

AVANÇOS RECENTES NA NUTRIÇÃO MINERAL DE BOVINOS

Henrique Otávio da Silva Lopes¹
Thierry Ribeiro Tomich²

INTRODUÇÃO

Entre os fatores responsáveis pela baixa produtividade do rebanho bovino brasileiro, a carência de minerais ocupa lugar de destaque. Acredita-se que não exista um fator isolado, com potencial tão elevado, para aumentar os índices de produtividade de bovinos, criados no pasto, a um custo relativamente baixo, como a suplementação mineral adequada.

No grupo dos nutrientes minerais, o fósforo se destaca pelo número e importância das funções que desempenha no organismo animal, pela frequência e severidade de suas deficiências nas forrageiras tropicais e pelo alto custo representado pela sua suplementação aos animais. A grande maioria dos solos e das pastagens brasileiras, mesmo aquelas estabelecidas em solos de melhor fertilidade, são muito pobres em fósforo. Além disso, o processo acelerado de degradação de grandes áreas de pastagens cultivadas, particularmente das braquiárias está agravando ainda mais esse problema. Os resultados de um dos experimentos de suplementação mineral da Embrapa Cerrados, conduzido em uma fazenda no Município de Padre Bernardo, GO, comparando os efeitos de várias misturas minerais, em relação a uma testemunha que recebia mistura mineral sem fósforo, em bovinos da desmama ao abate, demonstraram os benefícios da suplementação do fósforo. No fim do experimento, o peso médio dos animais que receberam mistura mineral com fósforo foi 120 kg superior ao peso médio dos animais que não receberam fósforo. A relação benefício/custo indicou que para cada 100 reais investidos no tratamento sem fósforo, houve prejuízo de 30 reais, ao passo que houve retorno líquido de 20 reais para o tratamento que recebeu mistura mineral com fósforo (LOPES et al., 1994a).

A consolidação técnica da utilização de fontes de fósforo não convencionais de fósforo suplementar, demonstrada conclusivamente em vários experimentos, representa um grande avanço pelo potencial de redução de custos e aumento da competitividade da pecuária bovina brasileira que pode propiciar. A partir do início dos anos 80, foi realizada uma série de pesquisas com o objetivo de buscar novas fontes alternativas de fósforo, de menor custo, capazes de substituir o fosfato bicálcico, com eficácia e segurança, a fim de baratear os custos da mineralização.

Instituições conceituadas, de renome internacional, trabalharam em parceria com a Embrapa na execução dessas pesquisas, dentre as quais citam-se, a Escola de Veterinária da UFMG, o Centro de Energia Nuclear na Agricultura da USP e o Laboratório de Referência Animal (Pedro Leopoldo, MG) do Ministério da Agricultura e do Abastecimento.

¹ Bioquímico, Ph.D. - Pesquisador Embrapa Cerrados – Caixa Postal 08223
73301-970 - Planaltina - DF - E-mail: henrique@cpac.embrapa.br

² Médico Veterinário, M.Sc., Nutrição Animal. E-mail: ttomich@hotmail.com

Os principais resultados obtidos nessas pesquisas e as conclusões e recomendações das equipes de pesquisadores envolvidas, que foram objeto de um Parecer Oficial Técnico-científico da Embrapa sobre a utilização desses produtos na nutrição de bovinos (EMBRAPA, 1994), serão abordados neste trabalho. Resultados de alguns estudos mais recentes nessa área, alguns deles ainda não publicados, também serão discutidos. Paralelamente, serão comentadas algumas mudanças que ocorreram na legislação, no perfil dos fabricantes e conseqüentemente da oferta de algumas fontes tradicionais e potenciais de fósforo suplementar e de fertilizantes fosfatados, no período de 1984 a 2000. Serão feitos, também, alguns comentários de ordem técnica sobre o cromo e o níquel, já que esses elementos já estão sendo incluídos em vários suplementos minerais existentes no mercado, aparentemente sem evidências técnico-científicas conclusivas que suportem essa prática.

FONTES ALTERNATIVAS DE FÓSFORO SUPLEMENTAR

Antes de mais nada, é importante, caracterizar claramente, para os fins desse trabalho, as fontes alternativas de fósforo e seus processos de fabricação. A farinha de ossos, o primeiro produto a ser utilizado no mundo como fonte de fósforo, tem tido emprego restrito em nosso meio, principalmente em função de sua composição e qualidade variáveis e sua oferta limitada. Com o advento da chamada “doença da vaca louca” seu emprego com essa finalidade tende a desaparecer. No Brasil, a fonte tradicionalmente utilizada como fonte de fósforo no suplemento mineral ainda é o fosfato bicálcico, produto de excelente qualidade, mas de custo muito elevado, chegando a ser responsável por até 75% (PILATI et al., 1997) ou 85% (ROSA, 1991), do custo final de uma mistura mineral de boa qualidade.

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 fosfatos de rocha podem ter duas origens geológicas, ígnea ou sedimentar. O fósforo se encontra ligado ao cálcio e geralmente ao flúor na estrutura molecular da fluorapatita, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$.

Nesse ponto, é importante assinalar que, tanto o fosfato bicálcico, como os fertilizantes fosfatados solúveis, tais como o superfosfato triplo e o monoamônio fosfato são fabricados a partir da mesma matéria-prima, ou seja a rocha fosfática (CARDOSO, 1991).

Inicialmente, 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, ao passo que com a adição de mais rocha fosfática ao ácido fosfórico se produz o superfosfato triplo. A principal forma do fósforo no superfosfato triplo é o fosfato monocálcico, solúvel em água. O monoamônio fosfato é produzido pela reação do ácido fosfórico com a amônia, em fase gasosa (CARDOSO, 1991).

Está amplamente comprovado que o teor de flúor e de metais pesados nas rochas fosfáticas brasileiras é muito inferior aos teores encontrados nas rochas fosfáticas estrangeiras, principalmente por serem de origem ígnea, contrastando com a origem sedimentar das rochas de outros países (LOBO E SILVA, 1984; BALLIO, 1986; e CARDOSO, 1991). O mesmo fato também se reflete nos produtos dela derivados.

Em 1984, a Embrapa firmou um Convênio com a Petrofértil, que naquela época, detinha o controle das principais minas de fosfato e da fabricação do ácido fosfórico, matéria-prima básica para a produção de adubos fosfatados. O objetivo desse Convênio foi o de desenvolver pesquisas a fim de estudar a viabilidade da utilização de rochas fosfáticas e alguns adubos fosfatados e nitrogenados, tanto para fins agrônômicos como para alimentação animal. Diversas unidades de pesquisa da Embrapa, em parceria com várias instituições, desenvolveram estudos no âmbito desse Convênio, até a extinção da Petrofértil.

No início dos anos 90, já no Governo Collor, o Sistema Petrofértil foi privatizado e as principais minas de fosfato e as fabricas de ácido fosfórico e de adubos fosfatados, passaram para a Iniciativa privada. Diante disso, foi firmado novo Convênio com a Petrobrás, que passou a ter como objetivo principal a pesquisa e difusão de novas modalidades de utilização da uréia como fertilizante e na suplementação alimentar de ruminantes. Cabe assinalar que somente as fábricas de uréia localizadas em Camaçari (BA) e Laranjeiras (SE) permaneceram sob o controle estatal, razão pela qual firmou-se o Convênio em novas bases com a Petrobrás.

Posteriormente, com o decorrer do tempo, houve um processo acentuado de concentração e monopolização da produção dos adubos fosfatados e do fosfato bicálcico no Brasil. Essa é a situação atual. Segundo CHAVES (1994) "os mesmos produtores de rocha fosfática e de fertilizantes, são de certa forma os próprios produtores de fosfato bicálcico no País, um produto até aqui certamente de maior atrativo em rentabilidade". Essa afirmação é corroborada por Antenor Nogueira, presidente do Fórum Permanente de Pecuária de corte. Segundo ele, numa reportagem publicada na edição de Março de 2.000, na Revista DBO Rural (FRANCO, 2000), "o preço do fosfato bicálcico subiu 47,2% em três anos, passando de R\$ 360,00 para R\$ 530,00 a tonelada, posto em Goiânia, GO, acrescentando que esse aumento seria reflexo direto do processo de monopolização vivido pelo setor. Acrescente-se a isso a afirmação de SOUSA (2000) de que, no Brasil, o "Mercado de suplementos minerais movimenta US\$ 1,3 bilhão".

No que tange à rocha fosfática, pouco tempo após a aquisição do Sistema Petrofértil, os novos controladores decidiram usar esse produto somente para produção do ácido fosfórico e não vender mais esse fertilizante para o consumidor final. Assim sendo, em 1994, somente uma reduzida produção de rocha fosfática (Araxá) escapava a esse contexto (CHAVES 1994). Atualmente já não existe mais oferta de nenhuma "rocha fosfática *in natura*" no país e tudo indica que esse quadro não deve sofrer alterações a curto prazo.

. Não cabe nesse trabalho, levantar hipóteses, ou fazer quaisquer tipos de inferência acerca das razões desse comportamento que está muito mais ligado à parte comercial. A afirmação de CHAVES (1994), de que “A evolução para uma eventual oferta ampla de fontes alternativas de fósforo no País tem a ver com diferentes aspectos de configuração do mercado, da concorrência, preços, e sobretudo resultados de retorno” retrata com rara fidelidade esse contexto.

RESULTADOS DE EXPERIMENTOS SOBRE FONTES NÃO CONVENCIONAIS DE FÓSFORO NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

Várias exigências devem ser atendidas antes que uma fonte de fósforo possa ser recomendada para uso na nutrição animal, dentre as quais se destacam- se: a sua concentração de fósforo; a determinação da absorção real (ou biodisponibilidade); a capacidade dessa fonte em suprir os requisitos do fósforo de animais de diferentes categorias e estágios fisiológicos; a ausência de efeitos tóxicos para o animal e segurança alimentar para os consumidores da carne ou subprodutos de origem animal, e ainda relações benefício/custo satisfatórias. A Tabela 1 apresenta a composição química de fósforo, cálcio e flúor de algumas fontes tradicionais e não convencionais de fósforo suplementar.

TABELA 1 - Concentração médias de fósforo, cálcio e flúor de algumas fontes de fósforo para bovinos.

Fonte	Fósforo %	Cálcio %	Flúor %
Fosfato bicálcico	18	23-24	0,18
Farinha de osso autoclavada	24	10,5	-
Farinha de osso calcinada	31,4	16	
Monoamônio fosfato	23	-	0,38
Superfosfato triplo	20-21	15	0,45
Fosfato de rocha de Tapira	14,8	33	1,3
Fosfato de rocha de Patos	10,6	23	1,8
Fosfato de rocha de Araxá	10,0	36	1,5

FONTE: ABDALLA et al. (1994), LOPES et al. (1998), NUNES (1998a,b), McDOWELL (1999).

O teor de fósforo de determinado ingrediente, por si só, não tem muito valor e não assegura que o elemento esteja totalmente disponível para o animal. Há necessidade de se conhecer, também, a absorção real e/ou biodisponibilidade daquele mineral na fonte para a espécie animal a ser suplementada. 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 o valor de 100%.

O fósforo de diferentes fontes pode ser absorvido em proporções variáveis pelo organismo, devido a uma série de fatores como a espécie e idade do animal, estrutura molecular, processamento das fontes, relação cálcio:fósforo e composição da dieta, entre outros (LOPES, 1998). É oportuno salientar que nenhum elemento é totalmente absorvido e utilizado pelo animal, já que uma parte é perdida nos processos normais de digestão e metabolismo.

Existem vários métodos que têm sido utilizados para a determinação da disponibilidade biológica do fósforo (NICODEMO, 1988, 1995). Contudo, não resta nenhuma dúvida de que a técnica de diluição isotópica, que faz uso de marcadores radioativos (^{32}P) é considerada a melhor e a mais acurada metodologia para medir a absorção real do fósforo e indispensável para fornecer subsídios para o cálculo dos requisitos nutricionais desse mineral (AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL, 1980; AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL;1991; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996; NUNES, 1998).

Portanto, é muito oportuno, fazer uma tentativa no sentido de explicar de forma didática, os fundamentos básicos que alicerçam essa técnica. O fósforo que chega ao trato gastrointestinal dos ruminantes pode ser originário tanto da dieta (exógeno) como pode ser proveniente da saliva e da descamação das paredes do tubo digestivo, secreções gástricas, etc, (fósforo endógeno). Assim sendo, o P presente nas fezes pode ser separado em duas frações: a) o P da dieta que não está disponível para absorção e o P disponível, mas não absorvido, e b) o P endógeno não reabsorvido. O P não disponível é aquele associado a complexos minerais insolúveis ou a proteína bacteriana que escapou à hidrólise. Uma parte do P da dieta, mesmo disponível, pode passar pelo trato gastrointestinal sem ser absorvido. O P endógeno excretado nas fezes representa a fração do P proveniente da saliva, dos sucos gástricos, dos sais biliares e dos restos celulares, que não foi reabsorvido nas porções inferiores dos intestinos (SALVIANO, 1996).

A diferença entre a ingestão pelo alimento e a excreção nas fezes resulta na digestibilidade aparente, ao passo que para determinar a absorção real do mineral deve-se considerar a fração endógena. A diferenciação do P de origem endógena, daquele não absorvido dos alimentos, que também é excretado nas fezes é feita pela técnica de diluição isotópica que é descrita com detalhes por VITTI (1989a) e SALVIANO (1996).

Serão apresentados a seguir, resultados de vários experimentos, pioneiros no Brasil, realizados por vários pesquisadores da Seção de Ciências Animais do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da USP. Vários desses estudos foram realizados em parceria com a Embrapa Cerrados, e permitiram conhecer a absorção real do fósforo de várias fontes alternativas de fósforo pela utilização da técnica de diluição isotópica.

VITTI et al. (1989b) determinaram a absorção real e disponibilidade relativa do fósforo dos fosfatos supertriplo (SPT), monoamônio (MAP), parcialmente acidulado (FPA) e TAPIRA (TAP) em ovinos. Os valores de digestibilidade verdadeira do fósforo foram 60,79%; 54,90%; 42,14% e 29,29% respectivamente para SPT, MAP, FPA e TAP.

LOPES et al. (1990a) investigaram a absorção real do fósforo das rochas fosfáticas de Tapira (FT) e Patos (FP) e do fosfato bicálcico (FB). em bovinos Nelore com idade média de 18 meses. As digestibilidades verdadeiras encontradas foram: $65,88 \pm 8,46$ (FB), $46,21 \pm 7,15$ (FP) e $44,43 \pm 9,67$ (FT). A disponibilidade biológica, considerando-se o fosfato bicálcico como padrão (100%) foi de 70,14% e 67,44%, para o fosfato de Patos e o de Tapira, respectivamente.

VITTI et al. (1991) determinaram a biodisponibilidade do fósforo do fosfato bicálcico, rocha de Patos de Minas, rocha de Tapira e finos de Tapira em ovinos. Os valores de absorção real de fósforo obtidos foram: 58,92% para o fosfato bicálcico, 50,85% para Finos de Tapira, 47,99% para o fosfato de Tapira e 42,72% para o de Patos. Atribuindo-se ao fosfato bicálcico o valor 100%, teremos os valores de 86,3%; 81,4% e 72,5%; respectivamente para os Finos de Tapira, rochas de Tapira e de Patos.

Em outro estudo, também com ovinos, (VITTI et al., 1992) conduziram experimentos a fim de determinar a absorção real do fósforo (P) em diversas fontes de fósforo. As fontes de P testadas foram: fosfato bicálcico (BIC), monoamônio fosfato (MAP), fosfato supertriplo (SP), fosfato acidulado (AC), farinha de ossos (FO), fosfato de rocha de Tapira (TAP) e fosfato de rocha de Patos (PAT). Os coeficientes de absorção real calculados foram: 0,62 (BIC), 0,67 (FO), 0,59 (MAP), 0,42 (AC), 0,43 (PAT), 0,44 (TAP) e 0,70 (SP). As disponibilidades biológicas, tomando-se o fosfato bicálcico como padrão (100%) foram: superfosfato triplo = 112,9%, farinha de ossos = 108%; monoamônio fosfato = 95%; fosfato acidulado = 67%; fosfato de rocha de Patos = 69,3% e fosfato de rocha de Tapira = 70,9%.

A absorção real do fósforo de alguns fertilizantes fosfatados como o superfosfato triplo (SPT), monoamônio fosfato (MAP) e o fosfato de uréia (FUR), produzidos a partir de rocha fosfática brasileira, em relação ao fosfato bicálcico (BIC), foi mensurada em bovinos (LOPES et al., 1991 & SILVA FILHO et al., 1992). Os valores de absorção verdadeira do fósforo foram: $68,05 \pm 6,37\%$ para o BIC, $65,13 \pm 8,44\%$ para o SPT, $62,25 \pm 6,10\%$ para o FUR e $58,38 \pm 5,35\%$ para o MAP. Considerando o valor de 100%, para o BIC encontrou-se 95,7% para o SPT, 91,5% para o FUR e 85,8% para o MAP.

A eficiência de utilização do fosfato diamônio (DAP), fosfato de Tapira (TAP) e farinha de ossos em relação a um grupo testemunha sem fósforo (s/P) foi estudada em ovinos por VITTI et al. (1995). Foram analisados o teor de P inorgânico no plasma e no rúmen e mensuradas a incorporação de ^{32}P pelos microorganismos do rúmen e a produção de lã. Os coeficientes de absorção foram 0,25, 0,59, 0,69 e 0,74, respectivamente para s/P, TAP, DAP e FO. Não se verificou diferença entre os tratamentos para a produção de lã e a síntese microbiana.

Não faz mais sentido exigir a determinação de solubilidade em ácido cítrico de 90% depois do advento de vários trabalhos que determinaram a absorção real do fósforo por meio da técnica de marcadores radiativos, conforme já foi discutido anteriormente neste presente trabalho.

Por outro lado, a questão do flúor não será abordada com maiores detalhes no presente trabalho, tendo em vista que existem excelentes revisões na literatura sobre esse tema (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1974, 1980). Ademais,

como já foi mencionado anteriormente, já não existe mais nenhuma rocha fosfática no mercado. Apesar disso, cabe deixar bem claro, de modo a não deixar dúvida, que esse quadro não desmerece as pesquisas que foram realizadas sobre esse tema.

Informações mais específicas acerca dos estudos realizados com os fosfatos de rocha podem ser obtidas no Parecer técnico-científico oficial da Embrapa sobre a utilização das fontes alternativas de fósforo na nutrição de bovinos (EMBRAPA, 1994). A sua conclusão sobre o uso dos fosfatos de rocha na alimentação animal "de que seja permitida a substituição de até 30% do fósforo total da mistura mineral por fosfatos naturais nacionais, respeitando o limite máximo de 0,2% de flúor no produto final", permanece inteiramente válida.

Contudo, alguns resultados mais relevantes obtidos nos experimentos de campo, nos quais os fosfatos de rocha também fizeram parte dos tratamentos, serão discutidos no decorrer dessa apresentação. Os resultados desses trabalhos serão descritos a seguir, obedecendo-se, na medida do possível, a uma certa ordem cronológica de obtenção deles.

Um dos trabalhos pioneiros no sentido de avaliar a viabilidade da utilização do superfosfato triplo para bovinos foi conduzido por LOPES et al. (1991). Foi executado um experimento, com duração de 170 dias (novembro/1988 a maio/1989), na Fazenda Campo Bom, Município de Chapadão do Sul, MS, com objetivo de testar o superfosfato triplo como fonte de fósforo suplementar para novilhos em recria. Um lote de 2346 novilhos foi dividido, ao acaso, em dois grupos e colocados em pastagem de *Panicum maximum* cv. Tobiatã, estabelecido em solo após seis anos de cultura de soja, com lotação de 4 UA/ha. Os animais foram rotacionados, mensalmente, sendo pesados no início e no fim do experimento. Um dos grupos recebeu uma mistura mineral comercial conceituada no mercado, cuja única fonte de fósforo era comprovadamente constituída pelo fosfato bicálcico. O outro grupo recebeu uma mistura mineral já formulada com base nos resultados de pesquisa do Embrapa Cerrados, cuja fonte de fósforo era o superfosfato triplo. A composição química das duas misturas minerais é apresentada na Tabela 2 enquanto os resultados de desempenho dos animais e da análise financeira são mostrados na Tabela 3.

A diferença de ganho de peso, entre os dois tratamentos não foi significativa ($p > 0,01$). Os animais que receberam a mistura mineral com superfosfato triplo não apresentaram quaisquer sintomas de toxicidade de flúor, tendo em vista o teor relativamente baixo desse mineral nesse fertilizante (0,59%), e na mistura final (0,21%). Os resultados daquele trabalho evidenciaram que o superfosfato triplo tinha grande potencial para ser usado como fonte de fósforo suplementar, para novilhos em recria, com significativo retorno econômico.

TABELA 2 - Composição química da mistura mineral comercial, comparada com a mistura mineral contendo superfosfato triplo como fonte de fósforo.

Parâmetros	Mistura mineral comercial com fosfato bicálcico	Mistura mineral com superfosfato triplo
Fósforo (%)	7,94	7,00
Cálcio (%)	17,00	12,60
Magnésio (%)	1,88	1,20
Zinco (ppm)	2900	4800
Cobre (ppm)	1200	1300
Cobalto (ppm)	125	100
Iodo (ppm)	83	118
Manganês (ppm)	832	-
Flúor (ppm)	0,12	0,21

TABELA 3 - Performance e análise de custos da mistura mineral, contendo superfosfato triplo, comparada com uma mistura comercial para novilhos em recria, na Fazenda Campo Bom, no período de 29/11/1988 a 18/05/1989 (170 dias).

Parâmetros	Mistura mineral com bicálcico	Mistura mineral com superfosfato triplo
Número de animais	1179	1167
Peso médio inicial (kg/cab)	262,64	263,95
Peso médio final (kg/cab)	319,29	323,16
Ganho médio de peso total (kg/cab)	56,65	59,21
Consumo médio de mistura mineral (g/cab/dia)	103	47
Custo da mineralização (US\$ por animal)	6,51	1,67
Receita (US\$ por animal)	47,21	49,34
Lucro por animal (US\$)	40,70	47,67

Diante do fato de que bovinos adultos são tolerantes ao flúor, LOPES et al. (1992) .conduziram um experimento na Fazenda Santa Felicidade em Corumbá de Goiás, GO, com o objetivo de acompanhar o desempenho de bovinos adultos confinados, recebendo dois níveis de fósforo (125 e 250 ppm) supridos por três fontes (fosfato bicálcico, fosfato de Catalão e superfosfato triplo) e teores fixos de microelementos. Em julho de 1989, 256 bovinos mestiços Zebu com peso médio de 378 kg, foram distribuídos, num delineamento inteiramente casualizado, em oito tratamentos. A ração foi constituída de cana picada (volumoso) mais concentrado, durante 84 dias. No início e fim do período, todos os animais foram pesados. Na mesma ocasião, foram realizadas biópsias ósseas de oito animais

por tratamento para análises de flúor. O desempenho dos animais e uma análise financeira são apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 - Performance e análise simplificada de custos do experimento de fontes alternativas de fósforo para bovinos em confinamento, executado na Fazenda Santa Felicidade, durante um período experimental de 84 dias.

Tratamentos	Nível de fósforo ppm	Ganho médio de peso kg/animal	Receita bruta por animal US\$	Custo da mistura por animal US\$	Lucro por animal US\$
1. Sal comum	-	62,27	49,82	0,52	49,3
2. Sal + micro	-	60,25	48,20	0,73	47,5
3. Sal + micro + Catalão	125	72,44	57,95	0,47	57,5
4. Sal + micro + Supertriplo	125	67,25	53,80	1,25	52,5
5. Sal + micro + Bicálcico	125	59,79	47,83	1,47	46,4
6. Sal + micro + Catalão	250	76,34	61,07	0,38	60,7
7. Sal + micro + Supertriplo	250	72,16	57,73	1,95	55,8
8. Sal + micro + Bicálcico	250	69,71	55,77	1,89	53,9

Os resultados mostrados na Tabela 4 evidenciaram que o fosfato de Catalão e o superfosfato triplo poderiam ser usados na suplementação mineral de bovinos em confinamento e demonstraram a vantagem econômica desses dois produtos em relação ao fosfato bicálcico nas condições em que foi realizado o trabalho. Além disso, não foram observados quaisquer sintomas de fluorose e não houve aumento do nível de flúor na 12^a costela dos bovinos que receberam fosfato de Catalão (2,8% F) ou supertriplo (0,6% F).

A viabilidade biológica e econômica do superfosfato triplo e monoamônio fosfato, como fontes alternativas de fósforo na mistura mineral para bovinos, bem como algumas relações entre o fósforo e proteína, foram estudadas em um experimento, conduzido na Fazenda Vargem Dourada, Município de Padre Bernardo, Goiás por LOPES et al. (1992). Cento e vinte bezerros recém-desmamados, foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em seis piquetes, de 20 ha cada, de *Brachiaria decumbens*. A composição dos tratamentos é apresentada na Tabela 5.

TABELA 5 - Composição dos tratamentos utilizados no experimento de fontes alternativas da Fazenda Vargem Dourada.

Tratamentos	Estação chuvosa	Estação seca
1	Fosfato bicálcico	Fosfato bicálcico
2	Fosfato bicálcico	Fosfato bicálcico + uréia
3	Fosfato bicálcico	Uréia
4	Fosfato bicálcico	-
5	Superfosfato triplo + cálcio	Superfosfato triplo + cálcio
6	Monoamônio fosfato + cálcio	Monoamônio fosfato + cálcio

* Todos os tratamentos receberam sal + microelementos (zinco, cobre, cobalto e iodo). Tratamentos 5 e 6 receberam cálcio adicional para conter o mesmo teor de cálcio dos tratamentos que incluíam o fosfato bicálcico.

Os animais foram pesados e rotacionados entre os pastos a cada 28 dias. O experimento foi iniciado no dia 28 de junho de 1989 e finalizado em 3 de maio de 1991. No início, meio e fim do experimento foram coletadas amostras da 12^a costela, de sete animais por tratamento, para análise do flúor. A Tabela 6 apresenta os resultados de performance e o consumo de mistura mineral dos animais experimentais, ao passo que a Tabela 7 apresenta a análise financeira do experimento.

TABELA 6 - Resultados de ganho médio de peso e de consumo de mistura mineral de bovinos do experimento de fontes alternativas, no período de 28/6/1989 a 3/5/1991 (674 dias)

Tratamentos*	Ganho médio de peso		Consumo médio de mistura mineral g/cab/dia	Teor de F** nos ossos (ppm)
	kg/cab	g/cab/dia		
Bicálcico ano todo	268,7	398,7	78,9	391
Bicálcico ano todo + uréia na seca	260,6	386,6	79,0	288
Bicálcico na chuva + uréia na seca	265,4	393,8	77,9	332
Bicálcico somente na chuva	236,8	351,3	74,4	332
Superfosfato triplo + cálcio	267,1	396,3	80,4	1209
Monoamônio fosfato + cálcio	256,9	381,1	84,4	1081

*Todos os tratamentos contêm sal + microelementos.

** Coleta no final do experimento

TABELA 7 - Análise financeira do experimento de fontes alternativas no período de 28/6/1989 a 3/5/1991.

Parâmetros (US/cabeça)	Bicálcico ano todo	Bicálcico ano todo + uréia	Bicálcico na chuva + uréia na seca	Bicálcico na chuva	Supertriplo ano todo	MAP ano todo
Receita bruta	158,85	154,06	156,90	139,99	157,90	151,88
Custo do sal	21,19	20,92	19,23	17,56	14,62	17,91
Custo total estimado	104,31	104,04	102,35	100,68	97,74	101,03
Receita líquida	54,54	50,02	54,55	39,31	60,16	50,85
Relação receita/custo	1,52	1,48	1,53	1,39	1,61	1,50

*Todos tratamentos incluem sal + microelementos o ano todo.

A análise estatística dos ganhos de peso, por contrastes ortogonais, revelou que o tratamento 4 (bicálcico) somente na chuva, foi inferior ($P < 0,001$) a todos os outros tratamentos.

Os tratamentos 1, 2 e 3 não diferiram ($P>0,10$) e o tratamento 5 não diferiu do tratamento 6 ($P>0,10$). Além disso, não foram observados quaisquer sintomas de fluorose nos animais que receberam o superfosfato triplo e o monoamônio fosfato (tratamento 5 e 6) e os níveis de flúor permaneceram dentro dos limites normais no final do experimento, citados pelo NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1979).

A análise financeira, aplicando-se a mesma estimativa de custos fixos e variáveis (US\$ 83,12/cabeça), para todos os animais, excetuando-se o custo do sal, que variou de acordo com cada tratamento (Tabela 7), permitiu concluir:

1. O superfosfato triplo apresentou a melhor receita líquida por tratamento e houve um retorno líquido de 61 dólares, em 100 dólares aplicados.

2. Praticamente não se observa diferença de receita líquida e da relação receita/custo, entre os tratamentos 1 e 3.

3. O monoamônio fosfato apresentou resultados financeiros inferiores aos tratamentos 5, 3 e 1, sendo ligeiramente inferior ao tratamento 2.

4. Do ponto de vista econômico, não foi vantajosa a substituição do fosfato bicálcico pelo monoamônio fosfato.

Abdalla et al. (1992) conduziram um experimento, com dois anos e meio de duração, no período de janeiro de 1989 a junho de 1991 numa propriedade particular, visando a estudar o efeito da suplementação de fósforo (P) na forma de superfosfato triplo (STF) na deposição do flúor (F) nos ossos de matrizes Nelore. Em Dezembro de 1988, quatrocentas vacas paridas foram divididas ao acaso em quatro grupos de 100 e mantidas em pastos de *Brachiaria humidicola*, recebendo misturas minerais (tratamentos) em cochos cobertos, durante todo o período experimental. Os tratamentos foram: 1. Mistura mineral com 100% de SFT como fonte de fósforo ($P = 5,16 \pm 1,82\%$; $F = 0,12 \pm 0,03\%$); 2. Mistura mineral com 2/3 de SFT + 1/3 de fosfato de Patos ($P = 5,43 \pm 1,28\%$; $F = 0,47 \pm 0,16\%$); 3. Mistura mineral com 2/3 de SFT + 1/3 fosfato bicálcico (FB) ($P = 6,15 \pm 2,11\%$; $F = 0,14 \pm 0,07\%$); 4. Mistura mineral com 100% de fosfato bicálcico ($P = 5,91 \pm 2,18\%$; $F = 0,03 \pm 0,01\%$).

Todas as misturas minerais continham sal comum e microelementos. Os consumos estimados das misturas minerais para os 4 grupos foram: 1. 128 ± 33 g/cab/dia. 2. 101 ± 33 g/cab/dia. 3. 115 ± 37 g/cab/dia. 4. 110 ± 43 g/cab/dia. No início (I) e no final (F) do experimento foram realizadas biópsias de ossos de oito animais de cada grupo (Tabela 12).

TABELA 8 - Níveis médios de fósforo e flúor nos ossos de matrizes bovinas recebendo diferentes fontes de fósforo.

Parâmetros	Tratamentos (proporções das fontes de fósforo)			
	100% SFT	2/3 de SFT 1/3 rocha	2/3 SFT 1/3 BIC	100% BIC
Fósforo no início do experimento (%)	10,22 ± 0,23 ^a	10,89 ± 0,23 ^a	11,05 ± 0,23 ^a	11,32 ± 0,23 ^a
Fósforo no final do experimento (%)	15,71 ± 0,27 ^b	15,92 ± 0,23 ^b	16,39 ± 0,23 ^b	15,88 ± 0,23 ^b
Flúor no início do experimento (ppm)	483 ± 192 ^a	714 ± 192 ^b	398 ± 192 ^a	464 ± 192 ^a
Flúor no fim do experimento (ppm)	1656 ± 192 ^b	2502 ± 192 ^c	1154 ± 192 ^b	801 ± 192 ^d

Letras diferentes na mesma linha ou coluna indicam diferença ($P>0,05$) pelo teste de Duncan, para cada parâmetro.

As misturas minerais proporcionaram aumento significativo no teor de P e F depositados nos ossos. A percentagem de acúmulo de flúor foi inferior ($P>0,01$) para os animais do tratamento 4 ($42\pm12\%$) do que para os dos tratamentos 1 ($67\pm15\%$), tratamento 2 ($70\pm6\%$) e tratamento 3 ($64\pm8\%$). Apesar disso, os teores de flúor nos ossos encontravam-se dentro dos limites considerados como normais pelo NRC (1979).

Por volta de 1994, surgiram alguns fatos novos, que levaram a um redirecionamento nas pesquisas executadas pela Embrapa Cerrados sobre as utilização do superfosfato triplo na suplementação de bovinos. Dentre esses fatos, podem ser citados o Parecer técnico-científico oficial da Embrapa sobre a utilização das fontes alternativas de fósforo na nutrição de bovinos (ABDALLA et al., 1994), a publicação de várias reportagens na imprensa sobre o assunto e o sucesso obtido por alguns fazendeiros que já vinham suplementando os seus rebanhos com sal mineral contendo superfosfato triplo. Alguns segmentos poderosos da indústria de fosfatos e da fabricação de suplementos minerais para animais, contrariados com o resultado dessas pesquisas, levantaram com grande alarde, a questão do suposto risco representado por metais pesados que poderiam estar presentes nos adubos fosfatados.

Cabe assinalar que já havia trabalhos na literatura científica que mostravam inequivocamente, que tanto as rochas fosfáticas brasileiras de origem ígnea como os fertilizantes e o fosfato bicálcico derivado delas, apresentavam um teor muito baixo de metais pesados. Merecem ser destacadas as conclusões citadas num trabalho realizado por BALLIO (1986), que afirmou que "os teores de cádmio, cromo, arsênio, zinco, cobalto e mercúrio são indubitavelmente inferiores aos encontrados nas rochas sedimentares". Inclusive, a partir de 1995, a Associação dos fabricantes de fertilizantes na Europa, já tinha decidido a mudar de fornecedores de rocha fosfática a fim de reduzir o teor de cádmio nos seus produtos.

As indústrias resolveram passar a importar fosfatos de origem ígnea, como os existentes na Finlândia, Rússia e África do Sul em detrimento das rochas de origem sedimentar do Marrocos, Togo e Senegal, ricas em Cádmio.

LOPES et. Al. (1997) analisaram os teores de flúor (F), fósforo (P) e metais pesados (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb e V) em três amostras de fosfato bicálcico (DICAL), duas amostras de superfosfato triplo (STP) produzidas no Brasil a partir da rocha de Tapira e uma amostra de STP produzida a partir de rocha fosfática importada.nacional (Tapira). O objetivo daquele trabalho foi o de obter dados técnicos para caracterizar essas fontes alternativas de fósforo, tendo em vista os padrões internacionais se segurança alimentar aceitos internacionalmente para a nutrição humana e animal.

Foram adquiridas, em estabelecimentos regulares de comércio, em embalagens fechadas, três marcas diferentes de fosfato bicálcico, todas registradas para alimentação animal no órgão competente do Ministério da Agricultura e Abastecimento (amostras 1,2,3), duas marcas diferentes de fertilizante superfosfato triplo produzidos a partir de rocha fosfática brasileira (amostras 5,6) e uma marca de superfosfato triplo produzido a partir de rocha importada (amostra 4). Foram tomadas amostras representativas desses fosfatos para análise de Cr, Hg, Ni, V no Laboratório de Geoquímica da Universidade de Brasília, de As no Centro de Pesquisas Especiais (CEPE) em Belo Horizonte, MG e de Cd, Pb, P e F no Laboratório de Referência Animal (LARA) do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, em Pedro Leopoldo, MG.

O resultado das análises nas amostras estudadas pode ser visto na Tabela 9.

TABELA 9 -Teores de metais pesados (mg/kg), flúor e fósforo (%) em amostras de fosfato bicálcico (DICAL) e de superfosfato triplo (STP).

Elemento	DICAL 1	DICAL 2	DICAL 3	TSP 4 ¹	TSP 5	TSP 6
Arsênico	3,83	5,58	6,6	8,16	6,05	9,21
Cádmio	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chumbo	4,06	< 0,2	3,44	7,81	5,63	2,69
Cromo	19	32	30	104	35	22
Mercúrio	0,013	0,014	0,007	0,18	0,005	0,018
Níquel	70	107	108	79	111	67
Vanádio	40	47	45	174	54	173
Flúor	0,093	0,150	0,151	1,676	0,750	0,528
Fósforo	18,21	20,07	19,14	15,39	20,71	20,93

¹ - Superfosfato triplo produzido a partir de rocha importada.

No que tange aos níveis dos metais pesados (Tabela 9), os resultados do fosfato bicálcico são bastante semelhantes, de modo geral, aos obtidos nas amostras de superfosfato triplo nacional porque talvez esses dois produtos podem ter sido fabricados com ácido fosfórico obtidos de rochas fosfáticas de composição semelhante. Os autores levantaram a hipótese de que o teor excepcionalmente baixo teor de cádmio na amostra 4 (superfosfato triplo importado) possa ser devido ao fato de que esse superfosfato triplo, em particular, tenha sido produzido com uma rocha importada excepcionalmente baixa em cádmio, o que aparentemente constitui uma exceção à regra. Por outro lado, os teores de Cr, Hg e Pb e do flúor obtidos no STP produzido no Brasil (amostras 5 e 6) são consideravelmente inferiores aos encontrados no STP produzido com rocha importada (amostra 4).

A Tabela 10 apresenta a simulação de uma estimativa média de ingestão de metais pesados por bovinos consumindo diariamente 40 g de fosfato bicálcico ou de superfosfato triplo contidos numa hipotética mistura mineral e avalia o que representaria o suposto risco apresentado por esses valores em termos percentuais dessa ingestão, em relação a padrões estabelecidos pelo NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). A percentagem do nível tóxico foi determinada com base num consumo diário de 10 kg de matéria seca da dieta com a média dos valores obtidos para cada elemento nas três amostras de fosfato bicálcico e nas duas amostras de superfosfato triplo brasileiro analisadas.

TABELA 10- Níveis médios de ingestão diária (mg/kg) de metais pesados para bovinos em 40 g de fosfato bicálcico e de superfosfato triplo brasileiro, em relação ao seu limiar de toxicidade.

Elemento	Nível de ingestão (mg/kg) no DICAL	Nível de ingestão (mg/kg) no STP	Nível máximo tolerável mg/kg*	% do nível tóxico DICAL STP
Arsênico	0,21	0,30	50	0,04 0,06
Cádmio	0,004	0,004	0,5	0,08 0,08
Chumbo	1,50	1,18	30	0,50 0,40
Cromo	1,08	1,14	1.000	0,01 0,01
Mercúrio	0,45	0,46	2	0,002 0,01
Níquel	3,80	3,56	50	0,76 0,71

* NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1980, 1996)

Os resultados dessa Tabela comprovam, sem sombra de dúvida, que o suposto risco representado pelos metais pesados contidos no fertilizante superfosfato triplo produzido a partir de rocha fosfática brasileira carece do devido suporte científico. Os resultados desse trabalho permitiram concluir que:

1. Os níveis de flúor e de metais pesados do superfosfato triplo, produzido a partir de rocha fosfática brasileira (Tapira), permitem a sua utilização, sem riscos para a saúde humana e/ou animal, baseados nos padrões estabelecidos pelo National Research Council (1980), como fonte de fósforo suplementar para bovinos.
2. Não é recomendável a utilização de superfosfato triplo produzido a partir de rocha fosfática importada sem uma análise prévia do seus teores de flúor e de metais pesados.

Os efeitos da substituição do fosfato bicálcico (FB) pelo fertilizante superfosfato triplo (STP), produzido a partir da rocha fosfática de Tapira, no sal mineral administrado a bovinos mantidos a pasto, da desmama até ao abate, sobre o desempenho animal e ocorrência de resíduos dos metais pesados As, Cd, Hg, Pb na carne e vísceras e de F no osso, foram estudado por LOPES et al. (1996)

No início do experimento, 80 bezerros Nelore, desmamados, com idade média em torno de sete meses, foram distribuídos, num delineamento experimental completamente casualizado, em quatro tratamentos de 20 animais, alocados em quatro piquetes de aproximadamente 19 ha cada, de *Brachiária brizantha* cv. *Marandu*. Todos os tratamentos continham sal (cloreto de sódio) + micro-elementos (Zn, Cu, Co e I), e 40 % de uréia na seca, variando somente as proporções das fontes de fósforo para atingir 70 g de P / Kg na mistura final, A composição dos tratamentos foi de (1): 100 % fosfato bicálcico (FB) ; (2): 50 % FB + 50 % superfosfato triplo (STP) ; (3): 23 % FB + 67 % STP e (4): 100 % STP. Os animais foram pesados no início do experimento e posteriormente a cada 28 dias, sendo rotacionados semanalmente entre os piquetes. Por ocasião da pesagem inicial, foram escolhidos, ao acaso, cinco animais por tratamento e submetidos à biópsia para retirada de um fragmento da 12^a. costela para análise do flúor. Essas biópsias foram repetidas sempre nos mesmos animais, em intervalos de seis meses para execução do mesmo tipo de análise. As misturas minerais foram fornecidas à vontade aos animais e seu consumo foi monitorado durante todo o período experimental.

Foram também colhidas amostras representativas de forrageiras de todos os piquetes, nas estações de seca e de chuva, para análise de proteína bruta, digestibilidade “*in vitro*”(DV), proteína bruta (PB), macro-minerais (P, Ca, Mg, e K) e de metais pesados (As, Cd, Hg e Pb) e coletadas periodicamente, amostras de todos os ingredientes que compunham as misturas experimentais, bem como, as misturas prontas, para análise de minerais, flúor e de metais pesados.

Após 697 dias de trabalho, 60 animais (15 de cada tratamento) foram abatidos no Frigorífico “Frivale” de Rondonópolis, ocasião em que foram coletadas amostras de carne, fígado e rim de todos os animais abatidos, tendo sido rigorosamente observadas todas as normas oficiais de coleta, conservação e transporte das amostras, propostas pelo “PROGRAMA NACIONAL DE CONTROLE DE RESÍDUOS BIOLÓGICOS EM CARNES”(PCRBC), EM BRASIL (1991). As análises de metais pesados e do flúor foram efetuadas no Laboratório de Referencia Animal do MAARA, situado em Pedro Leopoldo, MG enquanto que as análises do flúor nos ossos foram realizadas pela Seção de Ciências Animais

do CENA, localizado em Piracicaba, SP. Todas as outras análises foram efetuadas nos laboratórios da Embrapa Cerrados em Planaltina, DF.

Resultados de análise de flúor, cádmio e chumbo nas misturas minerais utilizadas no experimento, executadas pelo Laboratório de Referência Animal, podem ser visualizados na Tabela 11.

TABELA 11 - Resultados de análise de flúor (F), cádmio (Cd) e chumbo (Pb) nas misturas minerais utilizadas no experimento.

Mistura/Trat.	F (%)	Cd (mg/Kg) ¹	Pb (mg/Kg) ²
Fosfato bicálcico	0,093	ND	3,82
Superfosfato triplo	0,508	ND	2,55
Mistura 1(100% FB)	0,043	ND	4,00
Mistura 2 (50% FB + 50% STP)	0,098	ND	3,50
Mistura 3 (33% FB + 67% STP)	0,116	ND	3,50
Mistura 4 (100% STP)	0,192	ND	3,50

¹ Limite de detecção = 0,100 mg/Kg

² Limite de detecção = 0,200 mg/Kg

Como seria de se esperar, o nível de flúor nas misturas subiu gradativamente à medida que aumentava a participação do superfosfato triplo (STP), na mistura (Tabela 11). Contudo, mesmo o nível de 0,192% de F na mistura 4, cujo fósforo (P), é suprido exclusivamente pelo STP, ainda é baixo o suficiente para se enquadrar dentro das normas legais vigentes no Brasil, que estabelecem que uma mistura mineral pronta não pode conter mais do que 0,2 % desse elemento.

Isso se refletiu na ingestão média diária do flúor pelos animais que receberam misturas minerais contendo superfosfato triplo, que foi bastante baixa, durante todo o decorrer do experimento em relação aos níveis de tolerância desse elemento, propostos pelo NATIONAL RESARCH COUNCIL (1980). Também, a acumulação do flúor nos ossos no decorrer e no fim do experimento, processou-se dentro dos padrões de normalidade descritos em vários trabalhos de pesquisa e sumarizados pela mesma publicação.

Os valores médios de flúor na cinza dos ossos, analisados no final do experimento, foram de 417, 438, 558 e 741 ppm (ou mg/Kg.), respectivamente para os tratamentos 1, 2, 3, e 4, valores esse considerados como normais (NATIONAL RESEARCH COUNCIL ,1980).

Dados de desempenho animal encontram-se na Tabela 12.

TABELA 12 - Pesos médios, inicial e final, ganho em peso total e diário e rendimento de carcaça, por tratamento.

Tratamento ¹	Peso vivo inicial kg/cab.	Peso vivo final kg/cab.	Ganho médio de peso kg/cab	Rendimento de carcaça %
1	169,78	495,50	325,71 ^a	50,38 ^a
2	170,87	506,06	335,18 ^a	51,62 ^a
3	170,81	508,19	337,37 ^a	50,93 ^a
4	169,64	492,21	322,57 ^a	50,75 ^a

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras, nas colunas, não diferem significativamente entre si, pelo Teste de Duncan a 5 %.

Os resultados da Tabela 12 indicam que a substituição total e/ou parcial do fosfato bicálcico pelo superfosfato triplo como fonte de fósforo, não afetou o ganho em peso médio e o rendimento de carcaça ($P > 0,05$) variáveis utilizadas para sumarizar o desempenho animal nesse experimento. Inclusive, a Tabela 12 mostra que, apesar de não ocorrerem diferenças significativas, houve uma tendência do aumento do ganho em peso médio e do rendimento de carcaça, para os tratamentos que continham superfosfato triplo como parte da fonte de fósforo, o que deve resultar numa relação benefício/custo mais favorável para esses tratamentos. Os ganhos médios de peso dos animais desse experimento, foram semelhantes aos obtidos em outros trabalhos (LOPES et al., 1994), podendo serem considerados bastante satisfatórios para animais criados em regime exclusivo de pasto no Brasil Central, tendo em vista que os animais foram abatidos com a média de 500 kg de peso vivo e com idade média em torno de 30 meses.

Aparentemente, a adição de uréia na proporção de 40%, se constituiu uma excelente alternativa de suplementação na época seca, haja vista que foi capaz de proporcionar ganhos médios de peso na ordem de 448 g e 214 g na primeira e na segunda estação de seca, respectivamente. Os níveis de proteína bruta nas forrageiras, notadamente na época seca, estiveram muito abaixo dos requerimentos mínimos dos animais, confirmando resultados de LOPES et al. (1995), de que baixos níveis de proteína representam a deficiência primária das forrageiras na época seca.

Embora os elementos químicos classificados como metais pesados ocorram naturalmente na crosta terrestre, a intensificação das atividades industriais e agrícolas pode propiciar oportunidade para a contaminação ambiental e a entrada desses elementos na cadeia alimentar. Os limites de detecção dos métodos de análise utilizados para a análise da arsênico, cádmio, chumbo e mercúrio, expressos em μg foram respectivamente de 0,01, 0,100, 0,200 e 0,01. O nível de chumbo apresentou-se em níveis muito baixos e inócuos para a alimentação animal e não foi detectado cádmio nas fontes e nas misturas utilizadas (Tabela 11), confirmando as conclusões de BALLIO (1986). Também não foram encontrados resíduos de cádmio e chumbo nas forrageiras.

De acordo com os níveis de ação de controle de resíduos biológicos (PCRBC), propostos por (BRASIL, 1991), nenhuma das 60 amostras de vísceras analisadas (As, Cd, Hg e Pb), ultrapassou os limites de tolerância para arsênico, cádmio, chumbo e mercúrio.

Convém destacar, que as normas do PCRBC são baseadas em normas oficiais utilizadas na Europa e nos Estados Unidos, que têm como objetivo final manter a qualidade ambiental dos alimentos utilizados para a espécie humana. Os resultados obtidos neste trabalho permitiram concluir que:

1. A utilização do fertilizante superfosfato triplo, produzido a partir de rocha fosfática brasileira (Tapira), com baixo teor de flúor e de metais pesados, como fonte de fósforo suplementar para “bovinos de corte, a pasto, da desmama ao abate”, não oferece riscos para a saúde humana e animal, com respeito a questão do flúor e dos metais pesados, arsênico, chumbo, cádmio e mercúrio.
2. A performance animal e o rendimento de carcaça não foram afetadas pela substituição total e/ou parcial do fosfato bicálcico pelo fertilizante superfosfato triplo produzido a partir da rocha de Tapira, como fonte de fósforo suplementar de “bovinos de corte da desmama ao abate”.

LOPES et al. (2000), conduziram uma ação de pesquisa e desenvolvimento visando a obter subsídios para testar e validar uma mistura mineral contendo superfosfato triplo, elaborada pela Embrapa Cerrados, para bovinos de corte do Estado do Tocantins, mantidos a pasto, da desmama até o abate. O trabalho foi conduzido em sete fazendas de pecuária de corte localizadas nos Municípios de Porto Nacional, Miracema, Barrolândia, Alvorada e Gurupí, no estado do Tocantins. No início do experimento, foram escolhidos dois (duas) bezerros(as), com idade média em torno de 10 meses. Esses animais, juntamente com o restante do rebanho de recria de cada fazenda, receberam por um período de 22 meses, uma mistura mineral contendo superfosfato triplo como fonte de fósforo. Foram colhidas amostras representativas de forrageiras de todos os pastos onde os animais foram mantidos, para análise de minerais e de proteína bruta, na estação seca e chuvosa. No fim do experimento, todos os 14 animais foram abatidos, ocasião em que foram coletadas amostras de osso para análise do flúor e de carne, fígado e rins para análise de metais pesados, de acordo com as normas oficiais do Programa Nacional de Controle de Resíduos Biológicos em Carnes (BRASIL, 1991). As análises de metais pesados foram realizadas pelo Laboratório de Referência Animal, em Pedro Leopoldo, MG, as de flúor pela Seção de Ciências Animais do CENA, em Piracicaba, SP, as análises de cobalto pelo CEPE de Belo Horizonte, MG e as demais pelos laboratórios da Embrapa-Cerrados.

A concentração média das forrageiras na base da matéria seca, coletadas nas duas estações do ano, apresentou uma deficiência generalizada de Ca, P, Mg, Cu e Zn, ao passo que os níveis de ferro e manganês permaneceram dentro dos limites considerados como normais para a nutrição de bovinos.

Todos os valores entre parênteses, após as médias, expressam o erro padrão da média. O teor de fósforo (%) na cinza dos ossos foi satisfatório, apresentando um incremento significativo no decorrer do experimento (16,9 (0,2) em junho de 1994, 18,5 (0,2) em outubro de 1995 e 21,0 (0,2) em abril de 1996.

Aparentemente, a quantidade (70g/kg) e a disponibilidade biológica do P do STP na mistura mineral, em adição ao que o animal obteve do pasto, foram capazes de suprir as necessidades desse elemento pelo animal.

A acumulação média de flúor na cinza dos ossos (ppm) se processou dentro dos padrões normais esperados para animais recebendo sal mineral, contendo STP como fonte de P (LOPES, 1996), sendo de 103,2 (17,8) no início do experimento, em junho de 1994, 652,7 (42,8) em outubro de 1995 e alcançando 565,6 (84,3) no abate.

Nas amostras de fígado, coletadas no abate dos animais foram obtidos valores médios de 0,39 (0,04); 235 (88); 273 (126); 8,5 (1,68) e 158 (123), respectivamente, para o cobalto, cobre, ferro, manganês e zinco. Esses resultados indicaram que os níveis de cobalto, cobre e zinco na mistura mineral mostraram-se adequados para suprir o déficit desses elementos na pastagem e confirmam ser desnecessária a adição de ferro e manganês no suplemento mineral que não continha fontes desses minerais. Nenhuma das 42 amostras de carne, fígado e rins analisadas para metais pesados ultrapassou os limites de tolerância para arsênico, cádmio, chumbo e mercúrio. Finalmente, vale ressaltar que a performance dos animais que receberam a mistura mineral, contendo superfosfato triplo foi excelente. Nas condições em que foi realizado esse trabalho, foi possível concluir que a mistura mineral elaborada com base nas pesquisas da Embrapa-Cerrados, contendo superfosfato triplo e fontes de cálcio, enxofre, zinco, cobre, cobalto e iodo e cloreto de sódio, apresentou bons resultados para bovinos de corte, mantidos a pasto "da desmama ao abate", no Estado do Tocantins. Além disso, a utilização do fertilizante superfosfato triplo, produzido a partir da rocha de Tapira, como fonte de fósforo suplementar para "bovinos de corte, da desmama ao abate", não oferece riscos para a saúde humana e animal, com respeito ao flúor e os metais pesados arsênico, chumbo, cádmio e mercúrio.

A avaliação e o monitoramento de flúor e resíduos de metais pesados, em amostras de tecido animal e diversos parâmetros produtivos e reprodutivos de bovinos que foram suplementados com sal mineral contendo superfosfato triplo e fosfato bicálcico, desde a fase intra uterina até o abate, está sendo investigada em vários experimentos. Esses estudos que se iniciaram em 1996, estão sendo conduzidos por uma equipe multidisciplinar de técnicos liderada por LOPES e pertencentes a várias instituições tais como a Embrapa Cerrados, Escola de Veterinária da UFMG, CENA (USP) e o Laboratório de Referência Animal.

Em Dezembro de 1996, duzentas vacas e novilhas, 100 já com prenhez positiva confirmada, foram divididas em dois tratamentos de 100 animais e dois touros cada, recebendo sal mineralizado composto por cloreto de sódio mais microelementos (Zn, Cu, Co e I), variando somente as fontes de fósforo (superfosfato triplo e fosfato bicálcico). Os animais foram colocados inicialmente em duas pastagens contíguas de *Brachiária humidicola*, com aproximadamente 100 ha cada, na Fazenda Santa Rita, localizada no município de Palmas, TO. Posteriormente, foram utilizados outros piquetes de *Brachiária humidicola*, com área semelhante.

As vacas foram pesadas no início do experimento e posteriormente a cada 28 dias, quando foram rotacionadas entre os piquetes. O peso médio inicial dos animais, no dia 4/12/1996, data de início do trabalho, foi de 356,0 e de 354,33 kg, respectivamente para os tratamentos 1 (STP) e 2 (FB).

Por ocasião da pesagem inicial, dez vacas de cada tratamento, escolhidas ao acaso, foram submetidas à biópsia para retirada de um fragmento da 12ª costela para determinação do flúor e do fósforo na cinza dos ossos.

Os teores médios de flúor no osso das matrizes, no início do trabalho, foram 1568 e 1467 ppm, respectivamente, para os tratamentos 1 (STP) e 2 (FBB). Na segunda coleta de osso realizada em Fevereiro de 1998, encontraram-se valores médios de 1859 e 1546 ppm respectivamente, para os tratamentos 1 (STP) e 2 (FB), valores esses considerados como normais de acordo com a literatura para essa categoria animal.

No início do trabalho, foram coletadas amostras de solo da área experimental para análise física e química. Foram também colhidas amostras de solos e de forrageiras representativas dos piquetes, nas estações de seca e chuva, para análise de proteína bruta, macro e microelementos e de metais pesados (As, Cd, Hg e Pb). Além disso, foram coletadas periodicamente, amostras de todos os ingredientes que compõem as misturas experimentais, bem como das misturas prontas, para análise de minerais, flúor e de metais pesados. O consumo das misturas minerais foi monitorado, e o custo de todos os insumos registrado com o objetivo de colher subsídios para a análise econômica.

Uma avaliação de alguns índices que refletem a performance reprodutiva das matrizes pode ser visualizada na Tabela 13.

TABELA 13 - Resultados da performance reprodutiva de matrizes suplementadas com fontes alternativas de fósforo na Fazenda Santa Rita.

Parâmetros	Superfosfato triplo	Fosfato bicálcico
Peso no início da monta (kg)	356,0	354,3
Taxa de prenhez (%)	98,0	96,0
Taxa de natalidade (%)	94,0	95,0
Taxa de mortalidade até a desmama (%)	3,2	6,3
Peso ao nascer dos machos (kg)	29,1	28,7
Peso ao nascer das fêmeas (kg)	26,5	27,4
Proporção macho/fêmea (%)	54/46	63/37

A Tabela 13 demonstra que todos os parâmetros da performance reprodutiva que tiveram condições de ser avaliados foram excelentes, e as diferenças entre os tratamentos não foram significativas.

As pastagens de *Brachiária humidicola* da Fazenda Santa Rita, onde o trabalho foi conduzido, foram estabelecidas há mais de 12 anos, apresentavam sinais acentuados de degradação e a análise das forrageiras, nas duas estações do ano, mostraram níveis deficientes de proteína bruta, fósforo, cálcio, cobre e zinco e adequados de manganês e ferro.

Em 1998, foi iniciada a segunda fase dessa ação de pesquisa, utilizando os bezerros, já desmamados, crias das vacas experimentais, na Fazenda Dom Augusto, localizada no Município de Porto Nacional. Oitenta bezerros machos foram divididos em dois tratamentos de 40 animais cada, e suplementados com o mesmo tratamento recebido pelas suas mães. Os animais foram colocados em duas pastagens contíguas de aproximadamente 40 ha cada, de *Brachiária brizantha* cv. *Marandú*. Os bezerros foram pesados e rotacionados entre os dois pastos a cada 28 dias. Foram também coletadas periodicamente, amostras de solo, plantas forrageiras, e de todos os insumos utilizados na confecção das misturas experimentais, para execução de vários tipos de análises, notadamente de metais pesados e do flúor. Em todas as amostras de forrageiras e dos insumos analisados, os níveis de arsênico, cádmio, chumbo e mercúrio não atingiram os limites mínimos de detecção para esses metais pesados.

Resultados de análise da área experimental da Fazenda Dom Augusto, mostraram que as forrageiras apresentaram deficiências de proteína, enxofre, cobre e zinco nas duas estações do ano e deficiência de fósforo somente na seca. Por outro lado, as forrageiras apresentaram concentrações de cálcio, magnésio, ferro e manganês capazes de suprir as exigências dos animais.

O ganho médio de peso dos animais que receberam sal mineral com superfosfato triplo, no período de 21/04/1998 a 22/9/1999, foi 20,99 Kg superior ($P>0,01$) ao ganho médio do peso apresentado pelos animais que receberam o fosfato bicálcico. No início do trabalho, dez animais de cada tratamento, escolhidos ao acaso, foram submetidos à biópsia da 12ª costela para análise do flúor. Os teores médios de flúor no osso dos bezerros, no início do trabalho (21/4/1998) foram de 349 e 94 ppm, respectivamente, para os tratamentos 1 (STP) e 2 (FB). Após um ano de trabalho, o teor de flúor nos ossos foi de 1568 e 1467 ppm, para os tratamentos 1 e 2, respectivamente. No término do experimento, ocasião em que os animais foram abatidos, os teores médios de flúor nos ossos foram de 3240 e 1689 ppm, para os tratamentos 1 e 2, respectivamente. Embora o nível médio do flúor nos ossos dos animais que receberam superfosfato triplo, desde a concepção até ao abate, tenha sido substancialmente maior do que aquele obtido para os animais que receberam o fosfato bicálcico, esses valores encontram-se dentro da faixa de normalidade de flúor no osso relatados pela literatura (McDOWELL, 1999).

No final do experimento, em 23/9/1999, foram abatidos dez animais de cada tratamento, no Frigorífico Safrigu, situado no Município de Gurupí, TO que conta com Serviço de Inspeção Federal a fim de avaliar os rendimentos ao abate e coletar amostras para análise de metais pesados (LOPES et al., 2000 & OLIVEIRA et al., 2000). As coletas, armazenamento e transporte das amostras foram realizadas de acordo com as instruções oficiais do Programa Nacional de Controle de Resíduos Biológicos em Carnes (BRASIL, 1991). As análises de metais pesados nas amostras de vísceras e carne foram executadas pelo Laboratório de

Referência Animal, em Pedro Leopoldo, MG e as análises do flúor em amostras de ossos, pela Seção de Ciências Animais do CENA, em Piracicaba, SP.

Durante o abate, foram coletados os dados referentes aos pesos de: couro, cabeça + língua, mocotós, cupim, fígado, coração, pulmão + traquéia e rins de cada animal para estudo da composição corporal. Também foram coletadas amostras de vísceras (músculo, fígado e rins) para análise de metais pesados. Ao final do abate, foi coletado o peso das meias-carcaças para obtenção do valor de peso de carcaça quente. As carcaças dos animais foram tipificadas (BRASIL, 1989). Após 24 hs na câmara fria (temperatura entre 1 e 5° C) meias-carcaças direitas foram desossadas apurando-se o total de carne e osso para cada uma delas. O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado, sendo o teste estatístico utilizado para comparação das médias o Teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Os resultados referentes à idade de abate, peso vivo, rendimentos de carcaça e a tipificação de carcaça para os dois grupos de bovinos avaliados neste trabalho estão apresentados na Tabela 14.

TABELA 14 -. Valores médios referentes a idade, peso vivo, rendimento e tipificação de carcaças de bovinos submetidos a duas fontes de fósforo.

Características	Superfosfato triplo	Fosfato bicálcico
Idade de abate (dias)	913,7 ^a	799,3 ^b
Peso vivo de abate (kg)	476,0 ^a	465,0 ^a
Rendimento (%)	56,5 ^a	54,7 ^a
Sexo/maturidade	MI ^a	MI ^a
Conformação ⁽¹⁾	2 ^a	2 ^a
Acabamento ⁽²⁾	2 ^a	2 ^a
Peso de carcaça quente (kg)	270,0 ^a	254,5 ^a
TIPO (tipificação)	"A" ^a	"A" ^a

^{a,b}Valores seguidos por letras diferentes na mesma linha diferem (P < 0,05) pelo teste de Tukey.

* Tratamento 1 – Superfosfato triplo (SFT) - Tratamento2 - Fosfato Bicalcico (FB)

**MI - MACHO INTERMEDIARIO (MACHO INTEIRO - PINÇAS DEFINITIVAS)

¹ Avaliação visual (1=retilíneo; 2 = subconvexo e 3 = convexo)

² Avaliação visual (1 = menos de 1 mm de gordura; 2 = entre 1 e 3 mm de gordura)

^{a,b}Valores seguidos por letras diferentes na mesma linha diferem significativamente (P < 0,05), pelo teste de Tukey.

Entre os tratamentos, não foi observado diferença entre peso vivo e rendimento de carcaça, embora na média de idade ao abate, os animais do Tratamento 1 fossem quatro meses mais velhos. No item conformação, acabamento e peso de carcaça quente, todos os animais apresentaram valores dentro do que é exigido para caracterização do Novilho Precoces. Entretanto, em relação a sexo/maturidade a média dos animais foi classificada como Macho-Intermediário, classificando-os como animais Tipo A. Esses resultados indicam que os tratamentos não interferiram no desempenho dos lotes e não afetaram os resultados da tipificação.

O peso de alguns órgãos e vísceras e os rendimentos em carne e osso também foram avaliados para comparação entre os tratamentos. Na Tabela 15, são apresentados os pesos de diversos “não-carcaça” e o total de carne e osso apurado.

TABELA 15 - Composição corporal (couro, cabeça + língua, mocotós, rins, fígado, pulmão + traquéia e coração) e médias de peso e percentagem de carne e ossos em 1/2 carcaça para bovinos submetidos a duas fontes de fósforo.

Itens	Superfosfato triplo		Fosfato bicálcico	
	(kg)	(%)	(kg)	(%)
Couro	47,05 ^a	9,90 ^A	45,30 ^a	9,74 ^A
Cabeça+língua	16,42 ^a	3,45 ^A	15,11 ^b	3,25 ^A
Mocotós	10,05 ^a	2,11 ^A	10,10 ^a	2,17 ^A
Rins	0,70 ^a	0,15 ^A	0,72 ^a	0,15 ^A
Fígado	4,38 ^a	0,92 ^A	4,11 ^a	0,89 ^A
Pulmão+traqueia	4,27 ^a	0,90 ^A	4,01 ^a	0,86 ^A
Coração	1,5 ^a	0,31 ^A	1,4 ^a	0,30 ^A
Total de carne	106,56 ^a	79,06 ^A	98,98 ^a	78,65 ^A
Total de ossos	28,04 ^a	20,93 ^A	26,88 ^a	21,34 ^A

^{a,b} Valores seguidos por letras diferentes na mesma linha diferem significativamente ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey.

^{A, B} Valores seguidos por letras diferentes na mesma linha diferem significativamente ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey.

Com exceção do item peso de cabeça+língua onde é observada uma diferença significativa ($P < 0,05$) os demais itens não apresentam diferenças significativas. Observa-se assim que, quando se avalia a composição corporal, os valores expressos em peso sofrem influência principalmente do peso e idade de abate, e que essas incorreções podem ser corrigidas quando os animais são comparados em percentagem. Quando se compara, entre os dois grupos de mestiços, as porcentagens dos diferentes itens, observa-se que a diferença desaparece. Entre os tratamentos não foram observadas diferenças entre pesos e rendimentos em carne e ossos. Esses resultados indicam que os tratamentos não interferiram no total de carne (peso ou porcentagem) entre os lotes e também não afetaram o total de ossos.

A Tabela 16 apresenta os dados referentes à avaliação e ao monitoramento dos resíduos de metais pesados nas amostras de tecido animal.

TABELA 16 – Valores médios (mg /kg) de arsênio, chumbo, cádmio e mercúrio nas amostras de tecido dos bovinos submetidos a duas fontes de fósforo.

Metais pesados *	Tratamento 1			Tratamento2		
	Músculo	Fígado	Rim	Músculo	Fígado	Rim
Arsênio (mg/kg)	ND	ND	0,0169	ND	ND	ND
Chumbo(mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cádmio(mg/kg)	ND	0,521 ^a	2,005 ^a	ND	0,481 ^a	1,914 ^a
Mercúrio(mg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND

^{a,b} Valores seguidos por letras diferentes na mesma linha diferem significativamente ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey.

* Limite de detecção As = 0,01 mg/kg; Pb = 0,20 mg/kg; Cd = 0,10 mg/kg e Hg = 0,01 mg/kg. Abaixo desses valores o resultado analítico e expresso como não detectado (ND).

A Tabela 16 demonstra que em nenhuma das amostras de músculo, foi detectado resíduos dos metais pesados analisados. Um teor muito baixo de arsênio (0,0169) foi detectado em amostras de rim de animais do Tratamento 1 (Superfosfato triplo), em níveis bem inferiores ao estabelecido pela legislação (BRASIL, 1999) que é de 2 mg/kg. Também para cádmio não foram observadas diferenças significativas entre os animais do experimento, sendo que apenas no rim, observaram-se valores acima do limite 1 mg/kg conforme estabelece a legislação (BRASIL, 1999) sendo que esses níveis apresentam-se para animais de ambos os grupos, o que indica que o resultado não se relaciona à fonte de fósforo utilizada.

Nas condições em que foi realizado esse trabalho, foi possível concluir que a mistura mineral elaborada com base nas pesquisas da Embrapa-Cerrados tendo como fonte de fósforo fertilizante Superfosfato triplo produzido a partir da rocha de Tapira ou Fosfato bicalcico, proporcionou rendimentos ao abate similares entre os dois lotes de bovinos, indicando que a utilização para bovinos de corte, da desmama ao abate não oferece riscos para a saúde humana ou animal, em relação ao desempenho e à presença de metais pesados nas massas musculares. (LOPES et al., 2000 & OLIVEIRA, 2000).

MICROELEMENTOS NOVOS

Existem alguns microelementos tais como o arsênio, boro, cádmio, cromo, flúor, lítio, níquel, chumbo, silício, estanho e vanádio, cujas evidências de essencialidade só foram demonstradas recentemente e por essa razão são, às vezes, chamados de "microelementos novos". Deficiências desses chamados "microelementos novos" não foram observadas nas espécies domésticas e conseqüentemente a sua suplementação não é considerada como necessária (McDOWELL, 1999). Por outro lado, como sua essencialidade foi comprovada em condições muito especiais de experimentação, na maioria das situações, não apresentam qualquer importância prática em Nutrição. Nunes (1998) relaciona como elementos classificados nessa categoria: o arsênio, boro, cádmio e estrôncio. Ademais, o arsênio, boro, chumbo, silício e vanádio não são sequer discutidos na Seção de Minerais do NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996),

também por não terem sido considerados de importância prática para gado de corte. Tendo em vista que alguns desses elementos, tais como o cromo e o níquel já estão sendo incluídos em misturas minerais comerciais, é oportuno fazer alguns comentários sobre esse tema.

CROMO

O cromo (Cr) é um elemento de transição, comumente encontrado nos estados de oxidação 0, 2+, 3+ e 6+, sendo a forma trivalente (Cr^{3+}) a mais estável e mais abundante na natureza (MCDOWELL, 1992). Até o momento, existem poucos dados obtidos em estudos que avaliaram os efeitos do Cr dietético sobre o metabolismo, a saúde e o desempenho de animais produtores de alimentos. Entretanto, quando esses dados são associados às observações feitas com humanos e com animais de laboratório, há indicações de que o Cr pode ser um nutriente essencial, requerido no metabolismo de lipídeos, para a ativação de certas enzimas e para a estabilização de proteínas e do ácido nucléico. A principal função metabólica desse mineral é potencializar a ação da insulina por meio de sua presença em um composto chamado de fator de tolerância à glicose (GTF - *glucose tolerance factor*).

Apesar de pouco se conhecer sobre o local e o mecanismo de absorção do Cr, experimentos com ratos, indicaram que a porção média do intestino delgado, seguida pelo íleo e pelo duodeno parecem ser os segmentos onde ocorrem a maior difusão desse mineral, tendo sido observada ainda, a ocorrência de interações com outros cátions e ânions da dieta no seu mecanismo de absorção (UNDERWOOD, 1977). Uma vez absorvido, na sua forma biologicamente ativa o cromo faz parte do GTF. Embora até agora não se conheça com exatidão a estrutura química do GTF, sabe-se que esse fator contém um átomo de Cr^{3+} ligado a várias moléculas de niacina e, provavelmente, aos aminoácidos encontrados na glutatona (ácido glutâmico, glicina e cisteína) e que é uma substância inativa quando se apresenta sem este Cr^{3+} no seu centro (MCDOWELL, 1992; KEGLEY, et al., 1996, KEGLEY, et al., 1997a).

O GTF potencializa a ação da insulina ao facilitar sua interação com receptores localizados nas superfícies das células, melhorando a sensibilidade à insulina e aumentando a resposta à sua ação em tecidos periféricos (músculos e adiposo), sendo capaz de reverter os efeitos da hiperglicemia (MOORADIAN & MORLEY, 1987 & MORRIS et al. 1993, citados por BORGS & MALLARD, 1998). Quando ligada ao seu receptor, a insulina promove a captação e a utilização da glicose pelas células, regulando os níveis sanguíneos deste açúcar. Desta forma, ao potencializar a ação da insulina, o GTF também age acentuando os seus efeitos anabólicos, já que uma vez dentro das células, a glicose é usada como fonte de energia que, aliada às ações anabólicas de hormônios, como as do hormônio do crescimento (GH - *growth hormone*) e do fator de crescimento insulínico I (IGF-I - *insulin-like growth factor*), controlam a síntese de proteínas, o crescimento de tecidos magros e a manutenção e o funcionamento de todos os órgãos do corpo.

Além disso, o GTF estimula a conversão da tiroxina (T_4) em uma forma mais ativa, a triiodotironina (T_3), hormônio da tireóide que atua elevando a taxa metabólica, gerando maior consumo de oxigênio e produção de calor, incrementando o metabolismo de gorduras, proteínas e carboidratos no fígado, nos rins, no coração e nos músculos, além de promover aumento no débito cardíaco, na irritabilidade nervosa e nas sínteses de RNA e proteína (BURTON, 1995).

A principal via de excreção de Cr do organismo é através da urina, embora pequenas quantidades possam ser eliminadas nas fezes, via bile e, possivelmente, através da pele. Em experimentos com humanos, foi ainda observado que a excreção urinária de Cr aumenta com administrações de glicose e que existe uma correlação negativa entre eficiência na utilização da glicose e a excreção de Cr (UNDERWOOD, 1977).

Existem várias evidências de que os requerimentos de cromo para ruminantes podem ser supridos pelas concentrações desse elemento normalmente encontradas nas plantas. Contudo, a determinação exata desses requerimentos ainda depende, entre outras questões, do estabelecimento de procedimentos analíticos sensíveis e de resultados reprodutíveis para alimentos e dietas, de estudos sobre a biodisponibilidade do Cr nos alimentos e nos suplementos fornecidos a esses animais e de pesquisas que avaliem o impacto dos fatores suspeitos de contribuírem para as respostas inconsistentes observadas em animais submetidos a dietas suplementadas com Cr. Por essa razão, não têm sido feitas recomendações específicas sobre a concentração e forma de suplementação com Cr na dieta destes animais (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996; NUNES, 1998; McDOWELL, 1999). Todavia, YANG et al. (1996) e SUBIYATNO et al. (1996), sugerem que os requerimentos desse mineral podem estar aumentados em animais em condição de estresse, especialmente aquelas associadas ao final da gestação e início de lactação.

As causas de possíveis deficiências em Cr estão relacionadas aos fatores que afetam o aporte deste mineral, como o reduzido consumo de matéria seca, a baixa concentração de Cr com atividade biológica nos alimentos e a ingestão de níveis elevados de ferro e de zinco, interferindo na absorção do Cr; e aos fatores que conduzem à eliminação excessiva, como por exemplo, a ingestão de dietas com altas concentrações de açúcares simples e de lactose e existência de fatores estressantes.

O mecanismo pelo qual as condições estressantes promovem deficiência em Cr está relacionado ao fato de o estresse provocar aumento da secreção de cortisol para o sangue e, como o cortisol age de forma antagônica à da insulina, limitando a entrada de glicose nos tecidos periféricos, de maneira a poupá-la para os tecidos de mais alta demanda (cérebro e fígado), tais situações podem resultar em elevação da glicose sangüínea com subsequente mobilização de reservas corporais de Cr. Como foi demonstrado, uma vez mobilizado, o Cr é irreversivelmente eliminado através da urina, os fatores capazes de elevar a concentração de glicose no sangue, como o aumento do cortisol provocado pelo estresse, podem levar à deficiência em Cr, se os níveis na dieta não acompanham o aumento na excreção. Assim sendo, alguns estudos têm identificado situações particulares em que a suplementação com Cr pode trazer benefícios, como no

período de transição (final de lactação, parição e início da lactação subsequente) em vacas de primeira lactação, ocasião esta reconhecida como capaz de acarretar estresse metabólico em vacas de leite (YANG et al., 1996, SUBIYATNO et al., 1996) e para lotes de bovinos de engorda recém-instalados, que foram submetidos ao estresse do transporte e da movimentação excessiva (CHANG & MOWAT, 1992; MOWAT et al., 1993; KEGLEY et al., 1997a).

Os órgãos comestíveis, como os rins e o fígado e os grãos integrais são alguns dos alimentos mais altos em Cr. Entretanto, a determinação do total de Cr de qualquer material fornece pouca informação sobre o valor biológico. Compostos inorgânicos, contendo Cr apresentam pobre absorção pelos animais (UNDERWOOD, 1977; MCDOWELL, 1992; BURTON, 1995) e não são biologicamente ativos como as formas orgânicas (BURTON, 1995), sendo o complexo orgânico GTF cerca de 50 vezes biologicamente mais ativo que o Cr^{3+} (MCDOWELL, 1992; NUNES, 1998). Devido à escassez de estudos comparativos conduzidos com os diferentes suplementos de Cr fornecidos aos ruminantes, a biodisponibilidade relativa do Cr contido nesses suplementos é pouco conhecida. No entanto, o picolinato de Cr (VILLALOBOS et al., 1997; DEPEW et al., 1998), o nicotinato de Cr (KEGLEY et al., 1997a; KEGLEY et al., 1997b), o cloreto de Cr (KEGLEY et al., 1997b), quelatos, contendo Cr (MOWAT et al., 1993; SUBIYATNO et al., 1996) e a levedura enriquecida com Cr (ARTHINGTON et al., 1997; Sano et al., 1999; VÁSQUEZ, 1999) têm sido utilizados como fontes suplementares deste mineral para ruminantes.

Os experimentos que têm avaliado os efeitos da suplementação com Cr em ruminantes são relativamente recentes. Parte desses estudos não observaram efeitos positivos nesta suplementação (ARTHINGTON et al., 1997; KEGLEY et al., 1997b; SANO et al., 1999 & ZANETTI, 2000), enquanto outros sugeriram que as respostas positivas devido à suplementação com o Cr parecem depender da presença de fatores estressantes (MOWAT et al., 1993; SUBIYATNO et al., 1996; YANG et al. 1996; KEGLEY et al. 1997a; VILLALOBOS et al. 1997). Para vacas primíparas suplementadas, SUBIYATNO et al. (1996) notaram aumentos nas produções de leite de 24% e 10% para os animais de segunda e sexta semanas de lactação, respectivamente. Também YANG et al. (1996) encontraram incrementos na produção de leite entre 7% e 13% nas primeiras semanas de lactação de primíparas, quando comparadas aos animais não suplementados. Já VILLALOBOS et al. (1997), avaliando o efeito da suplementação com Cr sobre a retenção de placenta em vacas de leite, observaram que a suplementação reduziu em aproximadamente quatro vezes a incidência deste quadro. Em ensaios com novilhos de corte estressados pela movimentação do transporte, MOWAT et al. (1993) e KEGLEY et al. (1997a) encontraram maiores ganhos em peso para os lotes suplementados. Enquanto VÁSQUEZ (1999), estudando o efeito da suplementação com Cr, durante a estação de monta de vacas de corte, observou redução no intervalo parto-cio e do número de fêmeas em anestro para os animais suplementados, quando comparados aos do grupo controle.

ZANETTI et al. (2000) conduziram um estudo em que 14 bezerros com 4 meses de idade, foram distribuídos em 2 tratamentos sendo um controle e um com suplementação de 0,4 mg de cromo por kg/MS de ração basal. O ganho em peso, eficiência alimentar e conversão alimentar foram semelhantes entre os

grupos controle e tratado. Não houve diferença no ganho de peso, eficiência e conversão alimentar entre os grupos controle e suplementado com cromo.

Revisões referentes aos efeitos da suplementação com Cr sobre o sistema imune de bovinos foram feitas por BURTON (1995) e BORGS & MALLARD (1998). Os efeitos benéficos desta suplementação sobre o sistema imune de novilhos estressados foram observados por MOWAT et al. (1993). Ainda KEGLEY et al. (1996) notaram que a adição de Cr em sucedâneo de leite pode aumentar a imunidade e a resistência às doenças em bezerros. Contudo, ARTHINGTON et al. (1997) e KEGLEY et al. (1997a), trabalhando com novilhos, não encontraram melhoria na resposta imune dos animais suplementados.

Devido à baixa absorção do Cr na sua forma trivalente, são necessárias ingestões extremamente altas para se atingir os níveis tóxicos. Já os compostos contendo Cr^{+6} parecem ser mais tóxicos, em virtude de sua melhor absorção (UNDERWOOD, 1977; MCDOWELL, 1992). O trióxido de cromo, os cromatos e os bicromatos são tóxicos em razão de sua propriedade oxidante e à capacidade de precipitar proteínas. Nos animais, a intoxicação crônica com o Cr resulta em dermatite de contato, irritação das vias respiratórias, ulceração com perfuração do septo nasal e câncer pulmonar (MCDOWELL, 1992; Nunes, 1998). A intoxicação aguda com o Cr é rara, mas foi produzida com dose única de 700 mg/Kg de peso vivo de Cr^{+6} , em bovinos adultos, e de 30 a 40 mg/Kg de peso vivo, em bovinos jovens. Os sintomas dessa intoxicação incluíram aumento das concentrações sanguíneas e hepáticas de Cr, inflamação e congestão do estômago e ulcerações no rúmen e no abomaso (NUNES, 1998).

NÍQUEL

Tido como elemento traço essencial (SPEARS, 1984), o níquel (Ni) ocorre em baixas concentrações em todos os órgãos e fluidos dos animais (UNDERWOOD, 1977), sendo encontrado em maiores proporções nos pulmões, nos rins e nos tecidos produtores de hormônios. Apesar da identificação de suas enzimas específicas ainda estar acontecendo, sabe-se que o Ni é capaz de ativar ou inibir várias enzimas que contêm outros elementos. Admite-se ainda, que as produções ou as atuações de alguns hormônios respondem às alterações na concentração de Ni. Em ruminantes, os estudos desse mineral estão direcionados, principalmente, para seu efeito sobre a urease bacteriana no rúmen, enzima reconhecida como Ni dependente.

O Ni da dieta é pobremente absorvido, provavelmente entre 1% a 10% do total consumido, mesmo em altos níveis de consumo (UNDERWOOD, 1977). No organismo, acredita-se que as concentrações de Ni influenciem a produção e ação de hormônios como a prolactina, a adrenalina, a noradrenalina e a aldosterona. Também tem sido relatada sua capacidade de interagir, ou influenciar o metabolismo de outros elementos, existindo indicações da sua interação com grande número de minerais essenciais, sobretudo com o ferro, o zinco e o cobre (SPEARS, 1984).

Dentro das células, o Ni é capaz de alterar as propriedades da membrana e influenciar os sistemas de oxidação/redução. Apresenta grande afinidade por estruturas celulares como cromossomos e canais iônicos, mas quando está

presente em concentrações normais nos tecidos, sua influência sobre essas estruturas ainda não é conhecida.

Em ruminantes, o Ni apresenta especial interesse no processo de reciclagem de nitrogênio via saliva, já que foi observada sua atuação estimulando a atividade ureática no rúmen (SPEARS & HATFIELD, 1978; OSCAR et al., 1987; MILNE et al., 1990) e foi demonstrado ser essencial para a ação da urease bacteriana ruminal (SPEARS & HATFIELD, 1978).

Ainda para ruminantes, o Ni tem sido avaliado como componente da coenzima F₄₃₀ - coenzima envolvida na reação final da metanogênese (OSCAR & SPEARS, 1990), pela sua capacidade de alterar as proporções de ácidos formados na fermentação ruminal (SPEARS et al., 1977; OSCAR & SPEARS, 1988) e pelo efeito de sua suplementação sobre a digestibilidade de componentes da dieta (PAULA, 2000). Em relação à sua eliminação, a maior parte do Ni consumido é excretada nas fezes, com menores quantidades aparecendo na urina e no suor. O alto conteúdo de Ni no suor aponta para uma secreção ativa deste mineral pelas glândulas sudoríparas. Apesar de os dados com ruminantes serem escassos, foi relatado que, em novilhos, a excreção através das fezes é mais de 20 vezes superior à da urina, quando em dieta sem suplementação. Quando suplementados com níveis de 62,5, 250 e 1000 ppm de carbonato de Ni, estes mesmos animais apresentaram excreções via urina, correspondendo apenas a 2,7%, 1,9% e 4,3%, respectivamente, da excreção total de Ni (UNDERWOOD, 1977).

Os requerimentos de Ni para ruminantes parecem ser mais altos que para outras espécies. Baseando-se nos estudos onde esse mineral tem sido suplementado em dietas comerciais, estimam-se suas necessidades para ruminantes jovens em crescimento em 1 ppm SPEARS (1984). Contudo, tem sido sugerido que os requerimentos de Ni para ruminantes podem ser inferiores a 500 ppb (MCDOWELL, 1992), mas a eficácia desse baixo consumo pode depender da biodisponibilidade desse elemento nos alimentos. Segundo SPEARS (1984), a biodisponibilidade do Ni no intestino de ruminantes pode ser alterada por sua incorporação na urease microbiana, ou em outros componentes dos microrganismos. Desta maneira, ainda são necessárias informações mais precisas sobre os níveis de consumo, ou de exposição a esse mineral que sejam adequados e seguros, além do estabelecimento exato dos fatores que afetam a necessidade e a tolerância ao Ni.

Em ruminantes, sob condições práticas de alimentação, é improvável que a deficiência em Ni seja observada, devido ao seu baixo requerimento e às concentrações relativamente altas nas forrageiras (UNDERWOOD, 1981). Em situações experimentais, essa deficiência é de difícil indução, também por causa do baixo requerimento e porque o Ni é provido por uma grande variedade de fontes. Contudo, em estudos com diferentes animais submetidos a dietas purificadas, baixas em Ni, tem sido notada depressão na taxa de crescimento. Em caprinos, além deste quadro, ANKE et al. (1990), citado por MCDOWELL (1992), relataram redução na produção de leite, lesões na pele e no esqueleto, aumento na taxa de aborto e menor peso e testículos nos animais em deficiência. Essa deficiência também foi relacionada ao crescimento anormal de ossos, pobre

absorção de ferro e alterações nos metabolismos de cálcio, da vitamina B-12 e de nutrientes energéticos.

Os alimentos ricos em amido e açúcar são, geralmente, baixos em Ni, enquanto as leguminosas são mais ricas neste mineral (ANKER et al., 1985). Avaliações de O'DELL et al. (1971), citados por MCDOWELL (1992), indicaram concentrações de Ni em alimentos normalmente fornecidos para animais, variando de 0,4 ppm no milho a 3,6 ppm no farelo de soja. Em forrageiras, o conteúdo de Ni decresce com a idade da planta e, de acordo com UNDERWOOD (1977), os conteúdos de Ni em espécies comumente utilizadas para pastagens variam de 0,5 a 3,5 ppm.

Na suplementação de ruminantes, utiliza-se, geralmente, o cloreto de Ni, ou o carbonato de Ni. Para bovinos, foi notada depressão linear na palatabilidade dos alimentos com aumento da suplementação com esses compostos, sendo o cloreto de Ni mais potente em reduzir esta palatabilidade.

Os efeitos da suplementação com Ni sobre o desempenho dos ruminantes apresentam grande variação entre diferentes estudos, fato que aparentemente pode ser atribuído à desuniformidade das condições experimentais. SPEARS & HATFIELD (1978), trabalhando com grupo de ovelhas com dieta basal, contendo 0,32 ppm de Ni e outro suplementado com cloreto de Ni, observaram tendência de maiores consumo e ganho em peso para os animais suplementados. JÁ SPEARS et al. (1979), em estudo com carneiros, consumindo ração contendo 0,45 ppm de Ni, ou a mesma dieta acrescida de 5 ppm do mineral, encontraram resultados significativamente superiores para ganho em peso nos animais suplementados, sem aumento significativo no consumo. Todavia, OSCAR et al. (1987), em experimento com novilhos em terminação, não notaram efeito positivo no desempenho dos animais suplementados com 5 mg de Ni. Também OSCAR & SPEARS (1988), estudando novilhos, não observaram diferenças no ganho em peso entre o grupo controle e o grupo tratado com 5 ppm de Ni, para todo o período do ensaio. Apesar da falta de homogeneidade nos resultados apresentados pela suplementação e escassez de relatos sobre a deficiência, levando-se em consideração a importância desse mineral no processo de reciclagem de nitrogênio, para PAULA (2000), existem situações especiais em que o Ni suplementar pode melhorar a performance dos animais, especialmente nos casos de dietas pobres em proteína e baixos teores de Ni, como nas condições de grande parte de bovinos de corte, criados a pasto, no Brasil.

Os dados sobre a toxicidade do Ni mostram ampla variação nas quantidades que produzem os efeitos adversos, sendo a toxidez desse mineral afetada pela forma química do elemento, espécie, idade e estágio reprodutivo do animal, duração da administração e pelo conteúdo de outros nutrientes na dieta (NUNES, 1998). Segundo UNDERWOOD (1977), em experimento com vacas de leite, recebendo de 50 a 250 ppm de carbonato de Ni, não foram observadas alterações na saúde dos animais, no consumo de alimento, na produção e na composição do leite. Também a suplementação de bezerros leiteiros com carbonato de Ni em níveis variando de 62,5 a 250 ppm não foi capaz de promover alterações. Mas quando esses animais consumiram dieta com 1000 ppm do suplemento, houve depressão no consumo e redução significativa na retenção de nitrogênio.

Por outro lado, de acordo com McDOWELL (1992), o Ni presente em tecidos vegetais pode ser tóxico em concentrações variando de 40 a 60 ppm, sendo que as altas concentrações desse mineral podem ocorrer, porque em solos com baixo pH, os compostos insolúveis, contendo Ni normalmente tornam-se solúveis, o que causa o acúmulo desse elemento nas plantas. Segundo ANKE et al. (1985), animais expostos à poluição com Ni podem apresentar distúrbios nos metabolismos de magnésio e zinco, resultando em uma deficiência secundária de zinco e sinais de paraqueratose. Ainda, o excesso de Ni nos tecidos favorece a oxidação, o que é danoso para cromossomos e para outros componentes celulares, podendo alterar a atividade de enzimas e de hormônios, a movimentação de íons através das membranas e a função imunológica. Esses efeitos podem promover modificações na resposta ao estresse, na taxa de crescimento, no desenvolvimento dos ossos e na resistência às infecções.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Absorção do fósforo pelo animal

O teor de fósforo em determinado ingrediente, por si só, não é suficiente para dizer se esse produto pode ser usado como fonte de fósforo para o animal.. Há necessidade de determinar a biodisponibilidade ou a absorção real desse fósforo, o que nada mais é, do que saber se esse fósforo será absorvido e aproveitado pelo animal. Esses estudos são muito complexos porque requerem a utilização de radio-isótopos, Os resultados finais de todas as pesquisas em bovinos e ovinos, que utilizaram a técnica de diluição isotópica, mostraram que o fósforo do superfosfato triplo foi tão bem absorvido e tão bem aproveitado pelo boi, quanto o fósforo do fosfato bicálcico.

Flúor

Está amplamente comprovado que o teor de flúor nas rochas fosfáticas brasileiras é muito inferior aos encontrados nas rochas fosfáticas estrangeiras, devido à origem das rochas. A origem ígnea das rochas fosfáticas nacionais contrasta com a origem sedimentar das rochas de outros países. A vantagem proveniente do baixo teor de flúor na rocha fosfática brasileira reflete-se nos produtos dela derivados, como por exemplo o superfosfato triplo produzido a partir da rocha de Tapira, que apresenta um teor médio de 0,45% de flúor na matéria seca (LOPES et al., 1994b).

Em pesquisas que envolveram toda a vida produtiva de bovinos, foram efetuados exames clínicos e biópsias periódicas de ossos (12^a costela) dos animais que receberam sal mineral com superfosfato triplo, para determinação do flúor. Convém salientar que cerca de 99% do flúor ingerido pelo animal concentra-se nos ossos. Os resultados das análises mostraram que os níveis de flúor nos ossos desses animais, permaneceram dentro dos limites considerados normais, em todas as oportunidades, não tendo sido observada nenhuma anormalidade clínica nos animais, no decorrer de toda a sua vida produtiva..

Metais pesados

Análises de metais pesados e flúor em várias amostras de superfosfato triplo produzidas a partir de rochas fosfáticas brasileiras, e do fosfato bicálcico, realizadas nos melhores laboratórios do Brasil permitiram concluir que os teores de metais pesados do superfosfato triplo são muito baixos e semelhantes aos níveis encontrados no fosfato bicálcico, não oferecendo riscos para a saúde humana e animal, de acordo com os padrões internacionais.

Experimentos de longo prazo, em que animais receberam sal mineral com superfosfato triplo ou com fosfato bicálcico, durante toda a sua vida produtiva, ou seja, desde a concepção até ao abate, comprovaram que os teores de metais pesados, arsênio, cádmio, chumbo e mercúrio, em nenhuma das amostras de carne e vísceras provenientes dos animais alimentados com ambas fontes de fósforo ultrapassaram os limites críticos de tolerância, internacionalmente aceitos para esses elementos. Todos os trabalhos conduzidos pela Embrapa Cerrados, comprovaram que a utilização do fertilizante superfosfato triplo, produzido a partir de rocha brasileira, não acarreta nenhum risco para a saúde humana e animal.

Desempenho animal e custo

Várias ações de pesquisa e validação para bovinos criados a pasto, desde a concepção ou a desmama, até ao abate, evidenciaram que os resultados de ganho de peso, fertilidade, rendimentos ao abate e produtividade, apresentados por animais recebendo sal mineral contendo superfosfato triplo foram equivalentes aos resultados obtidos pelos animais que receberam sal mineral com fosfato bicálcico, nas mesmas condições de pastagem e manejo. Apenas as relações de custo/benefício são mais favoráveis, quando se usa o superfosfato triplo como fonte de fósforo, pelo fato de a unidade de fósforo disponível ter menor custo, quando se usa essa fonte.

Cromo

O fato de uma publicação com reputação incontestável no meio científico, como o NATIONAL RESEARCH CONCIL (1996), não julgar necessário propor um nível de requerimento para o cromo, mas citar um nível de toxidez, deveria merecer mais reflexão por parte dos técnicos responsáveis pela elaboração de alguns suplementos minerais no Brasil. Até o momento, não existe evidência científica conclusiva que suporte a inclusão do cromo em suplementos minerais para ruminantes. Os estudos abordados nesse trabalho, revelaram que as respostas dos animais à suplementação com esse mineral, são inconsistentes e discrepantes, não permitindo concluir sequer que haja a necessidade de suplementar com esse elemento..

A inclusão do cromo em suplementos tipo “creep feeding” para animais jovens e em sais proteinados, pode apresentar um potencial de risco que deveria ser melhor avaliado. Existe a possibilidade de que a maior susceptibilidade de animais jovens à intoxicação pelo cromo possa ser potencializada pela elevação do consumo animal, usualmente observada, quando se utilizam essas modalidades de suplementação.

NÍQUEL

Existem algumas evidências experimentais recentes, que sugerem a possibilidade que a suplementação do níquel poderia ser benéfica em certas situações especiais, devido ao papel fundamental que exerce na ação da urease. Esse parece ser o caso da suplementação de bovinos a pasto na época seca, particularmente na região do Brasil Central. De modo geral, a suplementação é realizada através das chamadas "mistura múltipla ou sal proteinado", que além da uréia, contêm fontes naturais de energia e proteína e minerais. Contudo, existem necessidades de pesquisas adicionais, a fim de elucidar essa questão, já que ainda não existem subsídios técnico-científicos conclusivos que possibilitem a incorporação de níquel a esses suplementos. A exemplo do cromo, o NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996), também não recomenda a suplementação do níquel para bovinos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. Technical Committee on responses to nutrients: a reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle. **Nutrition Abstracts and Reviews. Series B: Livestock Feeds and Feeding**, v.61, n.9, p.573-612, 1991.

ANKE, M.; GROPPPEL, B.; ANGELOW, L., GLEI, M., MÜLLER, M., ILLING, H., SZILÁGYI, M. Essential and toxic elements in foods 1. Nickel. **Állattenyésztés és Takarmányozás**, v.44, n.5, p.437-452, 1995. Abstract

ARTHINGTON, J.D.; CORAH, L.R.; MINTON, J.E., ELSASSER, T.H., BLECHA, F. Supplemental dietary chromium does not influence ACTH, cortisol, or immune response in young calves inoculated with bovine herpesvirus-1. **Journal of Animal Science**, v.75, n.1, p.217-223, 1997.

BALLIO, L.A.C. **Distribuição de microelementos e metais pesados nas rochas fosfáticas nacionais**. [S.l.]: Instituto Brasileiro do Fósforo, 1986. 10p.

BORGS, P.; MALLARD, B.A. Immune-endocrine interactions in agricultural species: chromium and its effect on health and performance. **Domestic Animal Endocrinology**, v.15, n.5, p.431-438, 1998.

BURTON, J.L. Supplemental chromium: its benefits to the bovine immune system. **Animal Feed Science and Technology**, v.53, n.2, p.117-133, 1995.

CARDOSO, J.L.A. Produção, processamento e perspectivas do fósforo na alimentação animal. In: MINI-SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL., 6., 1991, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1991. p. 35-52.

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 24/8/1994.

DEPEW, C.L.; BUNTING, L.D.; FERNANDEZ, J.M., THOMPSON Jr., D.L., ADKINSON, R.W. Performance and metabolic responses of young dairy calves fed diets supplemented with chromium tripicolinate. **Journal of Dairy Science**, v.81, n.11, p.2916-2923, 1998

DEPEW, C.L.; BUNTING, L.D.; FERNANDEZ, J.M. et al. Performance and metabolic responses of young calves fed diets supplemented with chromium tripicolinate. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.81, n.11, p.2916-2923, 1998
BRASIL. Ministério da Agricultura, Abastecimento e Reforma Agrária. Departamento Nacional de Defesa Animal. **Programa Nacional de Controle de Resíduos Biológicos em Carnes-PCRBC**. Brasília, 1991. 76p.

EMBRAPA (Brasília, DF). **Uso de fontes alternativas de fósforo na nutrição de bovinos: resultados, conclusões e recomendações**. [Brasília, 1994]. 16p. Parecer técnico-científico encaminhado ao Sr. Ministro da Agricultura Synval Guazzelli em 26/04/1994.

FRANCO, M. Reacesa a polêmica dos fosfatos. **DBO Rural**, São Paulo, ano 19, n.233, p.78-90, mar. 2000.

KEGLEY, E.B.; SPEARS, J.W.; BROWN Jr., T.T. Effect of shipping and chromium supplementation on performance, immune response, and disease resistance of steers. **Journal of Animal Science**, v.75, n.7, p.1956-1964, 1997a.

KEGLEY, E.B.; SPEARS, J.W.; BROWN Jr., T.T. Immune response and disease resistance of calves fed chromium nicotinic acid complex or chromium chloride. **Journal of Dairy Science**, v.79, n.7, p.1278-1283, 1996.

KEGLEY, E.B.; SPEARS, J.W.; EISEMANN, J.H. Performance and glucose metabolism in calves fed a chromium-nicotinic acid complex or chromium chloride. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.8, p.1744-1750, 1997b.

LOBO, M.G.; SILVA, R.M. Produção de fertilizantes fosfatados. In: SIMPOSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília.. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1984. p.73-102.

LOPES, H.O.S.; VITTI, D.M.S.S.; PEREIRA, E.A.; ABDALLA, A.L.; MORAES, E.A.; SILVA FILHO, J.C.; FICHTNER, S.S. Disponibilidade biológica do fósforo de fosfatos naturais para bovinos pela técnica de diluição isotópica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, p.421-425, 1990

LOPES, H.O.S.; PEREIRA, E.A.; AGUIAR, A.F.; ABDALLA, A.L. Superfosfato triplo como fonte de fósforo suplementar para novilhos de corte em recria. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: SBZ, 1990. p.30

LOPES, H.O.S.; PEREIRA, E.A.; PEREIRA, G.; STRINGHINI, J.H.; SOARES, W.V.; WECHSLER, F.S. Monoamônio fosfato e superfosfato triplo como fontes alternativas de fósforo para bovinos criados a pasto da desmama ao abate. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992a. p.172

LOPES, H.O.S.; PEREIRA, E.A.; RIBEIRO, H.M.; SOARES, W.V.; PEREIRA, G.; STRIGHINI, J.H.; FICHTNER, S.S. Fosfato de rocha de Catalão e superfosfato triplo como fontes de fósforo suplementar para bovinos em confinamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992b. p.196

LOPES, H.O.S.; PEREIRA, E.A.; SOARES, W.V.; PEREIRA, G., MARTINHÃO, D.G.; ABDALLA, A.L.; VITTI, D.M.S.S. Avaliação do superfosfato triplo e do monoamônio fosfato como fontes alternativas de fósforo na suplementação mineral de bovinos. In: EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). **Relatório Técnico Animal do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1987/1990**. Planaltina, 1994a. p.331-335

LOPES, H.O.S.; PEREIRA, E.A.; SOARES, W.V.; PEREIRA G.; FICHTNER, S.S.; VITTI, D.M.S.S.; ABDALLA, A.L. **Superfosfato triplo como fonte alternativa de fósforo no sal mineral de gado de corte**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1994b. 4p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 69)

LOPES, H.O.S.; PEREIRA, E.A.; SOARES, W.V.; PEREIRA, G.; COSTA, M.F. da; SANCHES, R.L.; AQUINO, D.K.; ABDALLA, A.L.; VITTI, D.M.S.S.; GOMES, A.C. Metais pesados e flúor em tecidos de bovinos recebendo superfosfato triplo. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados: anais / Biodiversity and sustainable production of food and fibers in the tropical savannas: proceedings**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. p.479-483.

LOPES, H.O.S.; PEREIRA, G.; PEREIRA, E.A.; SOARES, W. V.; DA COSTA, M.F.V.; SANCHES, R.L. Avaliação dos níveis de metais pesados e do flúor em amostras de fosfato bicálcico e superfosfato triplo para alimentação animal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora; SBZ, 1997. P 462

LOPES, H.O.S. **Suplementação de baixo custo para bovinos: mineral e alimentar**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1998. 107p. Colaboração de E.A. PEREIRA, I.J. NUNES, F.M.O. BORGES, W.V. SOARES, PEREIRA, G.

LOPES, H.O.S.; PEREIRA, L.G.R.; PEREIRA, E.A.; SOARES, W.V.; PEREIRA, G.; COSTA, M.F.V.; SANCHES, R.L.; GONÇALVES, L.C. Avaliação dos níveis de flúor, metais pesados e outros minerais em tecidos de bovinos que receberam superfosfato triplo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA., 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. CD ROM.

LOPES, H.O.S., OLIVEIRA, A.L, Efeccts of the ttriple superphosphate supplementation on growth permance, carcass yeld, heavy, metals ,and fluorine levels in beef cattle on pasture. 46th International Congress of Meat Science and Tecnology. Argentina, **Congress Proceodings**, v (1), 2000. P.180-181.

McDOWELL, L.R. **Mineral in animal and human nutrition**. San Diego: Academic Press, 1992. 524p. McDOWELL, L.R. *Mineral in animal and human nutrition*. San Diego: Academic Press, 1992. 524p.

Mc.DOWELL, L.R. Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais: enfatizando o Brasil. University of Florida, Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences, 1999. 92p.

MILNE, J.S.; WHITELOW, F.G.; PRICE, J.; SHAND, W.J. The effect of supplementary nickel on urea metabolism in sheep given a low protein diet. **Animal Production**, v.50, part 3, p.507-512, 1990.

MOWAT, D.N.; CHANG, X.; YANG, W.Z. Chelated chromium for stressed feeder calves. **Canadian Journal of Animal Science**, v.73, n.1, p.49-55, 1993.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Fluorosis. Washington, DC. **Effects of fluorosis in animals**. Washington, National academy of Sciences, 1974. 70p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Mineral Toxicity in Animals. Washington, DC. **Mineral Tolerance of Domestic Animals**. Washington, National academy of Sciences, 1980. 577p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Animal Nutrition. Washington, DC. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. Washington, National academy of Sciences, 1996. 242p.

NICODEMO, M.L.F. **Efeito de diferentes fontes de fósforo na suplementação mineral de novilhas azebuadas em pastejo**. Belo Horizonte: UFMG, 1988. 162p. Tese Mestrado.

NUNES, I.J. **Nutrição animal básica**. 2.ed. Belo Horizonte: FEP-MVZ Editora, 1998. 388p.

NUNES, I.J. **Cálculo e avaliação de rações e suplementos**. Belo Horizonte: FEP-MVZ Ed., 1998. 185p.

OSCAR, T.P.; SPEARS, J.W. Incorporation of nickel into ruminal factor F₄₃₀ as affected by monensin and formate. **Journal of Animal Science**, v.68, n.5, p.1400-1404, 1990.

OLIVEIRA, A.L.; LOPES, H.O.S.; PEREIRA, E.A.; SOARES, W.V.; PEREIRA, J.H. Avaliação de diferentes fontes de fósforo sobre os rendimentos ao abate e níveis de metais pesados em bovinos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA., 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. CD ROM.

OSCAR, T.P.; SPEARS, J.W. Incorporation of nickel into ruminal factor F₄₃₀ as affected by monensin and formate. **Journal of Animal Science**, v.68, n.5, p.1400-1404, 1990.

OSCAR, T.P.; SPEARS, J.W.; SHIH, J.C.H. Performance, methanogenesis and nitrogen metabolism of finishing steers fed monensin and nickel. **Journal of Animal Science**, v.64, n.3, p.887-896, 1987.

OSCAR, T.P.; SPEARS, J.W. Nickel-induced alterations of in vitro and in vivo ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.66, n.9, p.2313-2324, 1988.

PAULA, O.J. **Efeito do níquel sobre o consumo e a digestibilidade aparente do feno de Brachiaria brizantha cv. Marandu e o fluxo duodenal de nitrogênio microbiano em ovinos submetidos a dietas com dois níveis protéicos.** Belo Horizonte: UFMG, 2000. 47p. Dissertação Mestrado.

PILATI, C.; ROSA, I.V.; DAYRELL, M.S.; DOBEREINER, J.; DAMMRICH, K. Estudos histológico-morfométricos e microrradiográficos de costela de bovinos suplementados com fosfato de rocha de Tapira. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.17, p.96-104, 1997.

ROSA, I.V. Emprego de fontes de fósforo de diferentes solubilidades para bovinos. In: MINI-SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL., 6., 1991, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1991. p.35-52.

SALVIANO, L.M.C. **Efeito de diferentes proporções de cálcio e fósforo sobre as perdas endógenas e absorção real de fósforo em ovinos.** Piracicaba: USP-CENA, 1996. 83p. Tese Doutorado.

SANO, H.; KATO, Y.; TAKEBAYASHI, A.; SHIGA, A. Effects of supplemental chromium and stress on tissue responsiveness and sensitivity to insulin in sheep. **Small Ruminant Research**, v.33, n.3, p.239-246, 1999.

SILVA FILHO, J.C.; LOPES, H.O.S.; PEREIRA, E.A.; VITTI, D.M.S.S.; ABDALLA, A.L. Absorção real do fósforo do fosfato bicálcico, fosfato monoamônio, superfosfato triplo e do fosfato de uréia em bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.1, p.1-6, 1992.

SOUSA, P.H. Mudança na lei para alimentação bovina cria polêmica. **Gazeta Mercantil**, Sao Paulo, p.B-24., 28 abr. 2000.

SPEARS, J.W.; HATFIELD, E.E.; FORBES, R.M. Nickel for ruminants II. Influence of dietary nickel on performance and metabolic parameters. **Journal of Animal Science**, v.48, n.3, p.649-657, 1979.

SPEARS, J.W.; HATFIELD, E.E. Nickel for ruminants I. Influence of dietary nickel on ruminant urease activity. **Journal of Animal Science**; v.47, n.6, p.1345-1350, 1978.

SPEARS, J.W. Nickel as a "newer trace element" in the nutrition of domestic animals. **Journal of Animal Science**, v.59, n.3, p.823-835, 1984.

SPEARS, J.W.; SMITH, C.J.; HATFIELD, E.E. Rumen bacterial urease requirement for nickel. **Journal of Dairy Science**, v.60, n.1, p.1073-1076, 1977.

.SANO, H.; KATO, Y.; TAKEBAYASHI, A.; SHIGA, A. Effects of supplemental chromium and stress on tissue responsiveness and sensitivity to insulin in sheep. **Small Ruminant Research**, 33, n.3, p.239-246, 1999.

SUBIYATNO, A.; MOWAT, D.N.; YANG, W.Z. Metabolite and hormonal responses to glucose or propionate infusions in periparturient dairy cows supplemented with chromium. **Journal of Dairy Science**, v.79, n.8, p.1436-1445, 1996.

UNDERWOOD, E.J. **Trace elements in human and animal nutrition**. 4.ed. New York: Academic Press, 1977. 545p.

UNDERWOOD, E.J. **The mineral nutrition of livestock**. 2ed. London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1981. 179p.

VÁSQUEZ, E.F.A. **Efeitos da suplementação com levedura de cromo sobre os parâmetros reprodutivos de vacas zebu primíparas mantidas a pasto**. Belo Horizonte: UFMG, 1999. 53p. Dissertação Mestrado.

VILLALOBOS, J.A.F.; ROMERO, C.R.; TARRAGÓ, M.R.C.; ROSADO, A. Supplementation with chromium picolinate reduces the incidence of placental retention in dairy cows. **Canadian Journal of Animal Science**, v.77, n.2, p.329-330, 1997.

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 de diluição isotópica**. São Paulo: USP - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 1989. 83p. tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear).

VITTI, D.M.S.S.; ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C. Fontes alternativas de fósforo para ruminantes: absorção real e disponibilidade biológica. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**., v.41, n.6, p.503 - 510, 1989b.

VITTI, D.M.S.S.; ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C. Avaliação da disponibilidade biológica do fósforo do fosfato bicálcico e de fosfato bicálcico e de fosfatos de rocha para ovinos com uso do radiofósforo (^{32}P) como traçador. **Pesquisa. Agropecuária Brasileira**, v.26, n.8, p.1113-1118, 1991

VITTI, D.M.S.S.; ABDALLA, A.L.; MEIRELLES, C.F.; SILVA FILHO, J.C.; LOUVANDINI, H. Absorção real do fósforo de diferentes fontes para ovinos através do uso de radiofósforo (P-^{32}). **Pesquisa. Agropecuária Brasileira**, v.27, n.10, p.1405-1408, 1992.

VITTI, D.M.S.S.; ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; MEIRELLES, C.F. Absorção real do fósforo de fontes não convencionais para ovinos. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**., v.47, n.3, p.385 - 395, 1995.

YANG, W.Z.; MOWAT, D.N.; SUBIYATNO, A.; LIPTRAP, R. Effects of chromium supplementation on early lactation performance of Holstein cows. **Canadian Journal of Animal Science**, v.76, n.2, p.221-230, 1996.

ZANETTI, M.A.; SALLES, M.S.V.; BRISOLA, M.A.L.; CESÁR, M.C.; SCHALCH, E. Desempenho e Resposta metabólica de bezerros recebendo dieta suplementada com cromo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA., 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. CD ROM.