados a partir da rocha fosfática. Inicialmente, a rocha fosfática é tratada com ácido sulfúrico resultando em uma mistura de ácido fosfórico e sulfato de cálcio (gesso). O fosfato bicálcico é obtido adicionando calcário ao ácido fosfórico, ao passo que com a adição de mais rocha fosfática ao ácido fosfórico se produz o superfosfato triplo. O monoamônio fosfato é produzido pela reação do ácido fosfórico com a amônia, em fase gasosa (Lopes & Tomich, 2001).

De acordo com Lopes (1998), o superfosfato triplo tem grande potencial para ser usado como fonte suplementar de fósforo para novilhos em recria, não apresentando toxidez por flúor e com significativo retorno econômico. Vários trabalhos demonstram que o fosfato de rocha pode ser considerado como uma fonte de fósforo em potencial para ruminantes, principalmente devido ao seu baixo custo, no entanto deve-se ter cuidado para os teores de flúor na sua composição.

Segundo Martin (1993), os principais tipos de fosfatos alimentares disponíveis para a suplementação alimentar são: 1) Fosfatos de cálcio: a) Naturais ou não processados (fosfato de rocha, fosfato coloidal (mole) e farinha de ossos) e b) Quimicamente processados (fosfatos bicálcicos e fosfatos desfluorados); 2) Fosfatos de sódio; 3) Fosfatos de amônio (fosfato monoamônico (MAP), fosfato diamônico (DAP) e polifosfato de amônio) e 4) Ácido fosfórico. Os fosfatos de cálcio quimicamente processados, apresentam-se em maior quantidade e variedade. Existem cinco tipos de ortofosfatos de cálcio: Fosfato monocálcico anidro; Fosfato monocálcico monohidratado; Fosfato bicálcico anidro; Fosfato bicálcico bihidratado; Fosfato tricálcico. Os fosfatos de sódio são destinados a industrialização de alimentos humanos e de detergentes. Quanto aos fosfatos de amônio, existem três tipos, que diferem entre si pelo teor de nitrogênio (Butolo, 2002).

Como critério para avaliação das fontes de fósforo para ruminantes, variadas técnicas têm sido empregadas, dentre as quais as provas de ganho de peso, retenção

líquida do elemento marcado, absorção e digestibilidade verdadeira, nível sérico de fósforo, teor de cinzas na costela e solubilidade ruminal e abomasal do elemento (Martin, 1993). Segundo este mesmo autor, em diversas técnicas, o fosfato desfluorizado e, principalmente, o de rocha bruta mostram valores biológicos inferiores ao fosfato bicálcico.

Nicodemo (2001) relata que a solubilidade quantifica a disponibilidade total do fósforo para a flora microbiana do rúmen, e é importante como medida da eficiência da digestão. O fósforo é necessário para a digestão da celulose no rúmen, e em dietas deficientes nesse elemento há decréscimo na fermentação microbiana, ocasionando anorexia.

1.4 Distribuição e funções do fósforo nos ruminantes

O P é o segundo elemento mineral mais abundante no organismo animal, e 80% compõem ossos e dentes. O fósforo é requerido para a formação e mineralização da matriz orgânica do osso (Underwood & Suttle, 1999). Segundo Cotta (2001), o P encontra-se nos ossos sob a forma de hidroxiapatita [$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$], um mineral semelhante ao fosfato tricálcico ou sob a forma amorfa [$\text{CO}_3(\text{PO}_4)_2$], sendo a primeira encontrada na maior parte de adultos e a segunda em animais jovens. Além de constituírem a estrutura de sustentação do corpo, os ossos são reservatórios de Ca e P os quais são mobilizados para manter níveis plasmáticos, quando fornecidos em níveis insuficientes na dieta.

Nos fluídos corporais e nos tecidos, encontram-se distribuídos os 20% restantes do fósforo total do corpo (Underwood, 1981), sendo o fósforo um constituinte essencial dos tecidos e células, o mineral pode estar na forma de lecitina, esfingomiélin e cefalinas.

Nos tecidos, o fósforo é particularmente importante no metabolismo energético, onde faz parte das ligações de alta energia, como fosfato (PO_4^-). Ele ainda participa na geração de inúmeros compostos intermediários e coenzimas essenciais ao metabolismo dos carboidratos, bem como nas reações de óxido-redução e outros processos intracelulares (Cohen, 1980).

No sangue, o fósforo pode estar na forma de fosfolipídeos (Cohen, 1980). O sangue é o compartimento central de reservas minerais prontamente metabolizáveis. Os elementos minerais entram continuamente no sangue e no sistema linfático pelo trato

digestivo, órgãos e tecidos, e são eliminados a uma determinada taxa metabólica, através dos órgãos de excreção (Annenkov, 1982).

O sangue total contém de 35 a 45 mg P/dL, sendo que a maior parte está presente nas células. A fração plasmática possui apenas 6 mg/dL em animais adultos e 6-9 mg/dL em animais em crescimento (McDowell, 1992). Em estado de perfeita saúde, o nível de P no sangue geralmente oscila entre 4 e 9 mg/dL (Marnard et. al, 1984, Underwood, 1981). Borges (2007) trabalhando com ovinos com três níveis de suplementação de P (1,9 g/dia, 2,6 g/dia e 3,3 g/dia) obteve níveis de fósforo plasmático entre 5,99 e 7,58 mg/dL, demonstrando que em baixos níveis de inclusão do mineral os teores de P plasmático permaneceram em uma faixa ótima do elemento no plasma, onde o mesmo teve uma correlação positiva com os níveis de inclusão. A concentração de fósforo inorgânico (Pi) no soro ou no plasma é muito usada, já que o teor de Pi cai rapidamente quando a dieta é inadequada (Nicodemo et al., 2000).

Marcadores bioquímicos encontrados a níveis séricos são utilizados como parâmetros para determinar formação óssea. A osteocalcina (OC) marcador bioquímico de formação óssea, detectada somente no soro sanguíneo dos animais, é uma proteína de 49 aminoácidos, não colágena, produzida pelos osteoblastos e megacariócitos, e é influenciada diretamente pela 1,25 dihidroxivitamina D, também dependente de vitamina K (Thiede, 1994), sendo incorporada na matriz óssea mineralizando o osso (Black et al., 1999). A osteocalcina circula em diferentes formas moleculares, uma fração da OC (10 a 36%) intacta recém-sintetizada é liberada na circulação, possuindo uma meia vida curta, pois é rapidamente hidrolisada no fígado e rim por metaloproteases. Pode circular também como um fragmento amino-terminal grande 1 – 43 (40%) e fragmentos menores (aa 1-19, 20-43, 29-49, 34%). A excreção destes diferentes peptídeos depende da integridade da função renal, de maneira que mesmo pequenas disfunções renais podem levar aos aumentos diferenciados das diferentes formas circulantes. O fato de várias formas de osteocalcina serem encontradas normalmente no soro, e da metabolização de algumas ser dependente da integridade da função renal, torna mais complexa a interpretação dos resultados obtidos pelos diferentes métodos de medida de osteocalcina sérica (Saraiva & Lazaretti-Castro, 2002).

No rúmen ocorrem altas concentrações de fósforo que variam de 200 a 600 mg/L (Witt & Owes, 1983). Cerca de 50 a 70 % do fósforo presente nesse órgão tem origem endógena, isto é, foi secretado pela saliva. Os microrganismos do rúmen contêm uma proporção elevada de DNA e RNA em relação a maioria das outras células e têm assim

um exigência elevada de fósforo As células microbianas contém 20 a 60 g de P/kg de matéria seca (Hungate, 1966) presentes como ácidos nucléicos (80%) e fosfolipídeos (10%). O fósforo microbiano contribui com a maior proporção do elemento que chega ao intestino delgado, onde por ação da ribonuclease pancreática, ocorre a quebra do RNA microbiano e liberação do fósforo (Baynard, 1969). Dados de experimentos “in vitro” sugerem que em média 100 mg/L de fósforo disponível é adequado para as bactérias e para a atividade celulolítica (Durand & Kawashima, 1980).

A saliva dos ovinos normalmente contém entre 200 a 600 mg de P/L, mas pode haver uma variação de 50 a 1000 mg (Thompson, 1978). Nesses animais, a taxa de secreção diária do P salivar varia de 5 a 10 g/dia (Scott, 1988) e é influenciada pela quantidade, forma física da dieta e pelo teor de fósforo consumido (Scott et al., 1995). Bueno & Vitti (1999) trabalhando com caprinos que receberam 0, 1 e 2 g de P/animal/dia, observaram que as concentrações de P na saliva foram de 80,2; 84 e 89,4 mg/dL, no entanto, Borges (2007) trabalhando com ovinos suplementados com 1,87 g/dia, 2,54 g/dia e 3,3 g/dia, obteve valores médios de P salivar de 42,9; 62,8 e 69,8 mg/dL, e os tratamentos tiveram alta correlação com a concentração de P salivar, demonstrando que quanto maior o nível de inclusão maior a concentração de P salivar. Este fósforo salivar tem duas importantes funções: atuar como tampão contra o baixo pH no rúmen, resultante da produção de ácidos orgânicos, e fazer parte da nutrição da microflora do rúmen (Cotta, 2001).

1.5 Absorção e perdas endógenas do fósforo

O fósforo é ingerido pelo animal na forma de fosfatos orgânicos (fitatos, fosfoproteínas, fosfolipídeos) ou compostos inorgânicos (mono, di ou trifosfatos). Os fitatos são dissolvidos no rúmen pela ação das fitases produzidas pelos microorganismos existentes nesse órgão. Os fosfatos solúveis, alguns insolúveis e o ácido fosfórico dos compostos orgânicos são dissolvidos pelo suco abomasal. Além disso, no intestino delgado ocorre ação das fosfatases. O P inorgânico passa pelas membranas das células epiteliais por transporte ativo em co-transporte com o Na^+ . O acúmulo de P nas células do intestino delgado é movido pelo íon Na^+ contra um gradiente eletroquímico. Este gradiente de Na^+ e o subsequente acúmulo de P na célula é carregado pela adenosina trifosfatase (ATPase), porém o processo de passagem do P

inorgânico das células através da membrana basolateral para a corrente sanguínea ainda não é totalmente conhecido.

Os trabalhos de Field et al. (1985) indicaram que em ovinos a eficiência de absorção é constante e independente do consumo, mas a taxa de absorção varia diretamente com a fonte de fósforo ingerido. A secreção endógena de fósforo também permanece constante até que as exigências sejam atendidas, sendo o excesso de fósforo eliminado por aumento da secreção no trato digestivo, a menos que ocorra uma excessiva perda urinária.

O intestino delgado superior é considerado o principal local de absorção de fósforo, mas pouco é conhecido sobre os locais exatos, os mecanismos e o seu controle (Breves & Schoröder, 1991). O duodeno possui pH suficientemente baixo, o que permite a formação de fosfato solúvel, na forma de ortofosfato. Pela pequena extensão do duodeno o fosfato solúvel formado será absorvido em sua maior parte no jejuno. A quantidade absorvida depende da relação Ca:P, pH intestinal, níveis dietéticos de cálcio, magnésio, vitamina D, manganês, potássio, ferro, alumínio e gordura (NRC, 1980). Foi observado, em ovinos, que a taxa de absorção de fósforo foi maior nos três primeiros metros do intestino delgado, ocorrendo uma diminuição até atingir os sete metros, e permanecendo constante a distâncias posteriores (Breves & Schoröder, 1991).

Existem evidências de que alguma absorção pode ocorrer nos demais compartimentos do trato (Challa & Braithwaite, 1988). Diversas técnicas têm sido adotadas para determinar a extensão da absorção de fósforo no retículo-rúmen. Todavia, com base na diferença de concentração entre o fósforo do fluído do rúmen e do plasma venoso, ou entre o sangue arterial e venoso que drena o retículo-rúmen, constata-se que não há transporte significativo de fosfato do fluído ruminal para o sangue (Yano et al., 1991). No entanto, usando ^{32}P , Rosol & Capen (1997) demonstraram que ocorre absorção ainda nos pré-estômagos de ruminantes. Barcellos et al. (1998) relatam que a absorção nos pré-estômagos de ruminantes ocorre por transferência passiva através do epitélio ruminal. Para que isso ocorra, há necessidade de ocorrência de concentração mínima de 12 mg/dL, já que proporciona uma diferença de concentração entre os dois lados da parede do rúmen. No entanto, não se sabe quanto esta absorção representa em relação ao total absorvido.

Enquanto a absorção aumenta numa relação direta com o consumo, a eficiência de absorção decresce nos altos níveis de ingestão de P. Assim, verifica-se que há uma relação inversa entre o consumo de fósforo e o coeficiente de absorção (Challa et al.,

1989). Com a suplementação, o fluxo de fósforo no duodeno aumenta, levando a maior absorção intestinal. Entretanto, a eficiência líquida pode ser menor, devido a maior excreção pelas fezes (Challa & Braithwaite, 1988).

O consumo pelo animal, de cálcio, também afeta a absorção de fósforo. Field et al. (1983) investigaram o efeito de diferentes proporções de cálcio e fósforo na absorção do fósforo em ovinos. Os níveis de fósforo utilizados foram 1,5; 3,1 e 6,2 g/dia e 3,4 ou 5,4 g/dia de cálcio, sendo que as proporções Ca: P variaram de 0,6 a 3,6. Com os níveis mais elevados de cálcio, a absorção de fósforo foi reduzida em 18 %, o que pode ser explicado em parte pela formação de sais com baixa solubilidade.

Valores de coeficientes de absorção aparente de P, disponíveis na literatura, variam de 30 a 58% (Araújo et al, 2001). Valores de absorção verdadeira de 50 e 58% são citados, respectivamente, pelo NRC (1989) e ARC (1980). Barreto (2006) avaliando diferentes fontes de fósforo na alimentação de ruminantes obteve valores de absorção aparente intestinal do fósforo semelhantes entre os tratamentos obtendo valores de 71,79; 76,97; 71,43 e 66,86% para fosfato bicálcico, superfosfato triplo, fosfato monoamônio e fosfato de rocha de Araxá, respectivamente. No mesmo estudo valores de absorção aparente total do fósforo obtidos para fosfato bicálcico, superfosfato triplo, fosfato monoamônio e fosfato de rocha de Araxá foram 61,70; 58,89; 60,14 e 50,86%; respectivamente.

A capacidade de absorção de fósforo no intestino grosso varia de 2 a 30% da quantidade presente (Breves et al., 1988) e não está totalmente esclarecido se essa quantidade é transportada por processo ativo ou passivo (Breves & Schröder, 1991). Apesar do intestino grosso absorver significativas quantidades de fósforo, essa capacidade não é plenamente aproveitada devido a baixa concentração de P ultra filtrável e porque a maior parte desse elemento está na forma insolúvel ou como ácidos nucléicos (Ternouth, 1990).

Em ruminantes a determinação da perda endógena é muito importante, já que nestes animais a excreção de fósforo endógeno ocorre quase que exclusivamente pelas fezes (Georvievski, 1982) pois na urina a quantidade excretada é insignificante. Bravo et al. (2003b) relatam que o fósforo excretado pela urina é altamente lábil, seu potencial poluente é mais elevado do que o fósforo fecal.

Existem poucas estimativas das perdas endógenas de fósforo, os valores não são estáveis e podem variar inversamente com quantidade de cálcio absorvida. Silva Filho et al. (1992) em pesquisas com bovinos suplementados com diferentes fontes de

fósforo, obtiveram valores de P total excretado nas fezes pelos animais correspondendo a mais de 50% do total de P consumido. As perdas endógenas variam de 0,6 g de P/dia para um animal de 50 kg de peso até 14 g/dia para animais de 500 kg. Estes valores incluem a perda urinária que é de 2 mg/kg de peso vivo por dia (Silva & Leão, 1979). De acordo com Bravo et al. (2003a), em estudos de compilação de dados, a média de perdas endógenas fecais de fósforo para bovinos em crescimento é de 3 g/dia e para animais em manutenção esse valor passa a ser em média 12,7 g/dia.

1.6 Excesso e deficiência de fósforo

De acordo com Carvalho et al. (2003), dietas com elevados níveis de cálcio e/ou fósforo diminuem a eficiência na utilização de outros minerais. Este excesso ocasiona alterações ósseas, reduz o consumo de alimentos e o desempenho do animal. Em condições onde o fósforo é adequado, dependendo da idade e produção do animal, o nível máximo de cálcio é de 2% na matéria seca da dieta para bovinos e ovinos. Para o fósforo, o nível máximo aceitável é de 0,6% para ovinos, e 1,5% para bovinos. A vitamina D é a grande responsável pela mobilização do fósforo e do cálcio do esqueleto, e por isso, em doses elevadas, a vitamina D pode causar sérias perturbações ao metabolismo do fósforo e do cálcio.

Em sistemas de produção à pasto, a deficiência de P nos animais é muito comum, pois a maior parte das gramíneas tropicais é deficiente nesse mineral. O problema pode ser agravado quando há presença de alumínio e ferro nos solos, que tornam o fósforo indisponível para as plantas, pela formação de complexos.

Sinais clínicos da deficiência crônica de fósforo, como baixo ganho de peso, consumo reduzido, depravação do apetite e falha reprodutiva (Underwood, 1983), podem levar certo tempo para se estabelecerem. A determinação da deficiência do fósforo pode ser detectada por intermédio de monitoração dos níveis do mesmo nos tecidos ou de comparação das estimativas de ingestão do elemento com os requisitos nutricionais. Os tecidos mais utilizados na avaliação do fósforo no organismo animal é o sangue e os ossos, pois em período de deficiência os animais são capazes de remover até 30% de fósforo depositado nos ossos, sendo primeiramente mobilizados das vértebras e costelas (ossos esponjosos).

Assim, o conhecimento da absorção aparente de fósforo de diferentes fontes, bem como o conhecimento das exigências deste elemento pelas diferentes categorias, nos dará condições de realizar uma nutrição de precisão.

CITAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminant livestock**. London, 1980. 351p.
- ANNENKOV, B.N. Kinetics of mineral metabolism in organs and tissues. In: GEORGIEVSKII, V.I.; ANNENKOV, B.N.; SAMOKHIN, V.I. **Mineral nutrition of animals**. London: Butterworths, cap.10. p. 257-271, 1982.
- ARAÚJO, G.G.L.; SILVA, J.F.C.; VALADARES FILHO, S.C.; et al. Consumo e absorção aparente de macrominerais, em bezerros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1824-1828, 2001
- BARCELLOS, et al. **Nutrição Mineral em Ruminantes**. Porto Alegre: Gráfica da UFRGS, 1998. p. 146.
- BARRETO, J.C. **Avaliação de diferentes fontes de fósforo na nutrição de ruminantes**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2006. 72p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, 2006.
- BARNARD, E.A. Biological functions of pancreatic ribonuclease. **Nature**, v. 221, p.340-344, 1969.
- BLACK, A., SCHOKNECHT P. A., RALSTON S. L., SHAPSES, S. A. Diurnal Variation and Age Differences in the Biochemical Markers of Bone Turnover in Horses. **Journal Animal Science**, v. 77, p. 75-83, 1999.
- BORGES, E.E.S. **Fluxo de Fósforo em Ovinos alimentados com Diferentes Níveis deste Mineral**. Dissertação (mestrado) apresentada a Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007. 85 p
- BRASIL. Instrução Normativa n. 15 de 29 de outubro de 2003. Diário Oficial, Brasília, seção 1, p.78.
- BRAVO, D.; SAUVANT, D.; BOGAERT, C.; MESCHY, F. I. A bibliographic database for quantitative analysis of phosphorus flow in ruminants. **Reproduction Nutrition Development**, v.43, p. 251-269, 2003a.
- BRAVO, D.; SAUVANT, D.; BOGAERT, C.; MESCHY, F. III Quantitative aspects of phosphorus excretion in ruminants. **Reproduction Nutrition Development**, v.43, p. 285-300, 2003b.
- BREVES, G.; SCHRODER, B. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. **Nutrition Research Reviews**, v.4, p.125-140, 1991.
- BREVES, G.; HOLLER, H.; PACKHEISER, P.; GABEL, G.; MARTENS, H. Flux of inorganic phosphate across the sheep rumen wall “in vivo” and “in vitro”. **Quarterly Journal of Experimental Physiology**, v.73, p.343-351, 1988.
- BUENO, M.S.; VITTI, D.M.S.S. Níveis de fósforo para caprinos: perda endógena fecal e exigência líquida para manutenção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.4, p. 675-681, 1999.
- BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2002.430 p.
- CARVALHO, F.A.N.; BARBOSA, F.A.; MCDOWELL, L.R. **Nutrição de Bovinos a Pasto**. 1ª edição, Belo Horizonte: PapelForm, 2003. 428 p.
- CHALLA, J.; BRAITHWAITE, G.D.; DHA NOA, M. S. Phosphorus homeostasis in growing calves. **Journal of Agricultural Science**, v.112, n.2, p.217-226, 1989.
- CHALLA, J.; BRAITHWAITE, G.D. Phosphorus and calcium metabolism in growing calves with special emphasis on phosphorus homeostasis. 3. Studies of the effects of continuous intravenous infusion of different levels of phosphorus in ruminating

- calves receiving adequate dietary phosphorus. **Journal of Agricultural Science**, v.110, n.3, p.591-595, 1988.
- COHEN, R.D.H. Phosphorus in range land ruminant nutrition: a review. **Livestock Production Science**, v.7, n.1, p.25-32, 1980.
- COTTA, T. **Minerais e Vitaminas para Bovinos, Ovinos e Caprinos**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 130p.
- DURAND, M., KAWASHIMA, R. Influence of minerals in rumen microbial digestion. In: **Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants**. Eds. Y. Ruckebush and P. Thivend. MTP Press Ltd. Lancaster. UK. p. 375-408. 1980.
- EUCLIDES, V.P.B., MEDEIROS, S.R. Suplementação animal em pastagens e seu impacto na utilização da pastagem. In: TEORIA E PRÁTICA DA PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTAGENS, **Anais...** p. 33-70, 2005.
- FIELD, A.C. Maintenance requirement of phosphorus and absorbability of dietary phosphorus in sheep. **Journal of Agricultural Science**, v.100, p.231-33, 1983.
- FIELD, A.C.; WOOLLIAMS, J.A.; DINGWALL, R.A. The effect of dietary intake of calcium and dry matter on the absorption and excretion of calcium and phosphorus by growing lambs. **Journal of Agricultural Science**, v.105, p.237-243, 1985.
- GEORGIEVSKII, V.I. The physiological role of macroelements. In: GEORGIEVSKII, V.I.; ANNENKOV, B.N.; SAMOKHIN, V.I. **Mineral nutrition of animals**. London: Butterworths, cap.6, p.91-170, 1982.
- HUNGATE, R.E. **The rumen and its microbes**. New York: Academic Press, p.346-347. 1966.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE – Produção Pecuária Municipal 2006. Rio de Janeiro, v.34, 2006. 62 p. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>> . Acesso em: 07/01/2008.
- KNOOP, R. **O Fósforo na Nutrição Animal**. Disponível em: <<http://www.zoonews.com.br/artigos/index.php?=29>>. Acesso em: 02/10/2004.
- LOPES, H.O.S.; TOMICH, T.R. Avanços recentes na nutrição mineral de bovinos. In: A PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS, **Anais...** Sociedade Brasileira de Zootecnia, Piracicaba: FEALQ, 2001. 927p
- LOPES, H.O.S. **Suplementação de baixo custo para bovinos: mineral e alimentar**. Brasília: Embrapa – SPI, 1998. 107p.
- MARTIN, L.C.T. **Nutrição Mineral de bovinos de corte**. São Paulo:Nobel, 1993. 173p.
- MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F.; WARNER, R.G. **Nutrição Animal**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 3ª edição, 1984. 726p
- McDOWELL, R. L. **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego: Academic Press, 1992, 524 p.
- MENEGATTI, D.P., ROCHA, G.P.FURTINI NETO, A.E., MUNIZ, J.A.; Nitrogênio na rodução de matéria seca, teor e rendimento de proteína bruta de três gramíneas do gênero *Cynodon*, **Ciência Agrotecnica**, v.26, n.3, p.633-642, 2002.
- MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. New York: Academic, 1990. 483 p.
- MISLEVY, P. *Florona stargrass*. Gainesville: University of Florida, 1989. p. 13.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requeriments of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996. 242p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6.ed. Washington, D.C., 1989.158p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC **Mineral Tolerance of Domestic Animals**. National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1980. p. 586.

- NICODEMO, M.L.F.; MORAES, S.S.; CAXIAS, E.; et al. Metabolismo ósseo de vacas nelore em pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 1110-1111, 2001.
- NICODEMO, A.L.F.; MORAES, S.S. **Esclarecimentos sobre o uso de fontes alternativas de fósforo para bovinos**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 2000. 4p. (EMBRAPA – CNPCG Boletim Técnico, nº 37).
- OLIVEIRA, M. A. O., PEREIRA, O.G., GOMIDE, J. A. et al. Análise de Crescimento do Capim-Bermuda ‘Tifton 85’ (*Cynodon spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p. 1930-1938, 2000.
- PEDREIRA, C. G. S. Avaliação de Novas Gramíneas do Gênero *Cynodon* para a Pecuária dos Estados Unidos. In: Anais do WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO *Cynodon*. **Anais...** Juiz de Fora: EMBRAPA CNPGL, p.111, 1996.
- PEDREIRA, C.G.S., MELLO, A.C.L. *Cynodon spp.* In: A PLANTA FORRAGEIRA NO SISTEMA DE PRODUÇÃO. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 109-133, 2000.
- PEDREIRA, M.S., BERCHIELLI, T.T. Minerais. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, p.333-353, 2006.
- PERUCHENA, C.O. Suplementación de bovinos para carne sobre pasturas tropicales, aspectos nutricionales, productivos y económicos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p. 36, 1999.
- PRADO, I.N.; MOREIRA, F.B. **Suplementação de bovinos no pasto e alimentos alternativos usados na bovinocultura**. Maringá: Eduem, 2002. 162 p.
- PRADO, I.N., MOREIRA, F. B, CECATO, U. et al. Sistemas para Crescimento e Terminação de Bovinos de Corte a Pasto: Avaliação do Desempenho Animal e Características da Forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n.4, p. 955-965, 2003.
- PRESTON, T.R.; LENG, R.A. **Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and sub-tropics**. Armidale : Penambul Books, 1987. 245 p.
- PROHMANN, P.E.F.; BRANCO, A.F.; JOBIM, C.C., CECATO, U.; et al. Suplementação de bovinos em pastagem de *Coastcross* (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) no verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.792 – 800, 2004a.
- PROHMANN, P.E.F.; BRANCO, A.F.; JOBIM, C.C., CECATO, U.; et al. Suplementação de bovinos em pastagens de *Coastcross* (*Cynodon dactylon* (L.) pers) inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p. 801-810, 2004b.
- ROSOL, T.J., CAPEN, C.C. Calcium-regulating hormones and diseases of abnormal mineral (calcium, phosphorus, magnesium) metabolism. In: Kaneko J.J. (Ed) **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 5 ed. New York: Academic Press, 1997.
- SANTOS, F.A.P., COSTA, D.F.A., GOULART, R.C.D. Suplementação de Bovinos de Corte em Pastagens: Conceitos Atuais e Aplicações. In: Produção de Ruminantes em Pastagens. **Anais...** Piracicaba:FEALQ, p. 273 – 296, 2007.
- SARAIVA, G.L., LAZARETTI-CASTRO, M. Marcadores Bioquímicos da Remodelação Óssea na Prática Clínica. **Arquivo Brasileiro Endocrinologia Metabólica**, vol.46, n. 1, p. 72-78, 2002.
- SCOTT, D. Control of phosphorus balance in ruminants. In: SATELLITE SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL CONGRESS OF THE

- INTERNATIONAL UNION OF PHYSIOLOGICAL SCIENCES, 30., Ithaca, 1986.
Aspects of digestive physiology in ruminants; proceedings. Ithaca: Comstock Publishing Associates, p.156-174, 1988.
- SCOTT, D.; RAJARATNE, A.A.J.; BUCHAN, W. Factors affecting faecal endogenous phosphorus loss in the sheep. **Journal of Agricultural Science**, v.124, p.145-151, 1995.
- SILVA FILHO, J.C., LOPES, H.O.S., PEREIRA, E.A. et al. Absorção Real do Fósforo do Fosfato Bicálcico, Fosfato de Monoamônio, Superfosfato Triplo e do Fosfato de Uréia em Bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, n.1, p.1-6, 1992.
- SILVA, J.F.C., LEÃO, M.I. **Fundamentos de Nutrição dos Ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380 p.
- SOUZA, A.E. Fosfato. **Balanço Mineral Brasileiro**, 31p, 2001. Disponível em: www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001/fosfato.pdf
 Acesso em 10 de setembro de 2007.
- TERNOUTH, J.H. Phosphorus and beef production in Northern Australia. 3. Phosphorus in cattle a review. **Tropical Grassland**, v.24, n.3, p.159-169, 1990.
- THIEDE, M.A., SMOCK, S.L., PETERSEN, D.N., GRASSER, et al. Presence of messenger ribonucleic acid encoding osteocalcin, a marker of bone turnover, in bone marrow megacariócitos and peripheral blood platelets. **Endocrinology**, v.135, p.929-937, 1994
- THOMPSON JUNIOR, W.R. Phosphorus in animal nutrition. In: POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE. **Phosphorus for agriculture a situation analysis**. Atlanta, p.126-158, 1978.
- UNDERWOOD, E.J. **Los minerales em la nutrición del ganado**. Ed. Acribia, Zaragoza, Espanha, 1983. 210p.
- UNDERWOOD, E.J. **The mineral nutrition of livestock**. Farnham Royal: CAB, 3ª ed., 1981. 180p
- UNDERWOOD E.J. & SUTTLE N.F. **The Mineral Nutrition of Livestock**. 3ª ed. Wallingford: CAB International, 1999. 614 p
- VILELA, D.; ALVIM, M. J. Manejo de pastagens do gênero *Cynodon*: Introdução, caracterização e evolução do uso no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 23-54, 1998.
- WITT, K.E.; OWES, F.M. Phosphorus ruminal availability and effects on digestion. **Journal of Animal Science**, v.56, n.4, p.930-937, 1983.
- YANO, F.; YANO, H.; BREVES, G. Calcium and phosphorus metabolism in ruminants. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RUMINANT PHYSIOLOGY, 7., Japan, 1991. Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants. **Proceedings...** San Diego: Academic Press, p.277-295, 1991.

II - OBJETIVO GERAL

Avaliar de quatro fontes de fósforo, fosfato bicálcico, superfosfato triplo, monoamônio fosfato e fosfato de rocha, em suplementos para bovinos de corte em pastagem de grama-estrela roxa, e compará-las ao desempenho ponderal, consumo de suplemento e parâmetros plasmáticos.

III - FONTES DE FÓSFORO EM SUPLEMENTOS MINERAIS PARA BOVINOS DE CORTE EM PASTAGEM DE *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst

RESUMO. O objetivo do experimento foi avaliar três fontes não convencionais de fósforo para bovinos em pastagem de grama-estrela roxa (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) e compará-las ao fosfato bicálcico quanto ao desempenho ponderal, consumo de suplemento e parâmetros fisiológicos. A produtividade e a qualidade da forrageira também foram avaliadas. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado. Foram utilizados 32 animais mestiços (zebuíno x taurino), com peso inicial médio de 347 kg, distribuídos ao acaso em quatro tratamentos que correspondiam a suplementos minerais formulados com as fontes de fósforo, como segue: 1) Fosfato bicálcico (BIC); 2) Superfosfato triplo (SPT); 3) Fosfato monoamônio (MAP) e 4) Fosfato de Rocha de Araxá (FRA). O ganho de peso vivo por hectare (GPV/ha) diferiu ($P \leq 0,05$) entre as datas de coleta, havendo uma redução significativa no último período. O ganho médio diário (GMD) não diferiu ($P > 0,05$) entre os tratamentos, sendo de 0,67; 0,65; 0,63 e 0,56 kg/dia para BIC, SPT, MAP e FRA, respectivamente. O consumo da mistura mineral foi maior ($P \leq 0,05$) para SPT com consumo de 68 g/animal/dia, enquanto as misturas contendo BIC e MAP não diferiram entre si com consumos de 56,6 e 43,2 g/animal/dia, respectivamente. O suplemento contendo FRA com consumo de 33,4 g/animal/dia foi inferior ($P \leq 0,05$) a SPT e BIC. A ingestão de cálcio e fósforo foi maior para SPT (9,17 g/dia Ca e 3,97 g/dia P) e semelhante ao BIC (7,7 g/dia Ca e 3,4 g/dia P), diferindo ($P \leq 0,05$) apenas do MAP (5,7 g/dia Ca 2,6 g/dia P) e FRA (6,1 g/dia Ca e 2,61 g/dia P) que foram semelhantes entre si. A ingestão de flúor diferiu entre tratamentos ($P \leq 0,05$) e o FRA apresentou maior ingestão (269,1 mg/dia). As concentrações de osteocalcina mantiveram-se em níveis baixos (47,67 ng/mL) e foram semelhantes entre os tratamentos. As fontes de fósforo foram eficientes em manter níveis adequados de fósforo no soro, com média de 7,03 mg/100 mL.

Palavras-chave: minerais, osteocalcina, ruminantes, suplementação a pasto

III - PHOSPHORUS SOURCES IN MINERAL SUPPLEMENTS FOR BEEF CATTLE GRAZING *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst PASTURE

ABSTRACT. The objective of the experiment was to evaluate the use of three phosphorus sources in mineral supplements for cattle grazing pasture (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) comparing with dicalcium phosphate considering performance, supplement intake and physiological parameters. In this period, forage production and quality were also evaluated. Treatments were distributed in a completely randomized design. Thirty-two crossbred steers (*Bos indicus* x *Bos taurus*) with 347 kg of initial body weight were used. The animals were allocated to four treatments corresponding to mineral supplements with different supplemental phosphorus sources: 1) Dicalcium phosphate (DP); 2) Supertriple phosphate (SP); 3) Monoammonium phosphate (MP) and 4) Araxa rock phosphate (ARP). The body weight gain per hectare (BW/ha) was influenced ($P \leq 0.05$) by periods, with a significant reduction in the last period, as result of quality and forage production reduction. Average daily gain (ADG) was not influenced ($P > 0.05$) by treatments, and gains were of 0.67; 0.65; 0.63 and 0.56 kg/d for DP, SP, MP and ARP, respectively. The consumption of mineral supplement was highest ($P \leq 0.05$) for SP with consumption of 68 g/animal/d, while the mixtures containing DP and MP did not differ with consumptions of 56.6 and 43.2 g/animal/d, respectively. Mineral supplement containing ARP showed consumption of 33.4 g/animal/d and was inferior ($P \leq 0.05$) to SP and DP. Calcium and phosphorus intake was higher for SP (9.17 g/d Ca and 3.97 g/d P) and similar of DP (7.7 g/d Ca and 3.4 g/d P), but SP was higher ($P \leq 0.05$) than MP (5.7 g/d Ca and 2.6 g/d P) and ARP (6.1 g/d Ca and 2.61 g/d P), that were similar among them. Fluoride intake was influenced by treatments ($P \leq 0.05$) and ARP presented the highest ingestion (269.1 mg/d). Plasma osteocalcin was similar among treatments (47.67 ng/mL). Supplemental phosphorus sources did not differ ($P > 0.05$) and they were efficient in maintaining appropriate levels of serum phosphorus, with an average of 7.03 mg/100 mL.

Key Words: minerals, osteocalcin, pasture supplementation, ruminants

Introdução

A pecuária de corte é uma atividade de grande importância social e econômica no Brasil. Os cenários, tanto interno quanto externo, apontam para o fortalecimento dessa atividade, ou como produtora de alimento de alta qualidade seja como geradora de divisas. Os sistemas pecuários brasileiros são caracterizados fundamentalmente pela utilização de pastagens como principal alimento para o rebanho. Na pecuária, as pastagens assumem dois aspectos importantes. O primeiro é que elas viabilizam a competitividade brasileira, e o segundo fato é que possibilitam a produção de forma natural, com respeito ao ambiente e aos animais, viabilizando o atendimento de parte da demanda mundial por alimento (Euclides & Medeiros, 2005).

As forrageiras de clima tropical constituem-se em uma alternativa viável na alimentação animal, em virtude do seu alto potencial de produção e baixo custo. Exemplo disso são as gramíneas do gênero *Cynodon*, constituídas por espécies e cultivares de ampla adaptação às diferentes condições edafoclimáticas (Oliveira et al., 2000). A cultivar grama-estrela roxa é rústica, de crescimento agressivo, e destaca-se como opção em muitos sistemas de produção animal a pasto e também como alimento conservado.

O ciclo anual na produção de carne bovina pode ser dividido em dois períodos: o período de primavera/verão (período das águas) quando a alta produção de forragem de qualidade resulta em elevada produção animal, e o período de outono/inverno (período das secas) quando a produção limitada de pastagens retarda o crescimento animal ou provoca, até mesmo, perdas de peso.

Entre as causas da baixa produtividade do rebanho, a carência de minerais ocupa lugar de destaque. A deficiência de fósforo (P) é extremamente prejudicial na criação extensiva de bovinos e amplamente verificada em países tropicais. Na maioria das situações, as forrageiras não contêm todos os nutrientes essenciais, na proporção adequada, de forma a atender integralmente as exigências dos animais em pastejo. O teor de P das forrageiras varia amplamente e é influenciado principalmente pelo teor de P disponível no solo. Déficit hídrico e maturidade na planta podem resultar em diminuição de P na forrageira (Pedreira & Berchielli, 2006). Forrageiras de clima temperado geralmente contêm mais P que as forragens tropicais e, leguminosas mais que gramíneas, no entanto existem exceções quanto a essas relações.

Dentre os minerais que devem ser suplementados, o fósforo destaca-se pelo número e importância das funções que desempenha no organismo animal. Devido a deficiência generalizada desse mineral nas pastagens do Brasil Central, é indispensável a inclusão de fosfatos na mistura mineral fornecida a bovinos em pastejo, pois sua deficiência na dieta pode acarretar grande prejuízo para a produção, pela importância do fósforo no metabolismo animal.

As estatísticas mostram que grande parte do rebanho nacional não é mineralizado de forma correta, devido aos altos custos do processo e a falta de visão do benefício que a prática implica. O fosfato bicálcico é uma das fontes de P mais utilizadas na suplementação do rebanho brasileiro, o que o torna responsável por 60 % do custo final da suplementação mineral. Alguns fertilizantes fosfatados possuem consideráveis teores de P e já têm sido usados como fontes de P suplementar para ruminantes. Silva Filho et al. (1992) avaliando fontes suplementares, relatam que o superfosfato triplo e o fosfato monoamônio possuem grande potencial quando utilizados como fonte de P suplementar. Segundo Vitti et al. (1992), os fosfatos de rocha podem ser utilizados como fonte suplementar de fósforo, no entanto, o nível de flúor dessas fontes pode ser o fator limitante em dieta de ruminantes.

O experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar três fontes não convencionais de fósforo, ou seja, superfosfato triplo, monoamônio fosfato e fosfato de rocha, na suplementação de bovinos em pastagem, e compará-las ao fosfato bicálcico quanto ao desempenho ponderal, consumo de suplemento, consumo total de cálcio e fósforo e concentração de fósforo e de osteocalcina no soro sanguíneo.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Duas Fontes, em Cruzeiro do Sul, noroeste do Estado do Paraná, localizada a 450 metros acima do nível do mar com coordenadas geográficas 22°58' de latitude sul e a uma longitude 52°0' oeste. O tipo climático predominante na região é o Cfa – clima subtropical úmido mesotérmico, apresentando predominância de verões quentes, baixa frequência de geadas severas e uma tendência de concentração das chuvas no período do verão. Os dados climatológicos referentes a temperatura máxima e mínima, precipitação pluviométrica (máxima e mínima), ocorridos durante o período experimental são apresentados na Tabela 1. O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (Prado, 2003) composto por 52% de areia grossa, 35% de areia fina, 2% de silte e 11% de argila (Tabela 2). As análises laboratoriais para avaliar a qualidade forrageira foram conduzidas no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal (LANA) do Departamento de Zootecnia/UEM e as análises do solo no Laboratório de Solos do Departamento de Agronomia/UEM.

Tabela 1. Condições climáticas durante o período experimental (dezembro 2006 a maio 2007)

Mês	Temperatura Máxima (°C) ¹	Temperatura. Mínima (°C) ¹	Precipitação Acumulada (mm)
Dezembro	32	24	220
Janeiro	31	24	165
Fevereiro	30	22	170
Março	31	22	30
Abril	30	22	15
Maio	29	19	70

¹Média mensal.

Fonte: Bratac - Cruzeiro do Sul.

A fazenda possui uma área total de 214 hectares, sendo que a área experimental correspondeu 13,46 ha. A pastagem da área experimental já estava estabelecida com grama-estrela roxa (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) e foi dividida por cerca de arame liso, em quatro piquetes com áreas entre 3,3 e 3,4 ha e a análise do solo é apresentada na

Tabela 2. A água foi disponibilizada através de bebedouros com bóia e os suplementos foram fornecidos em cochos de madeira cobertos (aproximadamente 0,2 m/animal).

Tabela 2. Análise química do solo da área experimental (0-20 cm)

Pasto	mg/dm ⁻³		g/dm ⁻³		pH			cmol _c / dm ⁻³				
	P	S-SO ₄ ²⁻	C	CaCl ₂	H ₂ O	Al ³⁺	H ⁺	Al ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB
1	5,30	6,32	5,48	5,40	6,40	0,0	2,94	1,17	0,49	0,48	2,14	5,08
2	4,50	3,62	8,61	4,90	6,00	0,0	3,42	1,13	0,43	0,30	1,86	5,28
3	3,10	2,91	7,43	5,20	6,10	0,0	2,94	1,14	0,44	0,31	1,89	4,83
4	11,80	3,91	7,43	5,10	6,20	0,0	2,94	0,99	0,36	0,30	1,65	4,59

Fonte: Laboratório de Solos – Departamento de Agronomia - UEM, 2007.

Foram utilizados 32 novilhos inteiros, mestiços (zebuínos x taurinos de corte), devidamente identificados, com 21 meses de idade e peso inicial médio de 347 kg. Os animais foram pesados, sempre em jejum hídrico e alimentar prévio de 12 horas, ao início do período experimental e, a partir desta data, a cada 28 dias, porém em algumas ocasiões esta medições não puderam ser realizadas nas datas previstas. . Os animais foram distribuídos na área experimental de forma a obter homogeneidade dentro de cada tratamento e de acordo com os ajustes na taxa de lotação. As datas de avaliação foram: 10/01/07, 07/02/03, 07/03/07, 03/04/07 e 05/05/07. Os animais foram everminados antes do início do experimento e vacinados contra a Febre Aftosa e Carbúnculo.

Os animais experimentais foram colocados nos piquetes 15 dias antes do início da pesquisa, para adaptação dos mesmos. Estes permaneceram durante todo o experimento (115 dias) na pastagem de grama-estrela roxa e foram distribuídos em quatro tratamentos: suplemento com fosfato bicálcico (BIC); suplemento com superfosfato triplo (SPT), suplemento com fosfato monoamônio (MAP) e suplemento com fosfato de rocha de Araxá (FRA). A composição da mistura mineral e suas concentrações são apresentadas na Tabela 3. As fontes de fósforo foram adicionadas na mistura em percentuais diferentes de forma a proporcionar a mesma concentração de cálcio e fósforo.

Os suplementos foram fornecidos no cocho à vontade, de modo que houvesse sobras para avaliar o consumo dos animais e a ingestão de cálcio e fósforo. O consumo

foi determinado entre a diferença do fornecido ao início de cada período experimental e as sobras no cocho, sendo que a cada 15 dias por ocasião na mudança de piquete, o tratamento acompanhava os animais.

Tabela 3. Composição percentual dos suplementos com as diferentes fontes de fósforo

Tratamento ¹	Ingredientes (%)						
	Fonte	Calcário	70S	MgO	Premix	NaCl	Caulim
BIC	32,50	16,00	6,90	7,30	3,00	23,20	11,10
SPT	27,30	25,80	6,90	7,30	3,00	23,20	6,50
MAP	25,00	34,60	6,90	7,30	3,00	23,20	-
FRA	56,60	-	6,90	7,30	3,00	23,20	3,00

¹BIC - Fosfato Bicálcico, SPT - Superfosfato triplo, MAP - Fosfato monoamônio, FRA - Fosfato de Rocha de Araxá, os tratamentos continham 6,08%, 5,86%, 6,03% e 6,76% de P e 13,66%; 13,48%; 13,16% e 18,09% de Ca, respectivamente. Concentrações dos elementos na mistura mineral: Magnésio (Mg) - 0,5%; Sódio (Na) - 12%; Enxofre (S) - 1,2% ; Cobalto (Co) - 68 ppm; Cobre (Cu) - 1240 ppm; Iodo (I) - 64 ppm; Manganês (Mn) - 1120 ppm; Selênio (Se) - 19,20 ppm e Zinco (Zn) - 3280 ppm .

As fontes de fósforo foram analisadas para cálcio (AOAC, 1990), fósforo (Fiske & Subbarow, 1925), flúor pela potenciometria direta com eletrodo íon seletivo (Singer & Armstrong, 1968) e solubilidade do fósforo (Duarte et al., 2003) como mostra a Tabela 4.

Tabela 4. Teores de fósforo, cálcio, flúor e solubilidade em ácido cítrico (2%) nas diferentes fontes de fósforo utilizadas na mistura mineral de bovinos

Tratamentos ¹	Variáveis			
	Fósforo (P) g/kg	Cálcio (Ca) g/kg	Flúor (F) mg/kg	Solubilidade (%)
BIC	187,00	236,00	1529,00	90,35
SPT	214,50	139,50	4982,50	88,75
MAP	241,00	7,62	5119,00	97,60
FRA	119,50	322,50	14257,00	19,85

¹BIC - Fosfato Bicálcico, SPT - Superfosfato triplo, MAP - Fosfato monoamônio, FRA - Fosfato de Rocha de Araxá

Durante a realização do experimento foi adotado o método de pastejo contínuo, com lotação fixa e carga variável (decorrente do ganho de peso) utilizando a técnica “Put and Take” (Mott & Lucas, 1952). Cada grupo, com 8 animais experimentais

referente aos diferentes tratamentos foi distribuído aleatoriamente nos piquetes no início do experimento, e os animais reguladores foram introduzidos em cada tratamento, procurando manter a mesma massa de forragem disponível nos piquetes. A partir do início do experimento, a cada 15 dias, os grupos foram transferidos de um piquete para outro, seguindo a sentido horário, de forma a eliminar o efeito do piquete. A carga animal era controlada periodicamente, conforme a disponibilidade média de forragem, com intuito de manter a oferta de forragem semelhante entre os piquetes.

As estimativas da massa de forragem foram realizadas nos quatro piquetes, pelo método da dupla amostragem (Wilm et al., 1949). Para isso, foram estimadas 27 amostras visuais e coletadas aleatoriamente seis amostras reais de 0,56 m² (0,75 m x 0,75 m) em cada piquete, cortadas ao nível do solo, pesadas e secas em estufas com ventilação forçada a 55° C, por 72 horas. Antes do corte, foi estimada visualmente a matéria seca da massa de forragem da amostra. Utilizando-se os valores das amostras cortadas e estimadas visualmente, foi calculado o resíduo de matéria seca expressa em kg/ha (Gardner, 1986).

Para avaliar a taxa de acúmulo diário de MS (TA) e acúmulo total utilizou-se três gaiolas de exclusão ao pastejo por piquete, e os cálculos realizados por intermédio da equação proposta por Campbell (1966):

$$TA_j = \frac{G_i - F_{i-1}}{n}$$

Em que: TA_j = taxa de acúmulo diário de MS no período *j*, em kg MS/ha/dia; G_i = MS dentro das gaiolas no instante *i*, em kg MS/ha; F_{i-1} = MS fora das gaiolas no instante *i* - 1, em kg MS/ha; n = número de dias do período *j*.

A taxa de lotação (TL) por piquete foi calculada considerando-se a unidade animal (UA) como sendo 450 kg de PV, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$TL = \frac{UA_t}{\text{Área}}, \text{ onde:}$$

TL = taxa de lotação, em UA/ha; UA_t = unidade animal total; Área = área experimental, em ha.

A oferta de forragem (OF) foi calculada de acordo com a seguinte fórmula e de duas formas, numa considerou-se apenas a disponibilidade de forragem (kg/ha de MS) e na outra, a disponibilidade e taxa de acúmulo:

$$1) OF = \frac{DMSD}{PV} \times 100$$

Onde: OF = em kg MS/100 kg PV/dia ou simplesmente %; DMSD = disponibilidade de matéria seca diária (kg de MS/ha/dia); PV = peso vivo dos animais, em kg/ha.

$$2) OF = \frac{DMSD + TAD}{PV} \times 100$$

Em que: OF = oferta de forragem, em kg MS/100 kg PV/dia; DMSD = disponibilidade e matéria seca diária, em kg de MS/ha/dia; TAD = taxa de acúmulo diário, em kg MS/ha/dia; PV = peso vivo dos animais, em kg/ha.

Do material colhido na dupla amostragem foi feito o fracionamento em sub-amostras (aproximadamente 50% do material) e separação dos componentes estruturais: lâmina foliar verde (LF); bainha + colmo verde (BCV); e material morto (MM). Os materiais pertencentes as diferentes frações da planta foram secos em estufa de ar forçado a 55 °C por 72 horas e, posteriormente, pesados.

Na composição morfológica da pastagem determinou-se a percentagem de lâmina foliar verde, bainha + colmo verde e material morto, bem como a determinação a razão lâmina foliar verde/bainha + colmo verde (LF/BCV). Para avaliar a composição bromatológica as amostras foram moídas em moinho tipo Willey com peneira de crivo de 1 mm e acondicionadas em potes plásticos para posteriormente determinar os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e cinzas (CZ) segundo a AOAC (1990). Apenas para lâmina foliar verde e bainha + colmo verde foram determinados os teores de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e cálcio (Ca) pelo método da AOAC (1990), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e celulose (CEL) segundo Van Soest et al. (1991) e fósforo (P) de acordo com Malavolta et al. (1997). As análises de digestibilidade *in vitro* da matéria seca da planta inteira foi realizada de acordo com a metodologia de Tilley & Terry (1963), adaptada para a utilização do rúmen artificial, desenvolvida por ANKON[®], conforme descrito por Holden (1999).

Para estimar os nutrientes digestíveis totais, os carboidratos não fibrosos foram calculados pela seguinte equação (Sniffen et al., 1992):

$$CNF = 100 - (\%FDN + \%PB + \%EE + \%cinzas)$$

Onde:

FDN: Fibra em detergente neutro; PB: Proteína bruta; EE: Extrato etéreo.

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados pela equação de predição proposta por Weiss (1999):

$$\text{NDT forragem} = [\text{PB} * e^{-0,012 * \text{NIDA}}] + [0,98 * \text{CNF}] + [0,90 * (\text{EE} - 1) * 3,0] + \{0,75 * (\text{FDN}_{\text{PB}} - \text{L}) * [1 - (\text{L}/\text{FDN}_{\text{PB}})^{0,667}]\} - 7$$

Onde:

PB: Proteína bruta; NIDA: Nitrogênio insolúvel em detergente ácido; CNF: Carboidratos não fibrosos; EE: Extrato etéreo; FDN_{PB} : Fibra em detergente neutro corrigida para proteína; L: Lignina.

As amostras de sangue foram coletadas em todos os animais experimentais 14 dias após o início e 14 dias antes do término do experimento. O sangue foi coletado em tubos a vácuo sem anticoagulante e posteriormente o soro sanguíneo foi obtido após centrifugação a 3.000 rpm por 15 minutos. Em seguida o soro foi transferido para tubos eppendorfs devidamente etiquetados por tratamento, por animal e data e congelados a 20 °C negativos, para posteriores análises. O soro foi analisado para fósforo inorgânico (Little et al., 1971) e para concentração de osteocalcina utilizando o Kit ELISA (Novocalcin, Metra Biosystems, Mountain View, CA) realizada no laboratório de endocrinologia da Universidade Federal de São Paulo - Escola Paulista de Medicina (Unifesp).

O experimento foi organizado em um Delineamento Interiamente Casualizado (DIC). Todos os dados foram interpretados por uma análise de variância pelo procedimento “General Linear Model” adotando-se um nível de significância de $P < 0,05$ e o teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o programa SAS (1989), de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}, \text{ onde:}$$

Y_{ij} = valor observado das variáveis estudadas, relativo a cada indivíduo j , recebendo o tratamento i ;

μ = constante geral;

T_i = efeito do tratamento i , com i variando de 1 a 4;

e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação

Para as análises da forrageira o período foi considerado como T_i .

Resultados e Discussão

Para caracterizar melhor a gramínea disponível aos animais em pastejo, a separação dos componentes em lâmina foliar, bainha + colmo verde e material morto descrevem melhor as alterações morfológicas e fisiológicas do crescimento e desenvolvimento das plantas forrageiras. A participação proporcional destes componentes estruturais da grama-estrela roxa na massa de forragem pode ser visualizada na Figura 1. Nos três primeiros períodos de avaliação, 10/01, 07/02 e 07/03 a percentagem de lâminas foliares foram semelhantes entre si com 16,76; 16,47 e 16,24%, respectivamente, no entanto, foram diferentes ($P \leq 0,05$) do último período de avaliação (03/04 a 05/05) que apresentou a menor proporção de lâminas foliares correspondendo a 13,45%. A redução na proporção de lâminas foliares pode ser explicada pela redução na precipitação acumulada observada no mês de abril, afetando diretamente a proporcionalidade de folhas na forrageira. A proporção de bainha + colmo verde não diferiu ($P > 0,05$) entre os períodos de avaliação, com proporção média de 48,07%. Assim como a bainha + colmo verde, o material morto não foi influenciado pelo período, com percentagem média de 36,20%. O percentual de bainha + colmo verde manteve-se superior aos demais componentes estruturais da forragem (lâmina foliar e material morto) ao longo de todo o período experimental como mostra a Figura 1.

A disponibilidade média de massa seca expressa em kg por hectare (kg/ha de MS), a disponibilidade média de lâmina foliar, bainha + colmo verde, material morto e a relação lâmina foliar/bainha + colmo verde são apresentados na Tabela 5. A disponibilidade de matéria seca não diferiu ($P > 0,05$) entre os períodos de coleta, com disponibilidade média de 2331 kg/ha de MS, valores estes que estiveram próximos aos preconizados por Corsi & Martha Júnior (1998), onde, segundo eles, gramíneas do gênero *Cynodon* quando manejadas adequadamente devem apresentar um resíduo de aproximadamente 2500 kg/ha de MS. Hodgson (1990) e Minson (1990) relatam que 2000 kg/ha de MS são considerados como mínimo para que a disponibilidade não ocasione redução no consumo da pastagem levando a diminuição no consumo de matéria seca, principalmente devido a redução do tamanho de bocados, o que acarreta em maior tempo de pastejo. Apesar dos valores obtidos para disponibilidade média de matéria seca ter sido superior a 2000 kg/ha de MS, a disponibilidade média de lâmina foliar e bainha + colmo verde não totalizam valores superiores a 2000 kg/ha de MS,

devido a elevada proporção de material morto que atingiu produção de 869 kg/ha de MS.

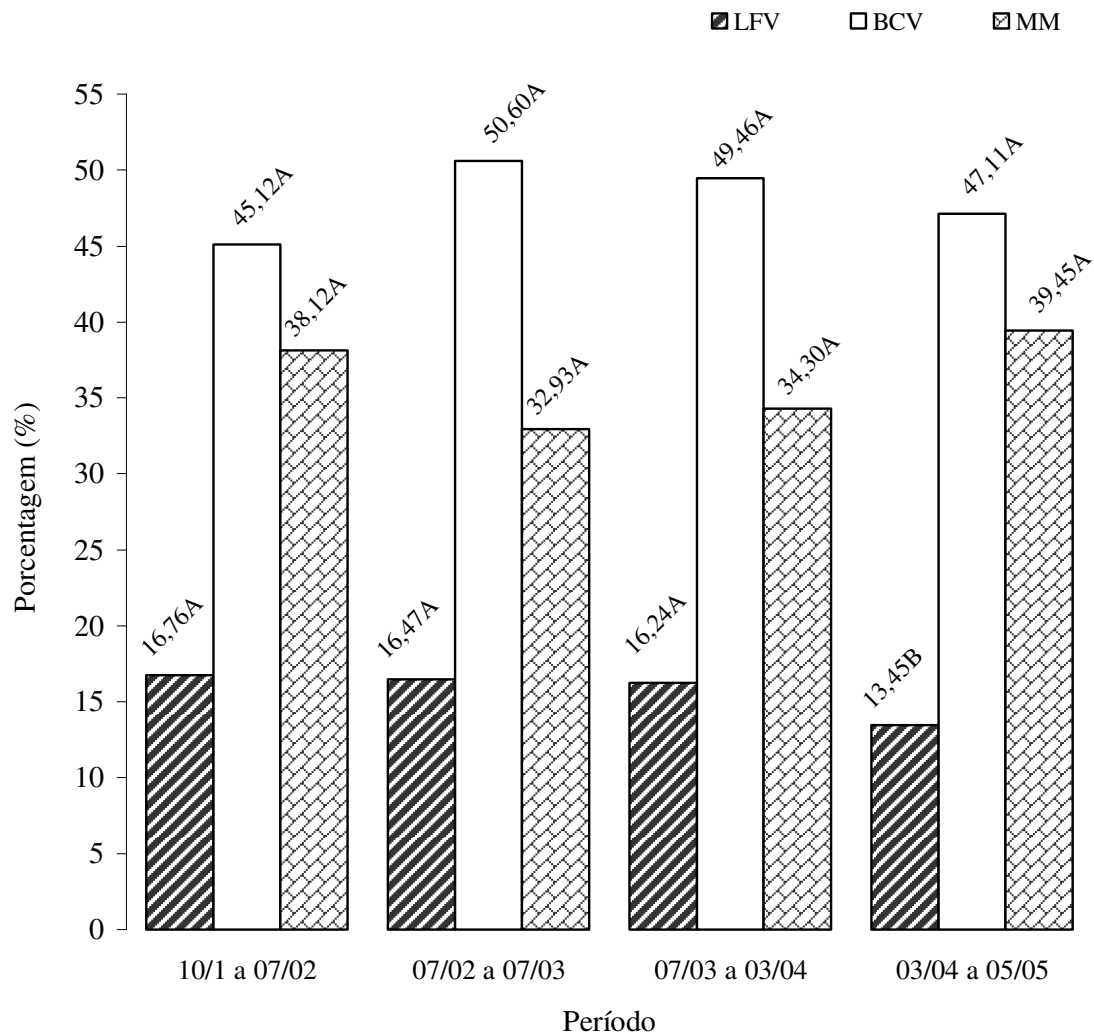


Figura 1. Lâmina foliar verde (LFV), bainha + colmo verde (BCV) material morto (MM), em diferentes períodos de coleta.

O período de coleta não influenciou a disponibilidade de lâmina foliar, de bainha + colmo verde e de material morto. Para a lâmina foliar a disponibilidade média foi de 369 kg/ha de MS, no entanto para bainha + colmo verde e material morto a disponibilidade foi de 1141 e 823 kg/ha de MS, respectivamente (Tabela 5). A disponibilidade de material morto foi semelhante aos estudos realizados por Bortolo et al. (2001) que trabalhando com ovinos em pastagem de *Cynodon sp*, verificou que o

aumento na disponibilidade de massa seca da pastagem, reduzia a disponibilidade de material morto expressas em kg/ha de MS. A relação lâmina foliar/bainha + colmo verde foi influenciada ($P \leq 0,05$) pelos períodos de avaliação. O primeiro período de avaliação apresentou maior relação lâmina/bainha + colmo verde, ocorrendo redução nesta relação a cada período experimental fazendo com que houvesse diferenças ($P \leq 0,05$) do primeiro para o último período de coleta. Ataíde Junior et al. (2000) obtiveram valores superiores para a relação lâmina/colmo, trabalhando com capim tifton-85 em diferentes idades de rebrote. Bortolo et al. (2001) relatam que quanto maior a relação lâmina foliar/bainha + colmo verde, melhor será o valor nutritivo da planta forrageira. De acordo com Van Soest (1994) o avanço na idade da maturidade das forrageiras além de ser acompanhado pela queda na digestibilidade, há também uma diminuição na relação lâmina/colmo.

Tabela 5. Disponibilidade de matéria seca (DMS), disponibilidade de lâmina foliar verde (LFV), disponibilidade de bainha + colmo verde (BCV) e disponibilidade de material morto (MM), por período experimental

Data	DMS	LFV	BCV	MM	LF/BCV
	kg/ha de MS				
10/01 – 07/02	2180 ^a	368 ^a	994 ^a	819 ^a	0,37 ^a
07/02 – 07/03	2394 ^a	394 ^a	1230 ^a	770 ^a	0,33 ^{ab}
07/03 – 03/04	2492 ^a	405 ^a	1258 ^a	829 ^a	0,33 ^{ab}
03/04 – 05/05	2257 ^a	307 ^a	1080 ^a	870 ^a	0,29 ^b
Média	2331	369	1141	823	0,33
EPM	± 332,15	± 56,83	± 204,21	± 76,54	± 0,01

^{a,b,c} Letras iguais na mesma coluna, indicam igualdade ($P > 0,05$), pelo teste de Tukey.
EPM - Erro Padrão da Média

O acúmulo de massa de forragem (AMF) e o acúmulo diário de massa de forragem (ADMF) apresentaram diferenças ($P \leq 0,05$) nas datas de amostragem. É observada na Tabela 6 uma redução no acúmulo de massa de forragem com o avanço nos períodos de avaliação. Como antes do início do experimento (mês de dezembro) as condições climáticas foram favoráveis (alta temperatura e alta da precipitação pluviométrica acumulada) o maior acúmulo de massa de forragem (AMF) foi obtido no mês de janeiro onde a produção foi de 2053 kg MS/ha (73 kg MS/ha/dia) (Tabela 6). Estes valores estão próximos aos relatados por Pedreira & Mattos (1981) que avaliando

Cynodon dactylon cv. Coastcross obtiveram acúmulo diário de massa de forragem no mês de dezembro de 84 kg/ha/dia de MS. Em fevereiro, apesar da taxa de acúmulo ter sido numericamente inferior ao mês de janeiro, estes valores não diferiram ($P>0,05$) entre os períodos de avaliação. No período que corresponde aos meses de março e abril foram obtidos os menores valores de acúmulo de massa de forragem, com acúmulos de 1158 (43 kg/ha/dia de MS) e 729 kg/ha de MS (23 kg/ha/dia de MS), os quais diferiram ($P\leq 0,05$) da taxa de acúmulo obtida no mês de janeiro. Segundo Brougham (1957), durante o desenvolvimento vegetativo da forrageira, há três fases distintas para taxa de acúmulo. Na primeira fase representada aqui pelo primeiro período experimental, as taxas de acúmulo líquido de forragem aumentam exponencialmente, o que pode ser influenciada por reservas orgânicas da forrageira, disponibilidade de fatores de crescimento e área residual de folhas. A segunda fase, representada aqui pelo segundo e terceiro período, quando as taxas de acúmulo são constantes, e a terceira fase, ocorrida no quarto período experimental, quando se inicia a queda nas taxas de acúmulo, causada pela redução na taxa de crescimento e pelo aumento na senescência de folhas. Com o avanço na idade da planta ocorre redução no crescimento da forragem, resultando na diminuição da parede celular, aumento na lignificação e senescência da mesma, promovendo um menor acúmulo de massa de forragem.

Tabela 6. Acúmulo de massa de forragem (AMF), acúmulo diário de massa de forragem (ADMF), oferta de forragem (OF) e taxa de lotação (TL), da grama-estrela roxa em diferentes períodos de avaliação

Data	Variáveis				
	AMF	ADMF	OF ¹	OF ²	TL
	kg/ha de MS	kg/ha de MS	kg MS/100 kg PV/dia	kg MS/100 kg PV/dia	(UA/ha)
10/01 – 07/02	2053 ^a	73 ^a	8,75 ^{ab}	17,05 ^a	2,03 ^a
07/02 – 07/03	1326 ^{ab}	47 ^{ab}	10,10 ^a	15,81 ^a	1,88 ^a
07/03 – 03/04	1158 ^b	43 ^b	9,67 ^a	14,26 ^a	2,10 ^a
03/04 – 05/05	729 ^b	23 ^b	6,59 ^b	8,93 ^b	2,30 ^a
Média	1317	47	8,78	14,01	2,08
EPM	± 202,31	± 7,18	± 0,71	± 1,06	± 0,15

¹OF – Oferta de forragem considerando apenas a disponibilidade de matéria seca (kg/ha/dia de MS);

²OF - Oferta de forragem considerando disponibilidade de matéria seca de forragem e taxa de acúmulo (kg/ha/dia de MS).

^{a,b,c} Letras iguais nas colunas indicam igualdade ($P>0,05$), pelo teste de Tukey.

EPM - Erro Padrão da Média

A oferta de forragem foi influenciada pelos períodos de avaliação, resultado da redução na disponibilidade de forragem e redução na taxa de crescimento, devido às condições climáticas. Segundo Da Silva & Pedreira (1997), um dos fatores determinantes do consumo em um sistema de produção animal em pastagens é a oferta de forragem. A oferta de forragem foi decrescendo com o avanço na idade da gramínea, decorrente de redução na sua disponibilidade de matéria seca total e na taxa de acúmulo da pastagem. A taxa de lotação (TL) não diferiu ($P>0,05$) entre os períodos de avaliação.

Os teores de matéria seca, matéria orgânica, cinza, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina, celulose e nutrientes digestíveis totais dos componentes estruturais da forragem (lâmina foliar, bainha + colmo verde e material morto) e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da planta inteira são mostrados na Tabela 7. O teor de matéria seca da lâmina foliar e bainha + colmo verde diferiu ($P\leq 0,05$) entre os períodos de avaliação, e as respostas com o avanço dos períodos de coleta foram semelhantes (Tabela 7), sendo que, à medida que avançou o período de coleta o teor de matéria seca da pastagem também aumentou. A matéria orgânica da lâmina foliar não diferiu ($P>0,05$) entre os períodos experimentais, sendo a média igual a 94,2%. No entanto, para matéria orgânica na bainha + colmo verde houve efeito ($P\leq 0,05$) do período experimental, e assim como a matéria seca também aumentou com o avanço nas avaliações. As concentrações de cinzas da lâmina e bainha + colmo verde foram influenciadas pelo período experimental, sendo semelhantes em seus teores. A proteína bruta da lâmina foliar foi em média 13,98%, valor que está acima de 7% de PB considerado mínimo para suprir as necessidades das bactérias ruminais (Moore et al., 1991) e não prejudicar o consumo voluntário dos animais (Minson, 1980).

A concentração média da fibra em detergente neutro encontrada na lâmina foliar e bainha + colmo verde foram semelhantes, 81,25%. Este valor está próximo aos obtidos por Oliveira et al. (2000) para capim Tifton-85 aos 56 e 49 dias de rebrote, com teores de FDN para lâmina e bainha + colmo verde, na ordem de 81,7 e 80,2% , respectivamente, e superiores aos obtidos por Prohmann et al. (2004), que observou valores para lâmina e colmo entre 65,1 e 74,9%.

Tabela 7. Composição bromatológica dos componentes estruturais da planta e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de grama-estrela roxa em diferentes períodos de coleta

Itens	Componentes Estruturais (%)				Média	EPM
	10/01-07/02	07/02-07/03	07/03-03/04	03/04-05/05		
Lâmina Foliar						
MS	48,66 ^b	51,26 ^{ab}	55,36 ^a	54,78 ^{ab}	52,51	± 1,55
MO	94,14 ^a	94,13 ^a	94,27 ^a	94,40 ^a	94,24	± 0,07
CZ	5,80 ^{ab}	5,91 ^a	5,43 ^{ab}	5,25 ^b	5,60	± 0,15
PB	14,37 ^a	14,04 ^a	13,60 ^a	13,93 ^a	13,98	± 0,63
FDN	81,70 ^a	80,68 ^a	81,56 ^a	81,04 ^a	81,25	± 0,74
FDA	37,13 ^a	37,80 ^a	38,59 ^a	36,96 ^a	37,62	± 0,72
LIG	4,64 ^a	4,53 ^a	4,39 ^a	4,36 ^a	4,48	± 0,21
CEL	31,15 ^a	30,21 ^{ab}	30,47 ^{ab}	29,80 ^b	30,40	± 0,31
NDT	47,15 ^a	47,65 ^a	48,71 ^a	48,42 ^a	47,98	± 0,93
Bainha + Colmo Verde						
MS	35,09 ^c	37,91 ^{bc}	40,67 ^{ab}	42,65 ^a	30,08	± 0,89
MO	94,77 ^c	95,25 ^b	95,36 ^{ab}	95,75 ^a	95,28	± 0,10
CZ	5,24 ^a	4,76 ^b	4,64 ^{bc}	4,25 ^c	4,72	± 0,10
PB	5,29 ^a	4,19 ^a	3,94 ^a	3,56 ^a	4,25	± 0,49
FDN	81,27 ^a	80,94 ^a	81,53 ^a	81,28 ^a	81,25	± 0,34
FDA	45,70 ^a	45,63 ^a	46,32 ^a	46,17 ^a	45,95	± 0,35
LIG	8,46 ^a	8,54 ^a	8,79 ^a	8,74 ^a	8,63	± 0,31
CEL	36,49 ^a	37,08 ^a	37,37 ^a	37,24 ^a	37,04	± 0,49
NDT	44,39 ^a	45,75 ^a	45,69 ^a	46,53 ^a	45,59	± 0,74
Material Morto						
MS	69,99 ^a	70,55 ^a	75,50 ^a	76,15 ^a	73,05	± 2,08
MO	96,76 ^a	96,29 ^b	96,16 ^b	96,36 ^{ab}	96,39	± 0,10
CZ	3,24 ^b	3,71 ^a	3,84 ^a	3,64 ^{ab}	3,61	± 0,10
Planta Inteira						
DIVMS	39,73 ^a	41,66 ^a	41,21 ^a	39,38 ^a	40,50	± 0,96

^{a,b,c,d} Letras iguais na mesma linha, indicam igualdade ($P>0,05$), pelo teste de Tukey.

EPM - Erro Padrão da Média.

A fibra em detergente ácido da lâmina foliar foi inferior ao da bainha + colmo verde, com média de 37,62% (lâmina foliar) e 45,25% (bainha + colmo verde). Segundo Nussio et al. (1998), forragens com valores de FDA em torno de 30%, ou menos, serão consumidas em altos níveis, enquanto que aqueles com teores acima de 40% serão consumidos em baixos níveis. Esses dados corroboram com Van Soest (1994), que relata que com o aumento na idade das plantas, as mesmas geralmente declinam o valor nutritivo, em consequência do aumento da lignificação (Tabela 7). Os teores de lignina, celulose e nutrientes digestíveis totais na lâmina foliar e bainha + colmo verde, não foram influenciados pelas datas de avaliação.

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca da planta inteira não foi influenciada ($P>0,05$) pelos períodos experimentais, ficando em média 40,50% (Tabela 7), valor que está abaixo daqueles considerados ideais para um bom desenvolvimento microbiano, que fica entorno de 65 a 70% (Nussio et al., 1998). A baixa digestibilidade pode ter sido influenciada pela grande proporção de material morto na massa de forragem (Figura 1). Pedreira (1996) relataram valores médios para a DIVMS de 58, 56, 53 e 48% para cultivares de *Cynodon sp.* cortados com duas, quatro e seis semanas de idade. Favoreto et al. (2008) avaliando o valor nutricional da grama-estrela cv. Africana, obtiveram DIVMS de 56,6%.

As concentrações de Ca da bainha + colmo verde tiveram uma redução gradativa com o avanço na idade da planta, no entanto, seus teores não tiveram redução significativa ($P>0,05$) na lâmina foliar (Tabela 8). O Ca da lâmina foliar teve concentração média de 0,367%, valor semelhante ao obtido por Nunes et al. (1990) em folhas de *Brachiaria humidicola* cv. Humidicola e *Brachiaria sp* cv. Tangola que apresentaram 0,41 e 0,34% de Ca, respectivamente. As concentrações de P nos componentes estruturais da pastagem não foram influenciadas ($P>0,05$) pelo período de avaliação.

Tabela 8. Concentrações de cálcio (Ca) e fósforo (P) na lâmina foliar e bainha + colmo verde em pastagens de grama-estrela roxa em diferentes períodos de coleta

Data	Variáveis			
	Lâmina Foliar Verde		Bainha + Colmo Verde	
	Ca	P	Ca	P
	(%)			
10/01 – 07/02	0,381 ^a	0,118 ^a	0,142 ^a	0,138 ^a
07/02 – 07/03	0,373 ^a	0,115 ^a	0,131 ^{ab}	0,116 ^a
07/03 – 03/04	0,364 ^a	0,110 ^a	0,132 ^{ab}	0,108 ^a
03/04 – 05/05	0,349 ^a	0,111 ^a	0,122 ^b	0,107 ^a
Média	0,367	0,114	0,131	0,117
EPM	± 0,010	± 0,002	± 0,004	± 0,008

^{a,b,c} Letras iguais na mesma coluna, indicam igualdade ($P>0,05$) pelo teste de Tukey.

EPM – Erro Padrão da Média

A concentração de P na lâmina foliar em alguns períodos de avaliação foi semelhante a concentração na bainha + colmo verde, e em ambas as partes da planta foram inferiores a 0,14%. Butterworth (1985) destaca que níveis inferiores a 0,18 % indicam provável deficiência desse elemento para a maioria das categorias animais. A redução na concentração do elemento na folha deve-se ao fato da senescência das folhas e aumento na proporção de bainha + colmo verde, ou seja, e diminuição na relação lâmina/colmo (Tabela 5). Corsi & Silva (1994) relatam que o comportamento da distribuição de P entre os componentes da parte aérea é significativamente diferente e cada espécie forrageira parece manter certa peculiaridade a este respeito. Rossi & Monteiro (1999) relatam que Martinez (1980) obteve resultados que permitem estimar que em níveis baixos de fósforo disponível, as diferenças na composição mineral entre a haste e a folha foram acentuadas, enquanto que em níveis altos a tendência é que maiores valores desse mineral sejam encontrados nas hastes.

O ganho de peso vivo por hectare (GPV/ha) diminuiu com o avanço do período de avaliação (Tabela 9). O maior ganho de peso ocorreu em janeiro/fevereiro (10/01 a 07/02) com 61,75 kg PV/ha, onde as condições climáticas (Tabela 1) favoreceram a produtividade e qualidade da pastagem. O menor ganho de peso ocorreu em abril/maio (03/04 a 05/05) com ganho de 33,00 kg PV/ha, o qual foi desfavorecido pelas condições climáticas com baixa precipitação pluviométrica acumulada inferior aos demais períodos, refletindo em baixa produtividade e qualidade forrageira. Moreira et al.

(2004), utilizando animais em pastejo de grama estrela roxa com baixa produção de massa de forragem obtiveram ganho de 34 kg PV/ha, semelhante ao ganho obtido neste experimento no último período de coleta (33 kg/ha). A redução no ganho por área ocorreu como resultado do declínio na produção e na qualidade da forrageira, mas considerando a produtividade de carne no Brasil, o ganho obtido neste experimento, que totalizou 177,5 kg/ha num período de 115 dias, foi satisfatório.

Tabela 9. Ganho de peso vivo/ha (kg/ha) em bovinos mestiços suplementados com diferentes fontes de fósforo em pastagens de grama-estrela roxa

Período	GPV/ha
10/01 – 07/02	61,75 ^a
07/02 – 07/03	43,75 ^{ab}
07/03 – 03/04	39,00 ^{ab}
03/04 – 05/05	33,00 ^b
Total	177,50
EPM	± 7,12

^{a,b,c} Letras iguais na mesma coluna, indicam igualdade ($P>0,05$), pelo teste de Tukey.
EPM – Erro Padrão da Média

O ganho médio diário (GMD – kg/dia) não foi influenciado pelos tratamentos ($P>0,05$), indicando que estas fontes de fósforo podem proporcionar desempenhos semelhantes (Tabela 10). Estes resultados mostram que mesmo para animais em crescimento, a fonte de fósforo suplementar pode não ter um peso significativo na resposta animal, e sim outros fatores como, oferta de massa de forragem, oferta de lâmina foliar e relação lâmina foliar/bainha + colmo verde podem ser mais importantes.

A maturidade da planta, a redução na produção de folhas e aumento na proporção de colmo e material morto, a redução na qualidade da proteína da forragem e o aumento na concentração dos componentes da parede celular diminuem desempenho animal, como pode ser visualizados no terceiro e quarto período de avaliação. Esta redução foi muito mais expressiva no quarto período experimental, pois a média de GMD variou entre 0,20 kg (FRA) e 0,63 kg (BIC), notando-se que os ganhos acompanharam as respostas oriundas da qualidade de forragem, mas muito mais de sua produção, certamente, proporcionando grande seletividade animal.

Quando se avalia GMD em relação aos períodos experimentais, é observado a influencia do período em relação à média dos ganhos independente do tratamento.

Tabela 10. Ganho médio diário (kg/dia) de bovinos suplementados com diferentes fontes de fósforo em pastagens de grama-estrela roxa

Tratamentos ¹	Data				Média	EPM
	10/01-07/02	07/02-07/03	07/03-03/04	03/04-05/05		
BIC	0,84 ^{aA}	0,79 ^{aA}	0,41 ^{bB}	0,63 ^{aAB}	0,67 ^a	±0,09
SPT	0,89 ^{aA}	0,65 ^{abAB}	0,62 ^{abAB}	0,43 ^{abB}	0,65 ^a	±0,11
MAP	0,69 ^{aA}	0,84 ^{aA}	0,58 ^{abA}	0,42 ^{abA}	0,63 ^a	±0,11
FRA	0,83 ^{aA}	0,36 ^{bB}	0,84 ^{aA}	0,20 ^{bB}	0,56 ^a	±0,10
Médias	0,81 ^a	0,66 ^a	0,61 ^{ab}	0,42 ^b	0,63	-
EPM	±0,93	±0,10	±0,11	±0,10	± 0,04	-
	±0,11 ²	±0,11 ²	±0,12 ²	± 0,11 ²	± 0,05 ²	-

¹BIC - Fosfato Bicálcico, SPT - Superfosfato triplo, MAP - Fosfato monoamônio, FRA - Fosfato de Rocha de Araxá.

^{a,b,c} Letras iguais na mesma coluna, indicam igualdade (P>0,05), pelo teste de Tukey; ^{A,B,C} Letras iguais na mesma linha, indicam igualdade (P>0,05), pelo teste de Tukey.

EPM – Erro Padrão da Média; ²EPM - Erro Padrão da Média com número de repetições diferentes para o tratamento SPT.

Todas as fontes de fósforo suplementar foram eficientes, mantendo uniformidade nos ganhos conforme Tabela 10. Prohmann et al. (2004) trabalhando com novilhos mestiços em pastagens de *Coastcross* com 4 dietas complementadas com diferentes níveis de inclusão de casca de soja durante o período de verão, obtiveram ganhos superiores, mesmo para o tratamento controle (0% de casca) com ganho de 0,859 kg/an./dia. No entanto Moreira et al. (2003) estudando dois tipos de suplementação (suplemento mineral ou suplemento mineral proteinado) com animais da raça Nelore, ½ Nelore ½ Limousin e ½ Nelore ½ Girolando, em pastagem de grama-estrela roxa no final do período das águas (fevereiro a maio) obtiveram GMD inferiores para os animais suplementados apenas com sal mineral e sal mineral proteinado de 0,34 e 0,43 kg/dia, respectivamente. Na mesma linha de pesquisa Moreira et al. (2004) trabalhando com suplementação mineral e protéica com animais anelados em pastagem de grama-estrela roxa no período de inverno (maio a outubro), o GMD foi menor com ganhos de 0,06; 0,05 e 0,15 kg/dia para sal mineral, sal mineral proteinado (200 g/dia) e sal mineral proteinado (400 g/dia). Apesar da semelhança na produção de folhas obtidas com as produções observadas por Moreira et al. (2004), os menores ganhos relatados pela autora devem-se ao fato de que no período do inverno houve redução na qualidade forrageira.

A relação entre Ca e P para os tratamentos BIC, SPT, MAP e FRA foram 2,25; 2,3; 2,2 e 2,7, respectivamente. De acordo com Wise et al. (1963), ruminantes toleram grandes variações na relação Ca:P da dieta, sem apresentar depressão no desempenho ou na conversão alimentar. Young et al. (1963) relatam que poderá haver depressão no desempenho e conversão alimentar quando os animais são submetidos a dietas deficientes em fósforo, com alta relação Ca:P, pois ocorre redução na absorção do P. Em estudos com ovinos que receberam dietas com diferentes relações de cálcio e fósforo na dieta (0,75:1; 1,5:1 e 3:1), Salviano (1996) observou que a maior absorção de fósforo ocorreu com a relação 1,5.

As fontes de fósforo utilizadas no experimento foram analisadas para determinar P, Ca, F e solubilidade (ácido cítrico a 2%) (Tabela 4). A concentração de P no MAP e SPT foram superiores, aos tratamentos BIC e FRA. Considerando 2000 ppm como referência para níveis máximos aceitáveis de flúor em suplementos minerais (Portaria MAA/SDR nº 20, 1997) todas as fontes com exceção do BIC apresentaram valores excessivamente mais altos que os aceitáveis. Marçal et al. (2003) avaliando diferentes fontes de fósforo (Supertriplo nacional, Monoamônio importado da Rússia, Fosfato Monoamônio nacional, Fosfato Supertriplo importado do Marrocos e Rocha Fosfática de Catalão) para bovinos obtiveram resultados semelhantes, onde apenas o BIC apresentou teores abaixo dos estabelecidos pela portaria citada acima, ou seja, 2000 mg/kg, os quais também são tidos como referência por Underwood (1977); Thompson (1980) e Nicodemo et al. (1998).

Reid (1980) menciona que o P de fertilizantes fosfatados como o supertriplo e fosfato monoamônio são altamente disponíveis e que o uso dessas fontes na suplementação de animais domésticos é, na verdade, mais limitado pelo teor de flúor do que pela absorção de P. Convém salientar que os fertilizantes fosfatados estrangeiros, de modo geral, contêm altos níveis de flúor (NRC, 1974) enquanto os fertilizantes fosfatados nacionais possuem baixos níveis desse elemento, por serem produzidos a partir de rochas com baixo teor em flúor.

A relação P:F considerada ideal pela maior parte das pesquisas e adotada pelo MAPA é de 100:1 (Portaria MAA/SDR nº 20, 1997), e apenas o BIC apresentou uma relação acima deste valor, enquanto o FRA foi extremamente inferior. A relação obtida para BIC, SPT, MAP e FRA foram 122:1, 47:1, 47:1 e 8:1, respectivamente. Vitti et al. (1991) avaliando a disponibilidade biológica de alguns fosfatos, obtiveram valores semelhantes ao FRA utilizando fosfato de rocha de Tapira.

A solubilidade quantifica a disponibilidade total do fósforo para a absorção animal (Witt & Owes, 1983; Rosa et al., 1986) e no caso do presente experimento, a maior solubilidade foi observada para MAP, seguido por BIC e SPT, sendo o FRA o menos solúvel, com solubilidade média inferior a 70% das demais (Tabela 4). Fisher (1978) relata que o MAP é um suplemento eficiente para o fornecimento de fósforo, com disponibilidade semelhante a do BIC. Valores semelhantes foram observados por Coneglian (2006) para solubilidade em ácido cítrico (2%) dos fosfatos BIC e FRA, com valores de 97,2 e 21,5%, respectivamente. Estudos conduzidos por Dayrell et al. (1987), Vitti et al. (1991) e Lopes et al. (1990) mostram que os coeficientes de absorção de fósforo para os fosfatos de Araxá e Tapira são cerca de 20 a 30% inferiores ao fosfato bicálcico.

O consumo médio do suplemento mineral foi determinado pela diferença entre o oferecido e as sobras, efetuado no final de cada período experimental. Foi observada diferença entre os tratamentos ($P \leq 0,05$) sendo que o suplemento de maior e menor consumo foram SPT (68,04 g/animal/dia) e FRA (33,37 g/animal/dia), respectivamente (Tabela 11). A baixa ingestão do FRA foi semelhante aos dados obtidos por Vitti et al. (1992), em pesquisas com absorção real de P com diferentes fontes para ovinos, verificaram que para fosfatos de rocha o consumo foi inferior ao mínimo estimado, sugerindo que o uso dessas fontes afetaria o consumo. Dayrell (1991) cita que como decorrência da baixa palatabilidade, observou-se uma tendência de decréscimo do consumo de mistura mineral em bovinos que receberam fosfatos de rocha.

Os tratamentos SPT e o MAP não apresentaram qualquer problema de higroscopicidade. Nicodemo et al. (1998) em estudos com fontes de fósforo em misturas minerais para novilhas em pastejo, obtiveram valores semelhantes de consumo para BIC (56,48 g/an./dia) e SPT (61,14 g/an./dia). Apesar do consumo da mistura mineral ter sido diferente entre os tratamentos, não houve interação do consumo com GMD e o GPV/ha.

Tabela 11. Consumo de suplemento mineral, ingestão de fósforo, cálcio e flúor pela mistura mineral por bovinos de corte

Parâmetros	Tratamentos ¹				EPM
	BIC	SPT	MAP	FRA	
g/animal/dia	56,57 ^{ab}	68,04 ^a	43,22 ^{bc}	33,37 ^c	±4,41
g de P/dia	3,44 ^{ab}	3,97 ^a	2,61 ^{bc}	2,26 ^c	±0,25
g de Ca/dia	7,73 ^{ab}	9,17 ^a	5,69 ^b	6,09 ^b	±0,59
mg de F/dia	28,13 ^d	92,50 ^b	55,32 ^c	269,13 ^a	±8,29

¹BIC - Fosfato Bicálcico, SPT - Superfosfato triplo, MAP - Fosfato monoamônio, FRA - Fosfato de Rocha de Araxá.

^{a,b,c} Letras iguais na mesma linha, indicam igualdade ($P>0,05$), pelo teste de Tukey.

EP - Erro Padrão da Média

A ingestão de P e Ca (g/an/dia) foram maiores com o SPT em relação ao FRA ($P<0,05$) não havendo diferenças para os outros tratamentos. Com relação a ingestão de F todos os tratamentos foram diferentes ($P\leq 0,05$) entre si. A menor ingestão de F foi verificada com o uso de BIC (28,13 mg de F/dia), e a maior pelo uso de FRA (269,13 mg de F/dia). O NRC (1996) adota como nível tolerável para gado de corte, concentrações entre 20 e 100 ppm, dependendo da categoria animal. Segundo Underwood (1981), por ser menos absorvido, os bovinos toleram mais o flúor proveniente dos fosfatos de rocha do que o fluoreto de sódio, neste caso, o nível na dieta não deve ultrapassar 30 ppm para animais em crescimento sendo que quando o flúor é oriundo de rocha, o animal tolera nível mais elevado. Dayrell et al. (1997) afirmaram que pode ser até 50% maior, entretanto, os valores citados referem-se a estudos realizados nos Estados Unidos, onde predominam os fosfatos de origem sedimentar, diferentes dos fosfatos nacionais que tem origem ígnea e metamórfica (Cardoso, 1993) podendo apresentar disponibilidade diferente. Vianna (1985) relata que os fosfatos de origem ígnea possuem cerca de 30 a 60% menos flúor do que as rochas fosfáticas sedimentares. Nicodemo & Moraes (2000) esclarecem que para bovinos adultos é tolerável ingestão de 50 mg de F/kg de MS consumida.

Não foi observada diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos e coletas quanto as concentrações de osteocalcina (marcador de formação óssea) e P inorgânico no soro sanguíneo dos animais. A osteocalcina teve comportamento semelhante ao P inorgânico, estes resultados corroboram aos obtidos por Naito et al. (1990). Nicodemo et al. (2005) estudando diferentes tipos de suplementos, encontrou concentrações semelhantes as do presente experimento para vacas após o terço final de lactação.

É importante destacar que as diferentes concentrações de osteocalcina são decorrentes da quantidade de osteocalcina que entra na circulação sanguínea, que depende da taxa de secreção individual dos osteoblastos e do número de osteoblastos que secretam a proteína (Nielsen, 1994).

Os dados obtidos para P inorgânico estão dentro dos limites considerados normais, que se situam entre 4 e 9 mg/dL (Thompson Júnior, 1978; NRC, 1974). Barreto (2006) trabalhando com as mesmas fontes de fósforo (BIC, SPT, MAP e FRA) encontrou valores inferiores aos referidos aqui, no entanto, também dentro da normalidade. Silva Filho et al. (1992) em estudos com absorção real de fósforo testando diferentes fontes, obtiveram resultados de P inorgânico muito semelhantes aos desta pesquisa com concentrações para BIC, SPT e MAP de 7,38; 7,54; e 7,62 mg/dL, respectivamente.

Os valores do fósforo plasmático podem ser considerados como parâmetros para medir o status de fósforo do animal. Entretanto, essas observações devem ser interpretadas com cautela. Nem sempre os níveis plasmáticos de fósforo refletem o estado nutricional do animal em relação a este elemento. Quando o fósforo na dieta não é um fator limitante, o fósforo inorgânico no plasma pode estar em faixa normal ou acima dela. Em prolongados períodos de seca, quando há deficiência de fósforo e de proteína, com redução no consumo de alimento, os animais perdem peso e há reabsorção óssea. Isto resulta em elevação do fósforo plasmático, apesar dos animais estarem deficientes em fósforo (Bortolussi et al., 1996). O jejum prolongado e a excitação do animal também podem provocar aumento na concentração do fósforo plasmático (Dayrell et al., 1973). Deve ser enfatizado que somente a concentração de P no soro não fornece uma indicação do “status” desse elemento no animal (Engles, 1981; Conrad et al., 1984).

Tabela 12. Concentrações de osteocalcina e fósforo inorgânico de bovinos suplementados com diferentes fontes de fósforo

Tratamentos ¹	Parâmetros			
	1ª Coleta ²	2ª Coleta ²	Média Geral	EPM
Osteocalcina ng/mL				
BIC	40,58 ^a (±4,63)	40,94 ^a (±4,93)	40,76 ^a	±4,54
SPT	59,73 ^a (±5,34)	43,64 ^a (±5,69)	51,69 ^a	±5,24
MAP	51,42 ^a (±4,63)	49,18 ^a (±4,93)	50,30 ^a	±4,54
FRA	53,75 ^a (±4,63)	44,15 ^a (±4,93)	48,95 ^a	±4,54
Fósforo inorgânico mg/dL				
BIC	6,98 ^a (±0,33)	6,63 ^a (±0,29)	6,80 ^a	±0,28
SPT	7,74 ^a (±0,38)	6,50 ^a (±0,33)	7,10 ^a	±0,33
MAP	7,31 ^a (±0,33)	6,91 ^a (±0,29)	7,11 ^a	±0,28
FRA	7,52 ^a (±0,33)	6,75 ^a (±0,29)	7,14 ^a	±0,28

¹BIC - Fosfato Bicálcico, SPT - Superfosfato triplo, MAP - Fosfato monoamônio, FRA - Fosfato de Rocha de Araxá.

² As datas de coleta de sangue foram: 1ª coleta – 24/01/2007; 2ª coleta – 24/04/2007

^{a,b,c} Letras iguais na mesma coluna, indicam igualdade ($P>0,05$), pelo teste de Tukey.

EPM – Erro Padrão da Média

Conclusões

A produção de massa de forragem e conseqüentemente a oferta de forragem da planta é maior nos períodos correspondentes ao período de janeiro a março, devido as condições climáticas favoráveis. O ganho de PV/ha foi mais elevado no período em que a planta apresentou maior relação lâmina foliar/bainha + colmo verde. Com a redução na produção forrageira e, conseqüentemente na oferta de forragem, ocorreu redução na seletividade do animal e redução no ganho de peso. Dentre as fontes de fósforo estudadas o fosfato de rocha de Araxá foi a única fonte com baixa aceitabilidade, e alto teor de flúor, quando comparado com a fonte de fósforo convencional, fosfato bicálcico. Mesmo com o baixo consumo apresentado pelos animais que consumiram fosfato de rocha, ocorreu maior ingestão de flúor, mas, no entanto, os mesmos não apresentaram sinais clínicos de intoxicação. O superfosfato triplo, o fosfato monoamônio e o fosfato de rocha de Araxá mantiveram as concentrações de fósforo inorgânico e as concentrações de osteocalcina no soro sanguíneo semelhantes ao fosfato bicálcico. A tomada de decisão entre o superfosfato triplo, fosfato monoamônio e fosfato de rocha de Araxá em substituição ao fosfato bicálcico dever estar relacionada à viabilidade econômica dos mesmos e o tempo de suplementação desejado, uma vez todas as fontes que obtiveram respostas semelhantes ao fosfato bicálcico.

Citação Bibliográfica

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 15 ed. Arlington, V.A., 1990.
- ATAÍDE JUNIOR, J.R.; PEREIRA, O.G.; GARCIA, R. et al. Valor nutritivo do feno de capim Tifton-85 (*Cynodon spp.*) em diferentes idades de rebrota, em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p. 2193-2199, 2000.
- BARRETO, J.C. **Avaliação de diferentes fontes de fósforo na nutrição de ruminantes**. Maringá:Universidade Estadual de Maringá, 2006. 72p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, 2006.
- BORTOLO, M.; CECATO, U.; MARTINS, E.N. et al. Avaliação de uma pastagem de *coastcross-1* (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) sob diferentes níveis de matéria seca residual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.627-635, 2001.
- BORTOLUSSI, G.; TERNOUTH, J.H.; McMENIMAN, N.P. Dietary nitrogen and phosphorus depletion in cattle and their effects on liveweight gain, blood metabolite concentrations and phosphorus kinetics. **Journal of Agricultural Science**, v.126, n.4, p.493-501, 1996.
- BROUGHAM, R.W. Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. **Australian Journal of Agriculture Research**, Melbourne, v.9, p. 39-52, 1957.
- BUTTERWORTH, M.H. Phosphorus and their correction. In: BUTTERWORTH, M.H. **Beef cattle nutrition and tropical pastures**. London: Longman, p. 40-75, 1985.
- CAMPBELL, A.G. Grazed pastures parameters: I. Pasture dry-matter production and availability in a stocking rate and grazing management experiment with dairy cows. **Journal of Agriculture Science**, v.67, p.211-216, 1966.
- CARDOSO, J.L.A. Fontes não convencionais de fósforo na alimentação de ruminantes – fosfato de rocha. **Curso de Atualização Animal**. Brasília: Ministério da Agricultura, v.1, 1993. 115p.
- CONEGLIAN, S.M. **Diferentes proporções de fosfato bicálcico e fosfato de rocha em dietas de bovinos**. Maringá:Universidade Estadual de Maringá, 2006. 81p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, 2006.
- CONRAD, J.H.; McDOWELL, L.R.; ELLIS, G.L. et al. Resultado de 10 anos de pesquisa em nutrição mineral com animais em pastejo nos trópicos. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 21, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBZ, 1984. p.352.
- CORSI, M.; MARTHA JR., G. B. Manejo de pastagens para produção de carne e leite. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15., 1998, Piracicaba. **Palestras...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1998. 296 p.
- CORSI, M.; SILVA, R.T.L. Fatores que afetam a composição mineral de plantas forrageiras. In PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds) **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. 2. ed., Piracicaba: FEALQ, 1994.
- DA SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo de pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, v.3, 1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, p.1-62.
- DAYREL M.S.; ALMEIDA, M.A.; AROEIRA, L.J. Absorção por ruminantes do fósforo de diferentes fontes suplementares. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 24., 1987, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.150, 1987.

- DAYRELL, M.S. Desempenho de bovinos alimentados durante longos períodos com fosfato de Tapira. In: MINI SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 4, 1991. Campinas. **Anais...** Campinas: [s.n.], p. 167 – 176, 1991.
- DAYRELL, M.S.; AROEIRA, L.J.M.; COUTO, R.C.A. Utilização do fosfato de tapira na dieta de bovinos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p. 1222 – 1226, 1997.
- DAYRELL, M.S.; DOBEREINER, J.; TOKARNIA, C.H. Deficiência de fósforo em bovinos na região de Brasília. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.8, p.105-114, 1973.
- DUARTE, H.C.; GRAÇA, D.S.; BORGES, F.M.O.; DI PAULA, O.J. Comparação de métodos "*in vitro*" para determinação da biodisponibilidade de fósforo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.1, 2003.
- ENGLES, E.A.N. Mineral grazing status and profiles (blood, bone and milk) of the grazing ruminant with special reference to calcium, phosphorus and magnesium. **South African Journal of Animal Science**, v.11, n.2, p.171-182, 1981.
- EUCLIDES, V.P.B., MEDEIROS, S.R. Suplementação Animal em Pastagens e seu Impacto na Utilização da Pastagem. In: TEORIA E PRÁTICA DA PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTAGENS, **Anais...**, p. 33-70, 2005
- FAVORETO, M.G.; DERESZ, F.; FERNANDES, A.M.; VIEIRA, R.A.M.; FONTES, C.A.A. Avaliação nutricional da grama-estrela cv. Africana para vacas leiteiras em condições de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.319-327, 2008.
- FISHER, L.J. A comparison of supplemental forms of phosphorus. **Canadian Journal Animal Science**, v.58, n.2, p.313-317, 1978.
- FISKE, C. H., SUBBAROW, Y. The colorimetric determination of phosphorus. **Journal of Biological Chemistry**, v.66, p.375, 1925.
- GARDNER, A. L. **Técnicas de pesquisa em pastagens e aplicabilidade de resultados em sistemas de produção**. Brasília: IICA/EMBRAPA-CNPGL, 1986. 197p (Série publicações miscelâneas, 634).
- HODGSON, J. Grazing management: science into practice. Longman Handbooks in Agriculture. Essex, 1990. 203 p.
- HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal Dairy Science**, v. 82, n. 8, p. 1791-1794, 1999.
- LITTLE, D.A., ROBINSON, P. J., PLAYNE, M.J., HAYCOCK, K. P. Factors affecting blood inorganic phosphorus in cattle. **Australian Veterinary Journal**, 47: 153, 1971.
- LOPES, H.O.S.; VITTI, D.M.S.S.; PEREIRA, E.A. et al. Disponibilidade biológica do fósforo de fosfatos naturais para bovinos técnica de diluição isotópica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.3, p.421-426, 1990.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas – princípios e aplicações**. 2ª Edição, Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MARÇAL, W.S.; GOMES, G.P.; NASCIMENTO, M.R.L.; MORENO, A.M. Avaliação de fontes de fósforo para nutrição mineral de bovinos. **Arquivos Instituto Biológico**, São Paulo, v.70, n.3, p.255-258, 2003.
- MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. New York: Academic, 1990. 483 p.
- MOORE, J.E.; KUNKLE, W.; BROWN, W.F. Forage quality and the need for protein and energy supplements. In: FLORIDA BEEF CATTLE SHORT COURSE, 1991. Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: University of Florida, 1991. p.196.

- MOREIRA, F.B.; PRADO, I.N.; CECATO, U.; et al. Níveis de suplementação com sal mineral proteinado para novilhos nelore terminados em pastagem no período de baixa produção forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1814 – 1821, 2004.
- MOREIRA, F.B.; PRADO, I.N.; CECATO, U.; et al. Suplementação com sal mineral proteinado para bovinos de corte mantidos em pastagem de estrela roxa no final do verão. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 185-191, 2003.
- MOTT, G.O.; LUCAS, H.L. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 1952, Pennsylvania. **Proceedings...** Pennsylvania: State College Press, 1952, p. 1385.
- NAITO, Y.; SAT, R.; MURAKAMI, D. Plasma osteocalcin in preparturient and postparturient cows: correlation with plasma 1,25-dihydroxyvitamin D, calcium and inorganic phosphorus. **Journal Dairy Science**, v. 73, p. 3481-3484, 1990.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Feed phosphorus shortage: level and sources of phosphorus recommended for livestock and poultry**. Washington, D.C.: National Academy of Science, 1974. 38p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996. 242p
- NICODEMO, M.L.F.; MORAES, S.S. **Esclarecimentos sobre o uso de fontes alternativas de fósforo para bovinos**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 2000. 4p. (EMBRAPA – CNPCG Boletim Técnico, nº 37).
- NICODEMO, M.L.F.; MORAES, S.S.; S. THIAGO, L.R.L. et al. Metabolismo ósseo de vacas jovens nelore em pastos de *Brachiaria brizantha* suplementados ou não durante a seca com fósforo/cálcio e concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.316-326, 2005.
- NICODEMO, M.L.F.; SOUSA, J.C.; GOMES, R.F.; et al. Fontes de fósforo em misturas minerais para novilhas em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.27, n.4, p.801-808, 1998.
- NIELSEN, H.K. Circadian and circatrigintan changes in osteoblastic activity assessed by serum osteocalcin. **Danish Medical Bulletin**, n. 41, p.216-227, 1994.
- NUNES, S.G.; SILVA, J.M.; SCHENK, J.A. Problemas com cavalos em pastagem de humidícola. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, p.1- 4, 1990 (EMBRAPA – CNPCG. Comunicado Técnico, 37).
- NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P.; PEDREIRA, C.G.S. Valor alimentício em plantas do gênero *Cynodon*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15., 1998, Piracicaba. **Palestras...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1998.296. 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**, v. 29, n.6, p. 1949-1960, 2000.
- PEDREIRA, C. G. S. Avaliação de Novas Gramíneas do Gênero *Cynodon* para a Pecuária dos Estados Unidos. In: Anais do Workshop sobre o Potencial Forrageiro do Gênero *Cynodon*. Juiz de Fora, 1996. p, 111.
- PEDREIRA, J.V.S., MATTOS, H.B. Crescimento estacional de vinte e cinco espécies ou variedades de capins. **Boletim de Indústria Animal**, v. 38, n.2, p. 117-143, 1981.
- PEDREIRA, M.S., BERCHIELLI, T.T. Minerais. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, p.333-353, 2006.

- PRADO, H. **Solos do Brasil – Gênese, Morfologia, Classificação, Levantamento e Manejo**. 3ª Edição, Piracicaba, 2003. 275 p.
- PROHMANN, P.E.F.; BRANCO, A.F.; JOBIM, C.C., et al.. Suplementação de bovinos em pastagem de *Coastcross* (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) no verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.792 – 800, 2004.
- REID, R.L. Relationship between phosphorus nutrition of plants and phosphorus nutrition of animals and man. In: KHAWNEH, F.E; SAMPLE, E.C.; KAMPRATH, E.J. **The role of phosphorus in Agriculture**. [S.l.]: Amer. Soc. Agron., 1980. p.847-886.
- ROSA, L.C.A.; SILVA, J.F.C.; ANDRADE, A.T. et al. Solubilidade abomasal e ruminal de fontes de fósforo em bovinos e bubalinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.15, n.4, p.364 -371, 1986.
- ROSSI, C.; MONTEIRO, F.A. Doses de fósforo, épocas de coleta e o crescimento de diagnose nutricional nos capins braquiária e colônia. **Scientia Agrícola**, v.56, p. 1101-1110, 1999.
- SALVIANO, L.M.C. **Efeito de diferentes proporções de cálcio e fósforo sobre as perdas endógenas e absorção real de fósforo em ovinos**. Piracicaba, 83p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 1996.
- SAS INSTITUTE. **SAS/STAT. User Software: changes and enhancements thorough release**. Version 6.11. Cary, NC: SAS Inst. Inc. 1996.
- SILVA FILHO, J.C., LOPES, H.O.S., PEREIRA, E.A. et al. Absorção Real do Fósforo do Fosfato Bicálcico, Fosfato de Monoamônio, Superfosfato Triplo e do Fosfato de Uréia em Bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, n.1, p.1-6, 1992.
- SINGER, L.; ARMSTROG, W.D. Determination of fluoride in bone with the fluoride electrode. **Analytical Chemistry**, 40: 613, 1968.
- SNIFFEN, C.J.; O’CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: II. Carbohydrates and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- THOMPSON JUNIOR, W.R. Phosphorus in animal nutrition. In: POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE. **Phosphorus for agriculture a situation analysis**. Atlanta, p.126-158, 1978. .
- THOMPSON, D.J. Industrial considerations related to fluoride toxicity. **Journal Animal Science**, v.51, n.3, p.767-772, 1980.
- TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two stage technique for the “in vitro” digestion of forage crop. **Journal of Britain Grassland Society**, 18: 104, 1963.
- UNDERWOOD, B.J. **The mineral nutrition of livestock**. Farnham Royal: CAB, 3ª ed., 1981. 180p
- UNDERWOOD, E.J. **Trace elements in human and animal nutrition**. 4. ed. New York: Academic Press, 1977.
- VAN SOEST, P.J. Minerals. In: **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed., Nova York: Cornell University Press, 1994. p. 122-139.
- Van SOEST, P.J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B.A. Symposium: Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, 74: 3583, 1991.
- VIANA, J.A.C. Fontes de sais minerais para bovinos e o desafio de suplementos de fósforo no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 1985, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 47 – 66, 1985.
- VITTI, D.M.S.S.; ABDALA, A.L., MEIRELES, C.F. Avaliação da disponibilidade biológica do fósforo do fosfato de rocha para ovinos com uso de radiofósforo (P32)

- como traçador. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.8, p.113-118, 1991.
- VITTI, D.M.S.S.; ABDALLA, A.L.; MEIRELLES, C.F. Absorção real do fósforo de diferentes fontes para ovinos através do uso de radiofósforo (P-32). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.10, p.1405-1408, 1992.
- WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, Rochester, 1999. **Proceedings...** Rochester: New York State College of Agriculture & Life Sciences, Cornell University, p.176-185, 1999.
- WILM, H. G.; COSTELO, O. F.; KLIPPLE, G. E. Estimating forage yield by the double sampling method. **Journal of American Society of Agronomy**, v.36, p.194-203, 1949.
- WISE, M.B., ORDOVEZA, A.L., BARRICK, E.R. Influence of variations in dietary calcium: phosphorus ratio on performance and blood constituents of calves. **Journal Nutrition**, v.79, n.1, p.79-84, 1963.
- WITT, K.E., OWENS, F.N. Phosphorus ruminal availability and effects on digestion. **Journal Animal Science**, v.56, n.4, p.930-937, 1983.
- YOUNG, V.R., RICHARDS, W.P.C., LOFGREEN, G.P. et al. Phosphorus depletion in sheep and the ratio of calcium to phosphorus in the diet with reference to calcium and phosphorus absorption. **British Journal of Nutrition**, v.20, p.783-794, 1966.