

08939  
CNPGL  
1983



NOVEMBRO, 1983.

ISSN 0100 - 8757

FL-08939

# SUPLEMENTAÇÃO MINERAL PARA GADO DE LEITE

Suplementação mineral para  
1983 FL - 08939



35088 - 1

PESQUISA DE GADO DE LEITE - CNPGL

---

## COMITÊ DE PUBLICAÇÕES

Homero Abílio Moreira  
Jackson Silva e Oliveira  
Mário Luiz Martinez  
Maurílio José Alvim  
Roberto Pereira de Mello  
Oriel Fajardo de Campos

## ARTE, COMPOSIÇÃO E DIAGRAMAÇÃO

Maria Elisa Monteiro

## REVISÃO

Bibliográfica  
Edna Maria Saldanha

## Linguística e datilográfica

Newton Luís de Almeida  
Ivon Mendes Louzada

## REPROGRAFIA

Elyverto Fernandes Lage  
José Vicente

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite. Coronel Pacheco, MG.

Suplementação mineral para gado de leite, por Milton de Souza Dayrell. Coronel Pacheco, MG, nov. 1983. 20p. il. (EMBRAPA - CNPGL. Circular Técnica, 18).

1. Bovino de leite - Alimentação suplementar (Mineral). I. Dayrell, Milton de Souza, colab. II. Título. III. Série.

CDD - 636.214

© EMBRAPA, 1983.

---

## SUMÁRIO

---

1. INTRODUÇÃO .....	5
2. CORREÇÃO DE DEFICIÊNCIA .....	8
A) Requerimentos minerais .....	9
B) Disponibilidade biológica .....	12
C) Consumo da mistura mineral .....	14
3. CÁLCULO DA MISTURA MINERAL .....	14
4. REFERÊNCIAS .....	19

---

## **SUMÁRIO**

---

1. INTRODUÇÃO .....	5
2. CORREÇÃO DE DEFICIÊNCIA .....	8
A) Requerimentos minerais .....	9
B) Disponibilidade biológica .....	12
C) Consumo da mistura mineral .....	14
3. CÁLCULO DA MISTURA MINERAL .....	14
4. REFERÊNCIAS .....	19

---

## — 1- INTRODUÇÃO —

---

Os minerais têm recebido pouca importância na alimentação de gado de leite, apesar de se saber que 21 elementos são considerados essenciais para o funcionamento normal do organismo. Ao contrário de outros nutrientes, os minerais não podem ser sintetizados pelos organismos vivos, razão pela qual os mesmos devem ser obtidos do meio em que estes vivem. Em outras palavras, em condições normais, os bovinos de leite devem satisfazer às suas necessidades de minerais através de suas dietas.

As funções dos minerais no organismo são variadas e complexas. Alguns elementos participam da estrutura de alguns tecidos, como o cálcio e o fósforo na estrutura do osso. O fósforo participa nas reações de transferência de energia das células do corpo animal. Vários elementos são essenciais para a síntese de proteína, incluindo o enxofre que participa da estrutura de certos aminoácidos. O fósforo, o manganês, o zinco, o níquel e o cromo são componentes do ácido ribonucléico, um composto chave na síntese de proteína. Além das funções descritas, a maioria dos microelementos e alguns macroelementos participam dos sistemas enzimáticos das células. Elementos como o cálcio, o fósforo, magnésio, sódio, potássio e cloro são essenciais para algumas funções vitais do organismo, tais como: regulação da pressão osmótica, equilíbrio ácido-básico, pH, permeabilidade de membranas e transmissão de estímulos nervosos.

Na Tabela 1 encontra-se a concentração de elementos essenciais no corpo animal.

---

Trabalho apresentado pelo autor no Curso de Atualização de Bovinocultura de Leite, em Bambuí - MG, de 15 a 18 de março de 1982.

TABELA 1 - Conteúdo médio de minerais no corpo de bovinos.

Macroelementos	%	Microelementos	ppm
Cálcio	1,2	Ferro	50
Fósforo	0,7	Zinco	20
Potássio	0,17	Cobre	5
Enxofre	0,15	Iodo	0,43
Sódio	0,14	Manganês	0,3
Cloro	0,10	Vanádio	0,3
Magnésio	0,05	Cromo	< 0,09
		Molibdênio	< 0,07
		Cobalto	< 0,04
		Selênio	Traços
		Flúor	Traços
		Silício	?
		Níquel	< 0,14
		Estanho	0,43

FONTE: MILLER (1979)

Dos elementos essenciais, aqueles cujas deficiências são mais prováveis para ruminantes são: cálcio, fósforo, magnésio, sódio, iodo, ferro, cobre, zinco, cobalto, manganês e selênio.

Em 1973, TOKARNIA & DOBEREINER fizeram uma revisão das doenças causadas por deficiências minerais em bovinos criados em condições extensivas no Brasil. Verificaram que até aquela época já haviam sido diagnosticadas deficiências de fósforo, iodo, cobre e cobalto (Figura 1). Mais recentemente, SOUZA (1978) verificou, na região Nordeste do Mato Grosso, que bovinos apresentavam níveis deficientes de zinco no fígado, enquanto os níveis de fósforo (dosado nas cinzas de ossos da costela), variaram de deficientes a normais.

Os resultados até agora obtidos, embora ainda limitados, já fornecem alguma indicação de que o fósforo, cobre, cobalto, iodo e zinco são elementos importantes nas fórmulas de misturas minerais. Caso em alguma região ou mesmo propriedade for identificada qualquer deficiência de outro mineral, além dos citados, obviamente esse mineral deverá participar da mistura.

Muitas vezes o extensionista suspeita que determinada propriedade tem algum problema relacionado com deficiência de algum elemento, apesar dos sintomas não serem característicos. Isto é muito comum, pois os sintomas de uma deficiência nem sempre são específicos de um elemento. Assim, torna-se necessária a confirmação do diagnóstico através da análise do elemento em questão. Nesse caso, qual tipo de amostra deve ser usado? Na Tabela 2 sugere-se um esquema de amostragem para diagnóstico de deficiência de alguns minerais.

TABELA 2 - Esquema de amostragem para diagnóstico de certas deficiências.

Mineral deficiente	Amostra					
	Fígado	Soro	Osso	Alimento	Saliva	Leite
Cálcio			<u>Ca*</u>	Ca		
Fósforo		P	<u>P</u>	P		
Sódio				Na	<u>Na</u> , <u>K</u>	
Cobre	<u>Cu</u>			<u>Cu</u>		
Cobalto	<u>Co</u>			<u>Co</u>		
Iodo						<u>I</u>
Zinco	<u>Zn</u>	<u>Zn</u>		Zn		
Magnésio		<u>Mg</u>		Mg		

\* Amostra mais representativa está grifada.

## — 2 - CORREÇÃO DE DEFICIÊNCIA —

Depois de diagnosticada a deficiência de um ou mais minerais no rebanho, deve-se corrigi-la através de uma suplementação.

Existem vários métodos de suplementação, tais como: misturas minerais no cocho, minerais na ração, adubação da pastagem, água, etc. Cada método tem suas vantagens e desvantagens. O método mais recomendável para administração da mistura mineral para vacas em lactação é misturá-la com a forragem picada ou em uma dieta completa (COPPOCK *et al.* 1976). Outra metodologia, que também poderia ser adotada, é a administração da mistura individualmente para cada vaca. Entretanto, no Brasil, o método mais usado para correção de deficiência de determinados minerais tem sido aquele em que se oferece a mistura, à vontade, no cocho. O que se vê a respeito deste método de suplementação é que, freqüentemente, resulta em baixa eficiência, quer pelas quantidades, não raras vezes, inadequadas dos elementos que as misturas comerciais apresentam, quer pelo não seguimento das instruções de diluição do concentrado mineral fornecidas pelo fabricante.

Qualquer extensionista tem condições de preparar uma mistura mineral, pois os cálculos são relativamente simples, desde que se tenha em mente alguns requisitos para sua preparação. Em primeiro lugar, deve-se questionar: *Quanto a mistura deve suplementar em relação às necessidades do animal?* Com relação a essa pergunta existem algumas controvérsias. Alguns pesquisadores sugerem que a mistura deve suplementar 100% das necessidades dos animais, quando não tiver sido feito nenhum estudo a respeito na região. HOUSER *et al.* (1976) consideram difícil dizer quanto do requerimento para cada mineral deveria ser suprido pela mistura mineral, mas acredita-se que deveria ser pelo menos de 25 a 50% das necessidades. Além disso, para o preparo de uma mistura mineral, devemos ter um conhecimento aproximado dos seguintes fatores:

a) *requerimentos de minerais para a classe animal a*



---

*ser suplementada;*

- b) disponibilidade biológica relativa e concentração do mineral nos compostos usados na mistura;*
- c) consumo da mistura mineral pelo animal (g/dia).*

## A) REQUERIMENTOS MINERAIS

No Brasil não se tem uma tabela de requerimentos de minerais para vacas leiteiras. Por isso, pode-se utilizar tanto as tabelas recomendadas pelo NRC (1978), como pelo Agricultural Research Council (ARC). Convém salientar que os dados dessas tabelas não foram obtidos em condições tropicais. Entretanto, estudiosos do assunto concordam que essas são as melhores informações disponíveis no momento e, por isso, devem ser usadas até que sejam obtidos resultados em condições tropicais. Na Tabela 3, encontra-se a composição em minerais na matéria seca da dieta para gado leiteiro, recomendada pelo NRC (1978). A partir dessa Tabela, pode-se calcular a quantidade aproximada de determinado mineral que deve ser ingerida pelo animal. Para isso, torna-se necessário conhecer o consumo total de matéria seca por vaca, por dia. É difícil determinar esse consumo em animais em condições de pasto, pois existem vários fatores que o influenciam. A discussão desses fatores foge ao objetivo do presente trabalho, por isso vamos considerar o consumo de matéria seca como sendo 2,5% do peso vivo do animal. Como exemplo, vamos determinar a quantidade aproximada de cobre que uma vaca de 400 kg de peso vivo, produzindo até 8 kg de leite, deve ingerir por dia. Pela Tabela 3, verifica-se que a recomendação é de 10 ppm na ração do animal, ou seja, 10 mg de cobre por quilograma de matéria seca da ração. Como esta vaca consome diariamente cerca de 10 kg de matéria seca ( $400 \times 0,25$ ), conseqüentemente consumirá 100 mg de cobre por dia. Seguindo esse mesmo raciocínio, pode-se determinar as quantidades diárias dos outros elementos que devem ser ingeridas pelo animal.



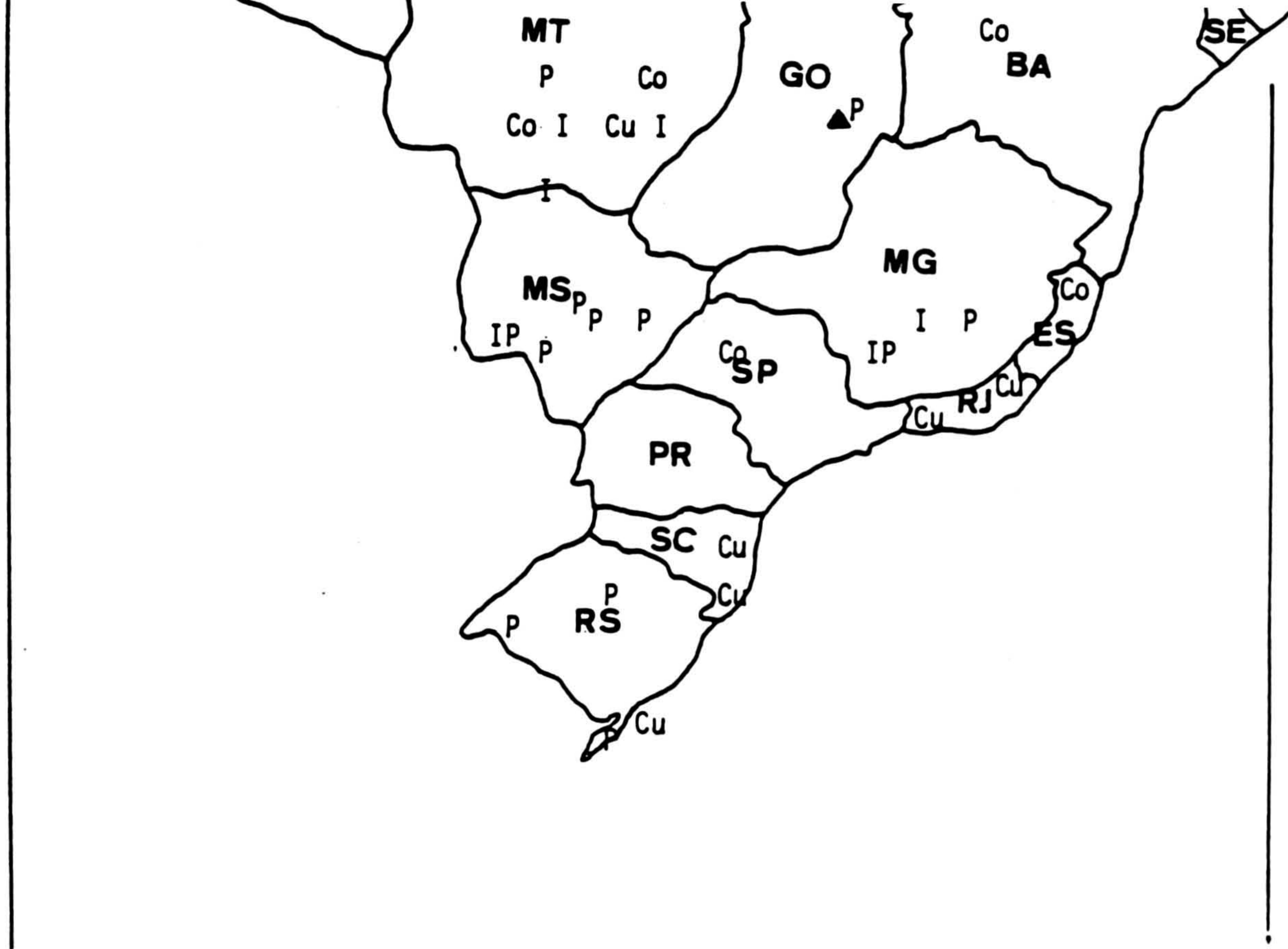


FIGURA 1 - Deficiência de Cobalto (Co), Cobre (Cu), Iodo (I) e Fósforo (P) em bovinos no Brasil (TOKARNIA & DOBEREINER 1973).

TABELA 3 - Composição em minerais na matéria seca da dieta para gado leiteiro<sup>a</sup>.

Concentração do mineral na M.S. da ração	Vacas em lactação			Animais não lactantes			
	Peso vivo (kg)	Produção diária de leite (kg)			Vacas secas	Touros	Bezerras e Bezerros
		< 8	8-13	13-18			
	≤400	<11	11-17	17-23			
	500	<14	14-21	21-29			
	600	<18	18-26	26-35			
	700						
Ração Nº	I	II	III	IV	V	VI	
Cálcio (%)	0,43	0,48	0,54	0,37	0,24	0,40	
Fósforo (%)	0,31	0,34	0,38	0,26	0,18	0,26	
Magnésio (%)	0,20	0,20	0,20	0,16	0,16	0,16	
Potássio (%)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	
Sódio (%)	0,18	0,18	0,18	0,10	0,10	0,10	
Cloreto de sódio (%)	0,46	0,46	0,46	0,25	0,25	0,25	
Enxofre (%)	0,20	0,20	0,20	0,17	0,11	0,16	
Ferro (ppm)	50	50	50	50	50	50	
Cobalto (ppm)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Cobre (ppm)	10	10	10	10	10	10	
Manganês (ppm)	40	40	40	40	40	40	
Zinco (ppm)	40	40	40	40	40	40	
Iodo (ppm)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	
Selênio (ppm)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	

<sup>a</sup> Adaptado do NRC (1978).

## B) DISPONIBILIDADE BIOLÓGICA

É muito comum confundir disponibilidade biológica de um mineral com absorção ou coeficiente de absorção. A absorção

---

é definida como a quantidade de um mineral da dieta que é absorvida pelo organismo no trato gastro-intestinal, e o coeficiente de absorção é a quantidade absorvida pela quantidade ingerida. Esse coeficiente já foi levado em consideração pelo NRC no cálculo dos requerimentos, utilizando-se o método fatorial. Já a disponibilidade biológica é definida como a medida da capacidade de um elemento, em determinada fonte, em suportar algum processo fisiológico no organismo animal. Normalmente essa disponibilidade biológica é expressa em termos numéricos relativos a um padrão de referência, previamente selecionado. A literatura sobre disponibilidade é muito ampla e ao mesmo tempo complexa, por isso não nos aprofundaremos no assunto. O IMC (1973), fazendo um resumo dos resultados de vários trabalhos sobre disponibilidade de fósforo em várias fontes, listou-as na seguinte ordem, com relação ao seu valor:

1. Fosfato bicálcico;
2. Farinha de ossos;
3. Fosfato desfluorizado;
4. Fosfato de rocha com teor baixo em fluor.

Em estudos realizados com ruminantes, tanto o sulfato de zinco (MILLS *et al.* 1967 e UNDER WOOD & SOMER 1969), quanto o óxido de zinco (MILLER *et al.* 1963 e PERRY *et al.* 1968), mostraram-se boas fontes do elemento.

O sulfato de cobre apresenta maior disponibilidade de cobre do que o carbonato.

O carbonato, o cloreto, o sulfato e o nitrato de cobalto têm sido propostos como fontes dietéticas satisfatórias do elemento para ruminantes (SMITH & LOSSLI 1957 e CUNHA *et al.* 1976).

O iodato de cálcio é uma fonte de iodo melhor do que o iodeto de potássio por ser mais estável. O iodeto de potássio perde iodo quando misturado com outros minerais ou quando sujeito a condições adversas de estocagem, tais como umidade, calor ou luz solar (AMMERMAN & MILLER 1978).

Depois de escolhida uma fonte de determinado mineral para ser usada na mistura, é necessário que se saiba a porcentagem do elemento em tal fonte. Na Tabela 4 encontra-se a porcentagem do mineral em compostos normalmente usados em suplementos minerais. Convém chamar a atenção nessa Tabela para o fato da porcentagem estar calculada com base no composto puro. Para compostos não puros (comerciais), mais comuns para elaboração de misturas minerais, pode haver variação nessa porcentagem.

### C) CONSUMO DA MISTURA MINERAL

Infelizmente esse é um dado pouco encontrado na literatura, devido à não importância dada sobre esse assunto pelos pesquisadores. O consumo da mistura mineral é afetado por alguns fatores, tais como: nível de fertilidade do solo, tipo de pastagem, nível de produção das vacas, quantidade de minerais na água de beber, palatabilidade da mistura, localização do cocho, etc. (CUNHA *et al.* 1976). Em experimento realizado no CNP-Gado de Leite, o consumo médio anual de mistura mineral contendo microelementos e 60% de fosfato bibálcico foi de 66 g/vaca/dia. Normalmente esse consumo é estimado como sendo em torno de 40 a 50 g/dia, para animais adultos criados em regime de pasto. Para animais confinados, esse consumo parece ser maior.

## **\_\_\_ 3- CÁLCULO DA MISTURA MINERAL \_\_\_**

Como exemplo, vamos fazer o cálculo de uma mistura mineral, começando-se pelos microelementos, para um rebanho cujo

peso médio das vacas é de 400 kg, com produção diária de até 8 kg de leite por vaca.

### --- COBRE ---

Pelo exemplo dado anteriormente, verifica-se que o animal em questão deve consumir em torno de 100 mg de cobre/dia. Estimando-se que o consumo da mistura mineral seja de 50 g/dia e que esta atenda 50% das necessidades do animal, ou seja 50 mg, significa que 50 g da mistura devem conter 50 mg de cobre. Utilizando-se o sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) como fonte e, considerando-se que o mesmo contém 25,5% de cobre (Tabela 4), teremos:

$$\begin{array}{r} 100 \text{ mg } \text{CuSO}_4 - 25,5 \text{ mg } \text{Cu} \\ X \quad \quad - \quad 50 \text{ mg} \end{array}$$

$x = 196,8$  mg de  $\text{CuSO}_4$ . Isto significa que em 196,8 mg de  $\text{CuSO}_4$  tem-se 50 mg de cobre. Então, 50 g da nossa mistura devem conter 196,8 mg de cobre. Passando-se para porcentagem:

$$\begin{array}{r} 196,8 \text{ mg} - 50 \text{ g } \text{mistura} \\ X \quad \quad - \quad 100 \text{ g} \end{array}$$

$$x = 393,6 \text{ mg } \text{CuSO}_4 / 100 \text{ g da mistura ou } 0,394\%.$$

### --- ZINCO ---

Seguindo-se o mesmo raciocínio daquele utilizado para o cobre. Pela Tabela 3, a ração total de uma vaca deve conter 40 ppm de zinco (Zn), ou seja, 40 mg Zn/kg MS consumida. Então, o animal deve consumir cerca de 400 mg de zinco / dia. A nossa mistura deve suprir 50% das necessidades, ou seja, 200 mg. Esses 300 mg de zinco devem estar contidos em 50 g da mistura, que é o consumo estimado por dia. Vamos utilizar como fonte do

elemento o óxido de zinco (ZnO) que, pela Tabela 4, apresenta 80,3% de Zn. Então:

$$\begin{array}{r} 100 \text{ mg de ZnO} - 80,3 \text{ mg Zn} \\ X \quad \quad \quad - 200 \text{ mg} \end{array}$$

$x = 249$  mg de ZnO. Então, 50 g de nossa mistura devem conter 249 mg de ZnO. Passando-se para porcentagem, equivalerá a 0,498%.

Utilizando-se esse mesmo raciocínio, pode-se achar os valores para os outros microelementos. Para o caso do iodo, recomenda-se que a mistura contenha o dobro das necessidades do animal, devido aos problemas de estabilidade que os compostos apresentam.

A fonte de fósforo é responsável por 60 a 70% do preço da mistura mineral. Por isso, o preço do ingrediente deve ser levado em consideração para o preparo da mistura. A fonte de fósforo recomendada é a farinha de ossos calcinada ou o fosfato bicálcico. A utilização de uma fonte ou outra vai depender muito de alguns fatores, como preço e disponibilidade do mercado. A farinha de ossos autoclavada, além de apresentar problemas de estocagem, apresenta um teor relativamente alto de proteína, induzindo, com isso, a um consumo excessivo da mistura. No caso de não se encontrar no mercado a farinha de ossos calcinada ou o fosfato bicálcico, e ser usada a farinha de ossos autoclavada, deve-se levar em consideração, no cálculo, o consumo relativamente alto da mistura. Uma boa mistura mineral deve suplementar, no mínimo, de 4 a 5 g de fósforo/animal/dia.

Abaixo estão alguns exemplos de misturas minerais:

	%
1) Fosfato bicálcico	60,0
Sal comum	39,35
Sulfato de cobre	0,30



---

	%
Óxido de zinco	0,20
Iodato de potássio	0,03
Sulfato de cobalto	0,02
2) Farinha de ossos calcinada	60,00
Sal comum	39,15
Sulfato de cobre	0,40
Óxido de zinco	0,40
Iodato de potássio	0,03
Sulfato de cobalto	0,02
3) Farinha de ossos calcinada	30,00
Fosfato bicálcico	30,00
Sal comum	39,50
Sulfato de cobre	0,40
Óxido de zinco	0,40
Iodato de potássio	0,03
Sulfato de cobalto	0,02

A mistura nº 1 é utilizada atualmente no CNP-Gado de Leite, em virtude de já termos alguns resultados de análises de minerais das forrageiras consumidas pelos animais. As misturas de números 2 e 3 devem ser utilizadas quando não se tem nenhum estudo a respeito na região.

Finalizando, queremos chamar a atenção para o seguinte:

---

*"Para que uma mistura mineral seja usada com sucesso, é necessário que todos os outros nutrientes não sejam limitantes na dieta dos a n i m a i s".*

---

TABELA 4 - Porcentagem do elemento mineral em compostos normalmente usados em suplementos minerais.

Elemento	Composto	% do elemento no composto
Cálcio	Farinha de ossos autoclavada	30
	Carbonato de cálcio	40
	Calcário	38,5
	Fosfato bicálcico	23,3
	Fosfato tricálcico	38,6
Fósforo	Farinha de ossos autoclavada	13,6
	Fosfato bicálcico	18,0
Cobalto	Sulfato de cobalto	24,8
	Carbonato de cobalto	49,5
	Cloreto de cobalto	24,7
Cobre	Sulfato de cobre	25,5
	Cloreto de cobre	37,2
Iodo	Iodeto de potássio	76,4
	Iodato de potássio	59,3
Zinco	Sulfato de zinco	40,5
	Cloreto de zinco	48,0
	Óxido de zinco	80,3

## 4- REFERÊNCIAS

---

- AMMERMAN, C.B. & MILLER, S.M. Biological availability of micro-elementes. In: CONRAD, J.C. & McDOWELL, L.R. ed. *Latin symposium on mineral nutrition research with grazing ruminants*. Gainesville, Florida, Federal University of Florida / Federal University of Minas Gerais / Federal University of Viçosa, 1978. p. 136-43. Proceedings of the Conference held in Belo Horizonte, Brasil from march 22 to 26, 1976.
- COPPOCK, C.E.; EVERETT, R.W. & BELYEA, L. Effect of low calcium or low phosphorus diets on free choice consumption of dicalcium phosphate by lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Champaign, 59(3): 571-80, 1976.
- CUNHA, T.J.; SHIRLEY, R.L.; CHAPMAN, H.L.; AMMERMAN, C.B.; DAVIS, J.K.; KIRK, W.G. & HENTGES JÚNIOR, J.F. *Minerals for beef cattle in Florida*. University of Florida / IFAS, 1976. 60p. (Bulletin, 683).
- HOUSER, R.H.; McDOWELL, L.R.; FICK, K.R. & VALLE, L. Avaliação de suplementos minerais para ruminantes. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES EM PASTAGENS, Belo Horizonte, 1976.
- IMC (International Minerals and Chemical Corporation), Libertyville, III. *Calcium and phosphorus in animal nutrition*. Libertyville, III., Animal Health and Nutrition Division-Technical Service Department, 1973. 38p.
- MILLER, W.J. *Dairy cattle feeding and nutrition*. Athens, Academic Press, 1979. 401p.
- MILLER, W.J.; CLIFTON, C.M. & CAMERON, N.W. Zinc requirement of Holstein bull calves to nine months of age. *J. Dairy Sci.*, Champaign, 46:715, 1963.

---

MILLS, C.F.; DALGARNO, A.C.; WILLIAMS, R.B. & QUARTERMAN, J. Zinc deficiency and the zinc requirement of calves and lambs. *Br. J. Nutr.*, London, 21: 751, 1967.

NRC (National Research Council). Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, Washington, DC. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 5.ed. Washington, DC, National Academy of Sciences, 1978. 76p. (Nutrient Requirements of Domestic Animals, 3).

PERRY, T.W.; BEESON, W.M.; SMITH, W.H. & MOHLER, M.T. Value of zinc supplementation of natural rations for fattening beef cattle. *J. Anim. Sci.*, Champaign, 27: 1674, 1968.

SMITH, S.E. & LOOSLI, J.K. Cobalt and vitamin B12 in ruminant nutrition. A review. *J. Dairy Sci.*, Champaign, 40: 1512, 1957.

SOUZA, J.C. *Interrelationships among mineral levels in soil, forage, and animal tissues on ranches in Northern Mato Grosso, Brazil*. Florida, University of Florida, 1978. 77p. Tese Doutorado.

TOKARNIA, C.H. & DOBEREINER, J. Diseases caused by mineral deficiency in cattle raised by range conditions in Brazil. A review. *Pesq. Agropec. Bras., Sér. Vet.*, Rio de Janeiro, 8 (Supl.): 1-6, 1973.

UNDERWOOD, E.J. & SOMERS, M. Studies of zinc nutrition in Sheep. I. The relation of zinc to growth development and spermatogenesis in young rams. *Aust. J. Agric. Res.*, Melbourne, 20: 889, 1969.

---

