

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE FÓSFORO NA  
NUTRIÇÃO DE RUMINANTES

Autor: Julio Cezar Barreto  
Orientador: Prof. Dr. Antonio Ferriani Branco

“Dissertação apresentada, como parte das exigências para a 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  
Maio – 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE FÓSFORO NA  
NUTRIÇÃO DE RUMINANTES

Autor: Julio Cezar Barreto  
Orientador: Prof. Dr. Antonio Ferriani Branco

“Dissertação apresentada, como parte das exigências para a 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  
Maio – 2006

## SENHOR PERMITA

Que eu aceite as minhas derrotas  
assim como fico feliz com minhas vitórias sem acusar nada  
ou ninguém ao meu redor.

Que a cada dia eu possa agradecer pelo nascer do sol como  
pela noite que se vai.

Que eu possa perdoar a quem me fere sem mágoas, sem me  
sentir uma vítima por isso.

Que eu entenda que as dificuldades da vida  
fazem parte do meu crescimento como ser humano.

Que eu possa ser um ombro amigo a quem precise, sem me  
sentir especial por isso, e sem me revoltar quando esse  
mesmo ombro não é reconhecido.

Que eu seja humilde e perceba que a minha volta outros  
sofrem bem mais do que eu.

Que eu consiga sorrir mais, chorar menos e ser feliz com o  
que tenho.

Que eu consiga aprender que sou apenas mais um ser vivo  
nesse imenso universo só Seu,  
e respeite todas as outras formas de vida como sendo  
criação Sua.

Que eu aprenda que a vida me foi dada de presente e que só  
a Ti ela pertence.

Que eu tenha mais bondade, piedade, carinho, compreensão e  
amor para com meu irmão, mesmo com aqueles que me traem.  
E principalmente, me ensine a não pensar em mim, deixando  
de ser egoísta até em minhas orações usando o pronome "EU".

Obrigado Senhor !!!

(Vilgarte Larsen)

Aos meus pais,

Milton Cezar Barreto e Lourdes Ghiotto Barreto  
Pela educação, amor e incentivo

Aos meus irmãos,

Francisco (*in memoriam*),

Miguel Luiz,

José Augusto e

Vera Lucia

DEDICO...

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e pelas boas oportunidades.

Ao Prof. Antonio Ferriani Branco por suas orientações, incentivos, competências repassadas durante esses dois anos e acima de tudo pela amizade.

À Universidade Estadual de Maringá e à Fazenda Experimental de Iguatemi, por terem viabilizado a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e seus professores, pelos ensinamentos que permanecerão comigo, por toda a vida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Luiz Paulo Rigolon, pela sua disponibilidade em ajudar nas cirurgias dos animais

À Vanessa Magalhães, Sabrina, Fernanda Granzotto, Fernanda Fereli, Silvana, Roman, Daniel, Vanessa Fávaro, Gustavo, Fabiane, Bruna e Willian, pela amizade, companheirismo e ajuda, sem as quais não seria possível a realização deste trabalho.

Ao Alexandre Leseur dos Santos, pela amizade, pelo incentivo e conselhos.

Ao Augusto, Daniele e Evandro pela amizade e convivência nesses dois anos.

A todos os funcionários da FEI, que de alguma forma me ajudaram, principalmente ao Wilson e Ezupério, aos funcionários do laboratório de análise de alimentos, Dilma, Cleusa, Creuza e Olga, aos funcionários da secretaria do PPZ, Val e Denilson.

A todos os colegas pela amizade e companheirismos durante esses anos.

## BIOGRAFIA

JULIO CEZAR BARRETO, filho de Milton Cezar Barreto e Lourdes Ghiotto Barreto, nasceu em Céu Azul, estado do Paraná, no dia 15 de abril de 1979.

Em dezembro de 1997, concluiu o curso técnico de Alimentos pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná – CEFET-PR, na cidade de Medianeira – PR.

Em dezembro de 2003, concluiu o curso de Zootecnia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, na cidade de Marechal Cândido Rondon – PR.

Em Março de 2004, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, área de concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de Nutrição de Ruminantes.

No dia 31 de maio de 2006, submeteu-se à banca examinadora para a defesa da Dissertação de Mestrado.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS .....	VIII
RESUMO.....	X
ABSTRACT.....	XII
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
LITERATURA CITADA .....	10
OBJETIVOS GERAIS.....	14
AVALIAÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE FÓSFORO NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES: DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES E PARÂMETROS PLASMÁTICOS.....	15
RESUMO .....	15
ABSTRACT .....	16
INTRODUÇÃO.....	17
MATERIAL E MÉTODOS .....	18
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
CONCLUSÕES.....	36
LITERATURA CITADA .....	36
AVALIAÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE FÓSFORO NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES: PARÂMETROS RUMINAIS E EFICIÊNCIA DE SÍNTESE MICROBIANA.....	40
RESUMO .....	40
ABSTRACT .....	41
INTRODUÇÃO.....	42
MATERIAL E MÉTODOS .....	44
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	48
CONCLUSÕES.....	55
LITERATURA CITADA .....	55
CONCLUSÕES GERAIS.....	58



## ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS

### **AVALIAÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE FÓSFORO NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES: DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES E PARÂMETROS PLASMÁTICOS**

Tabela 1 – Composição química dos alimentos experimentais.....	20
Tabela 2 – Composição percentual e química das dietas experimentais (% MS).....	21
Tabela 3 – Médias e erro padrão (EP) para ingestão (ING), fluxo duodenal (FD), fluxo fecal (FF), desaparecimento ruminal (DR), desaparecimento intestinal (DI), desaparecimento total (DT), absorção aparente ruminal (AAR), absorção aparente intestinal (AAI) e absorção aparente total (AAT) do fósforo, cálcio e flúor.....	26
Tabela 4 – Médias e erro padrão(EP) para ingestão (ING), fluxo duodenal (FD), fluxo fecal (FF), digestão ruminal (DR), digestão intestinal (DI), digestão total (DT), coeficiente de digestibilidade aparente ruminal (CDAR), coeficiente de digestibilidade aparente intestinal (CDAI) e coeficiente de digestibilidade aparente total (CDAT) da matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta.....	31
Tabela 5 – Médias e erro padrão (EP) para ingestão (ING), fluxo duodenal (FD), fluxo fecal (FF), digestão ruminal (DR), digestão intestinal (DI), digestão total (DT), coeficiente de digestibilidade aparente ruminal (CDAR), coeficiente de digestibilidade aparente intestinal (CDAI) e coeficiente de digestibilidade aparente total (CDAT) da fibra em detergente neutro, extrato etéreo e carboidratos não-estruturais.....	33

Tabela 6 – Médias, e erro padrão (EP) para os nutrientes digestíveis totais calculados (NDTc) e estimados (NDTe) e fósforo plasmático.....	35
--	----

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE FÓSFORO NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES: PARÂMETROS RUMINAIS E EFICIÊNCIA DE SÍNTESE MICROBIANA**

Tabela 1 – Composição química dos alimentos experimentais.....	45
Tabela 2 – Composição percentual e química das dietas experimentais (% MS).....	46
Tabela 3 – Ingestão média diária (ING), fluxo duodenal (FD), digestão ruminal (DR), coeficiente de digestibilidade aparente ruminal (CDAR) do nitrogênio, fluxo duodenal de nitrogênio bacteriano (FDNB), fluxo duodenal de nitrogênio não bacteriano (FDNNB), eficiência de síntese microbiana aparente (EMA), eficiência de síntese microbiana verdadeira (EMV) e erro padrão da média (EPM).....	50
Tabela 4 – Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e nitrogênio (N) das bactérias ruminais.....	51
Tabela 5 – Equações de regressão para pH e amônia ruminal em função do tempo de coleta.....	52
Figura 1 – Variação do pH ruminal durante o período de 8 horas.....	53
Figura 2 – Variação da concentração de amônia ruminal durante o período de 8 horas.....	54

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes fontes de fósforo, em dietas de bovinos em crescimento, sobre o coeficiente de digestibilidade aparente parcial e total dos nutrientes, parâmetros ruminais, eficiência de síntese microbiana e fósforo plasmático. Foram utilizados quatro bovinos, castrados, da raça Holandesa Preto e Branco com 280 kg de peso vivo, implantados com cânula ruminal e duodenal. O delineamento utilizado foi o Quadrado Latino 4 x 4, onde os tratamentos consistiram na utilização de diferentes fontes de fósforo na dieta: fosfato bicálcico (BIC), superfosfato triplo (SPT), fosfato monoamônio (MAP) e fosfato de rocha de Araxá (FRA). As diferentes fontes de fósforo não afetaram a ingestão, fluxo fecal, digestibilidade aparente ruminal, duodenal e total de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e carboidratos não fibrosos (CNF). Houve uma menor absorção aparente ( $P < 0,05$ ) de fósforo (P) para o FRA, diferindo do BIC e MAP. Os animais que receberam FRA apresentaram maiores ingestão, fluxo fecal, fluxo duodenal, desaparecimento ruminal e desaparecimento fecal de flúor (F). Os animais que receberam FRA também apresentaram níveis de F superiores aos recomendados para evitar sua toxidez. As diferentes fontes não alteraram os níveis plasmáticos de P, bem como a ingestão de nitrogênio, eficiência de síntese microbiana e composição das bactérias ruminais. Os tratamentos não influenciaram o pH ruminal, bem como as concentrações de  $\text{NH}_3$ -ruminal. Estes resultados mostram um possível uso do superfosfato triplo e do fosfato monoamônio em substituição do fosfato bicálcico. Quanto ao fosfato de rocha de Araxá, apesar de não ter causado prejuízo para os parâmetros de fermentação e digestão, deve-se considerar as exigências de fósforo

porque a absorção aparente do fósforo foi afetada e seus níveis de flúor que estão acima do recomendado.

Palavras chave: fosfato bicálcico, fosfato de rocha, superfosfato triplo, fosfato monoamônio, síntese microbiana, fermentação ruminal.

## ABSTRACT

This study was carried out to evaluate the effects of different phosphorus sources on apparent partial and total nutrient digestibility, ruminal parameters, microbial efficiency synthesis and plasma phosphorus of growing cattle diets. Four Holstein steers with liveweight of 280 kg and implanted with ruminal and duodenal cannulas were used. The experimental design was a 4 x 4 Latin Square and the treatments were four supplemental phosphorus sources: dicalcium phosphate (DP), supertriple phosphate (SP), monoammonium phosphate (MP) and Araxa rock phosphate (ARP). Phosphorus sources did not affect intake, fecal flow, apparent ruminal and intestinal digestibility of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and non fiber carbohydrates (NFC). Phosphorus apparent absorption was lower ( $P < .05$ ) for ARP, in contrast with DP and MP. Animals receiving ARP presented ( $P < .05$ ) higher intake, fecal flow, duodenal flow, ruminal disappearance and total disappearance of fluoride (F). Animals receiving ARP were fed fluoride levels higher than acceptable to avoid toxicity. Phosphorus sources did not affect ( $P > .05$ ) plasma phosphorus, nitrogen intake, microbial efficiency synthesis and ruminal bacteria composition. Treatments did not affect ( $P > .05$ ) ruminal pH and ruminal ammonium concentration. These results suggest that it is possible to use supertriple phosphate and monoammonium phosphate as a replacement for dicalcium phosphate. Concerning to ARP, there was no effect ( $P > .05$ ) on fermentation and digestion parameters, but animal phosphorus requirements should be taken into account because apparent phosphorus absorption was lower for this source, and fluoride levels were higher than recommended by research.

Key words: dicalcium phosphate, rock phosphate, supertriple phosphate, monoammonium phosphate, microbial synthesis, ruminal fermentation.

## INTRODUÇÃO GERAL

Em 1669, Brant, um alquimista alemão, foi o primeiro a isolar o fósforo na urina de humanos. Em 1694, Boyle preparou uma solução contendo ácido fosfórico, dissolvendo o óxido fosfórico na água (Knoop, 2004). Em 1769, Gahn, químico sueco, reconheceu o fósforo como essencial para os ossos. Em 1771, Scheele encontrou grandes quantidades de fósforo nas cinzas de ossos. Por volta de 1770, Scheele e Gahn descobriram que a matéria prima dos ossos era o fosfato de cálcio. Antes de 1817, sabia-se que a parte inorgânica dos ossos era formada em grande parte por fosfato de cálcio com pequena parte constituída por carbonato e magnésio (McDowell, 1992).

Theiler, em 1920, elucidou os casos descritos em 1785, de ovinos em pastejo, na África do Sul, os quais eram caracterizados por botulismo antecedido pela deficiência de fósforo. Pastagens com baixos níveis de fósforo causavam baixa produtividade, baixa taxa reprodutiva e depravação do apetite devido à deficiência do fósforo (McDowell, 1992).

Após 1960, intensificaram-se as pesquisas nas relações entre a vitamina D e sua influência no metabolismo do cálcio e do fósforo. Mais recentemente os estudos estão voltados para as exigências ótimas desses nutrientes, inter-relações com os demais minerais, e metabolismo (McDowell, 1992).

O fósforo é um elemento amplamente estudado que faz parte de muitas funções vitais ao organismo (Karn, 2001). O fósforo é o segundo mineral mais abundante na composição dos tecidos animais, aproximadamente, 1 % do peso corporal dos animais é constituído de fósforo, dos quais 80% estão nos ossos e nos dentes, e os 20% restantes ficam distribuídos no tecidos moles, envolvidos com metabolismo de modo geral, principalmente, nas células vermelhas do sangue, músculos e sistema nervoso (Signoretto et al., 1999; Underwood & Suttle, 1999).

O P participa da composição dos ácidos nucleicos (DNA e RNA) essenciais para o crescimento e diferenciação nuclear, atua na manutenção da pressão osmótica e equilíbrio ácido-base, utilização e transferência de energia nas formas de adenosina mono, di e trifosfato e formação de fosfolipídeos, participa no transporte de ácidos graxos, absorção e deposição de gorduras e formação de proteínas (Runho et al., 2001).

Para os ruminantes, além de o fósforo desempenhar importantes papéis no organismo do animal, ele é muito importante para atender às exigências da microflora ruminal, e caso ocorra a deficiência de fósforo no rúmen a síntese de proteína microbiana pode ser prejudicada (Ternouth & Sevilla, 1990)

No rúmen ocorrem altas concentrações de fósforo, que variam de 200 a 600 mg/L (Witt & Owens, 1983), e cerca de 50 a 70% deste fósforo tem origem endógena, isto é, fósforo que foi secretado pela saliva, que apresenta duas funções importantes, ou seja, atuar como tampão contra o baixo pH no rúmen, resultante da produção de ácidos orgânicos e fazer parte da nutrição da microflora do rúmen. As células microbianas contém 20 a 60 g de P/kg de matéria seca (Hungate, 1966), presentes como ácidos nucleicos (80%) e fosfolipídeos (10%).



Segundo Witt & Owens (1983), a disponibilidade de fósforo (P) para os microrganismos do rúmen é importante para atingir a máxima eficiência de digestão dos nutrientes.

A determinação da exigência, assim como da disponibilidade de fósforo nos ruminantes é dificultada pela reciclagem desse mineral do sangue para a saliva, e daí para o rúmen que acaba se somando com o fósforo da dieta, distorcendo os valores reais. Além disso, a produção de saliva é muito variável ao longo do dia, nos bovinos, por exemplo, varia de 2 litros/dia no jejum a 15 litros/kg de MS ingeridos, dificultando, desse modo, o uso de valores médios (Symonds et al., 1993).

Os ruminantes conseguem metabolizar de forma mais eficiente o fósforo secretado na saliva, com concentração entre 16-40mmol/L, o que aumenta as concentrações no rúmen e duodeno, facilitando a absorção, o que não ocorre em não-ruminantes (Rosol & Capen, 1997).

Muitos fatores afetam as necessidades de fósforo, como raça, taxa de crescimento e produtividade, estresse, nível e disponibilidade do elemento na ração, níveis de outros elementos, qualidade do volumoso, condição do ambiente e nível do mineral na água fornecida (MacDowell, 1992).

Alguns trabalhos têm sido desenvolvidos, no Brasil, para obter informações que permitam fazer estimativas de exigências nutricionais nas condições brasileiras, adequando assim, conhecimentos básicos oriundos de outros países para a nossa realidade (Silva, 1995). A partir da década de 80, foram desenvolvidos alguns trabalhos de determinação de exigências líquidas de macrominerais (Ezequiel, 1987; Lana, 1991; Pires, 1991; Paulino et al., 1999; Silva et al., 2002).

Silva et al. (2002) utilizando dados de 14 experimentos sobre exigências nutricionais, utilizando o método do abate comparativo, verificou que as exigências

nutricionais de fósforo são maiores que as recomendadas pelo NRC (1996).

As estimativas das exigências de minerais, a partir de ensaios da alimentação, receberam um enfoque diferente quando em 1965, o Agricultural Research Council (ARC) propôs a aplicação do método fatorial para o cálculo das exigências mínimas (Silva, 1995). Este método baseia-se nas quantidades líquidas depositadas no organismo animal para atingir as necessidades de crescimento, ganho de peso, gestação e lactação. Esses valores, somados às exigências de manutenção, ou seja às perdas inevitáveis pelo corpo (perdas endógenas), não constituem a exigência líquida total. A exigência total dividida pelo coeficiente de absorção resulta na exigência dietética do mineral (ARC, 1994).

Na estimativa das exigências de fósforo, a avaliação da deposição do mineral em diferentes idades e pesos, deve ser feita através de análises químicas dos tecidos após o abate do animal. Através dessas informações, foram propostos modelos que permitem estimar a composição mineral do corpo do animal e, conseqüentemente, as exigências para crescimento e ganho (ARC, 1980; AFRC, 1991).

A deficiência de fósforo é uma condição freqüente em bovinos criados a pasto, uma vez que as forrageiras, sobretudo as de clima tropical, são notoriamente deficientes em fósforo, o nível de fósforo dessas forragens é amplamente variável e é influenciado principalmente pelos níveis de fósforo do solo, pela fase de maturidade da forragem e pelo clima (Underwood & Suttle, 1999).

No Brasil a produção de gado de corte é feita predominantemente em pastagens de baixo valor nutritivo, onde a deficiência de fósforo se destaca dentre as demais (Tokarnia et al., 1988), causando grandes prejuízos sobre a produção e reprodução dos rebanhos. A deficiência de fósforo é ainda reconhecida como a mais abrangente e a mais importante dentre todas as que podem estar sujeitos bovinos sob pastejo

(Underwood, 1983).

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 identificação de deficiências marginais, nas quais existem perdas produtivas sem sintomas clínicos definidos, exige o uso de análises bioquímicas. A determinação da deficiência de um elemento mineral pode se dar 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 são o sangue e os ossos. A concentração de fósforo inorgânico (Pi) no soro ou no plasma é muito usada, já que o teor de fósforo inorgânico cai rapidamente quando a dieta é inadequada (Nicodemo et al., 2000). O sangue contém cerca de 33-45 mg/dL de Pi localizado na sua maior parte no interior das células, sendo que a fração plasmática possui apenas 4,5-6mg/dL em animais adultos e 6-9mg/dL em animais em crescimento (McDowell, 1992).

Em períodos de deficiência os animais são capazes de remover até 30% de fósforo depositado nos ossos, sendo primeiramente reabsorvidos das vértebras e costelas (ossos esponjosos). O fósforo mantém concentrações no sangue relacionadas ao teor de cálcio sendo a concentração molar ideal de 1,67:1 (Ca:P) para bovinos, e nos ossos pode chegar até 2:1 (Barcellos et al., 1998).

Dietas com baixo fósforo resultam em alterações no metabolismo que permitem a secreção de substâncias que promovem a otimização da absorção do fósforo intestinal. A vitamina D é uma das substâncias responsáveis e aumenta a absorção do fósforo no intestino. Além da ação intestinal também proporciona a reabsorção do fósforo nos túbulos renais como forma de adaptação à escassez de fósforo dietético. No entanto a

absorção não depende somente da presença na dieta e sim da disponibilidade do fósforo ingerido (Rosol & Capen, 1997).

Alguns minerais podem prejudicar a absorção quando estão presentes misturadas às fontes de fósforo, é o caso de altas concentrações de magnésio e alumínio. Dietas com alto cálcio e alto teor de gordura aumentam o requerimento de fósforo (McDowell, 1992).

Na crosta terrestre o fósforo está na forma de fosfato, especificamente na forma de ortofosfato. Todavia, no solo o fósforo não ocorre na forma livre, devido à sua grande capacidade de reagir com outros elementos (Carvalho et al., 2003)

Segundo Butolo (2002), os depósitos de fósforo podem ser divididos em dois grandes grupos: os de origem magmática (rochas ígneas) e os de origem sedimentar (rocha sedimentar). As rochas ígneas, devido à 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, elementos radioativos.

As fontes de fósforo inorgânico mais comumente encontradas são: ácido fosfórico (24% P), fosfato bicálcico (18,5% P), fosfato de rocha (9% P), fosfato de rocha defluorizado (18% P), fosfato diamônico (20-23% P), fosfato dissódico (20,5% P), fosfato monocálcio (21% P), fosfato monossódico (21,4% P), tripolifosfato de sódio (25,3% P), superfosfato triplo (17,5% P), fosfato monoamônico (21% P) e fosfato termomagnésio (7,5% P) (Lima et al., 1999).

Diante da grande variedade das fontes de fósforo existentes, tem-se trabalhado muito na determinação da biodisponibilidade do fósforo, como também seu uso em dietas de animais. A utilização do fósforo é medida pela sua biodisponibilidade e refere-

se à proporção do elemento num composto que pode ser utilizado para garantir os processos fisiológicos do animal (Veloso & Medeiros, 1991).

Com a possibilidade de utilização de fontes alternativas de P, liberadas pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAA) (Brasil, 1997), tem-se a necessidade de pesquisar a viabilidade de utilização dessas fontes de fósforo. As fontes de P utilizadas devem estar registradas no MAA (Brasil, 1997) e o nível de F na mistura mineral não deve ultrapassar 2.000 ppm (Brasil, 2000). Temos como opções o fosfato de rocha de Araxá (FRA), superfosfato triplo (SPT) e o fosfato monoamônio (MAP), os quais devem ser mais estudados no sentido de verificar a possibilidade de utilização em substituição do fosfato bicálcico (BIC).

Os fosfatos de rocha (Patos, Araxá, Tapira, etc) são obtidos por meio do processamento das rochas fosfáticas, e se compõe, basicamente, de fosfato tricálcico. As rochas fosfáticas nacionais, de origem ígnea e metamórfica, possuem em geral, teores de flúor mais baixos que as rochas estrangeiras de origem sedimentar. O flúor pode se apresentar em concentrações tóxicas mesmo nos fosfatos de rocha nacionais, que também têm disponibilidade biológica cerca de 30% inferior ao fosfato bicálcico e baixa palatabilidade (EMBRAPA, 1994). As rochas ígneas são mais puras que as metamórficas, que, por sua vez, são mais puras que as sedimentares. Como exemplo de rocha ígnea temos a rocha encontrada em Cajati, interior de SP; as rochas metamórficas são encontradas em Patos de Minas, no interior de MG; as rochas sedimentares são encontradas no continente africano (Serrana, 2001).

O superfosfato triplo é um fertilizante formado, basicamente, por fosfato monocálcico e tem boa palatabilidade. Resultados experimentais mostraram que os bovinos suplementados com superfosfato triplo, produzidos a partir de rochas nacionais, apresentaram desempenho semelhante ao fosfato bicálcico (EMBRAPA, 1994). A

disponibilidade biológica também foi comparável. Contudo, bovinos ingerindo superfosfato triplo tendem a apresentar maior acúmulo de flúor nos ossos, comparados a animais suplementados com fosfato bicálcico (EMBRAPA, 1994).

Segundo Pilati et al. (1997) animais que receberam suplemento que não continha flúor se comportaram como aqueles que receberam pequenas e grandes quantidades de flúor do fosfato de rocha. Como o flúor do fosfato de rocha é de menor disponibilidade, difícil absorção, os bovinos toleram doses diárias mais elevadas desse elemento quando comparado, por exemplo, com o fluoreto de sódio (Underwood & Suttle 1999).

O fosfato monoamônio contém pouco Ca e é muito reativo, podendo produzir empedramento da mistura mineral quando fontes como carbonato de Ca são empregadas. Essa situação pode ser contornada pela substituição por sulfato de cálcio (gesso), porém, segundo Nicodemo (1999), tal procedimento nem sempre é recomendado, pois este material contém alto teor de flúor (0,6 a 1,0%).

Vitti et al. (1992), trabalhando com ovinos, utilizando a técnica de radioisótopos, observaram alta disponibilidade biológica para os superfosfato triplo e monoamônio, que foram de 70 e 59% respectivamente, semelhantes ao fosfato bicálcico que teve uma disponibilidade de 62%. Já os fosfatos de rocha de Tapira e Patos tiveram uma disponibilidade de 44 e 43%, respectivamente.

Segundo Nicodemo (1999), a utilização de fontes de fósforo, como o fosfato de rocha e o superfosfato triplo, não regularizado nos órgãos competentes, implica em certos riscos e nesse caso, há necessidade de monitoramento de rotina dos teores de fósforo, cálcio e flúor dos fosfatos, além do acompanhamento da suplementação por profissional habilitado.

A intoxicação por flúor depende da quantidade consumida, do tempo de utilização, da solubilidade da fonte de flúor (o fluoreto de sódio é mais disponível que o

fluoreto de cálcio), espécie e idade do animal, estado geral de nutrição e a presença de antagonistas (como o alumínio). Os sintomas de intoxicação incluem alterações dentárias em animais jovens, com perda de brilho, manchas, cáries e erosões, hipoplasia e desgaste anormal dos dentes, além de alterações ósseas, manqueira e rigidez das juntas (NRC,1974).

A deficiência de P pode ser prevenida ou suplantada pelo tratamento direto dos animais por meio de suplementação da dieta quer seja pelo uso de sal mineral quer seja pela adição dos minerais à água ou, indiretamente por meio da fertilização (Conrad et al., 1985).

No Brasil, o método mais utilizado para corrigir as deficiências de fósforo nos rebanhos é através de misturas ou suplementos minerais, colocados à disposição permanente para os animais em cochos nas pastagens (Pilati et al., 1997).

## LITERATURA CITADA

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. Technical Committee on Responses to Nutrients. A Reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle. **Nutrition Abstracts and Reviews: Series B Livestock Feeds and Feeding**, Wallingford, v.61, n.9, p.573-612, 1991.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC (Londres, Inglaterra). **The nutrient requirement of ruminant livestock**. London: Commonwealth Agricultural Bureau, 1980. 351p.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. The nutrient requirements of ruminants livestock. Suppl. 1. **Commonweath Agricultural**, Farnham Royal, U.K., 1994.
- BARCELLOS, J.O.J. O papel de fósforo na nutrição de bovinos de corte. In: DIAZ GONZALEZ, F.H.; OSPINA, H.; BARCELLOS, J.O.J. (Ed) **Nutrição mineral em ruminantes**. 2 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1998, p. 23-72.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Portaria MAA/SRD nº 20 de 06 de junho de 1997. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=11725>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2005.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e do Abastecimento Portaria MAA/SRD nº 06 de 04 de fevereiro de 2000. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=1053>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2005.
- 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, p. 428. 2003.



- CONRAD, J.H.; McDOWELL, L.R.; ELLIS, G.L. et al. Minerais para ruminantes em pastejo em regiões tropicais. Campo Grande: CNPGC/EMBRAPA. 1985. p.91.
- EMBRAPA. Presidência (Brasília, DF). **Parecer técnico científico: uso de fontes alternativas de fósforo na nutrição de bovinos – resultados, conclusões e recomendações.** Anexo ao OF. PR. Embrapa N. 257/94. Brasília, 26 abr. 1994. 17 p.
- EZEQUIEL, J.M.B. **Exigências de proteína e minerais de bovídeos: frações endógenas.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1987. 131p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1987.
- HUNGATE, R.E. **The rumen and its microbes.** New York: Academic Press, p.346-347. 1966.
- KARN, James F., 2001. Phosphorus nutrition of grazing cattle: a review, **Animal Feed Science and Technology**, v.89, p.133-153, 2001.
- KNOOP, R. O Fósforo na Nutrição Animal. Disponível em: <<http://www.zoonews.com.br/artigos/artigo.php?idartigo=53>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2005.
- LANA, R.P. **Composição corporal e exigências de energia, proteína e macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K) de novilhos de 5 grupos raciais, em confinamento.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1991. 134p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1991.
- LIMA, F.R.; FERNANDES, J.I.M.; OLIVEIRA, E.; et al. Laboratory evaluations of feed-grade na agricultural-grade phosphates. **Poultry Science**, v.78, p.1717-1728, 1999.
- McDOWELL, R. L. **Minerals in animal and human nutrition.** San Diego: Academic Press, 1992, 524 p.
- 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., Comunicado técnico – fósforo suplementar para bovinos de corte. 1999 disponível em: <<http://www.cnpgc.embrapa.br/publicacoes/cot/COT57.html#FONTES%20DE>> acessado em 20 jan de 2006.
- NICODEMO, M.L.F; MORAES, S.S; ROSA, I.V. et al. Uso de parâmetros ósseos, plasmáticos e fecais na determinação da deficiência de fósforo em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.840-847, 2000.

- PAULINO, M.F., FONTES, C.A.A., JORGE, A.M. et al. Composição corporal e exigências de macromelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K) de bovinos não-castrados de quatro raças zebuínas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.634-641, 1999.
- PILATI, C.; ROSA, I.V.; DAYRELL, M.S.; et al. Estudos histológico-morfométrico e microrradiográficos de costela de bovinos suplementados com fosfato de rocha. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.17, n.3/4, p.96-104, 1997.
- PIRES, K.C. **Exigências de proteína, energia e macromelementos minerais (Ca, P, Mg, K e Na) de bovinos não castrados de três grupos genéticos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1991. 125p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1991.
- ROSOL, C.; CAPEN, 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.
- RUNHO, R.C.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. Exigências de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.30, n.1, p.187-196.2001.
- SERRANA. O fosfato bicálcico e suas características, 01 set. 2001 <[http://www.serrana.com.br/n\\_boletins.asp?Tipo=n&id=38](http://www.serrana.com.br/n_boletins.asp?Tipo=n&id=38)> Acesso em: 20 de janeiro de 2006.
- SIGNORETTI, R D., SILVA, J. F. C., VALDARES FILHO, S. C. et al. Composição corporal e exigências líquidas e dietéticas de microelementos inorgânicos (Ca, P, Mg, K e Na) de bezerros da raça Holandesa alimentados com dietas contendo diferentes níveis de volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.1, p.205--213, 1999.
- SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V.; et al. Exigências líquidas e dietéticas de energia, proteína e macromelementos minerais de bovinos de corte no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.776-792, 2002.
- SILVA, J.F.C. Inorganic macro-nutrient requirement in cattle: the ARC/AFRC system and the Brazilian experience. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, Viçosa, 1995. **Anais...** Viçosa, p.311-343. 1995.
- SYMONDS, H. W., FORBES, J. M. Mineral metabolism In: FORBES, J. M.; FRANCE, J. (Ed.) **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Wallingford: CAB International: 1993, p.363-379.
- TERNOUTH, J.H.; SEVILLA, C.L. Dietary calcium and phosphorus repletion in lambs. **Australian Journal of Agricultural Research** v.41, n.2, p.413-420, 1990.

- TOKARNIA, C.H; DOBEREINER, J.; MORAES S.S. Situação atual e perspectivas da investigação sobre nutrição mineral em bovinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.8, n.1/2, p.1-16, 1988.
- UNDERWOOD E.J. & SUTTLE N.F. 1999. **The Mineral Nutrition of Livestock**. 3<sup>a</sup> ed. CABI Publ. Wallingford. 614 p.
- UNDERWOOD, E.J. **Los minerales en la nutrición del ganado**. 2. ed. Zaragoza: Editora Acribia, 1983.
- VELOSO, J.A.F.; MEDEIROS S.L.S. Avaliação nutricional do fósforo disponível de quatro fontes de fósforo para suínos em fase de terminação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.51, n.5, 1999.
- 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.
- WITT, K.E.; OWENS, F.M. Phosphorus ruminal availability and effects on digestion. **Journal of Animal Science**, v.56, n.4, p.930-937, 1983.

## OBJETIVOS GERAIS

O objetivo foi avaliar diferentes fontes de fósforo na dieta de bovinos e seus efeitos sobre a absorção aparente do fósforo, cálcio e flúor, a digestibilidade aparente dos nutrientes, a concentração plasmática de fósforo, os parâmetros ruminais e a eficiência da síntese de proteína microbiana.

### **Avaliação de Diferentes Fontes de Fósforo na Nutrição de Ruminantes: Digestibilidade Aparente dos Nutrientes e Fósforo Plasmático**

**RESUMO:** Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de diferentes fontes de fósforo, em dietas de bovinos em crescimento, sobre o coeficiente de digestibilidade aparente parcial e total dos nutrientes, sobre o desaparecimento e a absorção aparente parcial e total do P, Ca e F e fósforo plasmático. Foram utilizados quatro bovinos, castrados, da raça Holandesa Preto e Branco, com 280 kg de peso vivo e implantados com cânula ruminal e duodenal. O delineamento utilizado foi o quadrado latino 4 x 4, onde os tratamentos consistiram na utilização de diferentes fontes de fósforo na dieta: fosfato bicálcico (BIC), superfosfato triplo (SPT), fosfato monoamônio (MAP) e fosfato de rocha de Araxá (FRA). As diferentes fontes de fósforo não afetaram a ingestão, fluxo fecal, digestibilidade aparente ruminal, duodenal e total de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e carboidratos não fibrosos (CNF). Houve uma menor absorção aparente ( $P < 0,05$ ) de fósforo (P) para os animais que receberam FRA, e os outros tratamentos foram semelhantes entre si. Para o flúor (F) os animais que receberam FRA apresentaram maior ingestão, fluxo fecal, fluxo duodenal, desaparecimento ruminal e desaparecimento fecal. Os animais que receberam FRA também apresentaram níveis de F superiores aos recomendados para evitar sua toxidez. A concentração plasmática de fósforo não foi influenciada ( $P > 0,05$ ) pela fonte de fósforo utilizada. Estes resultados mostram um possível uso do superfosfato triplo e do fosfato monoamônio em substituição do fosfato bicálcico. Quanto ao fosfato de rocha de Araxá, apesar de não ter causado prejuízo para os parâmetros de fermentação e digestão, deve-se considerar as exigências de fósforo, porque a absorção aparente do fósforo foi afetada e seus níveis de flúor estão acima do recomendado.

Palavras chave: fosfato bicálcico, superfosfato triplo, fosfato monoamônio, fosfato de rocha, fósforo plasmático

## **Evaluation of Phosphorus Sources in Ruminant Nutrition: Apparent Digestibility of Nutrients and Plasma Phosphorus**

**ABSTRACT:** This work was carried out to evaluate the effects of different phosphorus sources on partial and total nutrient apparent digestibility, partial and total disappearance and absorption of P, Ca and F and plasma phosphorus in growing cattle diets. Four Holstein steers with liveweight of 280 kg and implanted with ruminal and duodenal cannulas were used. The experimental design was a 4 x 4 Latin Square and the treatments were four supplemental phosphorus sources: dicalcium phosphate (DP), supertriple phosphate (SP), monoammonium phosphate (MP) and Araxa rock phosphate (ARP). Phosphorus sources did not affect ( $P < .05$ ) intake, fecal flow, ruminal, duodenal and total apparent digestibility of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and non fiber carbohydrates (NFC). There was a lower P apparent absorption ( $P < .05$ ) in animals receiving ARP; on the other hand, the other treatments presented similar results. Cattle receiving ARP showed higher intake, fecal flow, duodenal flow, ruminal and fecal disappearance for fluoride (F). Cattle receiving ARP were fed F levels higher than acceptable to avoid toxicity. P plasma concentration was not ( $P > .05$ ) influenced by P source. These results suggest there is a possibility of replacing DP for SP and MP. They also show that ARP did not affect negatively rumen fermentation and digestion, but P requirements should be considered, once apparent P absorption was negatively affected and fluoride levels were higher than recommended.

Key words: dicalcium phosphate, supertriple phosphate, monoammonium phosphate, rock phosphate, plasmatic phosphorus.

## Introdução

Todos os animais apresentam uma exigência em elementos inorgânicos que podem entrar na dieta em maior quantidade, os macromelementos, ou em menor quantidade, os microelementos. Entre esses minerais um que apresenta grande importância é o fósforo, tanto em relação as suas funções no organismo animal quanto em relação ao seu custo, por ser considerado um elemento que onera as rações e misturas minerais.

O fósforo é disponibilizado aos animais na forma de mono, di e trifosfato inorgânico. Aparece na forma orgânica como fitatos, fosfolipídeos e fosfoproteínas. Pela ação do suco gástrico atinge o intestino delgado onde é realizada a absorção (Barcellos et al., 1998). O processo de absorção ocorre na sua maior parte na porção cranial do duodeno tanto ruminantes como em não ruminantes (Rosol & Capen, 1997), onde o pH é suficientemente baixo para permitir a formação de fosfato solúvel (Ben-Ghedalia et al., 1975).

Conforme relatos de Barcellos et al. (1998), a absorção de fósforo nos pré-estômagos dos ruminantes ocorre por transferência passiva através do epitélio ruminal. Para tanto, necessita de concentrações mínimas para que ocorra, cerca de 4 mmol/L no líquido ruminal, já que isto proporciona uma diferença de concentração entre os dois lados da parede do rúmen.

Existem vários fatores que interferem na absorção do fósforo e, a quantidade absorvida pelo animal depende do nível de P na dieta, da fonte desse mineral, da relação Ca:P na dieta, do pH intestinal e outros elementos minerais que são antagônicos à absorção e utilização de fósforo (DeLuca, 1979). A disponibilidade biológica do fósforo é medida pela condição do elemento mineral em suportar algum processo fisiológico, e

é definida como sendo a proporção da quantidade de um elemento ingerido de uma dada fonte ou dieta, o qual é absorvido e utilizado pelo animal para atender seu requerimento líquido (Peller, 1972 e Partridge, 1980)

A concentração de fósforo inorgânico no plasma é muito usada para determinar deficiências de fósforo na dieta, pois, os sinais clínicos da deficiência crônica de fósforo, como baixo ganho de peso, consumo reduzido, depravação de apetite e falha reprodutiva, podem levar certo tempo para se estabelecerem. No plasma os teores de fósforo inorgânico caem rapidamente, quando a dieta é inadequada. É importante o estabelecimento dos níveis de fósforo no sangue no momento em que a deficiência de fósforo começa a afetar o consumo de alimento, produzindo prejuízos econômicos (Underwood & Suttle, 1999). O sangue contém cerca de 33-45 mg/dL de Pi localizado na sua maior parte no interior das células, sendo que a fração plasmática possui apenas 4,5-6mg/dL em animais adultos e 6-9mg/dL em animais em crescimento (McDowell, 1992).

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar diferentes fontes de fósforo, ou seja, fosfato bicálcico, superfosfato triplo, fosfato monoamônio e fosfato de rocha de Araxá e seus efeitos sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes, absorção parcial e total do fósforo e concentração plasmática de fósforo em bovinos.

### **Material e Métodos**

O experimento foi realizado no setor de Avaliação de Alimentos para Animais Ruminantes da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente à Universidade Estadual de Maringá, localizada no distrito de Iguatemi, e as análises químicas foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal (LANA) do



Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá (DZO) no período de novembro de 2004 a fevereiro de 2006.

Foram utilizados quatro bovinos, machos, castrados, da raça Holandesa Preto e Branco, com 280 kg de peso vivo médio. Os animais foram implantados com cânulas ruminal e duodenal (tipo T-simples).

Os animais permaneceram numa instalação totalmente coberta com piso concretado, em baias individuais com 8,75 m<sup>2</sup> de área útil. As baias eram providas de comedouro de polietileno individuais e bebedouros automáticos, um para cada duas baias.

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, pela manhã às 8 horas e 30 minutos e à tarde às 16 horas e 30 minutos, receberam água à vontade. Foi mantido um manejo higiênico/sanitário rigoroso dos animais e das instalações. As baias eram lavadas três vezes por semana, sendo limpas todos os dias e os bebedouros também lavados diariamente, assegurando assim, o fornecimento de água de boa qualidade. As cânulas eram lavadas diariamente para garantir a higiene dos animais. Os animais foram pesados no início de cada período experimental, com o objetivo de ajustar o consumo de matéria seca.

Os períodos experimentais tiveram a duração de 21 dias, com cinco dias de coleta de amostras (digesta, fezes e sangue) realizada no período compreendido entre o 17<sup>o</sup> e 21<sup>o</sup> dias.

Os alimentos utilizados na composição das dietas experimentais foram: silagem de milho, casca de soja, casca de algodão, uréia e suplemento mineral sem fósforo. A composição química dos alimentos é apresentada na Tabela 1.

As dietas (Tabela 2) foram calculadas para atender 1,5 vezes a exigência de energia líquida de manutenção (NRC, 1996), permitindo um ganho de peso vivo de 0,5

kg/dia, e os tratamentos avaliados foram: fosfato bicálcico (BIC); superfosfato triplo (SPT); monoamônio fosfato (MAP) e fosfato de rocha de Araxá (FRA). As fontes de fósforo foram colocadas diretamente no rúmen na alimentação da manhã e forneciam 8g de P (0,12% na MS da dieta total), representando 60% do P total. A quantidade fornecida de MS/dia foi de 2,5% do peso vivo (PV).

O óxido de cromo foi utilizado como indicador externo para determinar o fluxo da digesta duodenal e produção fecal, sendo o mesmo ministrado via intra-ruminal na alimentação da manhã, em uma dose diária de 10 g a partir do 7º dia de cada período.

Com o objetivo de determinar a digestibilidade parcial e total da MS, MO, PB, FDN e reciclagem e absorção aparente de fósforo (P) foram coletadas amostras do volumoso, do concentrado, das sobras, de digesta duodenal (200 mL) e de fezes (50 g).

Tabela 1 – Composição química dos alimentos

Table 1 – Chemical composition of feeds

Alimentos (Feeds)	PB (CP)	NDT (TDN)	CNF (NFC)	EE (EE)	FDN (NDF)	Ca (Ca)	P (P)	F (F)
Silagem de Milho (%) (Corn Silage)	10,42	65	19,6	2,36	61,30	0,17	0,16	
Casca de Soja (%) (Soybean Hulls)	13,87	80	5,38	1,50	72,54	0,47	0,10	
Casca de Algodão (%) (Cotton Seed Hulls)	5,23	45	1,62	1,54	89,05	0,08	0,05	
Uréia (%) (Urea)	280	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fosfato Bicálcico (%) (Dicalcium Phosphate)						23,98	18,00	0,14
Superfosfato Triplo (%)(Supertriple phosphate)						14,00	21,90	0,50
Fosfato Monoamônio (%) (Monoammonium Phosphate)						1,73	24,00	0,68
Fosfato de Rocha de Araxá (%) (Araxa Rock Phosphate)						24,61	10,60	1,02
Suplemento Mineral (%) <sup>1</sup> (Mineral Supplement)						10,00	0,00	0,00

<sup>1</sup> Composição do suplemento mineral: 1,2% de S; 1,2% de Mg; 10% de Na; 10% de Ca; 30 ppm de Co; 800 ppm de Cu; 50 ppm de I; 1200 ppm de Mn; 12 ppm de Se; 3200 ppm de Zn.

<sup>1</sup>Composition of the mineral supplement: 1.2% of S; 1.2% of Mg; 10% of Na; 10% of Ca; 30 ppm of Co; 800 ppm of Cu; 50 ppm of I; 1.200 ppm of Mn; 12 ppm of Se; 3.200 ppm of Zn..

Tabela 2 – Composição percentual e química das dietas experimentais (% MS)

Table 2 – Percentual and chemical composition of the experimental diets (%DM)

Alimentos (Feeds)	% MS						
Silagem de Milho (%) (Corn Silage)	16,38						
Casca de Soja (%) (Soybean Hulls)	34,45						
Casca de Algodão (%) (Cotton Seed Hulls)	47,40						
Uréia (%) (Urea)	1,17						
Suplemento Mineral (%) (Mineral Supplement)	0,60						
Dietas Experimentais (%) <sup>1</sup>	PB (CP)	NDT (TDN)	CNF (NFC)	EE (EE)	FDN (NDF)	Ca (Ca)	P (P)
BIC (DP)	12,24	59,54	5,83	1,63	77,24	0,38	0,20 <sup>2</sup>
SPT (SP)	12,24	59,54	5,83	1,63	77,24	0,30	0,20
MAP (MP)	12,24	59,54	5,83	1,63	77,24	0,23	0,20
FRA (ARF)	12,24	59,54	5,83	1,63	77,24	0,49	0,20

<sup>1</sup> BIC= fosfato bicálcico; SPT= superfosfato triplo; MAP= Fosfato monoamônio; FRA= fosfato de rocha de Araxá.

<sup>2</sup> Fósforo contido nos alimentos, mais o fósforo das fontes suplementares

<sup>1</sup> DP= dicalcium phosphate; SP= supertriple phosphate; MP= monoammonium phosphate; ARF= Araxá rock phosphate.

<sup>2</sup> Feeds phosphorus more phosphorus from supplemental sources

As amostragens do concentrado e da silagem foram realizadas, semanalmente e, misturadas em amostras compostas de forma proporcional, para todo o período experimental. As sobras de alimento no comedouro foram recolhidas diariamente, pesadas e amostradas, sendo, então, congeladas para posterior análises. As amostras do concentrado, silagem, sobras, fezes e digesta duodenal foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente etiquetados e congeladas (-20°C) para posterior processamento e análises. As amostras de digesta duodenal e de fezes foram coletadas por um período total de quatro dias, em intervalos de 5 horas, com um incremento de 1 hora de um dia para o outro, totalizando 12 amostras de digesta duodenal e 12 de fezes por animal e período.

As amostras de silagem de milho, de sobras, de digesta duodenal e de fezes foram secas em estufa com circulação forçada de ar à 55°C por 96 horas, moídas individualmente em moinhos de faca, utilizando peneira com crivo de 1 mm, e misturadas em quantidades iguais, com base no peso seco, para formar amostras compostas de digesta e fezes por animal e período.

As amostras dos alimentos utilizados nas dietas experimentais, das sobras no cocho, de digesta duodenal e de fezes foram analisadas para teores de MS, MO, PB, EE, Ca (AOAC, 1990), FDN (Van Soest et al., 1991), P (Fiske & Subbarow, 1925) e de flúor pela potenciometria direta com eletrodo seletivo, segundo Singer & Armstrong (1968). O teor de cromo nas amostras de digesta duodenal e de fezes foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica, conforme técnica descrita por Williams et al. (1962), e usado juntamente com a concentração de nutrientes para determinar o fluxo de nutrientes para o duodeno e fezes. A partir das concentrações de cromo encontradas nas fezes e digesta duodenal, foi calculado a produção fecal e o fluxo duodenal utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\text{MS Fecal} = \frac{\text{Ii (g/dia)}}{[\text{If}] \text{ (g/gMS)}}$$

$$\text{MS Duodenal} = \frac{\text{Ii (g/dia)}}{[\text{Id}] \text{ (g/gMS)}}$$

Ii = Quantidade de indicador ingerido por dia

[If] = Concentração do indicador encontrados nas fezes

[Id] = Concentração do indicador encontrados na digesta duodenal

Determinação do coeficiente de digestibilidade ou absorção aparente total:

$$\text{CDAT do nutriente} = \frac{\text{g nutriente ingerido} - \text{g do nutriente na MS fecal}}{\text{g nutriente ingerido}} \times 100$$

Determinação do coeficiente de digestibilidade ou absorção aparente ruminal:

$$\text{CDAR do nutriente} = \frac{\text{g nutriente ingerido} - \text{g do nutriente na MS duodenal}}{\text{g nutriente ingerido}} \times 100$$

Determinação do coeficiente de digestibilidade ou absorção aparente intestinal:

$$\text{CDAI do nutriente} = \frac{\text{g nutriente na MS duodenal} - \text{g do nutriente na MS fecal}}{\text{g nutriente na MS duodenal}} \times 100$$

Os carboidratos não fibrosos foram calculados pela seguinte equação (Sniffen et al., 1992):

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

Onde:

FDN: Fibra em detergente neutro

PB: Proteína bruta

EE: Extrato etéreo

Os nutrientes digestíveis totais das dietas, sobras e fezes foram calculadas pela seguinte equação (Sniffen et al., 1992):

$$\text{NDT} = \text{PD} + \text{FDND}_N + (\text{EED} \times 2,25) + \text{CNFD}, \text{ em que:}$$

PD = proteína digestível;

FDND<sub>N</sub> = fibra em detergente neutro digestível corrigida para nitrogênio;

EED = extrato etéreo digestível;

CNFD = carboidratos não fibrosos digestíveis

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

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

$$\text{NDT concentrado} = \{\text{PB} * [1 - (0,004 * \text{NIDA})]\} + [0,98 * \text{CNF}] + [0,90 * (\text{EE} - 1) * 3,0] + \{0,75 * (\text{FDN}_{\text{PB}} - \text{L}) * [1 - (\text{L}/\text{FDN}_{\text{PB}})^{0,667}]\} - 7$$

Onde:

PB: Proteína bruta

NIDA: Nitrogênio insolúvel em detergente ácido

CNF: Carboidratos não fibrosos

EE: Extrato etéreo

FDN<sub>PB</sub>: Fibra em detergente neutro corrigida para proteína

L: Lignina

No 20º dia de cada período experimental foi realizada coleta de sangue em tubos heparinizados e, posterior obtenção do plasma, em centrifuga a 2500 x g, por 15 minutos. O plasma foi analisado para fósforo inorgânico (Little et al., 1971).

O experimento foi conduzido em delineamento experimental Quadrado Latino 4 x 4. Os dados foram interpretados por uma análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se 5% de probabilidade utilizando o programa SAEG (UFV, 1997).

O modelo matemático utilizado para a análise de variância foi:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + T_k + e_{ijk}, \text{ onde:}$$

$\mu$  = média dos tratamentos;

$A_i$  = efeito do animal i, variando de 1 a 4;

$P_j$  = efeito do período j, variando de 1 a 4;

$T_k$  = efeito do tratamento k, variando de 1 a 4;

$e_{ijk}$  = erro aleatório

### **Resultados e Discussão**

Os resultados para ingestão, desaparecimento e absorção aparente de fósforo, cálcio e flúor são apresentados na Tabela 3.

A ingestão, o fluxo duodenal, o desaparecimento ruminal, o desaparecimento intestinal, a absorção aparente ruminal e intestinal de P dos animais suplementados com as diferentes fontes de fósforo foram semelhantes ( $P > 0,05$ ).

O total de P excretado nas fezes foi maior ( $P < 0,05$ ) para os animais que consumiram as dietas contendo FRA (6,92g/dia), já para os tratamentos BIC, SPT e MAP (5,42; 5,78 e 5,62 respectivamente) não houve diferença ( $P > 0,05$ ). Isto pode ser explicado pela menor disponibilidade do fosfato de rocha quando comparado com as outras fontes.

Vitti et al. (2001) trabalhando com novilhos cruzados recebendo 10 g P/dia, usando como fonte suplementar de P o fosfato bicálcico, e os fosfatos de rocha de Patos de Minas e Tapira, encontraram 6,52; 8,28 e 8,16 g P/dia excretado nas fezes para bicálcico, Patos de Minas e Tapira, respectivamente, valores esses superiores aos encontrados no presente experimento que foram de 5,42; 5,78; 5,62 e 6,92 g P/dia para BIC, SPT, MAP e FRA respectivamente.

No presente experimento, a excreção fecal se apresentou entre 38,30 e 49,04% do ingerido para BIC e FRA respectivamente, discordando de Vitti et al. (1992), que trabalhando com fosfato bicálcico, fosfato monoamônio e superfosfato triplo, relataram que os valores médios de fósforo excretados nas fezes correspondem a aproximadamente 70% em relação ao fósforo consumido. O fósforo excretado é

constituído não somente pelo fósforo não absorvido da dieta mas também a fração endógena do fósforo (Georgievskii et al., 1982).

Tabela 3 - Médias e erro padrão (EP) para ingestão (ING), fluxo duodenal (FD), fluxo fecal (FF), desaparecimento ruminal (DR), desaparecimento intestinal (DI), desaparecimento total (DT), absorção aparente ruminal (AAR), absorção aparente intestinal (AAI) e absorção aparente total (AAT) do fósforo, cálcio e flúor

Table 3 – Means and standard error (SE) for intake (INT), duodenal flow (DF), feces flow (FF), ruminal disappearance (RD), intestinal disappearance (ID), total disappearance (TD), apparent ruminal absorption (ARA), apparent intestinal absorption (AIA) and apparent total absorption (ATA) of phosphorus, calcium and fluoride.

	TRATAMENTOS <sup>1</sup>				EP (SE)
	TREATMENTS				
	BIC (DP)	SPT (SP)	MAP (MP)	FRA (AFR)	
Fósforo (Phosphorus)					
ING (INT) (g/dia)	14,15	14,06	14,10	14,11	0,22
FD (DF) (g/dia)	19,21	25,10	19,67	20,88	1,61
FF (FF) (g/dia) <sup>2</sup>	5,42 <sup>b</sup>	5,78 <sup>b</sup>	5,62 <sup>b</sup>	6,92 <sup>a</sup>	0,19
DR (RD)(g/dia)	-5,06	-11,04	-5,57	-6,77	1,57
DI (ID)(g/dia)	13,79	19,32	14,05	13,96	1,57
DT (TD)(g/dia)	8,73 <sup>a</sup>	8,28 <sup>ab</sup>	8,48 <sup>a</sup>	7,19 <sup>b</sup>	0,27
AAR (ARA)(%)	-35,76	-78,52	-39,50	-47,98	10,77
AAI (AIA)(%)	71,79	76,97	71,43	66,86	1,66
AAT (ATA)(%)	61,70 <sup>a</sup>	58,89 <sup>ab</sup>	60,14 <sup>a</sup>	50,96 <sup>b</sup>	1,43
Cálcio (Calcium)					
ING (INT) (g/dia)	26,70 <sup>b</sup>	21,09 <sup>c</sup>	16,36 <sup>d</sup>	34,58 <sup>a</sup>	1,84
FD (DF) (g/dia)	19,33 <sup>ab</sup>	15,68 <sup>bc</sup>	11,84 <sup>c</sup>	25,16 <sup>a</sup>	1,59
FF (FF) (g/dia)	10,30	7,99	6,08	12,11	1,13
DR (RD)(g/dia)	7,37	5,41	4,52	9,42	0,81
DI (ID)(g/dia)	9,03 <sup>ab</sup>	7,69 <sup>ab</sup>	5,76 <sup>b</sup>	13,05 <sup>a</sup>	1,10
DT (TD)(g/dia)	16,40 <sup>ab</sup>	13,10 <sup>b</sup>	10,28 <sup>b</sup>	22,47 <sup>a</sup>	1,45
AAR (ARA)(%)	27,60	25,65	27,63	27,24	3,52
AAI (AIA)(%)	46,71	49,04	48,65	51,87	4,02
AAT (ATA)(%)	61,42	62,11	62,84	64,98	3,78
Flúor (Fluoride)					
ING (INT) (mg/dia)	64 <sup>c</sup>	182 <sup>bc</sup>	228 <sup>b</sup>	766 <sup>a</sup>	69,71
FD (DF) (mg/dia)	50,5 <sup>b</sup>	117,5 <sup>b</sup>	165,25 <sup>b</sup>	459 <sup>a</sup>	43,17
FF (FF) (mg/dia)	21,5 <sup>b</sup>	64,75 <sup>b</sup>	94,75 <sup>b</sup>	335,25 <sup>a</sup>	33,49
DR (RD)(mg/dia)	13,50 <sup>b</sup>	64,50 <sup>b</sup>	62,75 <sup>b</sup>	307,00 <sup>a</sup>	33,35
DI (ID)(mg/dia)	29,00	52,75	70,50	123,75	13,83
DT (TD)(mg/dia)	42,50 <sup>b</sup>	117,25 <sup>b</sup>	133,25 <sup>b</sup>	430,75 <sup>a</sup>	40,01
AAR (ARA)(%)	21,09	35,44	27,52	40,08	4,32
AAI (AIA)(%)	57,43	44,89	42,66	26,96	5,23
AAT (ATA)(%)	66,41	64,42	58,44	56,23	3,84

<sup>1</sup> BIC= fosfato bicálcico; SPT= superfosfato triplo; MAP= Fosfato monoamônio; FRA= fosfato de rocha de Araxá.

<sup>2</sup> Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey

<sup>1</sup>DC= dicalcium phosphate; SP= supertriple phosphate; MP= monoammonium phosphate; ARF= rock phosphate of Araxá.

<sup>2</sup>Means followed different in the a row differ (P<0,05) by Tukey test



A maior excreção fecal de P pelos animais que foram suplementados com FRA em relação aos suplementados com BIC confirmam os dados de Vitti et al. (2001), que trabalhando com novilhos mestiços e fornecendo fosfato bicálcico e dois fosfatos de rocha (Patos de Minas e Tapira) como fontes de fósforo, também encontraram maiores valores de excreção fecal de fósforo para os tratamentos que utilizaram fosfato de rocha.

Conseqüentemente com a maior quantidade de P excretado nas fezes o desaparecimento total de P do FRA foi menor diferindo ( $P < 0,05$ ) do BIC e MAP.

A absorção aparente total do P foi maior para os animais que foram suplementados com BIC, MAP e SPT, apresentando os valores de 61,70; 60,14 e 58,89%, respectivamente. Os animais suplementados com FRA apresentaram uma menor absorção aparente total (50,96%) sendo semelhante ao STP (58,89%). Estes valores são superiores aos encontrados por Silva Filho et al. (1992), que foram de 32,22; 31,95 e 29,08% para BIC, SPT e MAP, respectivamente. Já Ekelund et al. (2003), trabalhando com vacas, encontrou uma absorção aparente de P de 50%, utilizando como fontes de fósforo o fosfato monossódico, e farelos de canola, girassol e trigo.

Reid (1980) menciona que o P de fertilizantes fosfatados como o supertríplo e fosfato monoamônio é altamente disponível 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 um modo geral, contém altos níveis de flúor (NRC, 1974), enquanto os fertilizantes fosfatados nacionais, via de regra, possuem baixos níveis desse elemento, por serem produzidos a partir de rochas com baixo teor em flúor.

Essa diferença entre os tratamentos BIC, SPT e MAP e o FRA, pode ser explicada, em parte, pela maior absorção e eficiência de absorção encontrada nas dietas

com BIC, SPT e MAP, deixando maior quantidade de fósforo disponível para ser utilizada pelo organismo.

O NRC (1996), recomenda 0,18% de fósforo e de 0,31% de cálcio na matéria seca consumida como nível mínimo para a manutenção de bovinos de corte em crescimento e terminação, no entanto as dietas experimentais apresentaram 0,20% de fósforo e 0,35% de cálcio, níveis ligeiramente superiores.

As exigências de P sugeridas por comitês de diferentes países varia de cerca de 11 (AFRC, 1991), 12 (NRC, 1996), 13 (Ternouth et al., 1996) até os 14 g/dia (NRC, 1984). É interessante notar que este valor do AFRC (1991) foi calculado para dietas à base de concentrados e subiria para cerca de 17 g/dia, se corrigida para dietas contendo mais de 50% de forrageiras.

Em relação à ingestão de cálcio houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos, os quais apresentaram uma ingestão de 34,58; 26,70; 21,09 e 16,36 g de Ca/dia, para FRA, BIC, SPT e MAP respectivamente, isto devido as diferentes concentrações de Ca nas fontes e às diferentes quantidades da fonte utilizada para atender os níveis de fósforo.

As relações Ca:P foram de 2,45; 1,89; 1,50 e 1,16:1 para FRA, BIC, SPT e MAP. Outra possibilidade para que ocorresse diferença na absorção aparente total de fósforo, excreção fecal e desaparecimento intestinal para o tratamento FRA seria a maior relação Ca:P pois o consumo 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 estudados foram 1,5; 3,1 e 6,2 g de fósforo e 3,4 ou 5,4g de cálcio, sendo que as proporções Ca:P variaram de 0,6 a 3,6. Com os níveis mais altos de cálcio, a absorção de fósforo foi reduzida em 18%, o que pode ser explicado em parte pela formação de sais com baixa solubilidade (Field et al., 1983).

Salviano (1996), em estudos com ovinos que receberam diferentes proporções de cálcio e fósforo na dieta (0,75:1; 1,5:1 e 3:1), observou-se que a maior absorção de fósforo ocorreu com a proporção 1,5:1.

No presente experimento, o fluxo duodenal de Ca para os animais suplementados com FRA diferiram ( $P < 0,05$ ) de SPT e MAP, e os suplementados com BIC diferiram ( $P < 0,05$ ) de MAP.

Os animais que receberam FRA apresentaram um maior desaparecimento intestinal de Ca, que por sua vez foi semelhante ( $P > 0,05$ ) ao BIC e ao SPT, o MAP apresentou um menor desaparecimento intestinal, porém, foi semelhante ( $P > 0,05$ ) ao BIC e ao SPT.

O desaparecimento total de Ca foi maior para os animais que receberam FRA diferindo ( $P < 0,05$ ) do MAP e SPT que apresentaram um menor desaparecimento total de Ca.

Para fluxo fecal, desaparecimento ruminal, absorção aparente ruminal, intestinal e total de Ca os tratamentos não apresentaram diferença ( $P > 0,05$ ).

A ingestão de flúor nos animais que receberam FRA foi a mais elevada ( $P < 0,05$ ), seguida por MAP e SPT, e menor para BIC, porém, semelhante ( $P > 0,05$ ) ao SPT, o que já era esperado devido às altas concentrações do elemento nos fosfatos naturais e fertilizantes.

Os bovinos são mais sensíveis à intoxicação por flúor do que outras espécies domésticas. O consumo contínuo de até 40mg F/kg MS pode ser tolerado por novilhas em crescimento, sem que o desempenho seja afetado, embora possa causar lesões patológicas, já para bovinos adultos, esse valor sobe para 50 mg F/kg MS (Nicodemo & Moraes, 2000). No presente experimento as ingestões diárias de flúor por kg de MS foram: 9,21; 26,26; 33,30 e 110,48 mg F/kg MS para os tratamentos BIC, SPT, MAP e

FRA respectivamente. O FRA apresenta aproximadamente três vezes mais que o limite de flúor. O BIC apresenta 12 vezes menos flúor que o FRA e aproximadamente 25% do limite de flúor que possa causar toxidez. O SPT está aproximadamente 50% do limite de flúor para bovinos adultos e o MAP encontra-se com um valor um pouco menor que o limite para bovinos em crescimento.

O NRC (1974) afirma que a ingestão de flúor acima dos níveis considerados limites (100 µg F/kg PV) induz a efeitos tóxicos para a maioria dos animais. As fontes de P utilizadas no experimento apresentaram 22,99; 65,59; 81,51 e 276,32 µg F/kg PV, respectivamente para BIC, SPT, MAP e FRA. Como podemos observar o BIC apresentou aproximadamente 25% do limite recomendado, o FRA apresentou quase três vezes mais que o limite, este excesso de flúor pode ser prejudicial aos animais se utilizado por períodos prolongados, pois no experimento os animais não apresentaram nenhum sintoma de intoxicação por F. Já o SPT e o MAP estão dentro do limite máximo de F e podem ser boas opções na substituição do BIC.

Os animais que consumiram FRA apresentaram os fluxos duodenal e fecal de F superiores ( $P < 0,05$ ) aos que consumiram as outras fontes, que não diferiram entre si.

O desaparecimento ruminal e total de F foram maiores ( $P < 0,05$ ) para os animais que foram suplementados com FRA e semelhantes para BIC, SPT e MAP ( $P > 0,05$ ).

Com relação ao desaparecimento intestinal, absorções aparente ruminal, intestinal e total de F, animais consumindo diferentes fontes não apresentaram diferença ( $P > 0,05$ ).

Os resultados referentes à ingestão, fluxo, digestão e coeficiente de digestibilidade aparente da MS, MO e PB são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 - Médias e erro padrão (EP) para ingestão (ING), fluxo duodenal (FD), fluxo fecal (FF), digestão ruminal (DR), digestão intestinal (DI), digestão total (DT), coeficiente de digestibilidade aparente ruminal (CDAR), coeficiente de digestibilidade aparente intestinal (CAI) e coeficiente de digestibilidade aparente total (CDAT) da matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta

Table 4 – Means and standard error (SE) for intake (INT), duodenal flow (DF), feces flow (FF), ruminal disappearance (RD), intestinal disappearance (ID), total disappearance (TD), coefficient of apparent ruminal digestibility (CARD), coefficient of apparent intestinal digestibility (CAID) and coefficient of apparent total digestibility (CATD) of dry matter, organic matter and crude protein

	TRATAMENTOS <sup>1</sup>				EP(SE)
	TREATMENTS				
	BIC (DP)	SPT (SP)	MAP (MP)	FRA (ARF)	
<b>Matéria Seca (Dry Matter)</b>					
ING (INT) (g/dia)	6947,1	6931,18	6847,52	6933,49	240,66
FD (DF) (g/dia)	3404,8	3438,11	3040,87	3664,94	150,09
FF (FF) (g/dia)	2528,5	2442,98	2495,44	2448,81	69,42
DR (RD)(g/dia)	3542,30	3493,07	3806,65	3268,55	179,74
DI (ID)(g/dia)	876,30	995,13	545,43	1216,13	116,29
DT (TD)(g/dia)	4418,60	4488,20	4352,08	4484,68	191,97
CDAR (CARD)(%)	50,99	50,40	55,59	47,14	1,62
CAI (CAID)(%)	25,74	28,94	17,94	33,18	2,24
CDAT (CATD)(%)	63,60	64,75	63,56	64,68	0,76
<b>Matéria Orgânica (Organic Matter)</b>					
ING (INT) (g/dia)	6597,9	6583,66	6503,69	6583,12	227,23
FD (DF) (g/dia)	3156,1	3092,59	2768,43	3327,55	139,25
FF (FF) (g/dia)	2277,6	2231,16	2217,8	2242,74	114,26
DR (RD)(g/dia)	3441,80	3491,07	3735,26	3255,57	171,20
DI (ID)(g/dia)	878,50	861,43	550,63	1084,81	118,02
DT (TD)(g/dia)	4320,30	4352,50	4285,89	4340,38	173,54
CDAR (CARD)(%)	52,17	53,03	57,43	49,45	1,61
CAI (CAID)(%)	27,83	27,85	19,89	32,60	3,36
CDAT (CATD)(%)	65,48	66,11	65,90	65,93	1,35
<b>Proteína Bruta (Crude Protein)</b>					
ING (INT) (g/dia)	850,07	849,88	837,59	850,15	30,57
FD (DF) (g/dia)	602,11	688,2	559,91	689,15	36,91
FF (FF) (g/dia)	296,91	317,97	307,72	308,02	7,40
DR (RD)(g/dia)	247,96	161,68	277,68	161,00	32,28
DI (ID)(g/dia)	305,20	370,23	252,19	381,13	34,99
DT (TD)(g/dia)	553,16	531,91	529,87	542,13	26,43
CDAR (CARD)(%)	29,17	19,02	33,15	18,94	3,43
CAI (CAID)(%)	50,69	53,80	45,04	55,30	2,81
CDAT (CATD)(%)	65,07	62,59	63,26	63,77	1,04

<sup>1</sup> BIC= fosfato bicálcico; SPT= superfosfato triplo; MAP= Fosfato monoamônio; FRA= fosfato de rocha de Araxá.

<sup>2</sup> Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey

<sup>1</sup>DC= dicalcium phosphate; SP= supertriple phosphate; MP= monoammonium phosphate; ARF= rock phosphate of Araxá.

<sup>2</sup>Means followed by different letters in the a row differ (P<0,05) by Tukey test

Com relação à matéria seca não houve diferença significativa para as diferentes fontes de fósforo sobre a ingestão, fluxo duodenal, fluxo fecal, digestão ruminal, digestão intestinal, digestão total, coeficiente de digestibilidade aparente ruminal, coeficiente de digestibilidade aparente intestinal e coeficiente de digestibilidade aparente total. Isto mostra que as diferentes fontes suplementares de P não afetaram a digestibilidade aparente da matéria seca.

Os animais que receberam suplementação de BIC foram semelhantes ( $P>0,05$ ) às outras fontes sobre a ingestão, fluxo duodenal e total, desaparecimento ruminal, intestinal e total e coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica. Isto mostra que as diferentes fontes suplementares de P não influenciaram a digestão e digestibilidade da matéria orgânica.

Animais suplementados com BIC foram semelhantes ( $P>0,05$ ) às outras fontes quanto a ingestão, fluxo duodenal e total, desaparecimento ruminal, intestinal e total e coeficiente de digestibilidade de proteína bruta, mostrando que as diferentes fontes de fósforo não interferem na digestibilidade da proteína da dieta.

Os resultados referentes à ingestão, fluxo, digestão e coeficiente de digestibilidade aparente de FDN, EE e CNE são mostrados na Tabela 5.

Não foi observada diferença ( $p>0,05$ ) para as diferentes fontes de fósforo para ingestão, fluxo duodenal, fluxo fecal, digestão ruminal, digestão intestinal, digestão total, coeficiente de digestibilidade aparente intestinal e coeficiente de digestibilidade aparente total da fibra em detergente neutro.

Tabela 5 - Médias e erro padrão (EP) para ingestão (ING), fluxo duodenal (FD), fluxo fecal (FF), digestão ruminal (DR), digestão intestinal (DI), digestão total (DT), coeficiente de digestibilidade aparente ruminal (CDAR), coeficiente de digestibilidade aparente intestinal (CAI) e coeficiente de digestibilidade aparente total (CDAT) da fibra em detergente neutro, extrato etéreo e carboidratos não-estruturais

Table 5 – Means and standard error (SE) for intake (INT), duodenal flow (DF), feces flow (FF), ruminal disappearance (RD), intestinal disappearance (ID), total disappearance (TD), coefficient of apparent ruminal digestibility (CARD), coefficient of apparent intestinal digestibility (CAID) and coefficient of apparent total digestibility (CATD) of neutral detergent fiber, ether extract and nonfiber carbohydrates

	TRATAMENTOS <sup>1</sup>				EP(SE)
	TREATMENTS				
	BIC (DP)	SPT (SP)	MAP (MP)	FRA (AFR)	
<b>Fibra em Detergente neutro (Neutral Detergent Fiber)</b>					
ING (INT) (g/dia)	5387,70	5354,98	5283,20	5357,57	195,63
FD (DF) (g/dia)	2534,80	2300,83	2238,01	2445,37	105,69
FF (FF) (g/dia)	2070,20	1968,60	1725,10	1985,26	84,02
DR (RD)(g/dia)	2852,90	3054,15	3045,19	2912,20	174,20
DI (ID)(g/dia)	464,60	332,23	512,91	460,11	86,35
DT (TD)(g/dia)	3317,50	3386,38	3558,10	3372,31	162,52
CDAR (CARD)(%)	52,95	57,03	57,64	54,36	1,95
CAI (CAID)(%)	18,33	14,44	22,92	18,82	3,29
CDAT (CATD)(%)	61,58	63,24	67,35	62,94	1,37
<b>Extrato Etéreo (Ether Extract)</b>					
ING (INT) (g/dia)	114,92	111,16	111,53	111,08	5,08
FD (DF) (g/dia)	63,66	78,30	66,17	66,23	2,87
FF (FF) (g/dia)	19,81 <sup>a</sup>	12,45 <sup>ab</sup>	16,59 <sup>ab</sup>	9,87 <sup>b</sup>	1,20
DR (RD)(g/dia)	51,26	32,86	45,36	44,85	5,76
DI (ID)(g/dia)	43,85	65,85	49,58	56,36	3,25
DT (TD)(g/dia)	95,11	98,71	94,94	101,21	4,97
CDAR (CARD)(%)	44,60	29,56	40,67	40,38	3,69
CAI (CAID)(%)	68,88 <sup>b</sup>	84,10 <sup>a</sup>	74,93 <sup>ab</sup>	85,10 <sup>a</sup>	2,16
CDAT (CATD)(%)	82,76 <sup>b</sup>	88,80 <sup>ab</sup>	85,13 <sup>ab</sup>	91,11 <sup>a</sup>	1,30
<b>Carboidratos Não Fibrosos (Nonfiber Carbohydrates)</b>					
ING (INT) (g/dia)	410,41	400,51	402,07	398,45	20,04
FD (DF) (g/dia)	332,44	337,44	326,32	252,58	69,42
FF (FF) (g/dia)	156,92	103,85	135,89	118,53	150,09
DR (RD)(g/dia)	77,97	63,07	75,75	145,87	16,31
DI (ID)(g/dia)	175,52	233,59	190,43	134,05	15,13
DT (TD)(g/dia)	253,49	296,66	266,18	279,92	35,24
CDAR (CARD)(%)	19,00	15,75	18,84	36,61	28,8
CAI (CAID)(%)	52,80	69,22	58,36	53,07	8,79
CDAT (CATD)(%)	61,77	74,07	66,20	70,25	4,74

<sup>1</sup> BIC= fosfato bicálcico; SPT= superfosfato triplo; MAP= Fosfato monoamônio; FRA= fosfato de rocha de Araxá.

<sup>2</sup> Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey

<sup>1</sup>DC= dicalcium phosphate; SP= supertriple phosphate; MP= monoammonium phosphate; ARF= rock phosphate of Araxá.

<sup>2</sup>Means followed by different letters in the row differ (P<0,05) by Tukey test

Para o extrato etéreo não foi observado diferença ( $P>0,05$ ) para ingestão, fluxo duodenal, digestão ruminal, digestão intestinal, digestão total e coeficiente de digestibilidade ruminal. Já para o fluxo fecal de extrato etéreo observou-se uma quantidade maior para os animais que foram suplementados com BIC porém semelhantes ( $P>0,05$ ) ao MAP e SPT, e menor para o FRA mas também semelhante ( $P>0,05$ ) a MAP e SPT

Os coeficientes de digestibilidade aparente intestinal do extrato etéreo foram maiores para os animais suplementados com FRA e semelhantes ( $P>0,05$ ) aos suplementados com SPT e MAP, os suplementados com BIC apresentaram um menor ( $P<0,05$ ) coeficiente de digestibilidade aparente intestinal, mas também semelhante ( $P>0,05$ ) ao MAP.

O coeficiente de digestibilidade aparente total de extrato etéreo foi diferente ( $<0,05$ ) apenas para os animais suplementados com BIC e FRA.

Para ingestão, fluxo duodenal e fecal, desaparecimento ruminal, intestinal e total, e coeficientes de digestibilidade aparente ruminal, intestinal e total dos carboidratos não fibrosos para os animais suplementados com as diferentes fontes de P foram semelhantes ( $P>0,05$ ) para as diferentes fontes de P suplementar utilizada.

Os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT), observado e estimado através dos cálculos de Weiss (1999), e o fósforo plasmático são mostrados na Tabela 5.

Os valores de nutrientes digestíveis totais, tanto observado quanto estimado por Weiss (1999) não apresentaram diferença significativa ( $P>0,05$ ) em relação às diferentes fontes de fósforo utilizadas.



Tabela 6 - Médias, e erro padrão (EP) para os nutrientes digestíveis totais observados (NDTo) e estimados (NDTe) e fósforo plasmático  
 Table 6 – Means and standard error (SE) for total digestible nutrients observed and estimated and plasma phosphorus

	TRATAMENTOS <sup>1</sup>				EP (SE)
	TREATMENTS				
	BIC (DP)	SPT (SP)	MAP (MP)	FRA (AFR)	
NDTo (TND)(%)	59,22	62,17	59,89	61,40	0,48
NDTe (TND)(%)	68,22	68,22	68,22	68,22	0,23
P plasma (mg/dl)	5,97	5,86	5,85	5,80	0,32

<sup>1</sup> BIC= fosfato bicálcico; SPT= superfosfato triplo; MAP= Fosfato monoamônio; FRA= fosfato de rocha de Araxá.

<sup>2</sup> Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

<sup>1</sup> DC= dicalcium phosphate; SP= supertriple phosphate; MP= monoammonium phosphate; ARF= rock phosphate of Araxá.

<sup>2</sup> Means followed by different letters in the row differ ( $P < 0,05$ ) by Tukey test

A concentração plasmática de fósforo não foi influenciada ( $P > 0,05$ ) pela fonte de fósforo utilizada, sendo que todas as fontes foram eficientes em manter níveis adequados de P no plasma, uma vez que todos os valores mantiveram-se dentro dos limites considerados como normais, ou seja, entre 4 e 9 mg/dL (Thompson Jr., 1978).

Ternouth & Sevilla (1990) verificaram a existência de uma correlação entre o fósforo inorgânico do plasma e o consumo de fósforo, em animais mantidos em dietas com níveis de fósforo variando de deficientes a moderados, porém a altos níveis de consumo de fósforo essa relação é perdida.

Silva Filho et al. (2000) encontraram que o teor de P no plasma apresentou uma boa relação com o P ingerido. Convém salientar que somente a concentração de P no plasma não fornece uma indicação do “status” desse elemento no animal (Engles, 1981 e Conrad et al., 1984).

## Conclusões

As diferentes fontes de fósforo não afetaram a ingestão, excreção fecal, digestão e coeficiente de digestibilidade da MS, MO, PB, FDN, CNE e valores de NDT da dieta.

O fosfato de rocha de Araxá apresentou absorção aparente total do P menor que a observada com o fosfato bicálcico e retenção de quantidades elevadas de flúor que podem se tornar tóxicas aos animais alimentados por longos períodos.

O superfosfato triplo e o fosfato monoamônio podem substituir o fosfato bicálcico por apresentarem semelhança na absorção aparente total do fósforo e, seus níveis de F estão dentro do limite para não causar intoxicação.

O fósforo plasmático não foi influenciado pelas diferentes fontes utilizadas e seus níveis estão dentro da normalidade.

## Literatura Citada

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. Technical Committee on Responses to Nutrients. A Reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle. **Nutrition Abstracts and Reviews: Series B Livestock Feeds and Feeding**, Wallingford, v.61, n.9, p.573-612, 1991.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 15 ed. Arlington, V.A., 1990.
- BARCELLOS, J.O.J. O papel de fósforo na nutrição de bovinos de corte. In: DIAZ GONZALEZ, F.H.; OSPINA, H.; BARCELLOS, J.O.J. (Ed) **Nutrição mineral em ruminantes**. 2 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1998, p. 23-72.
- BEN-GHEDALIA, D.; ZAQARI H.; ZOMWELL S.; et al. Solubility and net exchange of calcium, magnesium and phosphorus in digesta flowing along the gut of the sheep. **British Journal of Nutrition**. V.33, p87. 1975.
- 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.
- DeLUCA, H.F. The vitamin D system in the regulation of calcium and phosphorus metabolism. **Nutrition Review**, v.37, n.6, p.161-193. 1979.
- EKELUND, A.; SPÖRNDLY, R.; VALK, H. et al. Influence of feeding various phosphorus source on apparent digestibility of phosphorus in dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v.109, p.95-104, 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.
- FIELD, A.C. Maintenance requirement of phosphorus and absorbability of dietary phosphorus in sheep. **Journal of Agricultural Science**, v.100, p.231-33, 1983.
- FISKE, C. H., SUBBAROW, Y. The colorimetric determination of phosphorus. **Journal of Biological Chemistry**, v.66, p.375, 1925.
- GEORGIEVSKII, V.I. The physiological role of macro-elements. In: GEORGIEVSKII, V.I.; ANNENKOV, B.N.; SAMOKHIN, V.I. **Mineral nutrition of animals.** London: Butterworths, 1982. cap.6, p.91-170.
- LITTLE, D.A., ROBINSON, P. J., PLAYNE, M.J. et al. Factors affecting blood inorganic phosphorus in cattle. **Australian Veterinary Journal**, v.47, p.53, 1971.
- McDOWELL, R. L. **Minerals in animal and human nutrition.** San Diego: Academic Press, 1992, 524 p.
- 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 requeriments of beef cattle.** 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996. 242p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requeriments of beef cattle.** 6 ed. Washington, D.C.: National Academy of Science, 1984. 90p.
- NICODEMO, M.L.F; MORAES, S.S. **Esclarecimentos sobre o uso de fontes alternativas de fósforo para bovinos.** Embrapa Gado de Corte, 2000.
- PARTRIDGE, I.G. Mineral nutrition of the pig. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.39, n.2, p.185-192, 1980.
- PEELER, H.T. Biological availability of nutrients in feeds: availability of major mineral ions. **Journal of Animal Science**, v.35, n.3, p.695-712, 1972

- 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.
- ROSOL,C.; CAPEN, 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.
- 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.
- 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 o fosfato de uréia em bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.1, p.1-6, 1992.
- SILVA FILHO, J.C.; VITTI, D.M.S.S.; CAMPOS NETO, O.; et al. Exigência mínima de fósforo em novilhos da raça nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.9, p.1861-1865, 2000.
- SINGER, L.; ARMSTRONG, W.D. Determination of fluoride in bone with the fluoride eletrode. **Analytical Chemistry**. V.40, p.613-614, 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.
- TERNOUTH, J.H.; SEVILLA, C.L. Dietary calcium and phosphorus repletion in lambs. **Australian Journal of Agricultural Research** v.41, p.413-420, 1990.
- TERNOUTH, J.H; BORTOLUSSI, G.; COATES, D.B. et al. The phosphorus requirements of growing cattle consuming forage diets. **Journal of Agricultural Science**, v.126, p.503, 1996.
- THOMPSON JUNIOR, W.R. Phosphorus in animal nutrition. In: POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE. **Phosphorus for agriculture a situation analysis**. Atlanta, 1978. p.126-158.
- UNDERWOOD E.J. & SUTTLE N.F. 1999. **The Mineral Nutrition of Livestock**. 3<sup>a</sup> ed. CABI Publ. Wallingford. 614 p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. 1997. SAEG – **Sistema de análises estatísticas e genéticas. Versão 7.1** Viçosa, MG. 150p. (Manual do usuário).
- VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Symposium: Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal Dairy Science**, 74: 3583, 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.
- VITTI, D.M.S.S.; LOPES, J.B.; SILVA FILHO, J.C. et al. Phosphorus flow from different phosphate sources in cattle. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, n.2, p.1-7, 2001.
- 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, 1999. p.176-185
- WILLIAMS, C.H., DAVID, D.J. The determination chromic oxide in feces samples by atomic absorption spectrophotometry. **Journal of Animal Science**. V.59, n.1, p.391,1962.

**Avaliação de Diferentes Fontes de Fósforo na Nutrição de Ruminantes:  
Parâmetros Ruminais e Eficiência de Síntese Microbiana**

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes fontes de fósforo, em dietas de bovinos em crescimento, sobre o pH e concentração de amônia ruminal e síntese de proteína microbiana. Foram utilizados quatro bovinos, castrados, da raça Holandesa Preto e Branco, com 280 kg de peso vivo, e implantados com cânula ruminal e duodenal. O delineamento utilizado foi o quadrado latino 4 x 4, onde os tratamentos consistiram da utilização de diferentes fontes de fósforo na dieta: fosfato bicálcico (BIC), superfosfato triplo (SPT), fosfato monoamônio (MAP) e fosfato de rocha de Araxá (FRA). As diferentes fontes não alteraram a ingestão de nitrogênio, eficiência de síntese de proteína microbiana e composição das bactérias ruminais. Os tratamentos não influenciaram o pH ruminal, bem como as concentrações de NH<sub>3</sub>-ruminal. Estes resultados mostram um possível uso do superfosfato triplo, do fosfato monoamônio e do fosfato de rocha de Araxá, em substituição do fosfato bicálcico, por não apresentarem problemas à síntese de proteína microbiana e ao ambiente ruminal.

Palavras chave: fosfato bicálcico, superfosfato triplo, fosfato monoamônio, fosfato de rocha, proteína microbiana, pH ruminal

## **Evaluation of Phosphorus Sources in Ruminant Nutrition: Ruminal Parameters and Microbial Efficiency Synthesis**

**ABSTRACT:** This study was carried out to evaluate the effects of different phosphorus sources on ruminal pH and ammonia, and microbial efficiency synthesis in growing cattle diets. Four Holstein steers with liveweight of 280 kg and implanted with ruminal and duodenal cannulas were used. The experimental design was a 4 x 4 Latin Square and the treatments were four supplemental phosphorus sources: dicalcium phosphate (DP), supertriple phosphate (SP), monoammonium phosphate (MP) and Araxa rock phosphate (ARP). Phosphorus sources did not affect ( $P > .05$ ) ruminal pH and ruminal  $\text{NH}_3$ . Considering ruminal environment and microbial protein synthesis, these results show a possible use of supertriple phosphate, monoammonium phosphate and Araxa rock phosphate as a replacement for dicalcium phosphate. Sources must be evaluated mainly in terms of phosphorus requirements and fluoride intake.

Key words: dicalcium phosphate, supertriple phosphate, monoammonium phosphate, rock phosphate, microbial protein, ruminal pH.

## Introdução

Os ruminantes possuem a habilidade de sobreviver e muitas vezes produzir sem uma fonte extra de proteína na ração em virtude da capacidade que tem de síntese protéica microbiana no rúmen. A célula microbiana que passa do rúmen e é subsequentemente digerida no abomaso e intestino dos ruminantes constitui a principal fonte de proteína para o animal, pois esta constitui um arranjo bem balanceado de aminoácidos essenciais (Forbes & France, 1993).

O fósforo é um mineral essencial ao crescimento microbiano, é um importante constituinte das paredes das células microbianas. Segundo Hall et al. (1961) e Chicco et al. (1965) as taxas máximas de crescimento microbiano são obtidas quando a concentração no meio de incubação está entre 40 e 80 mg P/L. Durand & Kawashima (1980) trabalhando em experimento “in vitro” sugerem que um valor médio de 100 mg/L de fósforo disponível é adequado para as bactérias e para a atividade celulolítica.

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 (Barnard, 1969).

Petri et al. (1988) estudaram a resposta de cabras em lactação tendo ingestões adequadas e deficientes de fósforo. Nos animais com deficiência de fósforo houve aumento do pH ruminal, diminuição nas concentrações do fósforo e da amônia no líquido ruminal, e a taxa de passagem de líquido ruminal não sofreu alteração em relação ao tratamento com ingestão adequada de fósforo.

Komisarczuk et al. (1987) avaliaram os efeitos de diferentes níveis de fósforo na fermentação ruminal “in vitro” utilizando líquido ruminal de ovinos, e verificaram que com a diminuição da concentração de fósforo no meio de cultura ocorreram: a



diminuição de produção de ácidos graxos voláteis totais, o aumento do pH e o aumento da concentração de nitrogênio amoniacal.

A concentração mínima de N-NH<sub>3</sub> necessária para se manter máxima taxa de crescimento microbiano varia em função da fermentabilidade da dieta. Satter & Slyter (1974) e Preston (1986) revelaram que concentrações de amônia inferiores a 5 mg de N-NH<sub>3</sub>/100mL de fluido ruminal limitam a atividade de bactérias celulolíticas do rúmen, diminuindo a síntese microbiana. Normalmente, a concentração de amônia ruminal varia com o tempo decorrido da alimentação, o local de amostragem no rúmen, o balanço entre proteína e energia na dieta, solubilidade e o nível de proteína da ração (Eardman et al., 1986).

Trabalhos de pesquisa indicam que a proteína microbiana responde, em média, por 59% da proteína que chega ao intestino delgado (ID) (Clark et al., 1992), o que denota a importância do estudo dos mecanismos de síntese protéica bacteriana e dos fatores a eles relacionados (Nocek & Russell, 1988).

A quantificação da PB microbiana que chega ao ID pode ser obtida por meio do conhecimento da eficiência de síntese microbiana (Valadares Filho, 1995), definida como a proporção de substrato energético que é fixado como célula microbiana (Dehority, 1995). O NRC (1996) expressa a eficiência de síntese microbiana como produção de proteína bruta microbiana (PBmic), em função dos nutrientes digestíveis totais (NDT) consumidos, e admite o valor médio de 13 g PBmic/100g NDT como boa estimativa.

O abaixamento do pH ruminal ocorre, principalmente, após a ingestão rápida de alimento, no caso de grãos de cereais moídos, por secreção salivar insuficiente para a manutenção do pH entre 6 e 7, e a inadequada estrutura física, para estimular a motilidade ruminal e a ruminação (Ørskov, 1986).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes fontes de fósforo, ou seja, fosfato bicálcico, superfosfato triplo, fosfato monoamônio e fosfato de rocha de Araxá sobre a eficiência de síntese microbiana, pH e amônia ruminal em bovinos.

### **Material e Métodos**

O experimento foi realizado no setor de Avaliação de Alimentos para Animais Ruminantes da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente à Universidade Estadual de Maringá, localizada no distrito de Iguatemi, e as análises químicas foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal (LANA) do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá (DZO) no período de novembro de 2004 a fevereiro de 2006.

Foram utilizados quatro bovinos, machos, castrados, da raça Holandesa Preto e Branco, com 280 kg de peso vivo médio. Os animais foram implantados com cânulas ruminal e duodenal (tipo T-simples).

Os animais permaneceram numa instalação totalmente coberta com piso concretado, em baias individuais com 8,75 m<sup>2</sup> de área útil. As baias eram providas de comedouros de polietileno individuais e bebedouros automáticos, um para cada duas baias.

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, pela manhã às 8 horas e 30 minutos e à tarde às 16 horas e 30 minutos, receberam água à vontade. Foi mantido um manejo higiênico/sanitário rigoroso dos animais e das instalações. As baias eram lavadas três vezes por semana, sendo limpas todos os dias e os bebedouros também

lavados diariamente, assegurando assim, o fornecimento de água de boa qualidade. As cânuas eram lavadas diariamente para garantir a higiene dos animais. Os animais foram pesados no início de cada período experimental, com o objetivo de ajustar o consumo de matéria seca.

Os períodos experimentais tiveram a duração de 21 dias, com cinco dias de coleta de amostras (digesta, fezes e sangue) realizadas no período compreendido entre o 17<sup>o</sup> e 21<sup>o</sup> dias.

Os alimentos utilizados na composição das dietas experimentais foram: silagem de milho, casca de soja, casca de algodão, uréia e suplemento mineral sem fósforo. A composição química dos alimentos é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição química dos alimentos

Table 1 – Chemical composition of feeds

Alimentos (Feeds)	PB (CP)	NDT (TDN)	CNF (NFC)	EE (EE)	FDN (NDF)	Ca (Ca)	P (P)	F (F)
Silagem de Milho (%) (Corn Silage)	10,42	65	19,6	2,36	61,30	0,17	0,16	
Casca de Soja (%) (Soybean Hulls)	13,87	80	5,38	1,50	72,54	0,47	0,10	
Casca de Algodão (%) (Cotton Seed Hulls)	5,23	45	1,62	1,54	89,05	0,08	0,05	
Uréia (%) (Urea)	280	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fosfato Bicálcico (%) (Dicalcium Phosphate)						23,98	18,00	0,14
Superfosfato Triplo (%)(Supertriple phosphate)						14,00	21,90	0,50
Fosfato Monoamônio (%) (Monoammonium Phosphate)						1,73	24,00	0,68
Fosfato de Rocha de Araxá (%) (Araxa Rock Phosphate)						24,61	10,60	1,02
Suplemento Mineral (%) <sup>1</sup> (Mineral Supplement)						10,00	0,00	0,00

<sup>1</sup> Composição do suplemento mineral: 1,2% de S; 1,2% de Mg; 10% de Na; 10% de Ca; 30 ppm de Co; 800 ppm de Cu; 50 ppm de I; 1200 ppm de Mn; 12 ppm de Se; 3200 ppm de Zn.

<sup>1</sup> Composition of the mineral supplement: 1.2% of S; 1.2% of Mg; 10% of Na; 10% of Ca; 30 ppm of Co; 800 ppm of Cu; 50 ppm of I; 1.200 ppm of Mn; 12 ppm of Se; 3.200 ppm of Zn..

As dietas (Tabela 2) foram calculadas para atender 1,5 vezes a exigência de energia líquida de manutenção (NRC, 1996), permitindo um ganho de peso vivo de 0,5 kg/dia, e os tratamentos avaliados foram: fosfato bicálcico (BIC); superfosfato triplo (SPT); monoamônio fosfato (MAP) e fosfato de rocha de Araxá (FRA). As fontes de fósforo foram colocadas diretamente no rúmen na alimentação da manhã e forneciam 8g de P (0,12% na MS da dieta total), representando 60% do P total. A quantidade fornecida de MS/dia foi de 2,5% do peso vivo (PV).

Tabela 2 – Composição percentual e química das dietas experimentais (% MS)

Table 2 – Percentual and chemical composition of the experimental diets (%DM)

Alimentos ( <i>Feeds</i> )	% MS						
Silagem de Milho (%) ( <i>Corn Silage</i> )	16,38						
Casca de Soja (%) ( <i>Soybean Hulls</i> )	34,45						
Casca de Algodão (%) ( <i>Cotton Seed Hulls</i> )	47,40						
Uréia (%) ( <i>Urea</i> )	1,17						
Suplemento Mineral (%) ( <i>Mineral Supplement</i> )	0,60						
Dietas Experimentais (%) <sup>1</sup>	PB ( <i>CP</i> )	NDT ( <i>TDN</i> )	CNF ( <i>NFC</i> )	EE ( <i>EE</i> )	FDN ( <i>NDF</i> )	Ca ( <i>Ca</i> )	P ( <i>P</i> )
BIC ( <i>DP</i> )	12,24	59,54	5,83	1,63	77,24	0,38	0,20 <sup>2</sup>
SPT ( <i>SP</i> )	12,24	59,54	5,83	1,63	77,24	0,30	0,20
MAP ( <i>MP</i> )	12,24	59,54	5,83	1,63	77,24	0,23	0,20
FRA ( <i>ARF</i> )	12,24	59,54	5,83	1,63	77,24	0,49	0,20

<sup>1</sup> BIC= fosfato bicálcico; SPT= superfosfato triplo; MAP= Fosfato monoamônio; FRA= fosfato de rocha de Araxá.

<sup>2</sup> Fósforo contido nos alimentos, mais o fósforo das fontes suplementares

<sup>1</sup> *DP= dicalcium phosphate; SP= supertriple phosphate; MP= monoammonium phosphate; ARF= rock phosphate of Araxá.*

<sup>2</sup> *Feed phosphorus more phosphorus from supplemental sources*

Para determinar o pH e a concentração de amônia no líquido ruminal, foram coletadas amostras do fluido ruminal (aproximadamente 100mL) no 21<sup>o</sup> dia, via cânula ruminal, nos tempos 0, 2, 4, 6 e 8 horas após o fornecimento da primeira alimentação do dia. O tempo 0 corresponde à amostra coletada imediatamente antes da primeira

refeição (8 horas e 30 minutos), e o tempo 8, imediatamente antes do fornecimento da segunda refeição (16 horas e 30 minutos).

O pH foi medido imediatamente após a coleta com auxílio de um peagâmetro digital e posteriormente 50 mL de líquido ruminal foram acidificados com 1 mL de ácido sulfúrico (1:1) e armazenado à -20° C, para posterior análise de amônia. A concentração de amônia das amostras de líquido ruminal foi determinada pela técnica de Fenner (1965) modificada por Vieira (1980).

Para determinação da eficiência de síntese microbiana, foram coletados 1,5 kg de conteúdo ruminal no último dia de cada período e misturados à 500 mL de solução salina a uma concentração de 0,9% (NaCl). A mistura foi homogeneizada em liquidificador, coada em fralda de algodão dobrada quatro vezes e, o filtrado, armazenado à -20° C para ser processado de acordo com Cecava et al. (1990). Foram realizadas 12 coletas de digesta duodenal, sendo, três coletas por dia, com aproximadamente 300 mL cada, armazenadas a -20° C, posteriormente essas amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar à 55° C por 96 horas e moidas em moinho tipo faca, utilizando peneira de crivo 1mm.

A concentração de purinas nas bactérias do rúmen e na digesta duodenal foi determinada pelo procedimento descrito por Ushida et al. (1985), com algumas modificações propostas por Bohnert et al. (1998), que são: 1) 15 minutos após o início da primeira incubação, os tubos serão retirados do banho-maria e agitados, voltando para o banho-maria para terminar o período de incubação restante; 2) a segunda incubação será aumentada para 30 minutos; 3) o pélete será lavado com 10 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,005N)/ AgNO<sub>3</sub> (0,005M); 4) a incubação final será aumentada para 45 minutos.

O fluxo total de N microbiano para o duodeno (g/dia) foi estimado pela divisão da razão N bacteriano no rúmen : purinas no rumen pela razão N duodeno : purinas digesta duodenal e multiplicando este quociente pelo fluxo total individual de N. A eficiência de síntese microbiana foi também expressa em g de N microbiano/kg de matéria orgânica (MO), aparente e verdadeira, fermentada no rúmen que, por sua vez, será calculada pela fórmula:

$$\text{Efic. Sint. Mic. (g N/kg de MO)} = \text{N Mic (g/dia)} / \text{MODR (kg/dia)}$$

O experimento foi conduzido em delineamento experimental quadrado latino 4 x 4, onde foram avaliados quatro tratamentos. Os dados foram interpretados por uma análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey adotando-se 5% de probabilidade, para realizar estas análises foi utilizado o programa computacional SAEG – UFV (1997).

O modelo matemático utilizado para a análise de variância foi:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + T_k + e_{ijk}, \text{ onde:}$$

$\mu$  = média dos tratamentos;

$A_i$  = efeito do animal i, variando de 1 a 4;

$P_j$  = efeito do período j, variando de 1 a 4;

$T_k$  = efeito do tratamento k, variando de 1 a 4;

$e_{ijk}$  = erro aleatório

## **Resultados e Discussão**

Os resultados referentes à ingestão, fluxo duodenal, digestão ruminal e coeficiente de digestibilidade do nitrogênio (N), fluxo duodenal de N bacteriano, fluxo duodenal de

N não bacteriano, eficiência de síntese microbiana aparente e eficiência de síntese microbiana verdadeira são mostradas na Tabela 3.

A ingestão de N não foi afetada ( $P>0,05$ ) pelas diferentes fontes de fósforo, podendo ser explicada pelas rações experimentais que eram isonitrogenadas e o nível de ingestão foi pré definido.

O fluxo duodenal de N, a digestão ruminal do N e o coeficiente de digestibilidade ruminal não apresentaram diferenças ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos.

O fluxo duodenal de N bacteriano e o fluxo duodenal de N não bacteriano não apresentaram diferença significativa ( $P>0,05$ ), isto mostra que as diferentes fontes de fósforo não afetam a produção de N bacteriano no rumem.

As diferentes fontes de fósforo não afetaram ( $P>0,05$ ) a eficiência de síntese microbiana aparente e verdadeira. Segundo Komisarczuk et al. (1987), a síntese microbiana é afetada somente quando há uma deficiência na suplementação do fósforo.

As diferentes fontes de P não influenciaram ( $P>0,05$ ) a eficiência de síntese microbiana aparente que variou de 31,20 a 34,36 gN bac/kg de MODR (gramas de nitrogênio bacteriano por quilograma de matéria orgânica degradada no rúmen) e o valor médio foi de 33,93 gN bac/kg de MODR. Este valor se encontra dentro da faixa de valores revisados por Valadares Filho (1995), a partir de trabalhos nacionais, onde a variação da eficiência de síntese microbiana aparente foi de 25,65 a 38,50 gN bac/kg de MODR e o valor médio de 33,40 gN bac/kg de MODR. A eficiência de síntese microbiana verdadeira variou de 20,53 a 22,14 gN bac/kg de MODR apresentando uma média de 21,51 gN bac/kg de MODR, e também não foi influenciado ( $P>0,05$ ) pela fonte de P. Os resultados de eficiência de síntese de proteína microbina podem ser explicados pelos dados encontrados no experimento 1, onde, não foram encontradas diferenças na digestão e digestibilidade ruminal da matéria seca, matéria orgânica,

proteína bruta, fibra em detergente neutro, carboidratos não fibrosos, extrato etéreo e nem para o desaparecimento ruminal e absorção aparente ruminal de Ca e P.

Tabela 3 – Ingestão média diária (ING), fluxo duodenal (FD), digestão ruminal (DR), coeficiente de digestibilidade aparente ruminal (CDAR) do nitrogênio, fluxo duodenal de nitrogênio bacteriano (FDNB), fluxo duodenal de nitrogênio não bacteriano (FDNNB), eficiência de síntese microbiana aparente (EMA), eficiência de síntese microbiana verdadeira (EMV) e erro padrão (EP)

Table 3 – Average daily intake (INT) duodenal flow (DF), ruminal digestion (RD), coefficient of apparent ruminal digestibility (CARD) of nitrogen, duodenal flow of bacterial nitrogen (DFBN), duodenal flow of non bacterial nitrogen (DFNBN), apparent microbial efficiency (AME), true microbial efficiency (TME) and standard error (SE)

	TRATAMENTOS <sup>1</sup>				EP(SE)
	TREATMENTS				
	BIC (DP)	SPT (SP)	MAP (MP)	FRA (ARP)	
ING (INT) (g/dia)	136,01	135,98	134,01	136,02	4,89
FD (DF) (g/dia)	116,34	114,60	89,59	94,26	8,34
DR (RD) (g/dia)	39,67	25,86	44,43	25,76	5,17
CDAR (CARD) (%)	29,17	19,02	33,15	18,94	3,43
FDNB (DFBN) (g/dia)	72,18	80,52	74,04	70,16	3,83
FDNNB (DFNBN) (g/dia)	44,16	34,08	15,54	24,10	8,77
EMA (AME) (g N/kg MODR)	34,36	34,14	32,49	31,20	4,07
EMV (TMV) (g N/kg MODR)	22,14	21,89	21,48	20,53	1,74

<sup>1</sup> BIC= fosfato bicálcico; SPT= superfosfato triplo; MAP= Fosfato monoamônio; FRA= fosfato de rocha de Araxá.

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey

<sup>1</sup> DP= dicalcium phosphate; SP= supertriple phosphate; MP= monoammonium phosphate; ARP= rock phosphate of Araxá.

Means followed by different letters in the row differ (P<0,05) by Tukey test

A composição bacteriana é mostrada na Tabela 4. A determinação da composição das bactérias ruminais é importante, pois as dietas são formuladas para que os aminoácidos que escapam da degradação ruminal completem os aminoácidos bacterianos, trabalhos de pesquisa indicam que a proteína microbiana responde, em média, por 59% da proteína que chega ao intestino delgado (Clark et al., 1992).

As diferentes fontes de P não afetaram (P>0,05) os teores de MS, MO e N bacteriano. Os valores de MS encontrados variando de 90,24 a 93,03% e estão dentro da faixa de variação dos valores citados por Valadares Filho (1995) que são de 81,10 a 95,7%.



O valor médio de MO encontrado, 85,65%, está próximo ao obtido por Valadares Filho (1995) numa média de 10 experimentos (84,6%) e pouco acima do encontrado por Clark et al. (1992) que foi de 77,5%.

O valor encontrado para N (5,94%) está abaixo dos encontrados Clark et al. (1992) que teve uma média de 7,71%, porém estão próximos dos encontrados por Guimarães et al. (2001) que variaram de 5,8 a 6,2% e dentro da variação encontrada por Valadares Filho (1995) que é de 5,2 a 8,7% e Van Soest (1994), que é de 5,0 a 12,4%.

Tabela 4 – Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e nitrogênio (N) das bactérias ruminais

Table 4 – Levels of dry matter (DM), organic matter (OM) and nitrogen (N) of mixed ruminal bacteria

	TRATAMENTOS <sup>1</sup>				EP (SE)
	(TREATMENTS)				
	BIC (DP)	SPT (SP)	MAP (MP)	FRA (ARP)	
MS (DM)(%)	90,24	93,03	90,96	92,19	0,75
MO (OM)(%)	78,43	87,70	89,42	87,04	1,96
N (N) (%)	6,07	5,83	6,26	5,61	0,19

<sup>1</sup> BIC= fosfato bicálcico; SPT= superfosfato triplo; MAP= Fosfato monoamônio; FRA= fosfato de rocha de Araxá.

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey

<sup>1</sup> DP= dicalcium phosphate; SP= supertriple phosphate; MP= monoammonium phosphate; ARP= rock phosphate of Araxá.

Means followed by different letters in the row differ (P<0,05) by Tukey test

Segundo Valadares Filho (1995) essa grande variação encontrada na composição das bactérias ruminais, pode ser causada pela contaminação com a solução salina, durante o processo de isolamento das bactérias.

As equações de regressão obtidas ao se relacionar o pH e as concentrações de amônia ruminal com os tempos de alimentação, nas diferentes fontes de fósforo são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5 – Equações de regressão para pH e amônia ruminal em função do tempo de coleta

*Table 5 – Regression equations of pH and N-NH<sub>3</sub> as function of sampling time*

ITEM	REGRESSÃO	r <sup>2</sup>
<i>ITEM</i>	<i>REGRESSION</i>	
pH	$Y = 8,93 - 0,38X + 0,015X^2$	0,17
N-NH <sub>3</sub>	$Y = 36,91 + 0,063X - 0,009X^2$	0,41

As diferentes fontes de fósforo não influenciaram ( $P>0,05$ ) os valores de pH, porém os valores de pH ruminal apresentaram um efeito quadrático ( $P<0,05$ ) para os tempos de coleta (Figura 1). Vale destacar que as equações de regressão obtidas apresentam um coeficiente de determinação ( $r^2$ ) baixo, comprometendo a validação das mesmas, pois estas curvas apresentam grande variação nos seus dados.

O pH variou de 6,12 a 6,86, mas apesar disto observou-se características individuais para cada tratamento. As fontes BIC e SPT apresentaram um menor pH após 6 horas após a alimentação já para MAP e FRA esse menor pH foi obtido após 4 horas da, sugerindo que estas fontes podem ter uma liberação diferente de fósforo ao longo do processo de fermentação. Os valores mínimos para BIC, SPT, MAP e FRA foram 6,43; 6,52; 6,12 e 6,24, respectivamente. Este decréscimo no pH é resultante do intenso processo de fermentação e ao conseqüente aumento dos ácidos graxos voláteis (AGV) (Ørskov, 1988). Com exceção do MAP, todos os valores mínimos de pH mantiveram-se acima de 6,2, considerado por Ørskov (1988) e Hoover (1986) como limite mínimo de pH para adequada fermentação da fibra por não prejudicar os microrganismos celulolíticos.

A diminuição do pH reduz a degradabilidade de proteína, celulose, hemicelulose e pectina, embora seus efeitos sejam menores sobre a digestão do amido. Redução do pH de 6,5 para 5,5 diminuiu a eficiência de síntese microbiana (Hoover & Stokes, 1991).

Os valores encontrados estão dentro da faixa encontrada por Cardoso et al. (2000), trabalhando com diferentes níveis de concentrado, que variaram de 5,76 a 6,83.

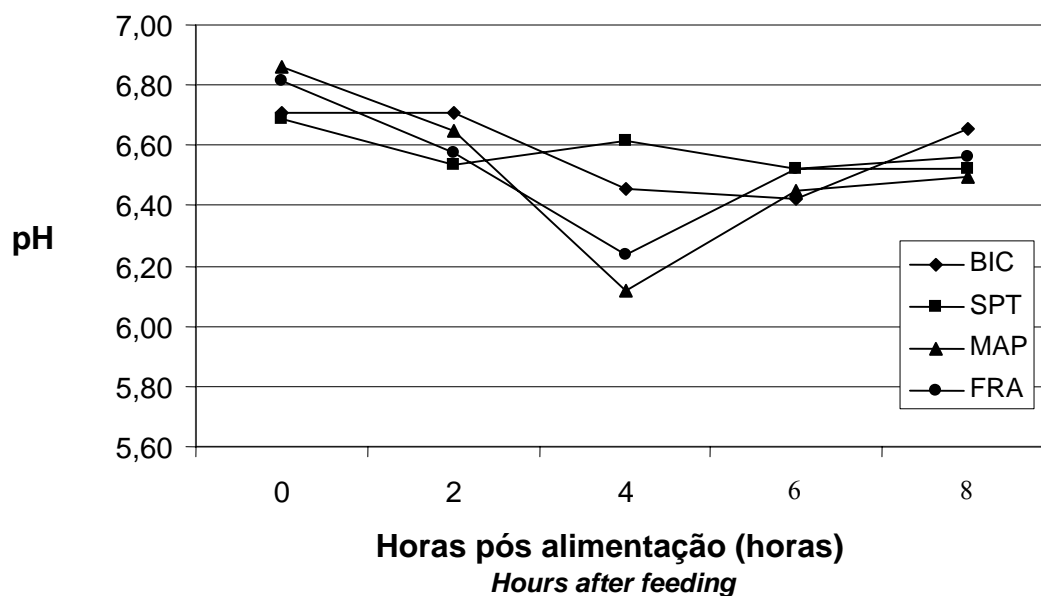


Figura 1 – Variação do pH ruminal durante o período de 8 horas  
 Figure 1 – pH variation over an 8 hours period

A Figura 2 mostra as concentrações de amônia obtida nos quatro tratamentos durante o período de 8 horas. Não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre as fontes de fósforo para esta variável, que mostrou um comportamento quadrático em relação ao tempo de amostragem.

Os valores de amônia ruminal se mantiveram entre 5,44 e 47,91 mg/100 mL de líquido ruminal. Os maiores valores foram encontrados duas horas após a alimentação e os menores valores imediatamente antes das alimentações (8 horas e 30 minutos e 16horas e 30 minutos).

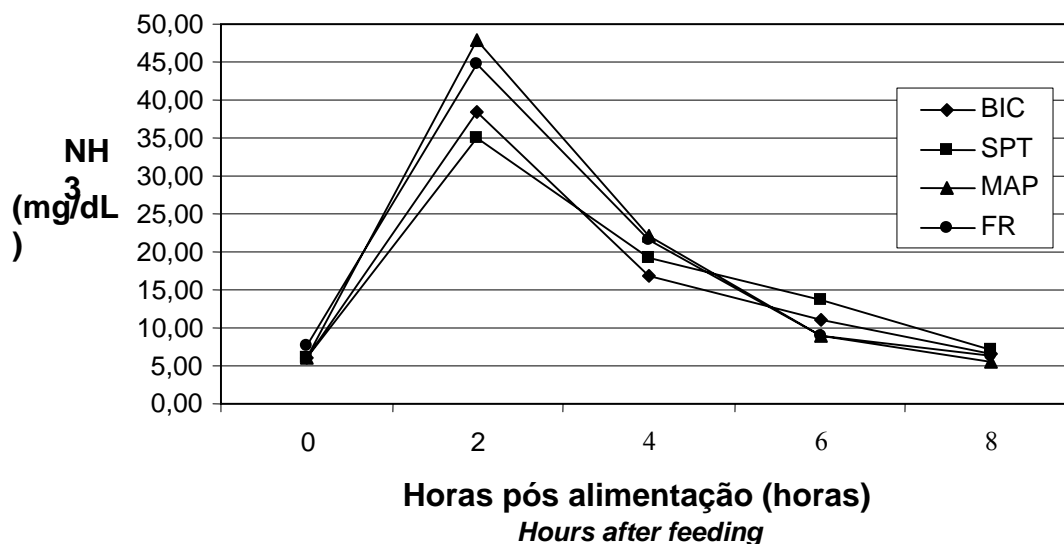


Figura 2 – Variação da concentração de amônia ruminal durante o período de 8 horas

*Figure 2 – N-NH<sub>3</sub> concentration variation over an 8 hours period*

As concentrações de amônia ruminal foram suficientes para suportar o crescimento bacteriano, conforme valores mínimos citados por Satter & Roffler (1975) e Kang-Merzharich & Broderick (1981), de 3,3 a 8,5 mg/dL.

A concentração de amônia ruminal nos diferentes tratamentos do presente estudo ficaram sempre acima do valor de 5 mg/dL recomendado por Satter & Slyter (1974), para o máximo crescimento microbiano e alguns horários ficaram dentro da faixa recomendada por Leng & Nolan (1984) que sugere uma média de 15 a 20 mg/dL de amônia no líquido de rúmen, como o requerimento de amônia para os microorganismos ruminais.

Uma possível explicação para o fato de não ter ocorrido diferença entre os tratamentos, tanto para pH, quanto para amônia, pode ser encontrada nos resultados do experimento 1 onde, não foram observadas diferenças na digestão e digestibilidade ruminal da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro, carboidratos não fibrosos, extrato etéreo e nem para o desaparecimento ruminal e absorção aparente ruminal de Ca e P.

## Conclusões

As fontes de fósforo não apresentaram diferenças em relação aos valores de pH e concentração de amônia ruminal, e os valores de pH e concentração de amônia do líquido ruminal, mostraram comportamento quadrático em relação ao tempo após a alimentação.

Os parâmetros referentes a eficiência de síntese microbiana não foram afetados pelas diferentes fontes de fósforo utilizadas nas dietas.

## Literatura Citada

- BARNARD, E.A. Biological functions of pancreatic ribo-nuclease. **Nature**, v.221, p.340-344, 1969.
- BOHNERT, D.W., LARSON, B.I., BAUER, M.L. et al. Nutritional Evaluation of poultry by-product meal as a protein source for ruminants: Effects on performance and nutrient flow and disappearance in steers. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2474-2484, 1998.
- CARDOSO, R.C; VALADARES FILHO, S.C; SILVA, J.F.C. et al. Síntese microbiana, pH e concentração de amônia ruminal e balanço de compostos nitrogenados, em novilhos fl limousin x nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.844-1852, 2000.
- CECAVA, M.J., MERCHEN, N.R., GAY, L.C. et al. Composition of ruminal bacteria harvested from steers as influenced by dietary energy level, feeding frequency and isolation techniques. **Journal of Dairy Science**, 73(9):2480-2488. 1990.
- CHICCO, C.F.; AMMERMAN C.B.; MOORE J.E. et al. Utilization of inorganic ortho-, meta-, and pyrophosphates by lambs and by cellulolytic rumen micro-organisms *in vitro*. **Journal Animal Science**, v.24, p.355-363, 1965.
- CLARK, J.H., KLUSMEYER, T.H., CAMERON, M.R. Microbial protein syntesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 75, p.2304-2323, 1992.

- DEHORITY, B.A. Methodology for measuring microbial growth in the rumen. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. **Anais...**Viçosa: DZO, 1995, p.121-138.
- DURAND, M.; KAWASHIMA, R. Influence of minerals in rumen microbial digestion. In: RUCKSBUSH, Y.; THIVEND, P. (Eds.) **Digestive physiology and metabolism in ruminants**. Lancaster: MTP Press, 1980. p.375-408.
- EARDMAN, R.A., PROCTOR, G.H., VANDERSALL, J.H. Effect of rumen ammonia concentration on "in situ" rate and extent of digestion of foodstuffs. **Journal of Dairy Science**, v.29, n.9, p.2312-2320, 1986.
- FENNER, H. Method for determining total volatile bases in rumen fluid by steam distillation. **Journal of Dairy Science**, v.48, n.2, p.249-251, 1965.
- FORBES, J.M.; FRANCE, J. **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Wallingford, C.A.B. International, 1993. 515 p.
- GUIMARÃES, K.C.; BRANCO, A.F.; ZEOULA, L.M. et al. Efeito do período experimental sobre a fermentação ruminal e eficiência de síntese microbiana em bovinos alimentados com dois níveis de volumosos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.880-887, 2001.
- HALL, O.G.; BAXTER, H.D.; HOBBS, C.S. Effect of phosphorus in different chemical forms on *in vitro* cellulose digestion by rumen microorganisms. **Journal of Animal Science**. v.20, p.817-819, 1961.
- HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, v.69, n.10, p.2755-2766, 1986.
- HOOVER, W.H., STOKES, S.R.. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, v.74. p.3630-3644, 1991.
- KANG-MERZNARICH, J.H.; BRODERICK, G.A. Effects of incremental urea supplementation on ruminal ammonia concentration and bacterial protein formation. **Journal of Animal Science**, v.51, n.2, p.422-431. 1981.
- KOMISAECZUK, S; MERRY, R.J.; McALLAN, A.B. Effect of different levels of phosphorus on rumen microbial fermentation and synthesis determined using a continuous culture technique. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.57, p.279-290, 1987.
- LENG, R.A.; NOLAN, J.V. Nitrogen metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.5, p.1072-1089, 1984.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996. 242p.

- NOCEK, J.E., RUSSELL, J.B.. Protein and energy as na integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.2070-2107, 1988
- ØRSKOV, E.R. **Nutricion proteica de los ruminantes**. Zaragoza: Acribia, 1988. 178p.
- ØRSKOV, E.R. Starch digestion and utilization in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.63, n.5, p.1624-1633. 1986
- PETRI, A.; MUˆSCHEN, H.; BREVES, G. et al. Response of lactating goats to low phosphorus intake 2. Nitrogen transfer from the rumen ammonia to rumen microbes and proportion of milk protein derived from microbial amino acids. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.111, p.265–271, 1988.
- PRESTON, T.R. **Better utilization of crop residues and by products in animal feeding: research guidelines 2. A practical manual for research workers**. S.1. Food and Agriculture Organization of the United States Nations. 1986.154p.
- SATTER, L.D., ROFFLER, R.E. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.58, n.8, p.1219-1237, 1975.
- SATTER, L.D., SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial production in vitro. **British Journal of Nutrition**, v.32, n.2, p.199-208, 1974.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. 1997. SAEG – **Sistema de análises estatísticas e genéticas. Versão7.1** Viçosa, MG. 150p. (Manual do usuário).
- USHIDA, K., LASSALAS, B., JOUANK, J.P. Determination of assay parameters for RNA analysis in bacterial and duodenal samples by spectrophotometry. Influence of sample treatment and preservation. **Reproduction, Nutrition, Development**, v.25, p.1037-1044. 1985.
- VALADARES FILHO, S.C. Eficiência de síntese de proteína microbiana, degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína bruta, em bovinos. In: ANAIS DO SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO, 1995. p.355-388.
- VAN SOEST, P.J.. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Constock Publishing Associates. 1994. 476p.
- VIEIRA, P.F. **Efeito do formaldeído na proteção de proteínas e lipídios em rações para ruminantes**. Viçosa, MG: UFV, 1980. 98p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1980.

## CONCLUSÕES GERAIS

As diferentes fontes de fósforo não apresentaram diferenças para os parâmetros de fermentação ruminal, eficiência de síntese microbiana, a concentração de fósforo no plasma e as digestibilidades aparentes parciais e totais dos nutrientes. Entretanto, a absorção aparente do fósforo do fosfato de rocha de Araxá foi menor se comparada com o fosfato bicálcico e, seus níveis de flúor estão acima do recomendado para bovinos, podendo causar intoxicação se utilizado por longos períodos.

O superfosfato triplo e fosfato monoamônio foram semelhantes ao fosfato bicálcico na absorção aparente do fósforo e apresentaram níveis de flúor superiores ao fosfato bicálcico, mas esses valores estão dentro do limite máximo para ruminantes.

Esses resultados mostram que o superfosfato triplo e o fosfato monoamônio podem ser usados em substituição ao fosfato bicálcico, como fontes alternativas de fósforo, já para o fosfato de rocha de Araxá sua utilização pode comprometer o atendimento das exigências de P e ainda produzir um quadro de fluorose se utilizado por períodos prolongados.