

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DIFERENTES PROPORÇÕES DE FOSFATO BICÁLCICO E FOSFATO DE ROCHA EM DIETA DE BOVINOS

Autora: Sabrina Marcantonio Coneglian
Orientador: 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
Janeiro – 2006



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DIFERENTES PROPORÇÕES DE FOSFATO BICÁLCICO E FOSFATO DE ROCHA EM DIETA DE BOVINOS

Autora: Sabrina Marcantonio Coneglian
Orientador: Prof. Dr. Antonio Ferriani Branco

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 16 de fevereiro de 2006.

Prof. Dr. Carlos Eduardo Furtado

Dr.ª Maria Luiza Franceschi
Nicodemo

Prof. Dr. Antonio Ferriani Branco
(Orientador)

“ PEDRAS NO CAMINHO???

GUARDO TODAS....UM DIA CONSTRUIREI

UM CASTELO !!!”

(Fernando Pessoa)

Ao meus pais,

Sidney Coneglian e Ieda Ap. Marcantonio Coneglian,
pelo amor, apoio e dedicação

Às minhas irmãs,

Samanta e Mariana,
pelos conselhos e amizade sincera

Ao meu namorado,

Marcelo Fracaro,
por fazer da minha vida ainda mais feliz

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre me guiar;

Ao Prof. Antonio Ferriani Branco, pela extraordinária orientação nestes 5 anos de convivência, pela amizade, pelos conselhos sinceros, pela confiança depositada e por ser pra mim um exemplo de honestidade e integridade;

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, pelo ensinamentos que permanecerão comigo, por toda a vida;

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos;

Ao Julio, Vanessa Favaro Ruiz, Daniel, Vanessa Magalhães, Gustavo, Fernanda Fereli, Fernanda Granzoto, Silvana, Roman, Bruna e William pela amizade, companheirismo e ajuda, sem as quais não seria possível a realização deste trabalho;

À Sandra e Daniele, pelos 6 anos de convivência e por serem minhas fiéis amigas;

Aos queridos amigos que faz cada dia ser especial, que compartilham todas as etapas de minha vida, em especial, Lílian, Ricardo, Valter, Zé Augusto e Ederval;

Aos funcionários da FEI, Wilson e Ezupério, aos funcionários do laboratório de análise de alimentos, Dilma, Cleusa e Creuza, aos funcionários da secretaria do PPZ, Val e Denílson;

A minha querida família e ao meu namorado, pelo incentivo para continuar a minha caminhada e pelo imenso amor;

Enfim, a todos que direta, ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

SABRINA MARCANTONIO CONEGLIAN, filha de Sidney Coneglian e Ieda Aparecida Marcantonio Coneglian, nasceu em Santo André, estado de São Paulo, no dia 16 de julho de 1981.

Em Dezembro de 2003, concluiu o Curso de Graduação em Zootecnia, pela Universidade Estadual de Maringá.

Em Março de 2004, iniciou-se no 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 16 de fevereiro de 2006, submeteu-se à banca examinadora para a defesa da Dissertação de Mestrado.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
I – INTRODUÇÃO	01
Literatura Citada	12
II - OBJETIVOS GERAIS	17
III-FOSFATO DE ROCHA COMO SUBSTITUTO DO FOSFATO BICÁLCICO EM DIETA DE BOVINOS: DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES E PARÂMETROS PLASMÁTICOS	18
Resumo	18
Abstract	19
Introdução	20
Material e Métodos	23
Resultados e Discussão	29
Conclusões	41
Literatura Citada	42
IV- FOSFATO DE ROCHA COMO SUBSTITUTO DO FOSFATO BICÁLCICO EM DIETA DE BOVINOS: FERMENTAÇÃO RUMINAL E EFICIÊNCIA DE SÍNTESE MICROBIANA	46
Resumo	46
Abstract	47
Introdução	48
Material e Métodos	50
Resultados e Discussão	55
Conclusões	64
Literatura Citada	65
V – CONCLUSÕES FINAIS	68

ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS

	Página
FOSFATO DE ROCHA COMO SUBSTITUTO DO FOSFATO BICÁLCICO EM DIETA DE BOVINOS: DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES E PARÂMETROS PLASMÁTICOS	
TABELA 1- Composição química dos alimentos experimentais	25
TABELA 2- Composição centesimal e química das dietas experimentais	25
TABELA 3- Médias, equações de regressão, coeficientes de determinação (r^2) 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	30
TABELA 4- Médias, equações de regressão, coeficientes de determinação (r^2) 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	36
TABELA 5 - Médias, equações de regressão, coeficientes de determinação (r^2) 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	38
TABELA 6- Médias, equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2) e erro padrão (EP) para os nutrientes digestíveis totais calculados (NDTc) e estimados (NDTe) e parâmetros plasmáticos	39

FOSFATO DE ROCHA COMO SUBSTITUTO DO FOSFATO BICÁLCICO EM DIETA DE BOVINOS: FERMENTAÇÃO RUMINAL E EFICIÊNCIA DE SÍNTESE MICROBIANA

TABELA 1- Composição química dos alimentos experimentais	52
TABELA 2- Composição centesimal e química das dietas experimentais	52
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 microbiana aparente (EMA), eficiência microbiana verdadeira (EMV), equações de regressão (r^2) e erro padrão (EP)	57
TABELA 4- Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e nitrogênio (N) das bactérias ruminais	58
TABELA 5- Equações de regressão para pH e amônia ruminal em função do tempo de coleta	59
FIGURA 1- Variação do pH durante o período de 8 horas	61
FIGURA 2- Variação da concentração de amônia ruminal durante um período de 8 horas	62

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da substituição do fosfato bicálcico pelo fosfato de rocha de Araxá, em dietas de bovinos em crescimento, sobre o coeficiente de digestibilidade aparente total e parcial dos nutrientes, parâmetros ruminais, eficiência microbiana e parâmetros plasmáticos. Foram utilizados cinco bovinos, castrados, da raça Holandês, Preto e Branco, castrados, 18 meses de idade e 280 kg de peso vivo, portadores de cânula ruminal. O delineamento utilizado foi o quadrado latino 5 x 5, onde os tratamentos consistiram em níveis de 0, 25, 50, 75 e 100% de substituição do fosfato bicálcico pelo fosfato de rocha de Araxá no suplemento mineral. Houve diminuição ($P < 0,05$) na absorção aparente intestinal e total do fósforo (P), aumento linear na ingestão, fluxo duodenal, fluxo fecal e desaparecimento total do flúor (F), além de decréscimo ($P < 0,05$) na absorção aparente do flúor com a inclusão do fosfato de rocha de Araxá. Os tratamentos não influenciaram ($P > 0,05$) o desaparecimento e absorção aparente do cálcio (Ca) e os parâmetros da digestão de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), extrato etéreo (EE), e carboidratos não estruturais (CNE), além dos nutrientes digestíveis totais (NDT). A inclusão do fosfato de rocha de Araxá não alterou ($P > 0,05$) o fósforo plasmático, bem como a ingestão de nitrogênio, eficiência microbiana e composição das bactérias ruminais. Os tratamentos não influenciaram ($P > 0,05$) o pH ruminal, bem como as concentrações de NH_3 -ruminal, sendo que em todos os tratamentos estes parâmetros apresentaram um efeito quadrático ($P < 0,05$). Estes resultados mostraram um possível uso de fosfato de rocha em dietas de bovinos em crescimento em substituição ao fosfato bicálcico sem prejuízos para os parâmetros de

fermentação e digestão, no entanto, as exigências de fósforo devem ser consideradas porque a absorção aparente de fósforo é afetada.

Palavras chaves: bovinos, flúor, fosfato de rocha, fosfato bicálcico, fósforo

ABSTRACT

The objectives of this work were to evaluate the effects of replacing dicalcium phosphate (DP) by rock phosphate of Araxa (RPA), in growing steer diets, over disappearance and apparent absorption of phosphorus (P), calcium (Ca) and fluoride (F), and partial and total nutrient apparent digestibility, ruminal parameters, microbial efficiency and plasma parameters. Were used five Holstein steers eighteen month old, weighting 280 kg, implanted with ruminal cannula. Statistical design was a 4x4 Latin square, were treatments consisted of 0, 25, 50, 75 and 100% replacement of DP by RPA on mineral supplement placed into the rumen through ruminal cannula. Replacement of DP by RPA showed a linear decrease ($P < .05$) in total disappearance and intestinal and total apparent absorption of P, a linear decrease ($P < .05$) in intake, duodenal flow, fecal flow and disappearance of F, and a linear decrease ($P < .05$) of ruminal, intestinal and total apparent absorption of F. Treatments did not affect ($P > .05$) disappearance of Ca and digestion of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), ether extract (EE), and non-fiber carbohydrates (NFC), and total digestible nutrients (TDN). Replacement of DP by RPA did not affect ($P > .05$) plasma P, nitrogen intake, microbial efficiency and ruminal bacteria composition. Treatments did not affect ($P > .05$) ruminal pH and ruminal NH_3 concentration, but in all treatments these parameters showed a quadratic response to post feeding time. These results showed a possible use of RPA in growing steer diets in replacement of DP without affecting ruminal fermentation and digestion parameters, but P requirements should be considered because P apparent absorption is affected.

Key-words: cattle, fluoride, rock phosphate, dicalcium phosphate, phosphorus

I – INTRODUÇÃO

O ELEMENTO FÓSFORO:

O Fósforo é um elemento instável na forma pura, oxidando-se naturalmente. No animal, o fósforo participa em torno de 1% do peso vivo, sendo um elemento vital de maior atenção na formulação de suplementos e rações (Knoop, 2004).

O fósforo foi isolado pela primeira vez na Alemanha, por Brandt, em 1669, que coletou urina de seres humanos e reportou a presença deste elemento na mesma. Em 1769, na Suécia, Gahn, descreve que o fósforo é essencial na composição dos ossos e, em 1771, na Alemanha, Scheele encontrou grande quantidade de fósforo nas cinzas. Somente em 1920, Bertrand, na França, e McHargue, nos Estados Unidos, iniciam o uso de minerais específicos nas dietas para bovinos e seus efeitos nos mesmos, sendo o fósforo, previsto inicialmente somente para evitar o raquitismo, conforme provou McCollum, em 1922 (Carvalho et al., 2003).

Inúmeras funções podem ser atribuídas ao fósforo, entre elas, a formação da estrutura óssea, participação na formação de membranas celulares, utilização e transferência de energia na forma de ATP, entre outros (Lehninger, 1994).

Também participa na atuação da composição de ácidos nucleicos (DNA e RNA), essenciais para o crescimento e diferenciação nuclear, atua na manutenção da pressão osmótica e equilíbrio ácido-básico (Runho et al., 2001).

FÓSFORO PARA RUMINANTES:

Para os ruminantes, em adição a essa variedade de funções, o fósforo é essencial ao metabolismo e desenvolvimento da flora e fauna do rúmen (Breves & Schroder, 1991).

No rúmen ocorrem altas concentrações de fósforo, que variam de 200 a 600 mg/L (Witt & Owes, 1983). Cerca de 50 % a 70 % do fósforo presente nesse órgão tem origem endógena, isto é, foi secretado pela saliva. O fósforo salivar tem duas importantes funções: atuar como tampão face ao baixo pH no rúmen, resultante da produção de ácidos orgânicos e fornecer P para microflora do rúmen, pois é constituinte das paredes das células microbianas. As células microbianas contêm de 20 a 60 g P/kg de matéria seca, presentes como ácidos nucleicos (80%) e fosfolipídeos (10%) (Hungate, 1966).

O fósforo é um mineral essencial ao crescimento microbiano e as taxas mínimas de crescimento microbiano são obtidas quando a concentração no meio de incubação está entre 40 e 80 mg P/L (Hall et al., 1961; Chico et al., 1965). Dados de experimentos “in vitro” sugerem que um valor médio de 100 mg/L de fósforo disponível é adequado para as bactérias e para a atividade celulolítica (Durand & Kawashima, 1980). 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).

IMPORTÂNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO MINERAL:

A bovinocultura de leite e de corte tem experimentado grande avanço na última década e sistemas com maior adoção de tecnologia têm sido implantados nas propriedades. Dentre as tecnologias, a suplementação mineral dos rebanhos é destaque, pois deve ser fornecida diariamente, e dessa forma, tem participação relevante nos custos de produção tanto da cadeia produtiva do leite como da carne.

A necessidade de suplementação mineral do rebanho brasileiro de bovinos é indiscutível e o fósforo se destaca pela importância das funções que desempenha no organismo animal, pela frequência e severidade de suas deficiências nas forrageiras tropicais que não atendem as exigências dos animais quando níveis mais elevados de produção são possíveis e desejáveis, e pelo alto custo representado pela sua suplementação aos animais (Lopes & Tomich, 2001).

Sabe-se que nos ruminantes, traços de fósforo (P) são normalmente secretados pelos rins, enquanto que grandes quantidades são secretadas pela saliva e subsequentemente reabsorvidas no trato gastrointestinal (TGI) (Feeding, 1991). Assim a homeostase de P deve ser conseguida no TGI pelo controle da secreção e reabsorção do fósforo salivar e as perdas endógenas devem estar relacionadas em parte ao consumo e absorção (ARC, 1994).

FONTES DE FÓSFORO:

No Brasil, a fonte de fósforo mais tradicionalmente utilizada pela indústria, o fosfato bicálcico, tem participação de 30 a 50% nos suplementos com maior volume de vendas,

correspondendo em termos de custo a uma participação de 50-70%. A previsão de demanda do fosfato bicálcico (BIC) para 2006 será de 900.000 toneladas para produção de rações, e a demanda de suplementos minerais para 2006 será de 1.950.000 toneladas (Sindirações, 2006).

O fosfato bicálcico é fabricado a partir da rocha fosfática (Cardoso, 1991).

Inicialmente, a rocha bruta é extraída da mina, passada por um processo de beneficiamento e então a rocha fosfática é tratada com ácido sulfúrico, resultando numa mistura de ácido fosfórico e sulfato de cálcio (gesso). O fosfato bicálcico é obtido adicionando-se calcário ao ácido fosfórico (Butolo, 2002).

Outro aspecto importante que deve ser destacado é a possibilidade que o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento abriu para uso de fontes não tradicionais de fósforo, através da Portaria SRD 06, de 04 de Fevereiro de 2000. Independente do fosfato utilizado, o Ministério da Agricultura e do Abastecimento exige que as misturas minerais prontas para uso apresentem o máximo de 2.000 ppm (mg/kg) de flúor (F). Além disso, as fontes de P utilizadas devem também estar registradas no Ministério (Portaria MAA/SDR 20, de 6 de junho de 1997).

No Brasil, existe grande interesse pela avaliação do uso de fontes de fósforo não convencionais. Os fosfatos naturais de rocha despontam como alternativa de uso de fósforo em dieta de animais, apesar do alto teor de flúor, pois o país possui grandes jazidas de rochas fosfóricas. A partir da década de 80, o uso destas fontes de fósforo vem sendo estudadas largamente por inúmeros pesquisadores, principalmente utilizando suínos, aves e ruminantes.

As rochas fosfáticas nacionais, de origem ígnea, 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 apresentam disponibilidade biológica cerca de 30% inferior ao fosfato bicálcico e baixa palatabilidade (EMBRAPA, 1994).

Existe um potencial de uso dos fosfatos de rocha por bovinos em confinamento (por períodos limitados), bovinos de engorda (acima de três anos) em pastagens e vacas de descarte. Estas categorias apresentam, em comum, as seguintes características: idade mais avançada, curto tempo de permanência no rebanho e necessidade de suplementação de P reduzida (em relação as demais categorias). Outra possibilidade estudada foi a substituição parcial de até 30% de fosfatos convencionais por fosfato de rocha (EMBRAPA, 1994).

O fosfato de rocha ou rocha fosfática é a rocha fosfatada simplesmente moída ou segundo Chaves (1994), é o minério de fosfato beneficiado por concentração física na sua forma natural. Os depósitos de fosfato de rocha podem ter duas origens geológicas, ígnea ou sedimentar.

Os animais em geral ingerem pequenas quantidades de flúor em suas dietas, com nenhum efeito nocivo, no entanto, a ingestão excessiva pode causar danos sérios. Normalmente, a ingestão excessiva de flúor por animais domésticos ocorre por meio dos componentes da dieta ou pelo consumo de forragem que tenha sido contaminada com emissões de fluoretos industriais (Suttie, 1980).

As intoxicações causadas pelo flúor, segundo Neeley & Harbaugh (1954) também podem ter origem por meio de consumo de água com altos níveis de fluoretos ou pela ingestão de forragens cultivadas em solos com alto teor de flúor (Merriman & Hobbs, 1962; McLaren & Merriman, 1975). De acordo com Suttie (1980), a maior fonte de contaminação em animais com flúor são os suplementos de fosfato adicionados à dieta.

De acordo com Ammerman et al. (1957) e a International Minerals and Chemical Corporation – IMCC (1982), outros minerais presentes na rocha que deram origem ao fosfato podem aparecer como contaminantes. O alumínio e o ferro, por exemplo, podem complexar o fósforo, reduzindo sua disponibilidade. Lopes et al. (1996) relataram que as rochas fosfáticas brasileiras apresentam níveis baixos de flúor e metais pesados, e as concentrações de chumbo no fosfato bicálcico foram 3,82 mg/kg. Bovinos recebendo misturas minerais contendo 70 g de P/kg na forma de fosfato bicálcico durante cerca de dois anos apresentavam níveis aceitáveis de arsênico, cádmio, mercúrio e chumbo na carne, fígado e rins.

Knopp (2004) relata que os fosfatos naturais não sofrem qualquer controle quanto aos teores de flúor, e que, dependendo da origem das matérias primas, podem conter níveis extremamente elevados. Estes produtos são naturalmente ácidos, contendo substâncias para evitar empedramentos, e não são controlados quanto a outros possíveis contaminantes, como, por exemplo, metais pesados.

Estudos realizados por Dayrell et al. (1987); Lopes et al. (1990); e Vitti et al. (1992) verificaram que o fosfato de rocha pode ser considerado uma fonte de fósforo em potencial para ruminantes, principalmente devido ao seu baixo custo. Entretanto, essa fonte apresenta menor disponibilidade do fósforo para o animal e o teor relativamente elevado (1,2 – 1,5%) de flúor, que poderia provocar toxidez no animal.

BIODISPONIBILIDADE DO FOSFORO:

A disponibilidade de fósforo em diversos ingredientes para mistura mineral segundo Lima (2000) é variável. O fosfato bicálcico apresenta uma disponibilidade de 93-95%,

enquanto que os fosfatos de rocha, de uma maneira geral, apresentam uma disponibilidade de 25-40%.

O conteúdo total de um determinado elemento na fonte precisa ser qualificado por um fator que indique a disponibilidade biológica. O elemento precisa passar pelos processos de digestão, absorção e transporte até ficar disponível para exercer suas funções (McGillivray, 1978). A biodisponibilidade pode ser definida como sendo a mensuração da capacidade de determinado mineral ser absorvido e utilizado pelo animal. Já o termo disponibilidade biológica, geralmente expresso em porcentagem, é um termo relativo que compara o ingrediente considerado a outro tomado como padrão, ao qual é atribuído um valor de 100% (Lopes & Tomich, 2001).

Vitti et al. (1991) determinaram a biodisponibilidade do fósforo do fosfato bicálcico, fosfato de rocha de Patos de Minas e fosfato de rocha de Tapira, e encontraram valores de 58,92%; 42,72% e 47,99% respectivamente.

No Brasil, poucos são os estudos feitos sobre as exigências nutricionais dos animais e as formulações de dietas baseiam-se principalmente em sistemas americanos (Silva, 1995).

Atualmente, muitos países estão desenvolvendo suas próprias tabelas de exigências, adaptadas às condições locais. Tem sido demonstrado que ocorrem diferenças para cruzamento, categoria animal e localização geográfica.

As estimativas das exigências de minerais, a partir de ensaios de 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 exigências de crescimento, ganho de peso, gestação e

produção de leite. Esses valores, somados às exigências de manutenção, ou seja às perdas inevitáveis pelo corpo (perdas endógenas), vão constituir a exigência líquida total. A exigência líquida total dividida pelo coeficiente de absorção resulta na exigência dietética do mineral (ARC, 1994).

ABSORÇÃO DO FÓSFORO:

O fósforo é ingerido pelo animal na forma de fosfatos orgânicos (fitatos, fosfoproteínas, fosfolipídeos) ou compostos inorgânicos (mono, di ou trifosfatos). Os fosfatos solúveis, alguns insolúveis e o ácido fosfórico dos compostos orgânicos são dissolvidos pelo suco gástrico. Os fitatos são dissolvidos no rúmen pela ação das fitases produzidas pelos microorganismos existentes nesse órgão.

As indicações de experimentos sugerem que trocas ocorrem no retículo- rúmen e no abomaso, mas elas são insignificantes (Vitti et al. 1992)

O intestino delgado superior é considerado o local principal de absorção de fósforo, mas pouco é conhecido sobre os locais exatos, os mecanismos e o seu controle (Breves & Schröder, 1991). Os locais de maior absorção de fósforo no intestino delgado são o duodeno e a região proximal, onde o pH é suficientemente baixo para permitir a formação de fosfato solúvel (Ben-Ghedalia *et al.*, 1975). Foi observado, em ovinos, que a taxa de absorção de fósforo foi maior nos três primeiros metros do intestino delgado, ocorrendo uma diminuição até atingir os sete metros, e permanecendo constante a distâncias posteriores, até o intestino grosso (Ben-Ghedalia *et al.*, 1975).

Segundo Carvalho et al (2003), cerca de 70 a 80% do P contido na dieta, é absorvido pelo bovino no intestino delgado, e este P é transportado, de forma ativa, pela parede

intestinal contra um gradiente eletroquímico que envolve o sódio e a vitamina D [1,25(OH)₂D].

Existem evidências de que alguma absorção pode ocorrer nos demais compartimentos do trato (Challa, 1986). Diversas técnicas foram adotadas para determinar a extensão da absorção de fósforo no retículo-rúmen. Medidas de diferença de concentração, entre o fósforo do fluido do rúmen e do plasma venoso, ou entre o sangue arterial e venoso que drena o retículo- rúmen, mostram que não há transporte significativo de fosfato (Yano, et al., 1979 e Yano et al., 1991).

Para ovinos, o omaso é um local de absorção de fósforo de importância secundária (Engelhardt & Hauffe, 1975). Para bovinos, observou-se que, devido ao tamanho do omaso, em relação aos demais compartimentos do trato, há uma maior absorção de minerais no omaso (Smith, 1984). Banks & Smith (1984) encontraram, em bezerros, considerável absorção de fósforo no omaso (20-30%), durante a passagem do alimento.

De acordo com Breves et al. (1988), o transporte de fósforo, através da parede intestinal, seria mediado por proteínas carregadoras não identificadas e dependeria do pH intestinal (Shirazi-Beechey et al., 1991).

Enquanto a absorção aumenta em relação direta ao consumo, a eficiência de absorção decresce nos altos níveis de ingestão de fósforo (Challa et al, 1989). Verificou-se que há uma relação inversa entre consumo de fósforo e coeficiente de absorção (Challa et al., 1989). Com a suplementação, o fluxo de fósforo no duodeno aumenta, levando a maior absorção intestinal. Entretanto, a eficiência líquida pode ser menor porque há maior excreção pelas fezes (Challa & Braithwaite, 1988).

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 5,4 g de cálcio, sendo que as proporções Ca:P variaram de 0,6 a 3,6. Com os níveis mais elevados de cálcio, a absorção de fósforo foi reduzida em 18 %, o que pode ser explicado em parte pela formação de sais com baixa solubilidade.

A injeção de cálcio em ovinos, resulta em aumento na retenção de cálcio pelo esqueleto, e leva a maior necessidade em fósforo. Como consequência, ocorre maior absorção de fósforo e menor perda endógena fecal (Braithwaite, 1984). Não é claro se essa redução na perda de fósforo endógeno fecal é decorrente da menor secreção de fósforo no trato, via saliva, ou se resulta de aumento na eficiência absorptiva de fósforo, que afetaria tanto o fósforo da dieta como da saliva. De acordo com Rajaratne et al, (1994), o aumento da absorção e retenção de fósforo em consequência da maior retenção de cálcio, ocorre por uma maior eficiência de absorção e não por redução na secreção do fósforo endógeno no trato digestório.

Ao contrário dos monogástricos, que não conseguem aproveitar o P dos grãos, pois está na forma de fitatos, os ruminantes, graças a sua microbiota ruminal que produz fitases, são capazes de aproveitar cerca de até 85% deste P. Em média podemos considerar que o ruminante aproveita 70% do fósforo estão em forma de fitatos que estão em grãos (Carvalho et al., 2003).

PERDA ENDÓGENA:

Mudd & Stranks (1981) definem que perda endógena de um elemento mineral pode ocorrer via fezes ou urina. O fósforo excretado de origem exógena é a fração do elemento

de origem alimentar que não foi disponível para a absorção e aquele disponível, mas não absorvido (Furtado, 1996).

Em ruminantes, a excreção de fósforo endógeno ocorre quase que exclusivamente pelas fezes (Georvievski, 1982).

A excreção renal de fósforo inorgânico é geralmente baixa McDowell, (1992). Entretanto, em alguns trabalhos têm sido reportado uma significativa excreção renal de fósforo, aproximando-os dos monogástricos, em virtude do substancial incremento nos níveis de fósforo ingerido (Braithwaite, 1984; Challa et al, 1989 e Breves & Schorder, 1991).

Existem poucas estimativas das perdas endógenas de fósforo; os valores não são estáveis, podem variar inversamente com quantidade de cálcio absorvida. As perdas endógenas variam de 0,6 g de P/dia para um bovino de 50 kg de peso até 14 g/dia para animais de 500 kg. Estes valores incluem a perda urinária que é de cerca de 2 mg/kg de peso vivo por dia (Silva & Leão, 1979).

Literatura Citada

- AMMERMAN, C.B. Effects of fluorides on animal: dietary and mineral supplement considerations. In: INTERNATIONAL FLUORIDE SYMPOSIUM, Logan, Utah, 1957. p.281-289.
- ARC – AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. **The nutrient requirements of ruminants livestock**. Suppl. 1. Commonwealth Agricultural, Farnham Royal, U.K., 1994.
- BANKS, J.N.; SMITH, R.H. Exchanger of major minerals in the stomach compartments of the ruminating calf. **Canadian Journal of Animal Science**, v.64, p.215-216, 1984.
- BARNARD, E.A. Biological functions of pancreatic ribo-nuclease. **Nature**, v.221, p.340-344, 1969.
- BEN-GHEDALIA, D.; YOSEF, E.; MIRON, J. et al. The effects of starch- and pectin-rich diets on quantitative aspects of digestion in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v.24, n.3-4, p.289-298, 1975
- BRAITHWAITE, G.D. Some observations of phosphorus homeostasis and requirements of sheep. **Journal of Agricultural Science**, v.102, p.295-306, 1984.
- BREVES, G.; HOLLER, H.; PACKHEISER, P.; GABEL, G.; MARTENS, H. Flux of inorganic phosphate across the sheep rumen wall “in vivo” and “in vitro”. **Quarterly Journal of Experimental Physiology**, v.73, p.343-351, 1988.
- BREVES, G.; SCHRODER, B. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. **Nutrition Research Reviews**, v.4, p.125-140, 1991.

- BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2002.430 p.
- CARDOSO, J.L.A. Produção, processamento e perspectiva do fosfato na alimentação animal. In: MINI-SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL., 6., 1991, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1991.p.35-52.
- CARVALHO, F.A.N.; BARBOSA, F.A.; MCDOWELL, L.R. **Nutrição de Bovinos a Pasto**. 1ª edição, Belo Horizonte: PapelForm, 2003. p. 428.
- CHALLA, J.; BRAITHWAITE, G.D. Phosphorus and calcium metabolism in growing calves with special emphasis on phosphorus homeostasis. 3. Studies of the effects of continuous intravenous infusion of different levels of phosphorus in ruminating calves receiving adequate dietary phosphorus. **Journal of Agricultural Science**, v.110, n.3, p.591-595, 1988.
- CHALLA, J.; BRAITHWAITE, G.D.; DHA NOA, M. S. Phosphorus homeostasis in growing calves. **Journal of Agricultural Science**, v.112, n.2., p.217-226, 1989.
- CHALLA, J.; BRAITHWAITE, G.D.; DHANOA, M.S. Phosphorus homeostasis in rowing calves. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v.112, n.2,p.217-226,1986.
- CHAVES, N. **Uso de fontes alternativas de “fósforo mineral” na alimentação de animais**: apreciação técnica, legal e econômico-social. Belo Horizonte: UFMG, 1994.12p. Parecer submetido à apreciação da Comissão Especial de Alimentação Animal. Em 24/08/1994.
- DAYRELL, M.S.; AROEIRA, L.J.M.; COUTO, R.C.A.. Utilização do Fosfato de Tapira na Dieta de Bovinos em Confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1222 – 1226, 1987.
- DURAND, M., KAWASHIMA, R. Influence of minerals in rumen microbial digestion. In: **Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants**. Eds. Y. Ruckebush and P. Thivend. MTP Press Ltd. Lancaster. UK. p. 375-408. 1980.
- 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. 17p.
- ENGLEHARDT, W.V.; HAUFFE, R. Role of the omasum in absorption and secretion of water and electrolytes in sheep and goats. In: Mac DONALD, I.W.; WARNER, A.C.I. (Ed.) **Digestion and metabolism in the ruminant**. Armidale: University of New England Publishing Unit, 1975. p.216-230.
- FEEDING standards of Australian livestock. Ruminants. East Melbourne: CSIRO, 1991.

- FIELD, A.C. Maintenance requirement of phosphorus and absorbability of dietary phosphorus in sheep. **Journal of Agricultural Science**, v.100, p.231-33, 1983.
- FURTADO, C.E. **Avaliação da disponibilidade biológica e da perda endógena fecal de fósforo para eqüinos em crescimento. Efeitos de fontes e níveis e fósforos.** Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal - SP, 1996. 146p.
- 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.
- HALL, D.J. 1961. An experimental approach to the dynamics of a natural population of *Daphnia galeata mendotae*. *Ecology* 45: 94-112.
- HUNGATE, R.E. **The rumen and its microbes.** New York: Academic Press, p.346-347. 1966.
- KNOOP, R. O Fósforo na Nutrição Animal. Disponível em: <<http://www.zoonews.com.br/artigos/index.php?=29>>. Acesso em: 02 dez. 2005.
- LEHNINGER, A. L. **Princípios de Bioquímica.** São Paulo: Sarvie. 1994. p.37.
- LIMA, F.R. A importância do fósforo na dieta de vacas de leite. *Revista Balde Branco*, n.25, 2000. Disponível em: <<http://www.bichoonline.com.br/artigos/bb0029.htm>>. Acesso em: 02 dez. 2005.
- LOPES, H.O. da S.; PEREIRA, G.; PEREIRA, E.A.; SOARES, W.W.; COSTA, M. de F.V. de; SANCHES, R.L. Avaliação dos níveis de metais pesados e do flúor em amostras de fosfato bicálcico e superfosfato triplo para nutrição animal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1996. v.1. p.462-464.
- LOPES, H.O.S. Suplementação de baixo custo para bovinos: mineral e alimentar. Brasília: Embrapa – SPI, 1990. 107p.
- LOPES, H.O.S.; TOMICH, T.R. Avanços recentes na nutrição mineral de bovinos. In: **A produção animal na visão dos brasileiros.** Sociedade Brasileira de Zootecnia. Piracicaba:FEALQ, p.927. 2001.
- McDOWELL, L.R. **Minerals in animal and human nutrition.** Academic Press Inc., New York, 1992. 524p.
- McGILLVRAY, J.J. Biological availability of phosphorus sources. In: ANUAL INTERNATIONAL MINERALS CONFERENCE, 1, St. Petersburg Beach, Florida, 1978. **Proceedings...** St. Petersburg Beach. International Minerals & Chemical Corporation, 1980. p.73-86.

- MERRIMAN G. M., HOBBS, C. S., Univ. of Tenn. Agri. Exp. Sta. Bull. no. 351, 1962. Shupe, J. L., M. L. Miner, D. A. Greenwood, L. E. Harris, and G. E. Stoddard, Amer. **Journal Veterinary Research.**, 24:964, 1962.
- MUDD, A.J., STRANKS, W.C., ARMSGTRONG, D.G. The influence of dietary concentration of calcium and phosphorus on their retention in the body of the growing pig. **Journal Animal Science**, 73:189-198.1981
- RAJARATNE, A.A.J.; SCOTT, D.; BUCHAN, W. Effect of a change in phosphorus requirement on phosphorus kinetics in the sheep. **Research in Veterinary Science**, v.56, p. 262-264, 1994.
- 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.
- SHIRAZI-BEECHEY, S.P.; BEECHEY, R.B.; PENNY, J.; VAYRO, S.; BUCHAN, W.; SCOTT, D. Mechanism of phosphate transport in sheep intestine and parotid gland: Response to variation in dietary phosphate supply. **Experimental Physiology**, v.76, p.231-241, 1991.
- 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.
- SILVA, J.F.C.; LEÃO, M.I. **Fundamentos da Nutrição de Ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380p.
- SINDIRAÇÕES, Disponível em: < www.sindirações.org.br > Acesso em: 02 jan 2006
- SMITH, R.H. Microbial activity in the omasum. **Proceeding of the nutrition Society**, v.43, p.63-68, 1984.
- SUTTIE, J.W. Nutritional aspects of fluoride toxicosis. **Journal Animal Science.**, v.51, p.759-766, 1980.
- VITTI, D.M.S.S. **Avaliação da disponibilidade biológica do fósforo dos fosfatos bicálcico, Patos de Minas, Tapira e finos de Tapira para ovinos pela técnica da diluição isotópica**. São Paulo, SP: IPEN/USP, 1989. 87p. Tese (Doutorado) - Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares/USP, 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.

- WITT, K.E.; OWES, F.M. Phosphorus ruminal availability and effects on digestion. **Journal of Animal Science**, v.56, n.4, p.930-937, 1983.
- YANO, F.; KAWASHIMA, R. Effects of feeding with different grain-forage ratios on mineral concentrations of rumen fluid in sheep. **Memoirs of the College of Agriculture Kyoto University**, n.131, p.7-12, 1979.
- YANO, F.; YANO, H.; BREVES, G. Calcium and phosphorus metabolism in ruminants. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RUMINANT PHYSIOLOGY, 7., Japan, 1991. Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants; **proceedings**. San Diego: Academic Press, p.277-295, 1991.

II - OBJETIVOS GERAIS

Os objetivos do presente experimento foram avaliar diferentes proporções de fosfato bicálcico e fosfato de rocha de Araxá na dieta de bovinos no tocante a absorção aparente do fósforo, cálcio e flúor e seus efeitos sobre o metabolismo ruminal, eficiência da síntese de proteína microbiana, acumulação do flúor no organismo, digestibilidade aparente dos nutrientes e efeitos sobre parâmetros plasmáticos.

III - EXPERIMENTO 1

Fosfato de Rocha de Araxá como substituto do Fosfato Bicálcico em Dieta de Bovinos: Digestibilidade dos Nutrientes e Parâmetros Plasmáticos

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da substituição do fosfato bicálcico pelo fosfato de rocha de Araxá no suplemento mineral, em dietas de bovinos em crescimento, sobre o desaparecimento e a absorção aparente parcial e total do P, Ca, e F, coeficiente de digestibilidade aparente parcial e total dos nutrientes das dietas, e parâmetros plasmáticos. Foram utilizados cinco bovinos, da raça Holandês, Preto e Branco, castrados, com 18 meses de idade e 280 kg de peso vivo. O delineamento utilizado foi o quadrado latino 5 x 5, onde os tratamentos consistiram em níveis de 0, 25, 50, 75 e 100% de substituição do fosfato bicálcico pelo fosfato de rocha de Araxá no suplemento mineral fornecido através da cânula ruminal. Houve uma diminuição linear ($P < 0,05$) no desaparecimento e na absorção aparente do fósforo com a inclusão do fosfato de rocha de Araxá. Houve aumento linear ($P < 0,05$) na ingestão, fluxo duodenal, fluxo fecal e desaparecimento do flúor e queda ($P < 0,05$) na absorção aparente do flúor com a inclusão do fosfato de rocha de Araxá. Os tratamentos não influenciaram ($P > 0,05$) a ingestão, a excreção, a digestão e a digestibilidade aparente parcial e total da MS, MO, PB, FDN, EE, CNF e desaparecimento e absorção aparente do Ca, além do NDT. A substituição do fosfato bicálcico não alterou ($P < 0,05$) o fósforo plasmático. Nas condições deste experimento, em que o P dietético não foi limitante, a utilização do fosfato de rocha de Araxá em dietas de bovinos em crescimento, em total substituição ao fosfato bicálcico no suplemento não acarretou prejuízos na digestibilidade da maioria dos nutrientes e no fósforo plasmático, mas deve ser vista com cuidado dependendo das exigências de P.

Palavras chave: bovinos, fosfato bicálcico, fosfato de rocha, fósforo plasmático, NDT

Rock Phosphate of Araxa as a Replacement for Dicalcium Phosphate in Cattle Diets: Nutrients Digestibility and Plasma Parameters

ABSTRACT: The objectives of this work were to evaluate the effects of replacing dicalcium phosphate (DP) by rock phosphate of Araxa (RPA) in steer growing diets on mineral supplement over disappearance and apparent absorption of phosphorus (P), calcium (Ca) and fluoride (F), nutrient digestion and apparent digestibility, total digestible nutrients (TDN) of diets and plasma parameters. Were used five Holstein steers eighteen month old, weighting 280 kg, implanted with ruminal cannula. Statistical design was a 4x4 Latin square, were treatments consisted of 0, 25, 50, 75 and 100% replacement of DP by RPA on mineral supplement placed into the rumen through ruminal cannula. Replacement of DP by RPA showed a linear decrease ($P < .05$) on total disappearance of P, from 5.2 g/d (100% DP) to 1.8 g/d (100% RPA), and on total apparent absorption of P, from 61.9 % (100% DP) to 20.7% (100% RPA). Increased levels of RPA in the diet produced a linear increase ($P < .05$) on intake, duodenal and fecal flow and total disappearance of F. Treatments did not affect ($P > .05$) disappearance and apparent absorption of Ca, and intake, excretion, digestion and partial and total apparent digestibility of dry matter, organic matter, crude protein, neutral detergent fiber, ether extract, non-fiber carbohydrates, and TDN of diets. Plasma phosphorus was not affected ($P > .05$) by treatments and average was 5.93 mg/dL. In this conditions the utilization of RPA in replacement of DP in growing steer diets decrease phosphorus absorption and should be seen with care depending of phosphorus requirements.

Key-words: cattle, dicalcium phosphate, rock phosphate, plasma phosphorus, TDN

Introdução

Para que os animais ruminantes possam crescer, reproduzir-se e produzir de forma adequada devem receber um suprimento adequado de nutrientes e energia, da mesma forma que os microorganismos do rúmen. Entre estes nutrientes estão os minerais, que devem ser oferecidos aos animais conforme suas exigências, em quantidades e proporções adequadas, e formas disponíveis (Mackie, 1983).

A digestão pode ser definida como o processo de conversão de macromoléculas da dieta em compostos mais simples que podem ser absorvidos no trato gastrointestinal dos animais. Medidas de absorção e desaparecimento servem para avaliar os alimentos quanto ao seu valor nutritivo, sendo também, uma descrição qualitativa do consumo (Van Soest, 1994).

Segundo Hays & Swenson (1988), o fósforo presente nos alimentos é absorvido principalmente no intestino delgado, em particular no duodeno, e a quantidade absorvida depende da fonte, da proporção entre cálcio e fósforo, do pH intestinal, e dos níveis dietéticos de cálcio, fósforo, vitamina D, ferro, alumínio, manganês e gorduras (Hibbs, 1983; Horst, 1986; NRC, 1989). Hays & Swenson (1988) afirmaram que conforme ocorre com a maioria dos nutrientes, quanto maior a exigência, mais eficaz é a absorção do fósforo. A absorção aumenta, embora não de maneira proporcional, de acordo com o aumento da ingestão do elemento.

A absorção do fósforo é facilitada pelo pH intestinal, que é necessário para sua solubilização. Portanto, a secreção gástrica normal de ácido clorídrico ou H^+ é indispensável para que a absorção seja eficaz. O baixo pH duodenal é responsável pela maior absorção do elemento neste segmento do trato digestório.

Conforme Barcellos (1998), a fração do fósforo da dieta que é absorvida, constitui a absorção verdadeira, enquanto que a diferença entre o fósforo consumido e o fósforo nas fezes, representa a absorção aparente. Após entrar na corrente sanguínea, de modo semelhante em ruminantes e não-ruminantes, o fósforo circula parte ligado a uma proteína transportadora, parte complexado e parte na forma ionizada, indo pela circulação porta até o fígado, onde é redistribuído para os diferentes tecidos alvo. Parte deste fósforo passa a compor a saliva produzindo a reciclagem do elemento para o trato digestório. O balanço de fósforo é finalmente estabelecido entre a retenção líquida de fósforo nos ossos e tecidos moles, a retenção no útero gravídico e o fósforo necessário para produção de leite.

A maior restrição quanto ao uso dos fosfatos de rocha, como fonte de fósforo, é o seu elevado teor de flúor. Cerca de 90% do flúor ingerido é depositado nos ossos e dentes sob a forma de fluoreto de cálcio e fluorapatita. Apesar do flúor ser importante para a ossificação e formação do esmalte dos dentes, quando ingerido em níveis elevados e por longo período, pode causar toxidez pelo efeito acumulativo, provocando alterações que deixam o osso frágil, com maior susceptibilidade a fraturas, defeitos no esmalte dos dentes, tornando-os moles e desgastados (Pieniz et al., 1991).

De acordo com Suttie (1980), a ingestão exagerada de flúor por bovinos causa hiperostose generalizada e, em alguns casos, podem ser observadas lesões de exostose óssea.

Vários fatores contribuem com o aparecimento da fluorose nos animais, destacando-se a qualidade e fonte de flúor ingerido, o estado nutricional, a presença de outros minerais na dieta e, principalmente, o período de ingestão de altos níveis de flúor (Barbosa et al., 1990d).

A concentração de fósforo inorgânico no plasma ou soro é muito utilizada para sabermos o estado nutricional do animal, já que o teor do fósforo orgânico cai rapidamente, quando a dieta é inadequada.

O sangue é o compartimento central de reservas minerais prontamente metabolizáveis. Os elementos minerais entram continuamente no sangue e no sistema linfático pelo trato digestório, órgãos e tecidos, e são eliminados com uma determinada taxa metabólica, através dos órgãos de excreção (Annenkov, 1982).

Vários autores afirmam que para ovinos e bovinos não há correlação entre o fósforo ingerido e o fósforo no plasma (Braithwaite, 1984; Challa & Braithwaite, 1988; Louvandini & Vitti, 1994; Louvandini, 1995).

Neste contexto objetivou-se avaliar o efeito das diferentes proporções de fosfato bicálcico e fosfato de rocha sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes, absorção parcial e total do fósforo, cálcio e flúor e parâmetros plasmáticos em bovinos.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no setor de Avaliação de Alimentos para Animais Ruminantes da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), localizada no distrito de Iguatemi, no período de março a junho de 2005 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.

Foram utilizados cinco bovinos, implantados com cânula ruminal, machos, castrados, da raça Holandês, Preto e Branco, com 18 meses de idade e 280 kg de peso vivo médio.

Os animais permaneceram numa instalação totalmente coberta com piso concretado, em baias individuais com 8,75 m² de área útil, com as laterais fechadas com madeira. As baias eram providas de comedouros de polietileno individuais e bebedouros automáticos.

Os animais eram alimentados duas vezes ao dia, pela manhã (08:30 horas) e à tarde (16:30 horas), receberam água à vontade, e 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 duas vezes ao dia para

garantir a higiene dos animais. Os animais eram 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, sendo 17 dias de adaptação e 4 dias de coleta de amostras (sobras, líquido omasal, fezes e sangue) realizadas no período compreendido entre o 17^o e 20^o dia.

Os alimentos utilizados na composição das dietas experimentais foram: silagem de milho, casca de soja, casca de algodão, uréia e suplemento mineral. A composição química destes alimentos foi obtida através do sistema NRC (1996) e estão demonstradas na Tabela 1.

As dietas (Tabela 2) foram formuladas para atender 1,5 vezes a exigência de energia líquida de manutenção (NRC, 1996), permitindo um ganho de peso vivo de 0,4-0,5 Kg/dia e continham 0,24% de fósforo. O fósforo suplementar foi fornecido na forma de fosfato bicálcico e/ou fosfato de rocha de Araxá, compreendendo 0,06% da dieta, sendo que o 0,18% era oriundo dos alimentos.

Os tratamentos consistiram em fornecer 0,06% de fósforo na dieta da seguinte forma: 100B= 100% fosfato bicálcico e 0% fosfato de rocha de Araxá; 75B/25R= 75% fosfato bicálcico e 25% fosfato de rocha de Araxá; 50B/50R= 50% fosfato bicálcico e 50% fosfato de rocha de Araxá e 25B/75R= 25% fosfato bicálcico e 75% fosfato de rocha de Araxá; 100R= 0% fosfato bicálcico e 100% fosfato de rocha de Araxá. As dietas apresentaram diferentes proporções de fósforo:flúor, sendo estas: 100B= 441,58; 75B/25R= 119,20; 50B/50R= 68,90; 25B/75R= 48,45 E 100R= 37,36.

O fornecimento das dietas experimentais foi em nível de 2,5% do peso vivo (PV) para diminuir as sobras.

TABELA 1 – Composição química dos alimentos experimentais (% MS)
 TABLE 1 – Chemical composition of the experimental ingredients (% DM)

ALIMENTOS (%)	NDT	PB	Ca	P	F
(INGREDIENTS %)	(TDN)	(CP)	(Ca)	(P)	(F)
Silagem de Milho (<i>Corn silage</i>)	65	8	0,31	0,23	0
Casca de Soja (<i>Soybean hulls</i>)	75	13	0,53	0,18	0
Casca de Algodão (<i>Cotton hulls</i>)	50	6	0,15	0,09	0
Uréia (<i>Urea</i>)	0	282	0	0	0
Fosfato Bicálcico (<i>Dicalcium phosphate</i>)	0	0	21,00	19,00	0,19
Fosfato de Rocha de Araxá (<i>Rock phosphat</i>)	0	0	21,00	11,00	1,30
Suplemento Mineral (<i>Mineral supplement</i>)	0	0	18,40	0	0

TABELA 2 – Composição percentual e química das dietas experimentais (% MS)
 TABLE 2 – Percentual and chemical composition of experimental diets (% DM)

ALIMENTOS (INGREDIENTS)	100B	75B/25R	50B/50R	25B/75R	100R
Silagem de Milho (<i>Corn silage</i>)	75,00	75,00	75,00	75,00	75,0
Casca de Soja (<i>Soybean hulls</i>)	17,15	17,15	17,15	17,15	17,1
Casca de Algodão (<i>Cotton hulls</i>)	7,005	7,005	7,005	7,005	7,00
Uréia (<i>Urea</i>)	0,535	0,535	0,535	0,535	0,53
Suplemento Mineral ¹ (<i>Mineral supplement</i>)	0,310	0,310	0,310	0,310	0,31
NUTRIENTES (NUTRIENTS)	100B	75B/25R	50B/50R	25B/75R	100R
NDT, % (TDN)	65,00	65,00	65,00	65,00	65,0
PB, % (CP)	10,20	10,20	10,20	10,20	10,2
Ca, % (Ca)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
P, % ² (P)	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27

¹ O Suplemento mineral continha 1,2% de S; 1,2% de Mg; 10% de Na; 12% 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.

² O fósforo suplementar foi fornecido via cânula ruminal durante todos os dias do período experimental

¹ The mineral supplement had 1,2% of S; 1,2% of Mg; 10% of Na; 12% of Ca; 30 ppm of Co; 800 ppm of Cu; 50 ppm of I; 1200 ppm of Mn; 12 ppm of Se; 3200 ppm of Zn.

² The suplementar phosphorus was given by ruminal cannulas during everyday of the experimental periods.

O óxido de cromo foi utilizado como indicador externo para determinar o fluxo de digesta omasal e produção fecal, sendo o mesmo colocado através da cânula diretamente no rúmen no horário de alimentação da manhã, em uma dose diária de 10,0 g, a partir do 7º dia de cada período.

Com o objetivo de determinar a digestibilidade total e parcial da MS, MO, PB, FDN, EE e CNF e reciclagem e absorção aparente do P, Ca e F foram coletadas amostras de líquido omasal (500ml) e fezes (50g) diretamente do reto. As amostras de digesta omasal e de fezes foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente etiquetados e congeladas (-20º C) para posterior processamento e análises. As amostras de digesta omasal e de fezes foram coletadas por um período total de 4 dias, em horários diferentes, sendo que no primeiro dia a coleta foi realizada às 8 horas, e nos dias subsequentes eram aumentadas 4 horas para cada coleta, sendo que no último dia a coleta foi realizada às 20 horas, totalizando 4 amostras de digesta omasal e 4 amostras de fezes por animal/tratamento/período.

As amostras de digesta omasal e de fezes foram secas em estufa com circulação forçada de ar, a 55º C por 96 horas, moídas individualmente em moinhos de faca, utilizando peneira com crivo de 1mm, e misturadas em quantidades iguais, com base no peso seco, para formar amostras compostas de digesta omasal e fezes por animal/tratamento/período.

As sobras de alimento nos comedouros foram recolhidas diariamente, pesadas e amostradas, sendo, então, congeladas para posterior análises. As amostras do concentrado e da silagem foram realizadas, semanalmente e, misturadas em amostras compostas, para todo o período experimental. As amostras de silagem e sobras sofreram o mesmo

procedimento descrito anteriormente para o preparo das amostras de digesta omasal e de fezes.

As amostras dos alimentos utilizados nas dietas experimentais, das sobras no cocho, de digesta omasal 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 íon seletivo, segundo Singer & Armstrong (1968). O teor de cromo nas amostras de líquido omasal 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.

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

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

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

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

PD = proteína digestível;

FDND = fibra em detergente neutro digestível;

EED = extrato etéreo digestível;

CNFD = carboidratos não fibrosos digestíveis

A determinação do coeficiente de digestibilidade aparente ruminal dos nutrientes foi realizada a partir do ingerido, menos o fluxo omasal, e o coeficiente de digestibilidade aparente total dos nutrientes foi calculado a partir da ingestão, menos o fluxo fecal,

determinando, em ambos os casos, a porcentagem em relação ao ingerido, enquanto que os cálculos de coeficientes de digestibilidade intestinal foram calculados com base no fluxo omasal, menos o fluxo fecal, determinando-se posteriormente a porcentagem em relação ao fluxo omasal, segundo fórmulas descritas por Coelho da Silva e Leão (1979).

No 18º dia de cada período experimental foi realizada coleta de sangue em tubos heparinizados e posterior obtenção do plasma em centrifuga refrigerada (4º C) 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 5 x 5. Os dados foram interpretados por uma análise de variância e uma análise de regressão adotando-se 5% de probabilidade. Análises de correlação, Pearson, foram realizadas para verificar associações de interesse entre as variáveis fósforo ingerido, fósforo consumido e fósforo plasmático e utilizando-se o UFV-SAEG (1997).

O modelo matemático utilizado para a análise de variância foi:

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

μ = média dos tratamentos;

A_i = efeito do animal i, variando de 1 a 5;

P_j = efeito do período j, variando de 1 a 5;

T_k = efeito do tratamento k, variando de 1 a 5;

e_{ijk} = erro aleatório

Resultados e Discussão

Na Tabela 3 são mostrados os resultados para a ingestão, desaparecimento e absorção aparente de fósforo, cálcio e flúor.

As diferentes proporções de fosfato bicálcico e fosfato de rocha de Araxá na dieta não apresentaram efeito significativo ($P > 0,05$) em relação à ingestão, fluxo duodenal, desaparecimento ruminal, desaparecimento intestinal e absorção aparente ruminal do fósforo.

Analisando a ingestão de fósforo podemos calcular a concentração de fósforo ruminal. Se utilizarmos um volume ruminal de 50 litros, teremos 275mg P/L no rúmen. Dados de experimentos “in vitro” sugerem que um valor médio de 100 mg/L de fósforo disponível é adequado para as bactérias e para a atividade celulolítica (Durand & Kawashima, 1980).

À medida que fosfato bicálcico foi sendo substituído pelo fosfato de rocha, a excreção fecal do fósforo aumentou linearmente ($P < 0,05$).

Os dados deste experimento concordam com Vitti et al. (2000), que trabalhando com novilhos mestiços e fornecendo fosfato bicálcico, e dois fosfatos de rocha (Patos de

Minas e Tapira) como fontes de fósforo, também encontrou maiores valores de excreção

fecal de fósforo para os tratamentos que utilizaram fosfatos de rocha.

TABELA 3 - Médias, equações de regressão, coeficientes de determinação (r^2) 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, regression equations, determination coefficient (r^2) and standart error (SE) to intake (INT), duodenal flow (DF), faeces flow (FF), ruminal disappear (RD), intestinal disappear (ID), total disappear (TD), apparent ruminal absorption (ARA), apparent intestinal absorption (AIA) and apparent total absorption (ATA) of phosphorus, calcium and fluoride.

	TRATAMENTOS ¹					REGRESSÃO	r^2	EP (SE)
	TREATMENTS							
	100B	75B/25R	50B/50R	25B/75R	100R			
FÓSFORO (PHOSPHORUS)								
ING (INT) (g/dia)	13,6	13,7	13,6	13,9	13,9	Y = 13,73	NS ²	0,18
FD (DF) (g/dia)	16,8	17,1	16,6	17,2	17,0	Y = 16,94	NS	0,19
FF (FF) (g/dia)	6,2	7,1	7,2	8,5	9,9	Y = 6,02 + 0,037 X	0,57	0,23
DR (RD) (g/dia)	-3,1	-3,4	-3,0	-3,3	-3,2	Y = -3,20	NS	0,57
DI (ID) (g/dia)	10,5	9,9	9,5	8,7	7,2	Y = 9,17	NS	0,33
DT (TD) (g/dia)	7,4	6,6	6,4	5,4	4,0	Y = 7,23 - 0,029 X	0,57	0,12
AAR (ARA) (%)	-23,1	-24,8	-22,3	-24,1	-22,8	Y = - 23,40	NS	3,45
AAI (AIA) (%)	62,9	58,4	56,9	50,8	42,1	Y = 65,90 - 0,23 X	0,57	2,91
AAT (ATA) (%)	54,3	48,1	47,2	38,9	28,9	Y = 55,00 - 0,25 X	0,35	3,62
CÁLCIO (CALCIUM)								
ING (INT) (g/dia)	35,5	36,3	36,4	38,3	39,1	Y = 37,12	NS	0,40
FD (DF) (g/dia)	13,8	14,6	15,3	15,3	15,7	Y = 14,93	NS	0,11
FF (FF) (g/dia)	12,1	12,3	13,1	13,5	13,7	Y = 12,92	NS	0,27
DR (RD) (g/dia)	21,7	21,7	21,1	22,9	23,5	Y = 22,19	NS	0,24
DI (ID) (g/dia)	1,8	2,3	2,2	1,8	1,9	Y = 2,00	NS	0,05
DT (TD) (g/dia)	23,5	23,9	23,3	24,8	25,4	Y = 24,19	NS	0,30
AAR (ARA) (%)	61,2	59,8	58,0	60,1	59,9	Y = 59,79	NS	0,88
AAI (AIA) (%)	12,6	15,8	14,2	11,9	11,6	Y = 13,24	NS	0,23
AAT (ATA) (%)	66,1	66,1	63,9	64,8	64,9	Y = 65,19	NS	1,96
FLÚOR (FLUORIDE)								
ING (INT) (mg/dia)	30,1	140,1	220,3	370,6	480,2	Y = 32, 30+ 4,13 X	0,70	3,20
FD (DF) (mg/dia)	20,2	100,1	160,5	330,4	440,4	Y = 25,06 + 3,89 X	0,57	3,20
FF (FF) (mg/dia)	10,4	70,5	120,1	250,5	350,7	Y = 8,40 +2,87 X	0,44	2,70
DR (RD) (mg/dia)	9,9	40,0	59,8	40,2	39,8	Y = 15,77 + 1,25 X - 0,011 X ²	0,22	0,53
DI (ID) (mg/dia)	9,8	29,6	40,4	79,9	89,7	Y = 12,65 + 0,72 X	0,70	1,20
DT (TD) (mg/dia)	19,7	69,6	100,2	120,1	129,5	Y = 23,07 + 0,96 X	0,39	1,00
AAR (ARA) (%)	32,9	28,5	27,1	10,8	8,3	Y = 32,02 - 0,23 X	0,54	3,62
AAI (AIA) (%)	48,5	29,6	25,2	24,2	20,4	Y = 39,07 - 0,22 X	0,45	3,83
AAT (ATA) (%)	65,4	49,7	45,5	32,4	27,0	Y = 60,00 - 0,33 X	0,76	3,97

¹ 100B= 100% fosfato bicálcico e 0% fosfato de rocha de Araxá; 75B/25R= 75% fosfato bicálcico e 25% fosfato de rocha de Araxá; 50B/50R= 50% fosfato bicálcico e 50% fosfato de rocha de Araxá; 25B/75R= 25% fosfato bicálcico e 75% fosfato de rocha de Araxá; 100R= 0% fosfato bicálcico e 100% fosfato de rocha de Araxá.

² NS: Não significativo (P>0,05).

¹ 100B= 100% dicalcium phosphat ande 0% rock phosphate of Araxá; 75B/25R= 75% dicalcium phosphate and 25% rock phosphate of Araxá; 50B/50R= 50% dicalcium phosphate and 50% rock phosphate of Araxá; 25B/75R= 25% dicalcium phosphate and 75% rock phosphate of Araxá; 100R= 0% dicalcium phosphate and 100% rock phosphate of Araxá.

² NS: No significance (P>0,05).

Segundo Peeler (1972) as perdas de fósforo são inevitáveis e decorrentes do estado fisiológico, idade sexo dos animais, além da biodisponibilidade da fonte de fósforo.

No presente experimento, a excreção fecal apresentou-se entre 45% e 71% em relação ao ingerido, quando consideramos 100% de fosfato bicálcico e 100% de fosfato de rocha de Araxá na dieta, respectivamente. É interessante notar que este fósforo excretado é constituído não somente pelo fósforo não absorvido da dieta, mas também a fração endógena do fósforo (Georgievskii et al. 1982).

A substituição de fosfato bicálcico pelo fosfato de rocha de Araxá apresentou um efeito linear negativo ($P < 0,05$) sobre o desaparecimento total do fósforo. Esse fato aconteceu pela maior excreção fecal obtida pelos tratamentos com maiores níveis de fosfato de rocha de Araxá, afetando diretamente o desaparecimento deste elemento.

Pode-se notar na Tabela 3 os valores negativos do desaparecimento ruminal e da absorção aparente ruminal, comprovando secreção de fósforo para o trato digestório através da saliva. Os ruminantes conseguem metabolizar (fósforo endógeno) de forma muito eficiente, secretando através da saliva concentrações entre 496 - 1240 mg/L, o que contribui para a alta concentração de fósforo no rúmen (Rosol & Capen, 1997).

Os coeficientes de absorção aparente de fósforo intestinal e total também apresentaram efeito linear negativo ($P < 0,05$) à medida que o fosfato de rocha de Araxá foi sendo incluído na dieta.

Essa diferença de comportamento entre o tratamento em que foi utilizado maior proporção de fosfato bicálcico e o tratamento em que utilizou-se maior proporção de fosfato de rocha de Araxá na sua composição pode ser explicada, em parte, pela maior absorção e eficiência de absorção encontrada nos tratamentos com fosfato bicálcico,

deixando maior quantidade de fósforo disponível para ser utilizado pelo organismo. Assim, maior quantidade torna-se disponível para o animal e o excedente, segundo Breves & Schroder (1991), pode retornar para o trato digestório, através da saliva, principalmente, e das enzimas e sucos digestivos, como mecanismo de regulação deste mineral na corrente sanguínea.

No presente experimento, constatou-se que a solubilização do fosfato bicálcico e do fosfato de rocha de Araxá em ácido cítrico (2%), segundo Brasil, (1991), foi de 97,9% e 21,5% respectivamente, concordando com os autores acima que o fósforo proveniente do fosfato bicálcico é mais facilmente dissolvido no rúmen e assim torna-se mais disponível para absorção para o animal. Segundo Nicodemo et al., (1995), o fosfato bicálcico apresentou uma solubilização em ácido cítrico (2%) de 92% e o fosfato de rocha de Araxá de 23%, valores similares ao presente experimento.

O valor encontrado para a absorção aparente total do fósforo no tratamento que utilizou uma maior proporção de fosfato bicálcico (54,3%) concorda com vários autores (Lofgreen, 1960; Arrington et al. 1963) que indicam valores entre 50 a 70%.

Vitti et al. (1991), trabalhando com ovinos, encontrou valores de absorção aparente total do fósforo entre 31,01% e 36,73% utilizando fosfato de rocha (Patos de Minas) e fosfato de rocha (Tapira), respectivamente. Estes valores são maiores ao encontrado neste experimento, que utilizando 100% de fosfato de rocha de Araxá, foi de 28,9% .

Em relação à ingestão, desaparecimento e absorção aparente para o cálcio não houve efeito significativo ($P > 0,05$) em relação às diferentes proporções de fosfato bicálcico e fosfato de rocha de Araxá como fontes de fósforo.

O cálcio não foi afetado pelos tratamentos, pois de acordo com Challa et al. (1989), o cálcio é fortemente influenciado pelos diferentes níveis de fósforo na dieta, e como neste

experimento foi testado o mesmo nível de fósforo para todos os tratamentos, este fato não aconteceu.

Em relação ao flúor, todas as variáveis avaliadas foram influenciadas pela relação fosfato bicálcico:fosfato de rocha de Araxá ($P < 0,05$).

A ingestão de flúor apresentou um efeito linear positivo à medida que o fosfato de rocha de Araxá foi adicionado na dieta. Este fato aconteceu, em decorrência da maior concentração de flúor no fosfato de rocha de Araxá.

A intoxicação por flúor depende da quantidade consumida, da duração da ingestão (o efeito é acumulativo), da solubilidade da fonte de flúor (fluoreto de sódio é mais disponível que fluoreto de cálcio), espécie e idade do animal, estado geral de nutrição e a presença de antagonistas (como alumínio) (EMBRAPA, 1994).

Segundo Suttie et al. (1957), o limite de tolerância de ingestão de flúor é de 40mg F/Kg MS/dia, sendo que sinais de fluorose aparecem dentro de 3-5 anos quando 50mg F/Kg MS são ingeridos diariamente. No presente experimento as ingestões diárias de flúor por quilo de matéria seca foram: 5,24mg; 24,54mg; 38,49mg; 64,65mg e 83,92mg para os tratamentos 100B, 75B/25R, 50B/50R, 25B/75R e 100R, respectivamente.

Nos tratamentos onde utilizaram 75% e 100% de fosfato de rocha de Araxá em substituição ao fosfato bicálcico, obteve-se ingestões de 132,4 e 171,5 ug F/g PV, respectivamente. O NRC (1974) afirma que ingestão de flúor acima de níveis considerados limites (100 ug F/g PV) induzem a efeitos tóxicos para a maioria dos animais.

A substituição do fosfato bicálcico produziu um aumento linear ($P < 0,05$) sobre os fluxos duodenais e fecais do flúor, pois a ingestão de flúor, como já citado acima, foi maior nos tratamentos utilizando fosfato de rocha de Araxá. Conseqüentemente, o

desaparecimento intestinal e total também aumentou linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão do fosfato de rocha de Araxá na dieta.

O desaparecimento ruminal do flúor apresentou em efeito quadrático ($P < 0,05$) em relação às diferentes proporções de fosfato bicálcico e fosfato de rocha de Araxá na dieta. O valor máximo de desaparecimento se deu a 67% de substituição do fosfato bicálcico.

À medida que o fosfato bicálcico foi sendo substituído pelo fosfato de rocha de Araxá, os coeficientes de absorção aparente ruminal, intestinal e total apresentaram uma queda linear ($P < 0,05$). Isto aconteceu provavelmente pelo alto fluxo duodenal e fecal de flúor dos tratamentos que utilizaram grande proporção de fosfato de rocha de Araxá, indicando menor absorção do F do fosfato de rocha de Araxá.

O flúor solúvel é em grande parte absorvido no trato gastrointestinal, sendo que este atravessa livremente as membranas celulares, e permanece pouco tempo na corrente sanguínea. O flúor é excretado principalmente via urina, chegando a representar 50-90% da ingestão total, dependendo da solubilidade e da proporção absorvida do flúor.

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

Com relação à MS não houve efeito significativo ($P > 0,05$) das diferentes proporções de fosfato bicálcico e fosfato de rocha de Araxá na dieta 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.

Os requisitos de fósforo sugeridos por autoridades de diferentes países para bovinos em crescimento é de 11g/dia (AFRC, 1991), 12g/dia (NRC, 1996) e até 14g/dia (NRC, 1984). É interessante notar que este valor do AFRC, (1991) foi calculado para dietas a base

de concentrados e subiria para cerca de 17g/dia, se corrigidas para dietas com mais de 50% de volumoso. Considerando a literatura acima citada a ingestão de fósforo no presente experimento foi adequada (13,73g), e a dieta basal forneceu 89% do P total.

Uma das causas de não ter sido observado diferença em relação a MS, segundo Agarwala & Nath (1980) pode ser porque no presente experimento não foram utilizados níveis de ingestão de fósforo perto do déficit, ou seja, 6 gramas de fósforo por animal/ dia, para bovinos em crescimento e possivelmente pelo curto período experimental (21 dias). Com um nível mais baixo de ingestão de fósforo ao longo de mais semanas é mais facilmente verificada diferença entre os tratamentos, conforme citado por Gartner et al. (1982). Provavelmente, se no presente experimento fosse utilizada uma dieta basal muito pobre em fósforo seria encontrada diferença quanto ao parâmetro MS.

Com relação à MO também não houve efeito significativo ($P > 0,05$) para 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 para as diferentes proporções de fosfato bicálcico e fosfato de rocha de Araxá na dieta. Esses resultados demonstram que a inclusão de fosfato de rocha substituindo o fosfato bicálcico não alterou a digestão e a digestibilidade da matéria orgânica.

TABELA 4 - Médias, equações de regressão, coeficientes de determinação (r^2) 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 (CAID) e coeficiente de digestibilidade aparente total (CDAT) da matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta

TABLE 4 –Means, regression equations, determination coefficient (r^2) and standart error (SE) to intake (INT), duodenal flow (DF), faeces flow (FF), ruminal disappear (RD), intestinal disappear (ID), total disappear (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 ¹ (TREATMENTS)					REGRESSÃO REGRESSION	R ²	EP (SE)
	100B	75B/25R	50B/50R	25B/75R	100R			
MATÉRIA SECA (DRY MATTER)								
ING (INT) (g/dia)	5746,6	5709,2	5724,2	5732,3	5722,0	Y = 5726,86	NS ²	13,50
FD (DF) (g/dia)	2597,1	2462,6	2461,9	2429,3	2444,2	Y = 2479,02	NS	4,23
FF (FF) (g/dia)	1770,8	1625,3	1546,1	1559,3	1557,4	Y = 1611,78	NS	4,91
DR (RD) (g/dia)	3149,5	3246,6	3262,3	3303,0	3277,8	Y = 3247,84	NS	2,54
DI (ID) (g/dia)	826,3	837,3	915,8	870,0	886,8	Y = 867,24	NS	8,98
DT (TD) (g/dia)	3975,8	4083,9	4178,1	4173,0	4164,6	Y = 4115,08	NS	6,15
CDAR (CARD) (%)	54,8	56,9	56,9	57,6	57,3	Y = 56,70	NS	1,28
CAID (CAID) (%)	31,8	34,0	37,2	35,8	36,3	Y = 35,02	NS	0,56
CDAT (CATD) (%)	69,2	71,5	72,9	72,8	72,8	Y = 71,84	NS	0,86
MATÉRIA ORGÂNICA (ORGANIC MATTER)								
ING (INT) (g/dia)	5448,9	5411,0	5427,2	5431,4	5421,7	Y = 5428,04	NS	5,36
FD (DF) (g/dia)	2373,0	2243,4	2222,6	2202,9	2227,3	Y = 2253,84	NS	2,82
FF (FF) (g/dia)	1581,9	1436,6	1357,6	1368,2	1362,6	Y = 1421,38	NS	8,80
DR (RD) (g/dia)	3075,9	3167,6	3204,4	3228,5	3194,4	Y = 3174,16	NS	4,25
DI (ID) (g/dia)	791,2	805,4	865,2	834,7	864,7	Y = 832,20	NS	3,08
DT (TD) (g/dia)	3867,0	3973,0	4069,6	4063,2	4059,1	Y = 4006,38	NS	4,95
CDAR (CARD) (%)	56,5	58,5	59,0	59,4	58,9	Y = 58,46	NS	0,94
CAID (CAID) (%)	33,3	35,9	38,9	37,9	38,8	Y = 36,96	NS	1,53
CDAT (CATD) (%)	70,7	73,4	75,0	74,8	74,8	Y = 73,78	NS	0,06
PROTEÍNA BRUTA (CRUDE PROTEIN)								
ING (INT) (g/dia)	716,0	711,9	714,0	714,7	713,5	Y = 714,02	NS	5,49
FD (DF) (g/dia)	619,2	619,3	625,8	632,0	621,3	Y = 623,52	NS	8,80
FF (FF) (g/dia)	240,3	230,5	234,0	230,0	240,1	Y = 234,98	NS	2,51
DR (RD) (g/dia)	96,8	92,6	88,2	82,7	92,2	Y = 90,5	NS	7,55
DI (ID) (g/dia)	378,9	388,8	391,8	402,0	381,2	Y = 388,54	NS	9,02
DT (TD) (g/dia)	475,7	481,4	480,0	484,7	473,4	Y = 479,04	NS	4,97
CDAR (CARD) (%)	13,5	13,0	12,4	11,6	12,9	Y = 12,68	NS	2,11
CAID (CAID) (%)	61,2	62,8	62,6	63,6	61,4	Y = 62,32	NS	1,36
CDAT (CATD) (%)	66,4	67,6	67,2	67,8	66,3	Y = 67,06	NS	0,71

¹ 100B= 100% fosfato bicálcico e 0% fosfato de rocha de Araxá; 75B/25R= 75% fosfato bicálcico e 25% fosfato de rocha de Araxá; 50B/50R= 50% fosfato bicálcico e 50% fosfato de rocha de Araxá, 25B/75R= 25% fosfato bicálcico e 75% fosfato de rocha de Araxá; 100R= 0% fosfato bicálcico e 100% fosfato de rocha de Araxá.

² NS: Não significativo (P>0,05).

¹ 100B= 100% dicalcium phosphat ande 0% rock phosphate of Araxá; 75B/25R= 75% dicalcium phosphate and 25% rock phosphate of Araxá; 50B/50R= 50% dicalcium phosphate and 50% rock phosphate of Araxá, 25B/75R= 25% dicalcium phosphate and 75% rock phosphate of Araxá; 100R= 0% dicalcium phosphate and 100% rock phosphate of Araxá.

² NS: No significance (P>0,05).

O valor do coeficiente de digestibilidade aparente total da matéria orgânica foi próximo ao valor dos nutrientes digestíveis totais encontrados neste experimento (Tabela 6), concordando com o NRC (1996).

Os resultados referentes à proteína bruta não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos, demonstrando que as diferentes proporções de fosfato bicálcico e fosfato de rocha de Araxá também não alteraram os parâmetros de digestão deste elemento.

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

Não houve diferenças ($P > 0,05$) entre os tratamentos para ingestão, digestão e coeficiente de digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro. A baixa concentração de fósforo ruminal interfere na digestibilidade da fibra, pois limita a atividade microbiana (Hungate, 1966). Segundo Lima (2000), os fosfatos de rocha, em geral, apresentam baixa disponibilidade ruminal, logo, pode-se observar que a baixa disponibilidade do fósforo oriundo do fosfato de rocha de Araxá não influenciou a digestibilidade da fibra, podendo este ser um substituto do fosfato bicálcico sem influenciar a digestão da fibra, nas condições deste experimento.

Para o EE e os CNF não houve efeito significativo dos tratamentos ($P > 0,05$) 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 para as diferentes proporções de fosfato bicálcico e fosfato de rocha de Araxá na dieta.

TABELA 5 - Médias, equações de regressão, coeficientes de determinação (r^2) 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, regression equations, determination coefficient (r^2) and standart error (SE) to intake (INT), duodenal flow (DF), feces flow (FF), ruminal disappear (RD), intestinal disappear (ID), total disappear (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 ¹					REGRESSÃO	r^2	EP (SE)
	TREATMENTS							
	100B	75B/25R	50B/50R	25B/75R	100R			
FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO								
<i>NEUTRAL DETERGENT FIBER</i>								
ING (INT) (g/dia)	3423,1	3613,3	3614,0	3622,6	3615,4	Y = 3577,68	NS ²	3,85
FD (DF) (g/dia)	1331,2	1385,8	1325,7	1322,3	1378,0	Y = 1348,60	NS	4,68
FF (FF) (g/dia)	1016,1	1075,3	977,8	980,6	1006,4	Y = 1011,24	NS	16,14
DR (RD) (g/dia)	2091,9	2227,5	2288,3	2300,3	2237,4	Y = 2229,08	NS	4,87
DI (ID) (g/dia)	315,1	310,5	347,9	341,7	371,6	Y = 337,36	NS	29,21
DT (TD) (g/dia)	2407,0	2538,0	2636,2	2642,0	2609,0	Y = 2566,44	NS	13,42
CDAR (CARD) (%)	61,1	61,6	63,3	63,5	61,9	Y = 62,28	NS	2,41
CAI (CAID) (%)	23,7	22,4	26,2	25,8	27,0	Y = 25,02	NS	2,58
CDAT (CATD) (%)	70,3	70,2	72,9	72,9	72,2	Y = 71,70	NS	1,01
EXTRATO ETÉREO (ETHER EXTRACT)								
ING (INT) (g/dia)	84,0	83,5	83,8	83,1	83,6	Y = 83,60	NS	0,69
FD (DF) (g/dia)	31,0	30,0	33,4	31,5	33,5	Y = 31,88	NS	0,82
FF (FF) (g/dia)	8,3	8,2	10,0	10,8	10,1	Y = 9,48	NS	0,77
DR (RD) (g/dia)	53,0	53,5	50,4	51,6	50,1	Y = 51,72	NS	1,04
DI (ID) (g/dia)	22,7	21,8	23,4	20,7	23,4	Y = 22,40	NS	0,92
DT (TD) (g/dia)	75,7	75,3	73,8	72,3	73,5	Y = 74,12	NS	0,78
CDAR (CARD) (%)	63,1	64,1	60,1	62,1	59,9	Y = 61,86	NS	1,94
CAI (CAID) (%)	73,2	72,7	70,0	65,7	69,9	Y = 70,30	NS	4,91
CDAT (CATD) (%)	90,1	90,2	88,1	87,0	87,9	Y = 88,66	NS	1,77
CARBOIDRATOS NÃO FIBROSOS								
<i>NON FIBER CARBOYDRATES</i>								
ING (INT) (g/dia)	1225,8	1002,3	1015,4	1011,0	1009,2	Y = 1052,74	NS	10,40
FD (DF) (g/dia)	390,9	206,0	237,2	217,2	194,9	Y = 249,24	NS	18,68
FF (FF) (g/dia)	316,4	122,0	133,9	145,8	106,2	Y = 164,86	NS	80,07
DR (RD) (g/dia)	834,9	796,3	778,2	793,8	814,3	Y = 803,50	NS	30,41
DI (ID) (g/dia)	74,5	84,0	103,3	71,4	88,7	Y = 84,38	NS	6,78
DT (TD) (g/dia)	909,4	880,3	881,5	865,2	903,0	Y = 887,88	NS	18,36
CDAR (CARD) (%)	68,1	79,4	76,6	78,5	80,7	Y = 76,66	NS	3,23
CAI (CAID) (%)	19,1	40,8	43,5	32,9	45,5	Y = 36,36	NS	8,79
CDAT (CATD) (%)	74,2	87,8	86,8	85,6	89,4	Y = 84,76	NS	1,46

¹ 100B= 100% fosfato bicálcico e 0% fosfato de rocha de Araxá; 75B/25R= 75% fosfato bicálcico e 25% fosfato de rocha de Araxá; 50B/50R= 50% fosfato bicálcico e 50% fosfato de rocha de Araxá, 25B/75R= 25% fosfato bicálcico e 75% fosfato de rocha de Araxá; 100R= 0% fosfato bicálcico e 100% fosfato de rocha de Araxá.

² NS: Não significativo (P>0,05).

¹ 100B= 100% dicalcium phosphat ande 0% rock phosphate of Araxá; 75B/25R= 75% dicalcium phosphate and 25% rock phosphate of Araxá; 50B/50R= 50% dicalcium phosphate and 50% rock phosphate of Araxá, 25B/75R= 25% dicalcium phosphate and 75% rock phosphate of Araxá; 100R= 0% dicalcium phosphate and 100% rock phosphate of Araxá.

² NS: No significance (P>0,05).

Os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT), calculado e estimado através dos cálculos de Weiss et al. (1999), e fósforo plasmático são mostrados na Tabela 6.

TABELA 6 - Médias, equações de regressão, coeficientes de determinação (r^2) e erro padrão (EP) para os nutrientes digestíveis totais calculados (NDTc) e estimados (NDTe) e fósforo plasmático

TABLE 6 –Means, regression equations, determination coefficient (r^2) and standart error (SE) to totais nutrients digestibles calculados and estimates and blood phophorus

	TRATAMENTOS ¹					REGRESSÃO REGRESSION	r^2	EP (SE)
	TREATMENTS							
	100B	75B/25R	50B/50R	25B/75R	100R			
NDTc (TND) (%)	72,6	75,3	76,0	75,9	75,9	Y = 75,14	NS	1,40
NDTe (TND) (%)	66,62	66,62	66,62	66,62	66,62	Y = 66,62	NS	0,75
P plasma (mg/dl)	5,896	5,958	5,956	5,788	6,038	Y = 5,927	NS	0,067

¹ 100B= 100% fosfato bicálcico e 0% fosfato de rocha de Araxá; 75B/25R= 75% fosfato bicálcico e 25% fosfato de rocha de Araxá; 50B/50R= 50% fosfato bicálcico e 50% fosfato de rocha de Araxá, 25B/75R= 25% fosfato bicálcico e 75% fosfato de rocha de Araxá; 100R= 0% fosfato bicálcico e 100% fosfato de rocha de Araxá.

² NS: Não significativo (P>0,05).

¹ 100B= 100% dicalcium phosphat ande 0% rock phosphate of Araxá; 75B/25R= 75% dicalcium phosphate and 25% rock phosphate of Araxá; 50B/50R= 50% dicalcium phosphate and 50% rock phosphate of Araxá, 25B/75R= 25% dicalcium phosphate and 75% rock phosphate of Araxá; 100R= 0% dicalcium phosphate and 100% rock phosphate of Araxá.

² NS: No significance (P>0,05).

Os nutrientes digestíveis totais, tanto o calculado quanto o estimado por Weiss et al. (1999), não foram influenciados ($P > 0,05$) pelas diferentes relações de fosfato bicálcico:fosfato de rocha de Araxá. No entanto, foram bem diferentes entre si. É importante considerar que os valores de NDT calculados foram obtidos com bovinos em crescimento alimentados sem restrição, enquanto as equações utilizadas foram desenvolvidas para estimar a energia disponível para bovinos, ao nível de manutenção.

Não houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos, ou seja, entre as diferentes proporções de fosfato bicálcico e fosfato de rocha de Araxá na dieta para os níveis de fósforo no plasma.

Os níveis de fósforo plasmático encontrados neste experimento estão dentro dos limites considerados normais que vão de 4 a 9 mg/dl (Thompson Junior, 1978). Em animais jovens, os níveis séricos de P podem variar de 5 a 8 mg/dl (Underwood, 1981).

Braithwaite (1985) e Ternouth & Sevilla (1990) encontraram correlações semelhantes entre o fósforo consumido e o fósforo plasmático. Ao contrário, vários autores afirmam que para ovinos e bovinos não há correlação entre o fósforo ingerido e o fósforo no plasma (Braithwaite, 1984; Challa & Braithwaite, 1988; Louvandini & Vitti, 1994; Louvandini, 1995).

No presente experimento, houve uma correlação muito pequena em relação ao fósforo ingerido e o fósforo plasmático (30%), apresentando $R^2 = 0,65$; e em relação ao fósforo absorvido e o fósforo plasmático (20%), apresentando $R^2 = 0,63$ concordando com os autores acima.

Conclusões

A substituição do fosfato bicálcico pelo fosfato de rocha de Araxá não influenciou a ingestão, excreção fecal, digestão e coeficiente de digestibilidade da MS, MO, PB, FDN, CNE e valores de NDT da dieta, além do desaparecimento e da absorção do Ca. Houve, entretanto, uma diminuição no desaparecimento e absorção aparente do fósforo e um alimento na ingestão, fluxo e digestão do flúor, além de diminuição na absorção aparente do mesmo. O fósforo plasmático não foi influenciado pela relação fósforo:flúor da dieta.

Literatura Citada

- AGARWALA, O .N.; NATH, K. Note on the effect of level and source supplements on feed intake, digestion of nutrients and energy utilization in buffalo bulls. **Indian Journal Animal Science**. New Delhi, v.50, n.11, p.993-995, 1980
- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. Technical Commitee on Responses to Nutrients. A reappraisal of the calcium and phosphorus requeriments of sheep and cattle. **Nutrition Abstracts and Reviews**: série B livestock feeds and feeding, Aberdeen, v.61, n.9, p. 573-612,1991
- ANNEKOV, B.N. Kinetics of mineral metabolism in organ and tissues. In: GEORGIEVSKII, V.I.; ANNENKOV, B.N.; SAMOKHIN, V.T. (Eds.) **Mineral nutrition of animals**. London: Butterwoeths, p.257-271. 1982.
- ARRINGTON, L.R.; OUTLER, J.C.; AMMERMAN, C.B.; DAVIS, G.K. Absorption, retention and tissue deposition of labeled inorganic phosphate by cattle. **Journal of Animal Science**, Albany, v.22, p.940--942, 1963.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL 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
- BRAITHWAITE, G.D. Endogenous faecal loss of phosphorus in growing lambs and the calculation of phosphorus requirements. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.105, n.1, p.67-72, Aug. 1985.
- BRAITHWAITE, G.D. Some observations on phosphorus homeostasis and requeriments of sheep. **Journal of Agricultural Science**. Cambridge, v.102, p.295-306, 1984
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Portaria n.108, de 4 de setembro de 1991. Aprova os métodos analíticos para controle de aliemntos para uso animal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília. 17 set., 1991. Seção 1, p. 19813-19842.

- BREVES, G.; SCHRODER, B. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. **Nutrition Research Reviews**, v.4, p.125-140, 1991.
- CHALLA, J.; BRAITHWAITE, G.D.; DHA NOA, M. S. Phosphorus homeostasis in growing calves. **Journal of Agricultural Science**, v.112, n.2., p.217-226, 1989.
- CHALLA, J; BRAITHWAITE, G.D. Phosphorus and calcium metabolism in growing calves with special emphasis on homeostasis. **Journal of Agricultural Science**. Cambridge, v.110, n.3, p.573-581, 1988
- COELHO DA SILVA, J.F. E LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição de ruminantes**. Piracicaba, SP, Livrocere, 1979. 380p.
- 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.
- FISKE, C. H., SUBBAROW, Y. The colorimetric determination of phosphorus. **Journal of Biological Chemistry**, 66:375, 1925.
- GARTNER, J.H.; MURPHY, G.M.; HOEY,W.A. Effects of induced, subclinical phosphorus deficiency, on feed intake and growth of beef heifers. **Journal Animal Science**. Cambridge. v. 98, p.23-29, 1982
- 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, cap.6, p.91-170. 1982
- HAYS, V.W.; SWENSON, M.J. Minerais e ossos. In: SWENSON, M.J (Ed.). **DUKES/ Fisiologia dos animais domésticos**. 10.ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. p. 397-427
- HIBBS, J.H.; CONRAD, H.R. The relation of calcium and phosphorus intake and digestion and the effects of vitamin D feeding on the utilization of calcium and phosphorus by lactating dairy cows. **Research Bulletin**, Ohio Agricultural Experimental Station, Wooster, p.1150, 1993
- HORST, R.L. Regulation of calcium and phosphorus homeostasis in the dairy cow. **Journal of dairy Science**, Lancaster, v.69, p.604, 1986
- HUNGATE, R.E. **The rumen and its microbes**. New York: Academic Press, p.346-347. 1966.
- LIMA, J.M.; ANDERSON, S.J. & CURI, N. Phosphate-induced clay dispersion as related to aggregate size and composition in Hapludoxs. **Journal Animal Science**., 64:892-897, 2000.

- LITTLE, D.A., ROBINSON, P. J., PLAYNE, M.J. et al. Factors affecting blood inorganic phosphorus in cattle. **Australian Veterinary Journal**, 47:153, 1971.
- LOFGREEN, G. P. The availability of the phosphorus in dicalcium phosphate, bone, meal, soft phosphate and calcium phytates for mature wethers. **Journal Nutrition.**, 70(1):58-62. 1960.
- LOPES, H.O.S.; TOMICH, T.R. Avanços recentes na nutrição mineral de bovinos. In: **A produção animal na visão dos brasileiros**. Sociedade Brasileira de Zootecnia. Piracicaba:FEALQ, p.927. 2001.
- LOUVANDINI, H. **Perda endógena de fósforo em ovinos suplementados com diferentes níveis do elemento na dieta**. 1985. 87f. Tese (Doutorado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 1995
- LOUVANDINI, H.; VITTI, D.M.S.S. Perda endógena de fósforo em ovinos com diferentes níveis do elemento na dieta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p.145-149, jan. 1994.
- MACDOWELL,R.L. Minerals for grazing ruminants in tropical regions. 3ed. Flórida, 1997
- MACKIE, R.I; THERION, J.J. Influence of mineral interactions on growth efficiency of rumen bacteria. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON HERBIVORE NUTRITION IN THE SUBTROPICS ON TROPICS, 1983. **Proceedings...**1983
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requeriment of beef cattle**. 1984. 6ed. Washington D.C. National Academic Press, 89p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requeriments of beef cattle**, Washington, D.C.: National Academy Press, 1996. 242p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. Subcommittee on Fluorosis. Effects of fluoride in animals. National Academy of Sciences, Washington, DC. 1974. 70 p.
- NICODEMO, M.L.F.; BARROCAS, G.E.G. Métodos "*in vitro*" para avaliação de fontes de fósforo destinadas a bovinos. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.24, p.49-61, 1995.
- NRC. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. 6th ed. rev. Washington DC: Natl. Acad. Sci. 1989. 157p.
- PEELER,H.T. Biological availability of nutrients in feeds: availability of major mineral ions. **Journal Animal Science**, v.35, n.3, p.695 - 712, 1972
- ROSOL,C.; CARPEM,C. Biological availability of nutrients in feeds: availability of major mineral ions. **Journal Animal Science**, v.35, n.3, p.695 - 712, 1997

- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.J.; RUSSEL; J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, Nov. 1992.
- SUTTIE J.W., MILLER R.F. & PHILLIPS P.H. Effects of dietary NaF on cows. II. Effects on milk production. **Journal Dairy Science**. 40:1485-1491. 1957.
- TERNOUTH, J.C., SEVILLA, C.C. The effects of low levels of dietary phosphorus upon the dry matter intake and metabolism of lambs. **Australian Journal Agriculture Research**, 41(1):175-184. 1990.
- THOMPSON JUNIOR, W.R. Phosphorus in animal nutrition. In: PHOSPHORUS for agriculture: a situation analysis. Atlanta: Potash/Phosphate Institute, 1978. p.126-158.
- UNDERWOOD, E.J. 1981. The mineral nutrition of livestock. 2.ed. London: Commonwealth Agricultural Bureaux. 179p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. 1997. SAEG – **Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Versão7.1 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.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell University Press, New York, USA, 1994, 476p.
- VITTI, D.M.S.S. **Avaliação da disponibilidade biológica do fósforo dos fosfatos bicálcico, Patos de Minas, Tapira e finos de Tapira para ovinos pela técnica da diluição isotópica**. São Paulo, SP: IPEN/USP, 1989. 87p. Tese (Doutorado) - Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares/USP, 1991.
- VITTI, D.M.S.S.; ABDALA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.da; AMBROSANO, E.J. Métodos para o diagnóstico da deficiência de fósforo em ruminantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.6, p.645-651, jun. 2000.
- WEISS, W. P., FISHER, G. R., ERICKSON, G. M. Effect of source of neutral detergent fiber and starch on nutrient utilization by dairy cows. **Journal Dairy Science** 72:2308-2315. 1999.
- WILLIAMS, C.H., DAVID, D.J. The determination chromic oxide in feces samples by atomic absorption spectrophotometry. **Journal Animal Science**. 59(1): 391.1962.

IV - EXPERIMENTO 2

Fosfato de Rocha de Araxá como substituto do Fosfato Bicálcico em Dieta de Bovinos: Fermentação Ruminal e Eficiência de Síntese Microbiana

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da substituição do fosfato bicálcico pelo fosfato de rocha de Araxá, em dietas de bovinos em crescimento, sobre o pH e concentração de amônia ruminal e síntese de proteína microbiana. Foram utilizados cinco bovinos, da raça Holandês, Preto e Branco, castrados, com 18 meses de idade e 280 kg de peso vivo. O delineamento utilizado foi o quadrado latino 5 x 5, onde os tratamentos consistiram em níveis de 0, 25, 50, 75 e 100% de substituição do fosfato bicálcico pelo fosfato de rocha de Araxá no suplemento fornecido através da cânula ruminal. Os tratamentos não influenciaram ($P>0,05$) os parâmetros ruminais, ou seja, o pH e a concentração de amônia ruminal, no entanto, todos os tratamentos apresentaram um comportamento quadrático ($P<0,05$) em resposta ao tempo pós-alimentação. A substituição do fosfato bicálcico não influenciou ($P>0,05$) a ingestão, digestão e coeficiente de digestibilidade aparente ruminal do nitrogênio, além da eficiência microbiana. A utilização do fosfato de rocha de Araxá, como fonte de fósforo, em dietas de bovinos em crescimento, em total substituição fosfato bicálcico, não acarretou prejuízos à síntese de proteína microbiana e ao ambiente ruminal, nas condições deste estudo.

Palavras chave: bovinos, fermentação ruminal, fosfato bicálcico, fosfato de rocha, proteína microbiana

Rock phosphate of Araxa as a Replacement for Dicalcium Phosphate in Cattle Diets: Ruminal Fermentation and Efficiency of Microbial Synthesis

ABSTRACT: The objectives of this work were to evaluate the effects of replacing dicalcium phosphate (DP) by rock phosphate of Araxa (RPA) in steer growing diets on mineral supplement over ruminal pH and ruminal concentration of NH_3 , and efficiency of protein microbial synthesis. Were used five Holstein steers eighteen month old, weighting 280 kg, implanted with ruminal cannula. Statistical design was a 4x4 Latin square, were treatments consisted of 0, 25, 50, 75 and 100% replacement of DP by RPA on mineral supplement placed into the rumen through ruminal cannula. Treatments did not affect ($P>.05$) ruminal pH and ruminal concentration of NH_3 , but in all treatments these parameters showed a quadratic response to post feeding time ($P<.05$). Replacement of DP by RPA did not affect ($P>.05$) intake, digestion, and ruminal apparent digestibility of nitrogen and efficiency of apparent and true protein microbial synthesis. Total replacement of DP by RPA in steer growing diets did not affected ruminal environment and protein synthesis in the rumen.

Key-words: cattle, ruminal fermentation, dicalcium phosphate, rock phosphate, microbial protein

Introdução

O crescimento microbiano pode ser afetado pela disponibilidade de carboidratos, amônia, peptídeos, aminoácidos, minerais e ácidos de cadeia ramificada (Sniffen et al., 1993) e, por outros fatores, como a taxa de passagem, pH, taxa de fermentação e predação dentro do rúmen (Van Soest, 1994; Merchen, 1998).

Normalmente, medidas de eficiência de síntese microbiana são avaliadas *in vivo*, através de ensaios de digestibilidade, onde são utilizados vários métodos para a determinação da mesma.

Ling & Buttery (1978) criticaram a técnica das bases purinas, pelo uso comum da relação N-RNA:N-total de bactérias, para se estimar o N microbiano no abomaso que contém bactérias e protozoários, o que pode subestimar a produção microbiana, já que a relação N-RNA:N-total de protozoários é menor a de bactérias. No entanto, Valadares Filho et al. (1990), comparando dois métodos de determinação de eficiência de síntese microbiana (2,6 diaminopimélico e bases purinas), concluíram que o método das bases purinas é adequado para estimar a produção microbiana. Broderick & Merchen (1992) também recomendaram as bases purinas, afirmando que nenhum indicador microbiano é totalmente adequado, portanto, as estimativas são relativas, e não absolutas.

O pH é um fator importante na atividade proteolítica no rúmen e o valor ótimo varia entre 6 e 7, sendo que, para um grande número de microorganismos, a atividade máxima se situa em torno de 6,5 (Coelho da Silva & Leão, 1979).

Com a redução moderada do pH ruminal, até aproximadamente 6, a digestão da fibra decresce sem influenciar o número de microorganismos fibrolíticos. Porém, com uma redução para a faixa de 5,5 a 5,0 ocorre redução do número de microorganismos fibrolíticos, como também a taxa de crescimento, podendo causar inibição na digestão da fibra (Hoover, 1986).

A degradabilidade ruminal da proteína dietética leva à conversão da mesma até amônia. Quanto maior for a degradabilidade da proteína da dieta, maior será a produção de amônia ruminal e, provavelmente, maiores serão as perdas urinárias de compostos nitrogenados na forma de uréia (Russell et al., 1991).

Valadares et al. (1997) relataram que a concentração de amônia no rúmen é uma função das taxas relativas de entrada e remoção de amônia, e que a mesma entra no rúmen através de várias fontes, incluindo a fermentação dos alimentos, fragmentos de células lisadas, proteína endógena, compostos nitrogenados solúveis diversos (uréia endógena, ácidos nucleicos, ácido úrico e nitrato) e excreção de protozoários. O nitrogênio amoniacal é removido do rúmen pela incorporação à célula microbiana que sai do rúmen, pela absorção através da parede ruminal, e passando para outras porções do trato digestório.

Este trabalho teve o objetivo de avaliar a eficiência de síntese microbiana, pH e amônia ruminal em dietas de bovinos com diferentes proporções de fosfato bicálcico e fosfato de rocha de Araxá como fontes de fósforo.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no setor de Avaliação de Alimentos para Animais Ruminantes da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), localizada no distrito de Iguatemi, no período de março a junho de 2005 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.

Foram utilizados cinco bovinos, implantados com cânula ruminal, machos, castrados, da raça Holandês, Preto e Branco, com 18 meses de idade e 280 kg de peso vivo médio.

Os animais permaneceram numa instalação totalmente coberta com piso concretado, em baias individuais com 8,75 m² de área útil, com as laterais fechadas com madeira. As baias eram providas de comedouro de polietileno individuais e bebedouros automáticos.

Os animais eram alimentados duas vezes ao dia, pela manhã (08:30 horas) e à tarde (16:30 horas), receberam água à vontade, e 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 duas vezes ao dia para

garantir a higiene dos animais. Os animais eram 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, sendo 19 dias de adaptação e 2 dias de coleta de amostras (líquido ruminal e conteúdo ruminal) realizadas no período compreendido entre o 21^o e 22^o dia.

Os alimentos utilizados na composição das dietas experimentais foram: silagem de milho, casca de soja, casca de algodão, uréia e suplemento mineral. A composição química destes alimentos foi obtida através do sistema NRC (1996) e estão demonstradas na Tabela 1.

As dietas (Tabela 2) foram formuladas para atender 1,5 vezes a exigência de energia líquida de manutenção (NRC, 1996), permitindo um ganho de peso vivo de 0,4-0,5 Kg/dia e continham 0,24% de fósforo. O fósforo suplementar foi fornecido na forma de fosfato bicálcico e/ou fosfato de rocha de Araxá, compreendendo 0,06% da dieta, sendo que o 0,18% era oriundo dos alimentos.

Os tratamentos consistiram em fornecer 0,06% de fósforo na dieta da seguinte forma: 100B= 100% fosfato bicálcico e 0% fosfato de rocha de Araxá; 75B/25R= 75% fosfato bicálcico e 25% fosfato de rocha de Araxá; 50B/50R= 50% fosfato bicálcico e 50% fosfato de rocha de Araxá e 25B/75R= 25% fosfato bicálcico e 75% fosfato de rocha de Araxá; 100R= 0% fosfato bicálcico e 100% fosfato de rocha de Araxá. As dietas apresentaram diferentes proporções de fósforo:flúor, sendo estas: 100B= 441,58; 75B/25R= 119,20; 50B/50R= 68,90; 25B/75R= 48,45 E 100R= 37,36.

O fornecimento das dietas experimentais foi em nível de 2,5% do peso vivo (PV) para diminuir as sobras.

TABELA 1 – Composição química dos alimentos experimentais (% MS)
 TABLE 1 – Chemical composition of the experimental ingredients (% DM)

ALIMENTOS (%) (INGREDIENTS %)	NDT (TDN)	PB (CP)	Ca (Ca)	P (P)	F (F)
Silagem de Milho (<i>Corn silage</i>)	65	8	0,31	0,23	0
Casca de Soja (<i>Soybean hulls</i>)	75	13	0,53	0,18	0
Casca de Algodão (<i>Cotton hulls</i>)	50	6	0,15	0,09	0
Uréia (<i>Urea</i>)	0	282	0	0	0
Fosfato Bicálcico (<i>Dicalcium phosphate</i>)	0	0	21,00	19,00	0,19
Fosfato de Rocha de Araxá (<i>Rock phosphat</i>)	0	0	21,00	11,00	1,30
Suplemento Mineral (<i>Mineral supplement</i>)	0	0	18,40	0	0

TABELA 2 – Composição percentual e química das dietas experimentais (% MS)
 TABLE 2 – Percentual and chemical composition of experimental diets (% DM)

ALIMENTOS (INGREDIENTS)	100B	75B/25R	50B/50R	25B/75R	100R
Silagem de Milho (<i>Corn silage</i>)	75,00	75,00	75,00	75,00	75,0
Casca de Soja (<i>Soybean hulls</i>)	17,15	17,15	17,15	17,15	17,1
Casca de Algodão (<i>Cotton hulls</i>)	7,005	7,005	7,005	7,005	7,00
Uréia (<i>Urea</i>)	0,535	0,535	0,535	0,535	0,53
Suplemento Mineral ¹ (<i>Mineral supplement</i>)	0,310	0,310	0,310	0,310	0,31
NUTRIENTES (NUTRIENTS)	100B	75B/25R	50B/50R	25B/75R	100R
NDT, % (TDN)	65,00	65,00	65,00	65,00	65,0
PB, % (CP)	10,20	10,20	10,20	10,20	10,2
Ca, % (Ca)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
P, % ² (P)	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27

¹ O Suplemento mineral continha 1,2% de S; 1,2% de Mg; 10% de Na; 12% 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.

² O fósforo suplementar foi fornecido via cânula ruminal durante todos os dias do período experimental

¹ The mineral supplement had 1,2% of S; 1,2% of Mg; 10% of Na; 12% of Ca; 30 ppm of Co; 800 ppm of Cu; 50 ppm of I; 1200 ppm of Mn; 12 ppm of Se; 3200 ppm of Zn.

² The suplementar phosphorus was given by ruminal cannulas during everyday of the experimental periods.

Para determinar o pH e a concentração de amônia no líquido ruminal, foram coletadas amostras do fluído ruminal (cerca de 100 ml) no 21^o dia, via cânula ruminal, nos tempos 0; 2; 4; 6 e 8 horas, em cada período experimental. O tempo 0 corresponde à amostra colhida imediatamente antes da primeira refeição (8:30 horas), e o tempo 8, imediatamente antes do fornecimento da segunda refeição (16:30 horas).

O pH foi medido imediatamente após a coleta e 50 ml de fluído ruminal foram acidificados com 1 ml de ácido sulfúrico (1:1) e armazenados a -20^o C, para posterior análise de amônia. A dosagem de amônia nas amostras de líquido ruminal foi determinada pela técnica de Ferner (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 a 500 ml de solução salina 0,9% (NaCl). A mistura foi homogeneizada em liquidificador, coada em fralda de algodão dobrada quatro vezes e, o filtrado, armazenado a -20 °C para ser processado de acordo com Cecava et al. (1990).

A concentração de purinas nas bactérias do rúmen e na digesta omasal 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 pelete será lavado com 10ml de H₂SO₄ (0,005N)/ AgNO₃ (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: purinas bactéria pela razão N: purinas digesta omasal 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) verdadeira fermentada no rúmen que, por sua vez, será calculada pela equação = ingestão de MO (g/ dia) – [MO omasal (g/dia) – MO microbiana (g/dia)].

O experimento foi conduzido em delineamento experimental quadrado latino 5 x 5. Os dados foram interpretados por uma análise de variância e uma análise de regressão adotando-se 5% de probabilidade e utilizando-se o UFV-SAEG (1997).

O modelo matemático utilizado para a análise de variância foi:

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

μ = média dos tratamentos;

A_i = efeito do animal i, variando de 1 a 5;

P_j = efeito do período j, variando de 1 a 5;

T_k = efeito do tratamento k, variando de 1 a 5;

e_{ijk} = erro aleatório

Resultados e Discussão

Os valores obtidos com relação à ingestão do nitrogênio (N) são mostrados na Tabela 3. Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) para as diferentes proporções de fosfato bicálcico e fosfato de rocha de Araxá na dieta, pois as dietas eram isonitrogenadas e a oferta de MS foi de 2,5% do peso vivo.

O fluxo duodenal de nitrogênio não sofreu efeito ($P > 0,05$) à medida que o fosfato bicálcico foi sendo substituído pelo fosfato de rocha da Araxá (Tabela 2). O fluxo duodenal de nitrogênio bacteriano e de nitrogênio não bacteriano apresentou o mesmo comportamento que o fluxo duodenal de nitrogênio.

Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) para os diferentes tratamentos, ou seja, para as diferentes proporções de fosfato bicálcico e fosfato de rocha de Araxá sobre a eficiência de síntese de proteína microbiana aparente e verdadeira, digestão ruminal e coeficiente de digestibilidade aparente ruminal do nitrogênio.

Apesar do desaparecimento e absorção aparente do fósforo ter decrescido linearmente ($P < 0,05$) quando o fosfato de rocha de Araxá foi sendo incluído nas dietas do Experimento 1, os parâmetros avaliados na Tabela 3, do presente experimento, não apresentaram diferenças.

Isto pode ser explicado, pois segundo Nel & Moir (1964) e Durand & Kawashima (1979), os microorganismos do rúmen parecem ser menos sensíveis que o hospedeiro às diferentes fontes de fósforo e a biodisponibilidade do elemento, que elas apresentam. Esta resistência deve-se, provavelmente, a eficiente reciclagem do elemento por meio da saliva e os requisitos relativamente baixos dos microorganismos.

Ao contrário do que foi encontrado no presente trabalho e também citado pelos autores acima, Petri et al. (1988) afirmaram que redução na síntese de proteína microbiana e ineficiente degradação da fibra podem ser encontrada quando os níveis de fósforo da dieta são inadequados.

MacDowell, (1992) também defende que quando fontes de baixa disponibilidade, como é o caso do fosfato de rocha de Araxá, são usadas ocorre uma menor concentração de fósforo no trato gastrintestinal, interferindo negativamente na síntese de proteína microbiana, reduzindo a absorção e a digestibilidade dos aminoácidos.

A utilização de diferentes proporções fósforo:flúor não influenciou ($P > 0,05$) a eficiência de síntese microbiana. Segundo Komizarczuk et al. (1978), a síntese microbiana é afetada somente quando há uma deficiência na suplementação do fósforo.

Durand & Kawashima (1980) relataram que dietas com níveis menores que 0,25% de fósforo para bovinos em crescimento podem reduzir o crescimento microbiano, resultando em menor síntese de proteína microbiana e possivelmente menor absorção de fósforo.

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 microbiana aparente (EMA), eficiência microbiana verdadeira (EMV), equações de regressão (r^2) 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), regression equations (r^2) and standard error (SE)

	TRATAMENTOS ¹ (TREATMENTS)					REGRESSÃO REGRESSION	r^2	EP (SE)
	100B	75B/25R	50B/50R	25B/75R	100R			
ING (INT) (g/dia)	114,6	113,9	114,2	114,3	114,2	Y = 114,24	NS ²	5,49
FD (DF) (g/dia)	99,1	99,1	100,1	101,1	99,4	Y = 99,76	NS	8,80
DR (RD) (g/dia)	15,48	14,81	14,10	13,22	14,75	Y = 14,47	NS	0,32
CDAR (CARD) (%)	13,51	13,00	12,35	11,57	12,92	Y = 12,67	NS	2,11
FDNB (DFBN) (g/dia)	96,13	96,10	97,09	98,07	96,42	Y = 96,76	NS	2,71
FDNNB (DFNBN) (g/dia)	2,97	3,00	3,00	3,03	2,98	Y = 2,99	NS	0,031
EMA (AME) (g N/Kg MODR)	39,65	40,22	37,21	38,49	39,94	Y = 39,10	NS	2,19
EMV (TMV) (g N/Kg MODR)	18,64	18,40	18,48	17,30	18,78	Y = 18,32	NS	0,89

¹ 100B= 100% fosfato bicálcico e 0% fosfato de rocha de Araxá; 75B/25R= 75% fosfato bicálcico e 25% fosfato de rocha de Araxá; 50B/50R= 50% fosfato bicálcico e 50% fosfato de rocha de Araxá, 25B/75R= 25% fosfato bicálcico e 75% fosfato de rocha de Araxá; 100R= 0% fosfato bicálcico e 100% fosfato de rocha de Araxá.

² NS: Não significativo ($P>0,05$).

¹ 100B= 100% dicalcium phosphat ande 0% rock phosphate of Araxá; 75B/25R= 75% dicalcium phosphate and 25% rock phosphate of Araxá; 50B/50R= 50% dicalcium phosphate and 50% rock phosphate of Araxá, 25B/75R= 25% dicalcium phosphate and 75% rock phosphate of Araxá; 100R= 0% dicalcium phosphate and 100% rock phosphate of Araxá.

² NS: No significance ($P>0,05$).

A eficiência de síntese microbiana aparente expressa em g N bac. / kg de MODR (gramas de nitrogênio bacteriano por kilograma de matéria orgânica degradada no rúmen) variou de 37,21 a 40,22, enquanto que a eficiência microbiana verdadeira, também expressa em g N bac. / kg de MODR, variou de 17,30 a 18,78.

Revisando trabalhos brasileiros, Valadares Filho (1995) verificou variação na eficiência da síntese microbiana aparente de 25,65 a 38,50 g N bac. / kg MODR e valor médio de 33,40 g N bac./ kg MODR.

A composição das bactérias isoladas é mostrada na Tabela 4. De acordo com Clark et al. (1992), determinar a composição das bactérias ruminais é importante porque as dietas são formuladas para que os aminoácidos que escapam da degradação ruminal complementem os aminoácidos bacterianos. Para estimar o fluxo de proteína bacteriana

para o intestino delgado, esses autores não recomendam a utilização de dados médios encontrados na literatura de composição das bactérias ruminais pela grande variação nos valores relatados.

Não houve efeito ($P < 0,05$) da fonte de fósforo usada sobre os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e nitrogênio (N) bacteriano. Os valores de MS obtidos de 89,70% a 92,81% foram próximos à média encontrada por Valadares Filho (1995) que é de 89,20% e se encontram na faixa de variação (81,10 a 95,7%) citada pelo mesmo autor.

Quanto aos valores de matéria orgânica, a média encontrada no presente experimento (86,38%), está próxima da média obtida por Rabello et al. (1996) que foi de 87,30%.

Alguns autores como Clark et al. (1992) e Valadares Filho (1995) têm encontrado uma grande variação para os teores de matéria orgânica, sendo que o último autor afirma que, possivelmente, a contaminação com solução salina, durante o processo de isolamento das bactérias, seja responsável pela grande oscilação encontrada.

TABELA 4 – Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e nitrogênio (N) das bactérias ruminais
TABLE 4 – Dry matter (DM) levels, organic matter (OM) and nitrogen (N) of mixed ruminal bacteria

	TRATAMENTOS ¹ (TREATMENTS)					REGRESSÃO REGRESSION	r ²	EP (SE)
	100B	75B/25R	50B/50R	25B/75R	100R			
MS (DM) (%)	90,41	91,98	89,70	92,36	92,81	Y = 91,45	NS ²	0,45
MO (OM) (%)	84,96	87,22	85,10	87,27	87,34	Y = 86,38	NS	2,32
N (N) (%)	6,45	6,49	6,05	6,52	6,41	Y = 6,39	NS	0,31

¹ 100B= 100% fosfato bicálcico e 0% fosfato de rocha de Araxá; 75B/25R= 75% fosfato bicálcico e 25% fosfato de rocha de Araxá; 50B/50R= 50% fosfato bicálcico e 50% fosfato de rocha de Araxá, 25B/75R= 25% fosfato bicálcico e 75% fosfato de rocha de Araxá; 100R= 0% fosfato bicálcico e 100% fosfato de rocha de Araxá.

² NS: Não significativo ($P > 0,05$).

¹ 100B= 100% dicalcium phosphat ande 0% rock phosphate of Araxá; 75B/25R= 75% dicalcium phosphate and 25% rock phosphate of Araxá; 50B/50R= 50% dicalcium phosphate and 50% rock phosphate of Araxá, 25B/75R= 25% dicalcium phosphate and 75% rock phosphate of Araxá; 100R= 0% dicalcium phosphate and 100% rock phosphate of Araxá.

² NS: No significance ($P > 0,05$).

Quanto ao teor de N microbiano, os valores obtidos no presente trabalho variaram de 6,05% a 6,52%, sendo os mesmos inferiores aos valores encontrados por Ladeira et al. (1990), Rabello et al. (1996), Carvalho et al. (1997), Valadares et al. (1997) e, porém encontra-se dentro da faixa de variação citada por Van Soest (1994), que é de 5,0 a 12,4%, e da faixa citada por Valadares Filho (1995), que é de 5,2 a 8,7%

Analisando a variação do pH ruminal em decorrência dos tempos e dos tratamentos foram observados valores entre 6,44 e 6,91.

As diferentes proporções de fosfato bicálcico e fosfato de rocha de Araxá não influenciaram ($P > 0,05$) os valores de pH.

As regressões obtidas ao se relacionar o pH e as concentrações de amônia ruminal com o tempo após a alimentação, nos diferentes níveis de substituição do fosfato bicálcico pelo fosfato de rocha de Araxá, 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-NH₃ related with sampling time

ITEM	REGRESSÃO	r ²
ITEM	REGRESSION	
pH	$Y = 6,65 - 0,0017 X + 0,00021 X^2$	0,25
N-NH ₃	$Y = 12,16 + 0,048 X - 0,006 X^2$	0,36

Os valores de pH ruminal sofreram efeito quadrático ($P < 0,05$) do tempo pós-alimentação (Figura 1), sendo que os valores mínimos foram 6,44; 6,50; 6,44; 6,45 e 6,53, para o 100B, 75B/25R, 50B/50R, 25B/75R e 100R, respectivamente, sendo estes valores encontrados 2 horas após alimentação. Vale destacar que as equações de regressão obtidas

apresentaram um coeficiente de determinação (r^2) baixo, comprometendo a validação das mesmas, pois estas curvas apresentam grande variação em seus dados.

Este decréscimo no pH é resultante, provavelmente, pelo intenso processo de fermentação pós-prandial e ao conseqüente aumento na produção de ácidos graxos voláteis (AGV). Todos os valores de pH mantiveram-se acima de 6,2 considerado por Oskov (1988) como limite mínimo para adequada fermentação da fibra, por não prejudicarem os microorganismos celulolíticos. Portanto os valores aqui encontrados estão dentro da faixa considerada favorável à digestão da fibra. Segundo o autor acima citado, este efeito do pH sobre as bactérias celulolíticas parece ser devido a toxicidade dos ácidos graxos voláteis e a diminuição do pH intracelular impedindo a atividade de certas enzimas. Uma das teorias atuais deste efeito é a do desacoplamento, que é baseada na teoria quimiostática. Quando o pH é baixo existe uma maior quantidade de AGV na sua forma protonada no rúmen. Estas formas protonadas atravessariam a membrana das bactérias e liberariam o próton devido a diferença de pH. O ânion que permanece associado com a membrana é difundido para fora da célula devido ao gradiente eletroquímico, onde é novamente protonado, continuando assim o ciclo. Desta forma a bomba de prótons utilizada para produzir um dos gradientes eletroquímicos fica comprometido, afetando as bactérias.

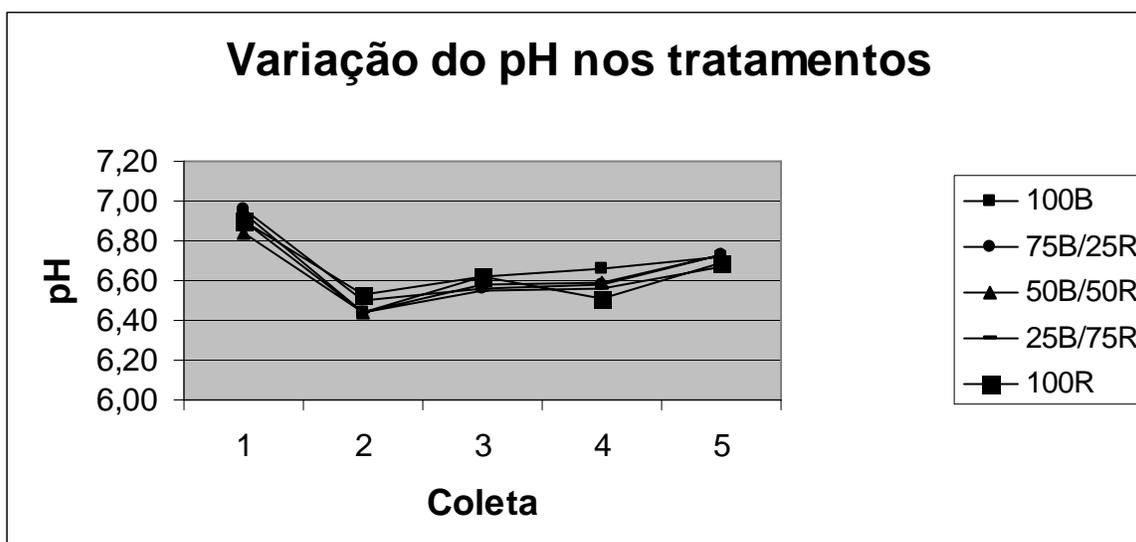


FIGURA 1 – Variação do pH durante o período de 8 horas
 FIGURE 1 – pH variation over a 8 hours period

Os valores de pH ruminal encontrados neste experimento estão também em concordância com os valores relatados por Dehority (1993), que trabalhando com diversos alimentos determinou a faixa de pH de 5,5 a 7,0, e próximos ao mínimo recomendado por Mould et al. (1983) que é de 6,70.

A Figura 2 apresenta as concentrações de amônia obtidas nos tratamentos durante as cinco coletas de líquido ruminal. Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) quando o fosfato bicálcico foi sendo substituído pelo fosfato de rocha de Araxá, mas em todos os tratamentos houve um modelo quadrático.

Houve, entretanto, uma grande diferença entre os valores de amônia ruminal em relação às coletas, sendo esta variabilidade comum em ruminantes alimentados de forma intermitente (Mehres et al., 1977).

A equação de regressão obtida, quando se avaliou a concentração de amônia (mg/100 ml de fluido ruminal) em função da hora de coleta, são mostrados na Tabela 5.

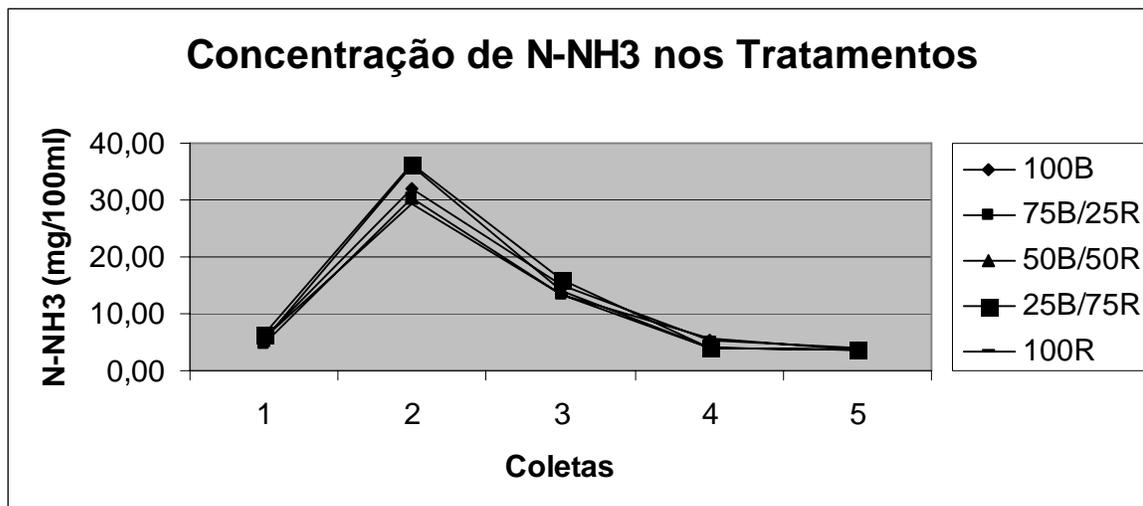


FIGURA 2 – Variação da concentração de amônia ruminal durante um período de 8 horas
 FIGURE 2 – *N-NH₃ concentration variation over a 8 hours period*

Os valores de amônia ruminal mantiveram-se entre 3,51 a 36,10 mg/100 ml de fluido ruminal, sendo que os tratamentos que apresentam maiores proporções de fosfato de rocha de Araxá apresentaram um pico maior de amônia ruminal.

Os maiores valores de amônia foram encontrados duas horas após a alimentação e os menores valores imediatamente antes das alimentações (8:30 hs e 16:30hs). Este dados confirmam a grande redução de proteínas, peptídeos, aminoácidos e outras substâncias nitrogenadas que promovem a liberação de amônia para o líquido ruminal 2 horas após a alimentação (Lana et al. 1998). Este dado concorda com Zanetti et al. (1995), que trabalhando com bubalinos, também encontrou um pico de amônia duas horas após a alimentação.

Verificou-se que no presente trabalho em todos os tratamentos, os valores médios de concentração de amônia ruminal mantiveram-se em níveis superiores a 5 mg/dL (Sater & Slyter, 1974), considerados como mínimos para adequada fermentação ruminal da parede

celular. Entretanto, quando consideram-se os valores de concentração de amônia ruminal, preconizados por Leng (1990), ou seja, 20 mg/dL de líquido ruminal, como ideais para maximização do consumo voluntário em condições tropicais, verificou-se que, em todos os tratamentos, em alguns horários, as concentrações se apresentaram inferiores aos valores sugeridos.

Conclusões

A substituição do fosfato bicálcico pelo fosfato de rocha de Araxá, em dietas de bovinos em crescimento, não influenciou o pH ruminal, bem como as concentrações de amônia ruminal. Os parâmetros referentes à eficiência de síntese microbiana também não foram afetados pelas diferentes proporções de fosfato bicálcico e fosfato de rocha de Araxá na dieta, nas condições deste experimento.

Literatura Citada

- BRODERICK, G. A., MERCHEN, N. R.. Markers for quantifying microbial protein synthesis in the rumen. **Journal Dairy Science** 752618. 1992.
- CARVALHO, E.L.S. et al., 1997. Anti ulcer activity of dried extracts from *Maytenus ilicifolia* in rats. WOCMAP II. Mendoza-Argentina. p-339.
- 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**, v.73, n.9, p.2480-2888, 1990.
- CLARK, J.H., KLUSMEYER, T.H., CAMERON, M.R. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. **Journal Dairy Science.**, 75(8):2304-2323. 1992.
- COELHO DA SILVA, J.F. E LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição de ruminantes.** Piracicaba, SP, Livroceres, 1979. 380p.
- DEHORITY, B.A. 1993. Laboratory manual for classification and morphology of rumen ciliate protozoa. Florida: CRC Press Inc. 96p.
- DURAND, M., KAWASHIMA, R. 1979. Influence of minerals in rumen microbial digestion. In: RUCKSBUSH, Y., THIVEND, P. (Eds.) Digestive physiology and metabolism in ruminants. Lancaster: MTP Press. p.375-408
- FONTY G, FORANO E, GAUDET G, KOMIZARCZUK S, GOUET P, 1998. Données nouvelles sur les bactéries cellulolytiques du rumen. *Reproduction Nutrition Development*, 28 : 19-32. (Bactériologie ; CT : d3 ; 0.685)
- HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal Dairy Science.**, v.69, p.2755-2766, 1986.

- LADEIRA, M.M., RODRIGUEZ, N.M., GONÇALVES, L.C. et al. Avaliação nutricional do feno de *Stylosanthes guianensis*: 3- Degradabilidade ruminal e taxa de passagem. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa, SBZ, 1990. p.350.
- LANA, G.R.Q.; SILVA, D.J.; SILVA, M.A. et al. Desempenho comparativo de marcas comerciais e de cruzamentos de diferentes linhagens de frangos de corte produzidos na UFV, em diferentes níveis de energia. 1. Consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.5, p.759-767, 1998.
- LENG R A Factors affecting the utilization of poor quality forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutrition Research Revision** 3: 277-303.1990
- LING JR, BUTTERY PJ, The simultaneous use of ribonucleic acid ³⁵S, 2-6-diaminopimelic acid and 2-aminoethylphosphonic acid as markers of microbial nitrogen entering the duodenum of sheep. **Britanic Journal Nutrition** 39: 165.1978.
- MACDOWELL,R.L. Minerals for grazing ruminants in tropical regions. 3ed. Flórida, 1992
- MEHRES, A.Z., ØRSKOV, E.R., McDONALD, I. Rates fermentation in relation to ammonia concentration. **The British Journal Nutrition.**, 38(3):437-443. 1977.
- MERCHEN, N.R. 1998. Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: CHURCH, D.C.(Ed.) The ruminant animal digestive physiology and metabolism. New Jersey: Prentice Hall, p.172-201
- MOULD, F.L.; ØRSKOV, E.R.; MANNNS, O. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of various roughages. **Animal Feed Science and Technology**, v.10, p.15-30, 1983.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requeriments of beef cattle**, Washington, D.C.: National Academy Press, 1996. 242p.
- NRC. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. 6th ed. rev. Washington DC: Natl. Acad.
- ØRSKOV, E. R. **Nutrición proteica de los ruminantes**.Zaragoza: Acribia, 1988. 178 p.
- PETRI, A., MUENSCHEN, H., BREVES, G. et al. Response of lactating goats to low phosphorus intake. 2. Nitrogen transfer from rumen ammonia to rumen microbes and proportion of milk protein derived from microbial amino acids. **Journal Agriculture Science.**, 111:265-271.1988.
- RABELLO, T.M., VALADARES FILHO, S.C., COELHO DA SILVA, J.F. et al. Grão de soja moído na alimentação de vacas em lactação. I. Consumos, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, 25(2):345-356. 1996.

- RUSSELL, J.B., O'CONNOR, J.D., FOX, D.G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. **Journal Animal Science**, 70(11):3551-3561. 1991.
- SATTER, L.D., SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial production in vitro. **British Journal Nutrition**, 32(2):199-208. 1974.
- SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, 70(12):3562-3577. 1993.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. 1997. SAEG – **Sistema de análises estatísticas e genéticas. Versão 7.1** Viçosa, MG. 150p. (Manual do usuário)
- USHIDA, K., LASSALAS, B., JOUANY, 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**, 25(6):1037-1046. 1985.
- VALADARES FILHO, S.C. Eficiência de síntese de proteína microbiana, degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína bruta, em bovinos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES. 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO/UFV, 1995. p.355-388.
- VALADARES FILHO, S.C., COELHO DA SILVA, J.F., LEÃO, M.I. et al. Absorções aparentes totais e parciais de sódio, potássio e magnésio, cobre e manganês em bovinos alimentados com ração purificada e semipurificada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28, 1991, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 1990. p.179.
- VALADARES, R.F.D. et al. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 4. Concentração de amônia ruminal e uréia plasmática e excreções de uréia e creatinina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1270-1278, 1997.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell University Press, New York, USA, 1994, 476p.
- VEIRA, D.M. *et al.* Nutrition of the weaned Holstein calf. II. Effect of dietary protein level on nitrogen balance, digestibility and feed intake. **Journal Animal Science**, Savoy, v.50, n.5, p.945-951, 1980.
- ZANETTI, M.A.; NEUNHAUS, L.E.D.; SCHALCH, E.D.; MARTINS, J.H. Efeito da suplementação de selênio e vitamina E em bovinos leiteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.405-408, 1995.

V-CONCLUSÕES FINAIS

A substituição do fosfato bicálcico pelo fosfato de rocha de Araxá, em dietas de bovinos em crescimento, não alterou os parâmetros da fermentação ruminal, a concentração de fósforo no plasma e a digestibilidade aparente dos nutrientes, no entanto, diminuiu a absorção aparente do fósforo para um terço. Nas dietas com mais de 50% de fosfato de rocha de Araxá o consumo de flúor ficou acima do recomendado para bovinos, e o desaparecimento deste elemento no trato digestório foi elevado, apesar da menor absorção aparente. Estes resultados mostram que a adição de fosfato de rocha de Araxá em dietas de bovinos em crescimento, em níveis superiores a 50% do suplemento mineral podem trazer deficiência de fósforo a curto e médio prazos e sinais de fluorose, e, portanto, deve ser vista com muito cuidado.