

Fontes Alternativas de Fósforo para a Redução de Custos do Sal Mineral Para Bovinos





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1517-5111

Dezembro, 2001

Documentos 45

Fontes Alternativas de Fósforo para a Redução de Custos do Sal Mineral para Bovinos

Henrique Otávio da Silva Lopes

Planaltina, DF
2001

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73301-970 Planaltina - DF

Fone: (61) 388-9898

Fax: (61) 388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Ronaldo Pereira de Andrade*

Secretária-Executiva: *Nilda Maria da Cunha Sette*

Membros: *Maria Alice Bianchi, Leide Rovênia Miranda de Andrade,*

Carlos Roberto Spehar, José Luiz Fernandes Zoby

Supervisão editorial: *Nilda Maria da Cunha Sette*

Revisão de texto: *Maria Helena Gonçalves Teixeira /*

Jaime Arbués Carneiro

Normalização bibliográfica: *Maria Alice Bianchi /*

Rosângela Lacerda de Castro

Capa: *Chaile Cherne Soares Evangelista*

Editoração eletrônica: *Leila Sandra Gomes Alencar*

1ª edição

1ª impressão (2001): tiragem 300 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.

Embrapa Cerrados.

L864f Lopes, Henrique Otávio da Silva.

Fontes alternativas de fósforo para a redução de custos do sal mineral para bovinos / Henrique Otávio da Silva Lopes. – Planaltina : Embrapa Cerrados, 2001.

44 p.— (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; 45)

1. Bovino - nutrição. 2. Bovino - suplemento alimentar. I. Título. II. Série.

636.08527 - CDD 21

© Embrapa 2001

Autores

Henrique Otávio da Silva Lopes
Quím., Ph.D., Embrapa Cerrados,
henrique@cpac.embrapa.br

Sumário

Introdução	7
Fontes Alternativas de Fósforo Suplementar	8
Antecedentes e Justificativa da Pesquisa	10
Absorção Real do Fósforo de Fontes Tradicionais e Não-convencionais de Fósforo para Ruminantes	11
Resultados de Experimentos Referentes ao Emprego de Fontes Não-convencionais de Fósforo na Alimentação de Bovinos	14
Conclusões	37
Absorção real do fósforo pelo animal	37
Flúor	38
Metais pesados	38
Desempenho animal e custo	38
Referências Bibliográficas	39

Fontes Alternativas de Fósforo para a Redução de Custos do Sal Mineral para Bovinos

Henrique Otávio da Silva Lopes

Introdução

No Brasil, a fonte de fósforo utilizada para suplemento mineral 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.

No grupo dos nutrientes minerais, o fósforo destaca-se por vários motivos: número e importância das funções que desempenha no organismo animal; frequência e severidade de suas deficiências nas forrageiras tropicais; alto custo representado; e, sua suplementação aos animais. A grande maioria dos solos e das pastagens brasileiras, mesmo aquelas estabelecidas em solos de melhor fertilidade, é muito pobre 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,b](#)).

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 Cerrados na execução dessas pesquisas, entre 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 então Ministério da Agricultura e do Abastecimento.

Os principais resultados obtidos dessas 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 algumas pesquisas mais recentes nessa área conduzidas pela Embrapa Cerrados, ([Lopes & Tomich, 2001](#)) 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 1984-2001.

A consolidação técnica da utilização de fontes não-convencionais de fósforo suplementar, demonstrada conclusivamente, em vários experimentos, representa grande avanço, pelo potencial, na redução de custos e no aumento da competitividade da pecuária bovina brasileira.

Fontes alternativas de fósforo suplementar

Antes de tudo, é importante caracterizar claramente 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 suplementar, tem tido emprego restrito em nosso meio, principalmente em função de sua composição com qualidades variáveis e sua oferta limitada. Com o advento da chamada doença-da-vaca-louca seu emprego com essa finalidade tende a desaparecer.

O fosfato de rocha ou rocha fosfática é a rocha fosfatada simplesmente moída; 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 e sedimentar.

Nesse ponto, é importante assinalar que tanto o fosfato bicálcico, quanto os fertilizantes fosfatados solúveis, tais como: o superfosfato triplo e o monoamônio fosfato, são fabricados a partir da mesma matéria-prima, ou seja, da 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 produz-se 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](#)).

Várias exigências devem ser atendidas antes que uma fonte de fósforo possa ser recomendada para o uso na nutrição animal, dentre as quais se destacam: sua concentração de fósforo; a determinação da absorção real (ou biodisponibilidade); a capacidade de essa fonte em suprir os requisitos do fósforo de animais de diferentes categorias e estádios fisiológicos; a ausência de efeitos tóxicos para o animal; segurança alimentar para os consumidores da carne ou subprodutos de origem animal; e, relações benefício/custo satisfatórias ([Lopes & Nunes, 2001](#)). 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 & Silva, 1984](#); [Ballio, 1986](#); [Cardoso, 1991](#); [Embrapa, 1994](#)). O mesmo fato também se reflete nos produtos dela derivados.

Na [Tabela 1](#), apresenta-se a composição química de fósforo, cálcio e flúor de algumas fontes tradicionais e não-convencionais de fósforo suplementar.

Tabela 1. Concentrações 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).

Antecedentes e justificativa da pesquisa

Em 1984, a Embrapa firmou convênio com a Petrofértil que, na 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 quanto para a alimentação animal.

No início dos anos 90, já no Governo Collor, o Sistema Petrofértil foi privatizado, e as principais minas de fosfato e as fábricas de ácido fosfórico e de adubos fosfatados passaram para a iniciativa privada. Diante disso, firmou-se novo convênio desta vez com a PETROBRAS que teve como objetivo principal a pesquisa e a difusão de novas modalidades de utilização da uréia como fertilizante e como 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 se firmou o convênio em novas bases com a PETROBRAS.

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 que perdura até os dias de hoje. 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, citado por [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 Souza (2000) de que, no Brasil, o "Mercado de suplementos minerais movimentou US\$ 1,3 bilhão."

No que tange à rocha fosfática, pouco tempo depois da 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. Atualmente, já não existe mais oferta de rocha fosfática *in natura* brasileira e tudo indica que esse quadro não deve sofrer alterações em curto prazo.

Não cabe neste 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.

Absorção real do fósforo de fontes tradicionais e não-convencionais de fósforo para ruminantes

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 conhecer-se, também, a absorção real ou a biodisponibilidade daquele mineral na fonte para a espécie animal a ser suplementada. A absorção real ou 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%. 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.

Embora existam vários métodos para a determinação da disponibilidade biológica do fósforo, 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 técnica para medir a absorção real do fósforo e indispensável para fornecer subsídios para o cálculo dos requisitos nutricionais desse mineral (ARC, 1980; Agric. Food Research Council, 1991; NRC, 1996; Nunes, 1998; [Lopes & Tomich, 2001](#)).

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 só pode ser feita utilizando-se a técnica de diluição isotópica que é descrita com detalhes por [Vitti \(1989a\)](#); [Salviano \(1996\)](#).

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, serão apresentados neste trabalho. Vários destes estudos que foram realizados em parceria com a Embrapa Cerrados. Com base nesses estudos pôde-se 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 (digestibilidade verdadeira) e a disponibilidade relativa do fósforo dos fosfatos supertríplo (SPT), monoamônio (MAP), parcialmente acidulado (FPA) e TAPIRA (FT)) 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 FT.

[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 (FB), monoamônio fosfato (MAP), fosfato supertríplo (SPT), fosfato acidulado (FA), farinha de ossos (FO), fosfato de rocha de Tapira (FT) e fosfato de rocha de Patos (FP). Os coeficientes de absorção real calculados foram: 0,62 (FB), 0,67 (FO), 0,59 (MAP), 0,42 (FA), 0,43 (FP), 0,44 (FT) e 0,70 (SPT). 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 (FU), produzidos da 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 FB, $65,13 \pm 8,44\%$ para o SPT, $62,25 \pm 6,10\%$ para o FU e $58,38 \pm 5,35\%$ para o MAP. Considerando o valor de 100% para a disponibilidade biológica do FB 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 FO 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 sangüíneo e no rúmen e mensuradas a incorporação de ^{32}P pelos microrganismos 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.

Resultados de experimentos referentes ao emprego de fontes não-convencionais de fósforo na alimentação de bovinos

A questão do flúor não será abordada com maiores detalhes neste trabalho, tendo em vista que existem excelentes revisões na literatura sobre esse tema ([Estados Unidos, 1974, 1980](#)). Ademais, como já foi mencionado anteriormente, já não existe oferta de nenhuma rocha fosfática brasileira no mercado. Cabe reiterar que essas são as fontes que contêm teores mais elevados de flúor. Entretanto informações mais detalhadas sobre os 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 dos experimentos de campo, nos quais os fosfatos de rocha também fizeram parte dos tratamentos, serão discutidos no decorrer dessa seção.

Os principais resultados obtidos das pesquisas de campo, realizadas no Brasil, com fontes não-convencionais de fósforo, especialmente o superfosfato triplo e o monoamônio fosfato para bovinos serão apresentados a seguir, obedecendo-se, sempre que possível, a ordem cronológica de obtenção deles.

Um dos trabalhos pioneiros com vistas a avaliar a viabilidade da utilização do superfosfato triplo para bovinos foi conduzido por [Lopes et al. \(1990b\)](#). 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. Tobiata, estabelecido em solo depois de 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 da Embrapa Cerrados cuja fonte de fósforo era o superfosfato triplo. Os resultados de desempenho dos animais e da análise financeira são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Performance animal e análise financeira da mistura mineral, contendo superfosfato triplo, comparada com uma mistura comercial para novilhos em recria, em pastagens de capim Tanzânia, na Fazenda Campo Bom (Município de Chapadão do Sul), no período de 29/11/1988 a 18/05/1989 (170 dias).

Parâmetros	Mistura mineral com fosfato 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/170 dias)	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
Renda marginal por animal (US\$)	40,70	47,67

Na Tabela 2 mostrou-se que 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 por 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.

Considerando que bovinos adultos são mais tolerantes aos efeitos do flúor, [Lopes et al. \(1992b\)](#) 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 dieta foi constituída de cana picada (volumoso) mais concentrado durante 84 dias. No

início e no 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 3.

Tabela 3. Performance animal e análise financeira da suplementação mineral com fosfato bicálcico (FB), fosfato de Catalão (FC) e superfosfato triplo (SFT) na Fazenda Santa Felicidade, Município de Corumbá de Goiás-GO, no período de 29/11/1988 a 18/05/1989 (170 dias).

Tratamentos	Nível de fósforo ppm	Ganho médio de peso 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

Pelos resultados mostrados na Tabela 3, observa-se que o fosfato de Catalão e o superfosfato triplo poderiam ser usados na suplementação mineral de bovinos em confinamento e com vantagem econômica desses dois produtos sobre o fosfato bicálcico. Além disso, não foram observados quaisquer sintomas de fluorose e não houve aumento do nível de flúor na décima segunda costela dos bovinos que receberam fosfato de Catalão (2,8% de F) ou supertriplo (0,6% de F).

Em Goiás, Município de Padre Bernardo, na Fazenda Vargem Dourada, [Lopes et al. \(1992a\)](#), conduziram um experimento com o objetivo de estudar o desempenho animal e a viabilidade biológica e econômica do uso de mistura mineral com superfosfato triplo, fosfato monoamônio, fosfato bicálcico e uréia para bovinos. Cento e vinte bezerros recém-desmamados foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em seis piquetes, de 20 hectares cada de *Brachiaria decumbens*. A composição dos tratamentos é apresentada na [Tabela 4](#).

Tabela 4. Composição dos tratamentos utilizados no experimento de fontes alternativas da Fazenda Vargem Dourada, Município de Padre Bernardo-GO.

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 décima segunda costela, de sete animais por tratamento, para análise do flúor. Na Tabela 5 apresentam-se os resultados de performance e o consumo de mistura mineral dos animais experimentais, e, na [Tabela 6](#), a análise financeira do experimento.

Tabela 5. Ganho médio de peso total e diário, consumo de mistura mineral + uréia e teores de flúor nos ossos de animais experimentais, na Fazenda Vargem Dourada (Município de Padre Bernardo-GO) no período de 28/6/1989 a 3/5/1991 (674 dias).

Tratamentos ¹	Ganho médio de peso ²		Consumo médio de mistura	Teor de flúor nos ossos ³
	kg/cab	g/cab/dia	mineral g/cab/dia	(ppm)
Bicálcico ano todo	268,7 ^a	398,7 ^a	78,9	391
Bicálcico ano todo + uréia na seca	260,6 ^a	386,6 ^a	79,0	288
Bicálcico na chuva + uréia na seca	265,4 ^a	393,8 ^a	77,9	332
Bicálcico somente na chuva	236,8 ^b	351,3 ^b	74,4	332
Superfosfato triplo + cálcio	267,1 ^a	396,3 ^a	80,4	1209
Monoamônio fosfato + cálcio	256,9 ^a	381,1 ^a	84,4	1081

¹ Todos os tratamentos contêm sal + microelementos.

² Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença ($P < 0,001$) pelo teste de contrastes ortogonais.

³ Coleta no final do experimento.

Tabela 6. Análise financeira do experimento realizado na Fazenda Vargem Dourada (Município de Padre Bernardo-GO), no período de 28/6/1989 a 3/5/1991 (674 dias).

Parâmetros (US/cabeça)	Bicálcico ano todo ¹	Bicálcico ano todo ¹ + uréia na seca	Bicálcico na chuva ¹ + uréia na seca	Bicálcico na chuva ¹	Supertriplo ano todo ¹	MAP ano todo ¹ + cálcio
Custo do sal mineral	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 total	1,52	1,48	1,53	1,39	1,61	1,50

¹ Todos tratamentos incluem sal + microelementos o ano todo.

² Custo do sal + demais custos fixos e variáveis (US\$ 83,12/cabeça)

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 ([Tabela 5](#)). 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 (tratamentos 5 e 6) e os níveis de flúor permaneceram dentro dos limites normais no final do experimento, citados por [Estados Unidos \(1980\)](#).

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 6), permitiu concluir:

- O superfosfato triplo apresentou-se como a melhor fonte alternativa, em termos da relação receita/custo total mostrando que houve retorno líquido de 61 dólares, em 100 dólares aplicados.
- Praticamente não se observa diferença de receita líquida e da relação receita/custo, entre os tratamentos 1 (bicálcico ano todo) e 3 (bicálcico na chuva com uréia na seca).
- O monoamônio fosfato apresentou resultados financeiros inferiores aos tratamentos 5 (superfosfato triplo), 3 (bicálcico na chuva) e 1 (bicálcico ano todo), sendo ligeiramente inferior ao tratamento 2 (bicálcico ano todo com uréia na seca).

d) 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, (janeiro de 1989 a junho de 1991), na Fazenda Campo Bom, Município de Chapadão do Sul-MS, com o objetivo de estudar os efeitos da suplementação de várias fontes de fósforo (P) na deposição do flúor (F) nos ossos de matrizes Nelore.

Quatrocentas vacas paridas foram divididas ao acaso em quatro grupos de cem animais 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 superfosfato triplo (SFT) como fonte de fósforo (P = 5,16 ± 1,82%; F = 0,12 ± 0,03%); 2. Mistura mineral com 2/3 de SFT + 1/3 de fosfato de Patos, FP (P = 5,43 ± 1,28%; F = 0,47 ± 0,16%); 3. Mistura mineral com 2/3 de SFT + 1/3 fosfato bicálcico (FB) (P = 6,15 ± 2,11%; F = 0,14 ± 0,07%); 4. Mistura mineral com 100% de fosfato bicálcico (P = 5,91 ± 2,18%; F = 0,03 ± 0,01%).

Todas as misturas minerais continham sal comum e microelementos. Os consumos estimados das misturas minerais para os quatro 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 7).

Tabela 7. Teores (média ± desvio-padrão) de fósforo e flúor nos ossos dos animais experimentais na Fazenda Campo Bom (Município de Chapadão do Sul).

Parâmetros	Tratamentos (proporções das fontes de fósforo)			
	100% SFT	2/3 de SFT 1/3 FP	2/3 SFT 1/3 FB	100% FB
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 porcentagem de acúmulo de flúor foi inferior ($P > 0,01$) para os animais do tratamento 4 ($42 \pm 12\%$) do que para os dos tratamentos 1 ($67 \pm 15\%$), tratamento 2 ($70 \pm 6\%$) e tratamento 3 ($64 \pm 8\%$). Apesar disso, os teores de flúor nos ossos encontravam-se dentro dos limites considerados como normais pela literatura para todas as misturas minerais.

Por volta de 1994, surgiram alguns fatos novos que levaram a um redirecionamento nas pesquisas executadas pela Embrapa Cerrados sobre a utilização do superfosfato triplo na suplementação alimentar de bovinos.

Entre esses fatos, podem ser citados o parecer técnico-científico oficial da Embrapa sobre a utilização das fontes alternativas de fósforo na nutrição de bovinos ([Embrapa, 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: "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 havia 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 (FB), duas amostras de superfosfato triplo (SFT) produzidas, no Brasil, da rocha de Tapira e uma amostra de SFT importado. O objetivo daquele trabalho foi o de obter dados técnicos para caracterizar essas fontes alternativas de fósforo, tendo em vista os padrões de segurança alimentar aceitos internacionalmente para a nutrição humana e animal. As amostras foram adquiridas em estabelecimentos comerciais, em embalagens fechadas, três marcas diferentes de fosfato bicálcico, todas registradas para alimentação animal no órgão competente do então Ministério da Agricultura e Abastecimento (amostras 1,2,3), duas marcas diferentes de fertilizante superfosfato triplo produzidos da rocha fosfática brasileira (amostras 5,6) e uma marca de superfosfato triplo importado (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 então Ministério da Agricultura e Abastecimento, em Pedro Leopoldo, MG.

O resultado das análises nas amostras estudadas pode ser visto na Tabela 8.

Tabela 8. Teores de metais pesados (ppm), flúor e fósforo (%) em amostras de fosfato bicálcico (FB) e de superfosfato triplo (SFT).

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

¹ Superfosfato triplo importado.

² ppm.

³ %.

No que se refere aos níveis dos metais pesados (Tabela 8), os resultados do fosfato bicálcico são bastante semelhantes, de modo geral, aos obtidos das 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 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 exceção à regra. Ademais, os teores de Cr, Hg e Pb e do F obtidos do SFT produzido no Brasil (amostras 5 e 6) são consideravelmente inferiores aos encontrados no STP produzido da rocha importada (amostra 4).

Na Tabela 9, tem-se 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 aos padrões estabelecidos por [Estados Unidos \(1980,1996\)](#). A porcentagem 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 9. 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
Arsênio	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

* [Estados Unidos \(1980, 1996\)](#)

Nos dados da Tabela 9 ficou demonstrado que o suposto risco representado pelos metais pesados, contidos no fertilizante superfosfato triplo, produzido de rocha fosfática brasileira (Tapira) 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 de rocha fosfática brasileira (Tapira), permitem sua utilização, sem riscos para a saúde humana e animal, baseados nos padrões estabelecidos por [Estados Unidos \(1980\)](#), como fonte de fósforo suplementar para bovinos.

2. Não se recomenda a utilização de superfosfato triplo produzido 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 (SFT), produzido da rocha fosfática de Tapira, no sal mineral, administrado a bovinos mantidos a pasto, da desmama até o 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 cada e colocados em quatro piquetes de aproximadamente 19 hectares cada, de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Todos os tratamentos continham sal (cloreto de sódio) + microelementos (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 (SFT); (3): 23% FB + 67% SFT e (4): 100% SFT. 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 décima segunda 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 seca e chuvosa, para análise de proteína bruta, digestibilidade *in vitro* (DV), proteína bruta (PB), macrominerais (P, Ca, Mg e K) e de metais pesados (As, Cd, Hg e Pb) e coletadas periodicamente, amostras

dos ingredientes que compunham as misturas experimentais, bem como as misturas prontas para análise de minerais, flúor e de metais pesados.

Depois de 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, do fígado e do rim dos animais abatidos, tendo sido rigorosamente observadas as normas oficiais de coleta, conservação e transporte das amostras, propostas pelo "Programa Nacional de Controle de Resíduos Biológicos em Carnes". As análises dos metais pesados e do flúor foram efetuadas no Laboratório de Referência Animal do então MAPA, e as análises do flúor nos ossos foram feitas pela Seção de Ciências Animais do CENA, localizada em Piracicaba, SP. Todas as outras análises foram efetuadas nos laboratórios da Embrapa Cerrados em Planaltina, DF.

Os 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 10.

Tabela 10. Resultados de análise de flúor (F), cádmio (Cd) e chumbo (Pb) nas fontes de fósforo e 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% SFT)	0,098	ND	3,50
Mistura 3 (33% FB + 67% SFT)	0,116	ND	3,50
Mistura 4 (100% SFT)	0,192	ND	3,50

¹ Limite de detecção = 0,100 mg/kg

² Limite de detecção = 0,200 mg/kg

O nível de flúor nas misturas subiu gradativamente à medida que aumentou a participação do superfosfato triplo (SFT), na mistura (Tabela 10).

Contudo, mesmo o nível de 0,192% de F na mistura 4, cujo fósforo (P), é suprido exclusivamente pelo SFT, 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, no decorrer do experimento em relação aos níveis de tolerância desse elemento, propostos por [Estados Unidos \(1980\)](#). 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 esses considerados como normais ([Estados Unidos, 1980](#)).

Os dados referentes ao desempenho animal encontram-se na Tabela 11.

Tabela 11. Pesos médios, inicial e final, ganho em peso total e diário e rendimento de carcaça, por tratamento, do experimento de fontes alternativas de fósforo suplementar da Fazenda Verde, município de Rondonópolis-MT.

Tratamento ¹	Peso vivo inicial kg/cab.	Peso vivo final kg/cab.	Ganho médio de peso kg/cab/697 dias	Rendimento de carcaça %
100% FB	169,78	495,50	325,7 ^a	50,3 ^b
50% FB + 50% SFT	170,87	506,06	335,18 ^a	51,62 ^a
33% FB + 67% SFT	170,81	508,19	337,37 ^a	50,93 ^a
100% SFT	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 %.

Observando-se a Tabela 11, verifica-se que a substituição total ou parcial do fosfato bicálcico pelo superfosfato triplo como fonte de fósforo, não afetou o ganho em peso e o rendimento de carcaça, o que deve resultar numa relação benefício/custo mais favorável para os tratamentos com superfosfato triplo. Os ganhos médios de peso dos animais desse experimento foram semelhantes aos obtidos em outro trabalho ([Lopes et al., 1994](#)), podendo ser 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.

A adição de 40% de uréia constituiu excelente alternativa de suplementação na época seca, pois proporcionou 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 consumidas pelos animais, notadamente na época seca, estiveram muito abaixo dos requerimentos mínimos dos animais, confirmando resultados de Lopes et al. (1998) de que baixos níveis de proteína representam a deficiência primária das forrageiras na época seca.

De acordo com o Programa de controle de resíduos biológicos (PCRBC), 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 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 à questão do flúor e dos metais pesados, arsênico, chumbo, cádmio e mercúrio.

2. A performance animal e o rendimento de carcaça não foram afetados pela substituição total ou parcial do fosfato bicálcico pelo fertilizante superfosfato triplo produzido 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 como fonte de fósforo, elaborada pela Embrapa Cerrados, para bovinos de corte do Estado do Tocantins, mantidos a pasto, da desmama ao abate. O trabalho foi conduzido em sete fazendas de pecuária de corte localizadas nos Municípios de Porto Nacional, Miracema, Barrolândia, Alvorada e Gurupi. No início do experimento, foram escolhidos dois bezerras(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 única 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, nas estações 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 de minerais das forrageiras, 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 de corte.

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

Aparentemente, a quantidade (70 g/kg) e a disponibilidade biológica de P do SFT 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) processou-se dentro dos padrões normais esperados para animais que receberam 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 (ppm; média e pm) de 0,39 \pm 0,04; 235 \pm 88; 273 \pm 126; 8,5 \pm 1,68 e 158 \pm 123, respectivamente, para o cobalto, cobre, ferro, manganês e zinco.

Esses resultados indicaram que os teores de cobalto, cobre e zinco na mistura mineral foram adequados para suprir o deficit desses elementos na pastagem e

confirmaram 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 arsênio, 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 este trabalho, conclui-se que a mistura mineral preparada conforme a recomendação de pesquisadores da Embrapa Cerrados, contendo superfosfato triplo e fontes de cálcio, enxofre, zinco, cobre, cobalto, 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 da rocha de Tapira, como fonte de fósforo suplementar para bovinos de corte, da desmama o 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 de 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 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 (Tratamento 1) e fosfato bicálcico (Tratamento 2). Os animais foram colocados inicialmente em duas pastagens contíguas de *Brachiaria humidicola*, com aproximadamente 100 ha cada, na Fazenda Santa Rita, localizada no Município de Palmas-TO. Posteriormente, foram utilizados outros piquetes de *Brachiaria humidicola*, com área semelhante.

As vacas foram pesadas no início do experimento e depois, 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 (SFT) 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 décima segunda 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 (SFT) e 2 (FB). 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 análises física e química. Foram também colhidas amostras de solos e de forrageiras representativas dos piquetes, nas estações de seca e chuva para análises 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 análises de minerais, flúor e de metais pesados. O consumo das misturas minerais foi monitorado e o custo dos insumos registrado com o objetivo de colher subsídios para a análise econômica.

Em novembro de 1996, foi iniciada na Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF; outra ação de pesquisa que utilizou metodologia semelhante, variando o número de animais por tratamento (50 em cada), o número de animais submetidos à biópsia de osso (5 por tratamento) e as espécies de forrageiras. Ao longo do experimento, os animais experimentais deslocaram-se entre quatro pastos em que predominava a *Brachiaria decumbens*. O peso médio inicial dos animais no dia 27/11/96 foi de 343,28 e de 359,62 kg, respectivamente, para os tratamentos 1 (STP) e 2 (FB). Os teores médios de flúor, no osso, no início do trabalho, foram de 1169 ppm e 1226 ppm, respectivamente, para os tratamentos 1 (SFT) e 2 (FB).

Os resultados da avaliação de alguns índices que refletem a performance reprodutiva das matrizes, nas ações de pesquisa do Embrapa Cerrados e da Fazenda Santa Rita, podem ser visualizados nas [Tabelas 12](#) e [13](#), respectivamente.

Tabela 12. Resultados parciais da performance reprodutiva de matrizes zebuínas em pastagens de *B. decumbens* suplementadas com fontes alternativas de fósforo na Embrapa Cerrados. Período 1996-1997.

Parâmetros	Superfosfato triplo	Fosfato bicálcico
Peso no início da primeira monta (kg)	343,27	359,6
Condição corporal no início da monta	3,3	3,5
Peso ao final da monta (kg)	427,5	427,0
Condição corporal no final da monta	5,6	5,6
Taxa de prenhez (%)	96,0	87,7
Taxa de natalidade (%)	94,0	85,7
Peso no parto (kg)	430,8	437,0
Condição corporal no parto	4,9	4,7
Peso dos machos ao nascer (kg)	29,0	31,7
Peso das fêmeas ao nascer (kg)	26,5	27,9
Peso no início da segunda monta (kg)	412,7	410,1
Condição corporal no início da monta	4,8	4,8
Peso no final da segunda monta (kg)	448,8	445,1
Condição corporal no final da monta	6,2	5,6
Proporção macho/fêmea (%)	51/49	41/59

Tabela 13. Resultados da performance reprodutiva de matrizes e novilhas em pastagens de *B. humidicola*, suplementadas com fontes alternativas de fósforo na Fazenda Santa Rita, Palmas-TO. Período 1996-1997.

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 dos machos ao nascer (kg)	29,1	28,7
Peso das fêmeas ao nascer (kg)	26,5	27,4
Proporção macho/fêmea (%)	54/46	63/37

Todos os resultados da performance reprodutiva, tanto nas ações de pesquisa do Tocantins quanto na Embrapa Cerrados, foram excelentes e as diferenças entre os tratamentos, insignificantes (Tabelas 12 e 13). A condição corporal das matrizes da Embrapa Cerrados, nos dois tratamentos, foi bastante similar ao longo de todo período de avaliação. Numa escala de um a dez, as matrizes apresentaram o nível nutricional mais baixo no início da primeira monta (MONTA1), em consequência de um número significativo daquelas matrizes

ainda estarem em lactação. Apesar de essa condição corporal ser relativamente baixa, em ambos os tratamentos ([Tabela 12](#)), a taxa de concepção alcançou níveis expressivos quando comparada com as médias da Região do Cerrado, sugerindo que um rebanho bem manejado pode atingir altos índices reprodutivos, apesar da condição corporal abaixo do nível médio. Na Fazenda Santa Rita, não foi avaliada a condição corporal das matrizes. Contudo, vale ressaltar que o peso no início da monta foi bastante semelhante nas duas ações de pesquisa ([Tabela 13](#)). Na Embrapa Cerrados ([Tabela 12](#)) o peso no início da monta (MONTA1) do FB foi superior ao SFT embora no final da monta essa diferença tenha desaparecido. Com pequenas variações ao longo do ano, os animais de ambos os tratamentos entraram na segunda estação de monta (MONTA2) com os pesos praticamente iguais. Na [Tabela 12](#) observa-se que o diagnóstico de gestação das matrizes da Embrapa Cerrados acusou uma taxa de prenhez de 96,0% no Tratamento 1 (Superfosfato triplo) e 87,7% no Tratamento 2 (Fosfato bicálcico). Embora, à primeira vista, essa diferença possa parecer irrelevante, seu significado econômico deve ser levado em consideração, por situar-se nos níveis altos da escala de produtividade. Na Fazenda Santa Rita ([Tabela 13](#)), não houve diferença entre os dois tratamentos nesse parâmetro. Na Embrapa Cerrados, em termos de perdas pré-natais foram contabilizados 4,1% e 2,0% para os SFT e FB, respectivamente. Perdas perinatais somente ocorreram no FB (2,0%). Na Fazenda Santa Rita, a taxa da mortalidade à desmama do FB foi muito superior à observada no SFT ([Tabela 13](#)).

Na Embrapa Cerrados, os partos ocorreram ao final da estação seca e início da estação chuvosa, assim distribuídos: 44,6% em setembro, 36,1% em outubro, 14,8% em novembro e 4,2% em dezembro no SFT ao passo que no FB nasceram 28,5%, 38,7% e 16,3 % nos meses de setembro, outubro e novembro, respectivamente. Enquanto na Embrapa Cerrados o peso dos bezerros ao nascer foi superior no FB, em ambos os tratamentos ([Tabela 12](#)), na Fazenda Santa Rita as diferenças foram muito pequenas ([Tabela 13](#)).

Quanto à proporção dos sexos dos bezerros na Embrapa Cerrados, destaca-se expressiva diferença em favor das fêmeas no FB. Tais diferenças podem ser atribuídas ao acaso, já que à semelhança da rotação das matrizes nos piquetes, os touros eram rotacionados entre os lotes de matrizes. Na Fazenda Santa Rita ocorreu justamente o contrário ([Tabela 12](#)). Na [Tabela 13](#), mostra-se que tanto

os pesos iniciais quanto os finais, à segunda monta, foram bastante superiores à MONTA1, mas similares em ambos os tratamentos. A condição corporal no início da MONTA2 foi bem superior à condição corporal no início da MONTA1, mas similar no final, com pequena vantagem para o SFT. Em função dos índices reprodutivos muito bons já alcançados com os pesos e condição corporal ao longo da MONTA1, esperam-se atingir índices reprodutivos similares como resultado da MONTA2. Aparentemente, em ambas as ações de pesquisa, nenhuma diferença pode ser atribuída ao efeito dos tratamentos, no que se refere aos resultados da performance reprodutiva.

Na Embrapa Cerrados, o consumo médio diário de sal mineral no período de 27/11/96 a 23/01/98 (450 dias) foi relativamente baixo, sendo de 55,8 e 49,2 (g/cab./dia), respectivamente para os tratamentos 1 e 2. Por sua vez, os animais da fazenda Santa Rita, no período de 4/12/96 a 17/02/98 (442 dias), consumiram muito mais sal mineralizado do que os animais da Embrapa Cerrados (89,6 e 91,2 g/cab./dia), respectivamente para os tratamentos 1 e 2. É possível que essa diferença possa ter sido causada pelo fato de as pastagens da Fazenda Santa Rita serem muito inferiores às da Embrapa Cerrados, tanto em termos de valor nutritivo quanto de disponibilidade, ao longo do ano. As pastagens de *Brachiaria humidicola* da Fazenda Santa Rita onde está sendo conduzido o trabalho foram estabelecidas há mais de 12 anos e apresentam sinais acentuados de degradação. Além disso, pelo que se sabe, a área experimental jamais recebeu corretivo e fertilizante. Ademais, na Embrapa Cerrados, as pastagens utilizadas no experimento foram estabelecidas em solos previamente cultivados com culturas anuais (solos corrigidos e adubados).

Observando-se os resultados das análises das forrageiras nos pastos da Fazenda Santa Rita, onde foram mantidas as vacas e, também, das forrageiras estabelecidas na Embrapa Cerrados, nas duas estações do ano, verificam-se níveis deficientes de proteína bruta, fósforo, cálcio, cobre e zinco e, bastante satisfatórias, 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-TO. Oitenta bezerros machos foram divididos em dois tratamentos de 40 animais e suplementados

com a mesma mistura mineral recebida pelas suas mães. Os animais foram colocados em duas pastagens contíguas de aproximadamente 40 hectares cada, de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. Os bezerros foram pesados e rotacionados entre os dois pastos a cada 28 dias.

Foram também coletadas, periodicamente, amostras do 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 arsênio, 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. As forrageiras apresentaram concentrações de cálcio, magnésio, ferro e manganês capazes de suprir as exigências dos animais.

O desempenho dos animais que receberam as duas fontes de fósforo, da desmama até o abate é apresentado na Tabela 14.

Tabela 14. Pesos inicial e final e ganho em peso total de bezerros mantidos em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, da desmama até o abate no experimento da Fazenda Dom Augusto-TO. Período de 21/4/98 a 22/9/99.

Tratamento Fonte de fósforo.	Peso médio vivo inicial Kg/cab.-	Peso médio vivo final Kg/cab.	Ganho médio de peso Kg/cab.
1 - Superfosfato triplo	170,76 (3,09)	415,70 (7,39)	244,95 ^b (5,74)
2 - Fosfato bicálcico	183,96 (4,24)	404,93 (8,68)	220,96 ^a (6,47)

Valores entre parênteses pospostos às médias = erro-padrão da média.

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,01$).

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 23,99 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 décima segunda costela para análise do flúor.

Os teores médios de flúor no osso dos bezerros, no início do trabalho (21/4/1998) foram de 349 ppm e 94 ppm, respectivamente, para os tratamentos 1 (SFT) e 2 (FB). Depois de um ano de trabalho, o teor de flúor nos ossos foi de 1568 ppm e 1467 ppm, para os tratamentos SFT e FB, respectivamente. No término do experimento, ocasião em que os animais foram abatidos, os teores médios de flúor nos ossos foram de 3240 ppm a 1689 ppm, para os tratamentos que receberam SFT e FB, respectivamente.

Embora o nível médio do flúor nos ossos dos animais que receberam superfosfato triplo, desde a concepção até o abate, tenha sido substancialmente maior do que aquele obtido para os animais que receberam o fosfato bicálcico, esses valores estão 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 Gurupi-TO que conta com Serviço de Inspeção Federal a fim de avaliar os rendimentos ao abate e coletar amostras para a análise de metais pesados ([Lopes et al., 2000](#); [Lopes & Oliveira, 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). Depois de 24 horas na câmara fria (temperatura entre 1 °C e 5 °C) meias-carcaças direitas foram desossadas, apurando-se o total de carne e

osso para cada uma delas. O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, sendo o teste estatístico utilizado para comparação das médias foi o Teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Os resultados referentes à idade de abate, ao peso vivo, aos rendimentos de carcaça e à tipificação de carcaça para os dois grupos de bovinos avaliados neste trabalho estão apresentados na Tabela 15.

Tabela 15. Valores médios referentes à idade, ao peso vivo, ao rendimento e à tipificação de carcaças de bovinos criados em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu suplementados com duas fontes de fósforo.

Características	Superfosfato triplo	Fosfato bicálcico
Idade no abate (dias)	913,7 ^a	799,3 ^b
Peso vivo no 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 Valores seguidos por letras diferentes na mesma linha diferem (P < 0,05) pelo teste de Tukey.

^{**} MI - MACHO INTERMEDIÁRIO (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).

Entre os tratamentos, não foi observada 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 Precoce. Entretanto, em relação a sexo/maturidade a média dos animais foi classificada como Macho-Intermediário, classificando-os como animais Tipo A. Esses resultados indicaram 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 16](#), são apresentados os pesos de diversos não-carcaça e o total de carne e osso apurado.

Tabela 16. Composição corporal, peso e porcentagem de carne e ossos em 1/2 carcaça para bovinos criados em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu suplementados com 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 + traquéia	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 (1/2 carcaça)	106,56 ^a	79,06 ^A	98,98 ^a	78,65 ^A
Total de ossos (1/2 carcaça)	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.

À exceção do item peso de cabeça + língua em que 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 da idade de abate e que essas incorreções podem ser corrigidas quando os animais são comparados em porcentagem. Quando se comparam, 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. Analisando esses resultados verifica-se que os tratamentos não interferiram no total de carne (peso ou porcentagem) entre os lotes e também não afetaram o total de ossos.

Na [Tabela 17](#), apresentam-se os dados referentes à avaliação e ao monitoramento dos resíduos de metais pesados nas amostras de tecido animal.

Na [Tabela 17](#), demonstra-se que, em nenhuma das amostras de músculo, foram detectados resíduos dos metais pesados analisados. Um teor muito baixo de arsênio (0,0169 mg/kg) foi detectado em amostras de rim de animais que receberam o superfosfato triplo, em níveis bem inferiores ao estabelecido pela legislação (BRASIL, 1999) que é de 2 mg/kg. Também para o cádmio não foram observadas diferenças significativas entre os animais do experimento.

Tabela 17. Valores médios (mg /kg) de arsênio, chumbo, cádmio e mercúrio nas amostras de tecido dos bovinos criados em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu suplementados com duas fontes de fósforo.

Metais pesados *	Superfosfato triplo			Fosfato bicálcico		
	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 é expresso como não-detectado (ND).

Apenas no rim, observaram-se valores acima do limite 1 mg/kg conforme estabelece a legislação brasileira e esses níveis apresentam-se para animais de ambos os grupos, indicando que o resultado não se relaciona à fonte de fósforo utilizada.

Nas condições em que foi realizado este trabalho, foi possível concluir que a mistura mineral, elaborada com base nas pesquisas da Embrapa Cerrados, tendo como fonte de fósforo o fertilizante Superfosfato triplo, produzido da rocha de Tapira ou Fosfato bicálcico, 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., 2000a](#); [Oliveira et al., 2000](#)).

Conclusões

Absorção real do fósforo pelo animal

Com base nos resultados finais das pesquisas em bovinos e ovinos que utilizaram a técnica de diluição isotópica, verifica-se 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 da rocha de Tapira que apresenta um teor médio de 0,45% de flúor na matéria seca ([Lopes et al., 1994b](#)).

Pelos resultados das análises observa-se 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 sua vida produtiva. Convém salientar que cerca de 99% do flúor, ingerido pelo animal, concentra-se nos ossos.

Metais pesados

Análises de metais pesados e flúor em várias amostras de superfosfato triplo produzidas das rochas fosfáticas brasileiras e do fosfato bicálcico, realizadas nos melhores laboratórios nacionais 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 o 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 as 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 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 desmama, até o abate, evidenciaram que os resultados de ganho

de peso, fertilidade, rendimentos ao abate e produtividade, apresentados por animais que receberam 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.

Referências Bibliográficas

ABDALLA, A. L.; LOPES, H. O. S.; VITTI, D. M. S. S.; PEREIRA, E. A. AGUIAR, A.F.; BUENO, I. C. Superfosfato triplo como fonte de fósforo suplementar para matrizes Nelore. A - Deposição de flúor nos ossos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. Anais... Lavras: SBZ, 1992. p. 195

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

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. 76 p.

CARDOSO, J. L. A. Produção, processamento e perspectivas do fosfato 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. 12 p. Parecer submetido à apreciação da Comissão Especial de Alimentação Animal em 24/8/1994.

EMBRAPA. Uso de fontes alternativas de fósforo na nutrição de bovinos: resultados, conclusões e recomendações. [Brasília, 1994]. 16 p. 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.

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, Brasília, v. 25, p. 421-425, 1990a

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, 1990b. p. 30

LOPES, H. O. S.; NUNES, I. J. Potential of utilization of feed resources of Brazilian cerrado for grazing livestock. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL AGRICULTURAL RESEARCH, 25., 1991, Tsukuba. Proceedings... Tsukuba: Tropical Agricultural Research Center, 1991. p. 56-66. (Tropical Agricultural Research Series, 25).

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. Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1987/1990. Planaltina: Embrapa-CPAC, 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. 4 p. (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.; 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. 107 p. Colaboração de E. A. PEREIRA, I. J. NUNES, F. M. O. BORGES, W. V. SOARES, G. PEREIRA.

LOPES, H. O. S.; OLIVEIRA, A. L. Effects of the triple superphosphate supplementation on growth performance, carcass yield, heavy metals, and fluorine levels in beef cattle on pasture. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 46., 2000, [S.l.] Proceedings... [S.l.], 2000. v. 1, p. 180-181.

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. 1 CD-ROM.

LOPES, H. O. S.; NUNES, I. J. Uso de fontes alternativas de fósforo na pecuária de corte. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE PRODUÇÃO E GERENCIAMENTO DA PECUÁRIA DE CORTE, 2., 2001, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: UFMG,. Escola de Veterinária, 2001. p. 1-22.

LOPES, H. O. S.; TOMICH, T. R. Avanços recentes na nutrição mineral de bovinos. In: A PRODUÇÃO animal na visão dos brasileiros, 2001. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p. 205-234.

Mc.DOWELL, L. R. Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais: enfatizando o Brasil. 3 ed. Gainesville: University of Florida, 1999. 92 p.

ESTADOS UNIDOS. National Research Council. Committee on Animal Nutrition. Effects of fluorosis in animals. Washington, DC: National Academy of Sciences, 1974. 70 p.

ESTADOS UNIDOS. National Research Council. Committee on Animal Nutrition. Mineral tolerance of domestic animals. Washington, DC: National Academy of Sciences, 1980. 577 p.

ESTADOS UNIDOS. National Research Council. Committee on Animal Nutrition. Nutrient requirements of beef cattle. Washington, DC: National Academy of Sciences, 1996. 242 p.

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. 1 CD-ROM.

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, Brasília, 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. 1996. 83 f. Tese (Doutorado) - CENA, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

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, Brasília, v. 27, n. 1, p. 1-6, 1992.

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

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

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

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. 1989. 83 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

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., Belo Horizonte, v. 41, n. 6, p. 503 - 510, 1989.

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 (³²P) como traçador. Pesquisa. Agropecuária Brasileira, Brasília, 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, Brasília, 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, Belo Horizonte, v. 47, n. 3, p. 385 - 395, 1995.