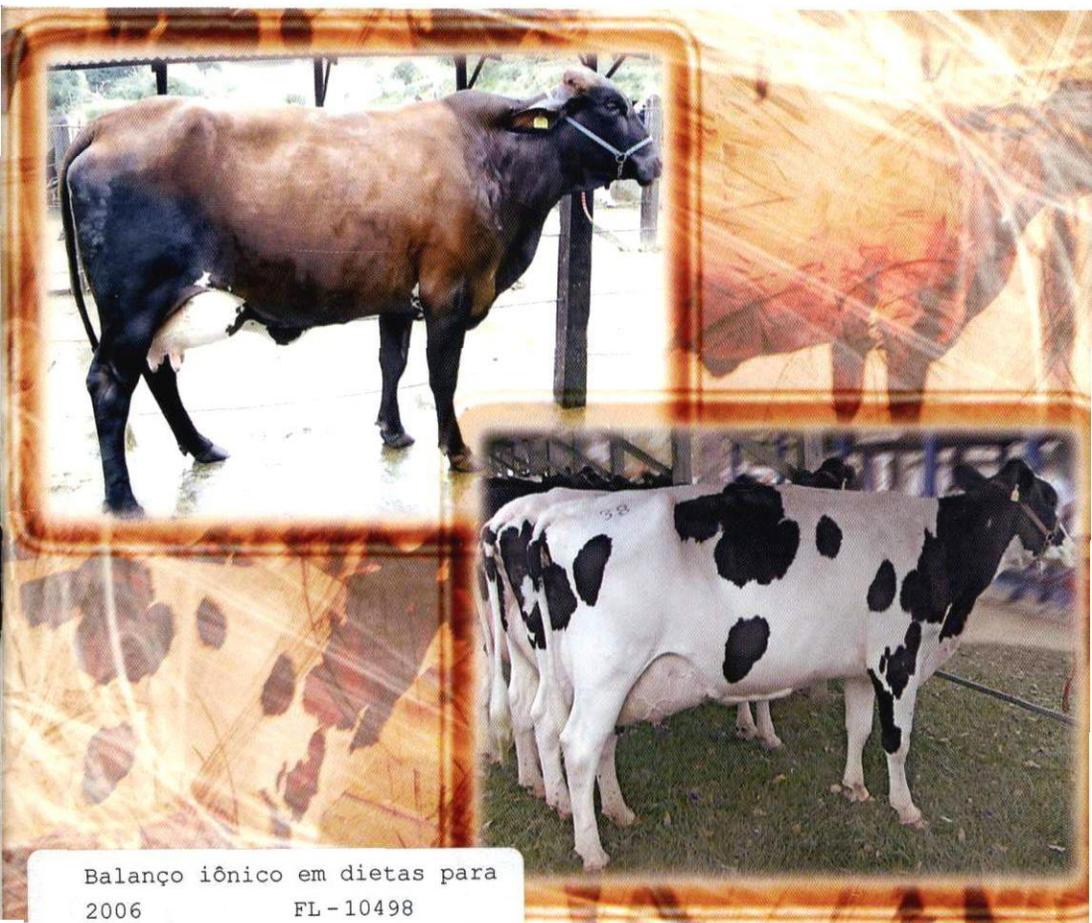


## Balanço iônico em dietas para ruminantes na prevenção da febre do leite



Balanço iônico em dietas para  
2006 FL - 10498



38204-1

## *Documentos 113*

# **Balanço iônico em dietas para ruminantes na prevenção da febre do leite**

João Paulo Guimarães Soares  
Fermino Deresz  
Luiz Januário Magalhães Aroeira

Edição comemorativa



Juiz de Fora, MG  
2006

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Gado de Leite**

Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco

36038-330 Juiz de Fora – MG

Fone: (32)3249-4700

Fax: (32)3249-4751

Home page: <http://www.cnppl.embrapa.br>

E-mail: [sac@cnppl.embrapa.br](mailto:sac@cnppl.embrapa.br)

Supervisão editorial: Fermino Deresz

Editoração eletrônica e tratamento das ilustrações: Leonardo Fonseca

Normalização bibliográfica: Inês Maria Rodrigues

Ilustração da capa: Marcella Fernandes Quintela Avila (estagiária)

**1ª edição**

1ª impressão (2006): 1.000 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 Gado de Leite

---

Soares, João Paulo Guimarães.

Balanço iônico em dietas para ruminantes na prevenção da febre do leite / João Paulo Guimarães Soares, Fermino Deresz, Luíz Januário Magalhães Aroeira. – Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2006.

35 p. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 113).

ISSN 1516-7453

1. Alimentação. 2. Pré-parto. 3. Balanceamento de dietas. 4. Dietas aniônicas. 5. Dietas catiônicas. 6. Doenças metabólicas. 7. Minerais. 8. Vitaminas I. Fermino Deresz. II. Luíz Januário Magalhães Aroeira. III. Título. IV. Série.

---

CDD 636.085

© Embrapa 2006

# **Autores**

## **João Paulo Guimarães Soares**

Zootecnista, D.Sc. – Embrapa Agrobiologia

Rod. BR 465 (antiga Rio-São Paulo), km 7, Caixa Postal  
74.505

23851-970 Seropédica – RJ

(21) 2682-1500

jpsoares@cnpab.embrapa.br

## **Fermino Deresz**

Zootecnista, Ph.D. – Embrapa Gado de Leite

Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco  
36038-330 Juiz de Fora – MG

deresz@cnpagl.embrapa.br

## **Luiz Januário Magalhães Aroeira**

Médico-veterinário, D.Sc. – Embrapa Gado de Leite

Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco  
36038-330 Juiz de Fora – MG

laroeira@cnpagl.embrapa.br



# Apresentação

Este documento é uma revisão das principais pesquisas realizadas sobre temas de balanceamento de dietas com cátions e ânions que tiveram por objetivo reduzir as principais doenças metabólicas, mais comuns em vacas de alta produção de leite, ou seja, acima de 25 kg/vaca/dia no início de lactação. Além disso, as vacas de primeira lactação parecem mais sensíveis do que aquelas com mais de uma lactação.

O documento exemplifica como formular dietas aniônicas, mas destaca que o balanceamento das dietas deve sempre considerar todos os ingredientes da dieta e não apenas a parte do concentrado ou apenas o volumoso.

Este trabalho destina-se mais especificamente a pesquisadores, extensionistas e aos produtores que tenham algum conhecimento de Nutrição Animal.

*Os autores*



# Sumário

<b>Introdução</b> .....	9
<b>Considerações gerais</b> .....	11
<b>Equações de BCAD e importância de alguns íons</b> .....	11
Cálculo do BCAD .....	13
<b>Suplementação da dieta com sais aniônicos</b> .....	15
<b>Emprego do balanço cátion-aniônico: efeito na prevenção da febre do leite</b> .....	16
Caracterização da febre do leite .....	21
Nível de cálcio no sangue .....	21
Homeostase e funções do cálcio .....	21
Absorção intestinal do cálcio .....	22
Homeostase do cálcio .....	23
Prevenção da febre do leite .....	24
<b>BCAD e produção de leite</b> .....	28
<b>BCAD e aceitabilidade da dieta</b> .....	29
<b>BCAD e estresse térmico</b> .....	30
<b>Conclusões</b> .....	31
<b>Referências bibliográficas</b> .....	32



# Balanço iônico em dietas para ruminantes na prevenção da febre do leite

*João Paulo Guimarães Soares*

*Fermino Deresz*

*Luiz Januário Magalhães Aroeira*

## Introdução

Os genes para alta produção de leite estão distribuídos na população de vacas leiteiras na maioria dos Estados brasileiros, haja vista os programas de melhoramento genético existentes e várias centrais de inseminação, difundindo as opções de sêmen de touros provados com características de alta produção de leite. Em 2004 a produção brasileira de leite fluido foi de 23,32 bilhões de litros produzidos por 20,5 milhões de vacas, com média nacional de 3,8 litros/vaca/dia e uma área total de 197.000.000 de hectares de pastagens. Minas Gerais é o maior produtor com média de 6,6 litros/vaca/dia (Faostat, 2005). Do total, 64% se destinam ao mercado formal, 22% ao mercado informal e 14% ao consumo da propriedade rural. Em 2001, o Brasil ainda importou 141,2 toneladas de produtos lácteos, proporcionando um consumo nacional de leite fluido de 5,1 bilhões de litros.

Neste contexto, o suprimento adequado de leite para atender à grande demanda do nosso mercado futuro vai depender da modernização com intensificação dos sistemas de produção. Essa intensificação pode ocorrer de várias maneiras, em função de alguns fatores, principalmente daqueles relacionados ao mercado consumidor, nível de investimento, disponibilidade de mão-de-obra e adequada utilização de sistemas de alimentação estratégicos. Entretanto, é necessário determinar se estes sistemas aumentam a precisão da formulação de dietas e do consumo de matéria seca, assim como forneçam nutrientes de modo que haja um desafio das melhores vacas em produção e minimizam os problemas de saúde, além de reduzirem o custo da dieta pelo uso de subprodutos e ingredientes de baixo custo.

O conceito do balanceamento ou diferença cátion-ânion de dietas (BCAD) está sendo aplicado em dietas para o gado de leite. A diferença entre "íons fortes" de carga positiva e aqueles de carga negativa fornecidos pela dieta é o que tem sido denominado de balanço cátion-aniônico dietético (BCAD). Íons fortes seriam aqueles capazes de promover uma mudança no balanço ácido-básico do sangue (Oetzel et al., 1988).

A expressão íons fixos, aplicada também ao conceito de balanço cátion-aniônico, refere-se a íons (usualmente  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$ ) que não podem ser metabolizados ou quebrados durante o processo digestivo ou processos metabólicos (Mongin, 1981). Estes íons fixos têm um papel importante no equilíbrio ácido-básico dos fluidos biológicos (Stewart, 1978, citado por Block, 1994).

O BCAD consiste na manipulação dos íons sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), cloro ( $\text{Cl}^-$ ) e enxofre ( $\text{S}^-$ ) da dieta pela fórmula:

$$\text{BCAD} = \text{meq} (\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{S}^-)$$

onde: BCAD = diferença cátion-ânion da dieta

O valor BCAD pode ser expresso em miliequivalentes por 100 g ou 1 kg de matéria seca da dieta.

Segundo Block (1984), o principal impacto do BCAD é na regulação do equilíbrio ácido-básico do organismo animal. Quando o BCAD é positivo, a dieta é dita catiônica, provocando no animal uma ligeira alcalose metabólica. No entanto, quando este é negativo, a dieta é dita aniônica, provocando no animal uma ligeira acidose metabólica. Apesar de estes pequenos deslocamentos no equilíbrio ácido-básico não causarem problemas fisiológicos nem de saúde ao animal, eles provocam respostas fisiológicas devido à necessidade do organismo em manter a sua neutralidade elétrica.

Um dos principais objetivos do manejo alimentar de vacas de alta produção no período pré-parto é o controle da hipocalcemia subclínica, ou febre do leite e de outros problemas relacionados ao parto e início da lactação.

De acordo com Beede (1992), mesmo em rebanhos bem manejados com animais em boas condições corporais, onde a febre do leite e cetose não são problemas, ao se evitar a hipocalcemia subclínica pode-se ter ganho adicional de 450 a 900 kg de leite na lactação seguinte.

Este trabalho revisa alguns conceitos e informações do balanço iônico no desempenho de ruminantes.

## Considerações gerais

O metabolismo orgânico tende a produzir excesso de radicais ácidos que são neutralizados por meio dos sistemas tampões existentes e, após isso, são definitivamente eliminados, seja pelos pulmões ou pelos rins. No primeiro caso, como os ácidos voláteis e, no segundo, como os ácidos fixos. A mobilização de  $H^+$  nos túbulos proximais dos rins e a secreção de  $H^+$ , bem como a produção de amônia nos túbulos distais dos rins, depende de reabsorção de  $Na^+$  para neutralizar eletricamente a absorção de  $HCO_3^-$  das células dos túbulos para o sangue. Se por exemplo há excesso de  $Cl^-$ , pode haver troca entre o  $Cl^-$  e o  $HCO_3^-$ , resultando na reabsorção de  $NaCl$  e redução na reabsorção de  $HCO_3^-$ , mantendo-se assim, a neutralidade elétrica. Portanto, um ótimo nível de  $Cl^-$  em relação a outros íons é necessário para manter o equilíbrio ácido-básico do organismo.

De modo geral, os sistemas tampões mais característicos são representados por um conjunto de ácido fraco e do respectivo sal com uma base forte, ou de uma base fraca com o seu sal de um ácido forte.

Alterações nesses sistemas, como visto, podem afetar o equilíbrio ácido básico. No caso do pulmão, por exemplo, uma resposta em relação às modificações ácido-básicas do meio interno acontece de 1 a 3 minutos após a infusão de um ácido forte, detectando-se modificações no ritmo respiratório. Já os efeitos da regulação renal não se manifestam senão após 6 a 18 horas da alteração promovida.

A principal conclusão do trabalho de Mongin (1981) é que, para alcançar a homeostase ácido-básica tanto quanto possível normal, o animal tem que regular a entrada e saída de acidez, isto é, controlar o balanço de ácidos dentro do organismo.

## Equações de BCAD e importância de alguns íons

Como já foi visto, os íons fixos referem-se àqueles que não podem ser metabolizados ou quebrados durante o processo digestivo ou processos metabólicos ( $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Cl^-$  e  $S^-$ ) tendo importante papel no equilíbrio ácido-básico dos fluidos biológicos.

Além desses íons fixos, outros têm sido sugeridos, por apresentarem papel importante no equilíbrio ácido-básico, sendo incluídos em algumas fórmulas para o cálculo do BCAD, como as que se seguem:

$$\text{BCAD} = \text{meq} (\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) - \text{meq} (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{PO}_4^{2-})$$

$$\text{BCAD} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$$

$$\text{BCAD} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+) - \text{Cl}^-$$

As duas últimas equações são as mais encontradas. A maior dificuldade é sempre analisar um maior número de minerais e mais especificamente o enxofre, por exemplo. Algo que também deve ser considerado é o fato que a participação de certos íons não têm efeito sobre os animais.

Waterman et al., (1991), por exemplo, não encontraram relação entre a equação utilizando magnésio e as variáveis estudadas. Já o  $\text{SO}_4^{2-}$  acidifica os fluidos biológicos, alterando o equilíbrio ácido-básico se incluídos em altas concentrações (Whiting e Draper, 1981). O artigo de Oetzel (1988), que analisou 75 ensaios para determinar os fatores de risco para a febre do leite, concluiu que as concentrações dietéticas pré-parto de enxofre e o BCAD  $[(\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} - \text{S})]$  foram os dois fatores nutricionais mais fortemente correlacionados com a incidência da febre do leite. O enxofre sozinho foi melhor correlacionado do que qualquer combinação de variáveis que incluiu o enxofre. Somente quatro variáveis (S, BCAD, fibra bruta e Ca) foram significativamente correlacionadas com a incidência da febre do leite. Por sua vez, Whiting e Draper (1981) observaram aumento no tamanho dos rins pelo acréscimo de sulfatos, aminoácidos sulfurados ou cloro na dieta. Dessa forma, é possível que o enxofre tem um papel diferenciado que não somente o da simples acidificação no metabolismo do cálcio.

Os íons  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  são os mais utilizados, tidos como importantes no balanço osmótico, balanço ácido-básico e na integridade e mecanismos de bombeamento das membranas celulares.

É importante lembrar que o BCAD não determina propriedades acidogênicas ou alcalinogênicas dos alimentos, ou seja, o Na e o K não reagem formando álcalis, mas eles com o Cl e o S afetam indiretamente a concentração hidrogeniônica do corpo via os sistemas tampões já mencionados. Assim, o BCAD pode afetar processos metabólicos (absorção e metabolismo desses íons), e uma participação

indireta na função renal, sistemas tampões e manutenção celular representam os efeitos observados pela alteração no balanço desses íons.

Segundo Coppock et al., (1982), observa-se que aumento na concentração de Na pode causar grande depressão do hidrogênio plasmático, deixando-o alcalino; tendo o excesso de Cl um efeito negativo sobre o bicarbonato, deixando-o ácido. Em resumo, um BCAD negativo leva a uma moderada acidose metabólica e um BCAD positivo a alcalose metabólica.

A hipótese do uso do BCAD é que os ânions  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  podem ser balanceados em uma ração em relação aos cátions  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  para otimizar as reações fisiológicas dos animais.

## Cálculo do BCAD

Como descrito anteriormente, o valor BCAD pode ser determinado pela fórmula:  $\text{BCAD} = \text{meq} (\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{S})$ . Então, é necessário que se conheça a quantidade, em miliequivalentes, de cada um desses íons em cada um dos ingredientes da dieta.

<b>BCAD (meq/kg) = 10.000</b>	<b>% Na<sup>+</sup></b>	<b>% K<sup>+</sup></b>	<b>% Cl<sup>-</sup></b>	<b>% SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>
	<b>23</b>	<b>39</b>	<b>35,5</b>	<b>16</b>

A outra expressão mais utilizada subtrai o enxofre. A Tabela 1 mostra alguns íons com os respectivos peso atômico, peso equivalente e um fator de conversão que possibilita fazer o cálculo diretamente.

**Tabela 1.** Peso atômico, peso equivalente e fator de conversão da porcentagem da dieta para miliequivalentes por kg de matéria seca da dieta.

Elemento	Peso atômico (g)	Peso equivalente (g)	Fator de conversão
Na	23,0	23,00	435
K <sup>+</sup>	39,1	39,10	256
Ca <sup>2+</sup>	40,1	20,05	490
Mg <sup>2+</sup>	24,3	12,20	823
Cl	35,5	35,50	282
S <sup>2-</sup>	32,1	16,05	624
P <sup>3-</sup>	31,0	10,33	968

Horst et al., (1994).

Usualmente, os níveis de Na, K, Cl e S descritos nos quadros de composição de alimentos são expressos em porcentagem (Tabelas 2 e 3). Para transformação

dessa unidade para miliequivalente, é necessário que se conheça o peso miliequivalente desses elementos. Na Tabela 4 estão descritos esses pesos miliequivalentes.

**Tabela 2.** Níveis de sódio (Na), potássio (K), cloro (Cl) e enxofre (S) de alguns concentrados.

Concentrados	MS (%)	% na MS			
		Na	K	Cl	S
Milho, fubá	87,0	0,03	0,37	0,05	0,12
Algodão, farelo	90,0	0,04	1,39	0,04	0,34
Soja, farelo	85,0	0,03	1,98	0,08	0,37
Trigo, farelo	90,0	0,19	1,13	0,04	0,20
Arroz, farelo	90,0	0,04	1,92	0,08	0,20
Cevada, resíduo	15,0	0,23	0,09	0,17	0,32

**Tabela 3.** Níveis de Na, K, S e Cl de alguns alimentos volumosos.

Volumosos	MS (%)	% na MS			
		Na	K	S	Cl
Alfafa, feno	90,0	0,15	2,56	0,34	0,38
Milho, silagem	35,0	0,01	0,96	0,15	0,18
Soja, feno	90,0	0,12	0,97	0,26	0,15
Capim-elefante (Napier)	20,0	0,01	1,13	0,10	-
Cana-de-açúcar	20,0	0,20	0,50	0,10	-

**Tabela 4.** Elementos usados no cálculo do valor BCAD.

Elemento	Peso atômico (g)	Valência	Peso em meq (g)
Na	23,0	+1	0,023
K	39,0	+1	0,039
Cl	35,5	-1	0,0355
S	32,0	-2	0,016

Para se obter o resultado em meq/100 g de matéria seca, basta dividir o resultado em porcentagem de cada elemento pelo seu respectivo peso meq. Como exemplo, será calculado o valor BCAD de uma dieta pré-parto constituída de 20 kg de silagem de milho e 2 kg de mistura de concentrado: 50% milho, 20% farelo de algodão, 27% farelo de soja, 3% núcleo mineral para ração. Utilizando as Tabelas 2 e 3, inicialmente calcula-se a composição percentual de sódio, potássio, cloro e enxofre da dieta total (Tabela 5). Não foi levada em consideração as quantidades destes elementos fornecidas pelo núcleo mineral.

**Tabela 5.** Níveis (% na MS) de sódio, potássio, cloro e enxofre da dieta constituída de silagem de milho e mistura de concentrados.

Dieta	Quantidade de minerais (g)					
	Matéria Natural (kg)	Matéria Seca (kg)	Na	K	Cl	S
Silagem milho	20,0	7,00	0,70	67,20	12,60	10,50
Milho, fubá	1,00	0,87	0,26	3,22	0,44	1,04
Farelo de algodão	0,40	0,36	0,14	5,00	0,14	1,22
Farelo de soja	0,54	0,46	0,14	9,11	0,37	1,70
Total	21,94	8,69	1,24	84,53	13,55	14,47
% na MS ingerida			0,01	0,97	0,15	0,17

Transformando a composição percentual dos minerais em miliequivalentes/100 g de matéria seca:

Sódio:  $0,01 + 0,023 = 0,43$  meq/100 g de MS

Potássio:  $0,97 + 0,039 = 24,87$  meq/100 g de MS

Cloro:  $0,15 + 0,0355 = 4,22$  meq/100 g de MS

Enxofre:  $0,17 + 0,016 = 10,62$  meq/100 g de MS

O valor BCAD da dieta é:

BCAD =  $(0,43 + 24,87) - (4,22 + 10,62) = + 10,46$  meq/100 g de MS

## Suplementação da dieta com sais aniônicos

O estado fisiológico ou produtivo do animal, tais como estágio de lactação, período seco etc., podem exigir balanços cátion-aniônicos dietéticos nem sempre fáceis de se conseguir a partir dos alimentos disponíveis. Usualmente, dietas de vacas de leite são catiônicas devido, principalmente, os ingredientes conterem níveis elevados de potássio. Portanto, para se obter uma dieta aniônica, é necessária a suplementação com sais aniônicos. Os sais aniônicos mais utilizados são: sulfato de amônio, sulfato de cálcio, sulfato de magnésio, cloreto de amônio, cloreto de cálcio e cloreto de magnésio cuja composição química encontra-se descrita na Tabela 6.

Os preços de custo (preço FOB) foram obtidos de alguns fornecedores do Brasil, à exceção do sulfato de cálcio.

Considerando as porcentagens dos íons presentes em alimentos, a Tabela 7 mostra o BCAD para cada um deles. Observa-se uma variação grande entre eles.

**Tabela 6.** Composição química de sais aniônicos.

Fontes	Custo (R\$/t)	% do elemento				
		Na	Ca	Mg	S	Cl
Sulfato de amônio	285	21,2			24,3	
Sulfato de cálcio	200		23,3		18,6	
Sulfato de magnésio	310			9,9	13,0	
Cloreto de amônio	890	26,2				66,3
Cloreto de cálcio	610		27,3			48,2
Cloreto de magnésio	680			12,0		34,9

Beede (1992).

**Tabela 7.** Balanço cátion-aniônico dietético de alguns alimentos.

Alimentos	Sódio (Na <sup>+</sup> )	Potássio (K <sup>+</sup> )	Cloro (Cl)	Enxofre (S <sup>2-</sup> )	BCAD (meq/kg)
Alfafa	0,15	2,56	0,34	0,31	+ 431
Silagem Milho	0,01	0,96	.	0,15	+ 156
Milho, grão	0,03	0,37	0,05	0,12	+ 19
Farelo soja	0,30	1,98	0,08	0,37	+ 266

Block (1984).

De modo resumido, as leguminosas apresentam um BCAD altamente positivo (+ 300 a + 600); os grãos de cereais próximo a zero; as gramíneas intermediário (+ 100 a + 600); e os concentrados proteicos têm um BCAD variável.

Algo importante a ser ressaltado é que esses elementos utilizados nas dietas aniônicas geralmente são de baixa aceitabilidade, dificultando a ingestão do concentrado ou a ração onde eles são adicionados. Além disto, o custo desses produtos (Tabela 6) afeta muito o custo final do tratamento. A biodisponibilidade da fonte é outro ponto a ser considerado; assim, por exemplo, não se recomenda usar como fonte de enxofre o enxofre elementar (flor de enxofre), uma vez que esta fonte apresenta somente um terço da disponibilidade biológica dos sulfatos.

## **Emprego do balanço cátion-aniônico: efeito na prevenção da febre do leite**

Imediatamente após o parto a vaca de leite produz uma quantidade muito grande de colostro que contém nível elevado de cálcio. A maioria das vacas adapta-se a

esse estresse provocado pelo cálcio, aumentando a absorção desse elemento no intestino ou aumentando a sua reabsorção do osso, sendo estes dois mecanismos mediados pela 1,25 dihidroxivitamina D3 e pelo hormônio da paratireóide (PTH). Em algumas vacas há uma falha neste mecanismo de controle homeostático, caindo abruptamente o nível sanguíneo de cálcio e provocando paralisia no animal a qual é clinicamente denominada "febre do leite" ou hipocalcemia ou paresia da parturiente.

Alguns fatores da dieta pré-parto podem ser manipulados com o objetivo de diminuir a incidência de febre do leite: 1) diminuição de nível dietético de cálcio (Cole, 1956; Goings et al., 1974); 2) administração oral ou parenteral de vitamina D ou seus metabólitos (Gregorovic et al., 1967; Gast et al., 1979; Julien et al., 1977). Estas duas medidas visam ao aumento da produção de 1,25 dihidroxivitamina D3 e da liberação de hormônio da paratireóide no período pré-parto, estimulando os mecanismos de absorção de cálcio no intestino e de reabsorção óssea.

Outro fator que pode ser manipulado para evitar a incidência de febre do leite em rebanhos de gado de leite é o balanceamento cátion-ânion da dieta (BCAD) no período pré-parto. Estudos têm mostrado que, ao alimentar vacas com dieta aniônica no pré-parto, o declínio do cálcio sanguíneo ao parto é menor (Block, 1984; Leclerc e Block, 1989), provavelmente devido ao aumento na absorção intestinal de cálcio e na reabsorção óssea desse elemento.

Dietas com valor BCAD negativo (dietas aniônicas) provocam uma ligeira acidose metabólica e um aumento na excreção de cálcio, diminuindo a retenção desse elemento e provocando aumento de produção de 1,25 dihidroxivitamina D3 e liberação do hormônio da paratireóide para estimular a mobilização óssea (Oetzel, 1988; Takagi e Block, 1991).

Segundo Goff et al. (1991), a diminuição do valor BCAD da dieta aumentou a produção de 1,25 dihidroxivitamina D3 por unidade de hormônio da paratireóide e, portanto, reverteu a resistência tissular que se desenvolve a esse hormônio no final da prenhez e início da lactação.

Dishington (1975) verificou que das 14 vacas alimentadas no pré-parto com dieta com excesso de cátions em relação a ânions, 10 apresentaram febre do leite, duas apresentaram sintomas leves e somente duas não apresentaram

problema. Em contraste, quando foi oferecida a 11 vacas dieta com excesso de ânions em relação a cátions, houve um caso de febre do leite.

Em 1984, Block verificou incidência de febre do leite em 47,4% das vacas do grupo que consumiu dieta catiônica no pré-parto, contra 0% de incidência naquele grupo que ingeriu dieta aniônica no mesmo período. O consumo de matéria seca não foi influenciado pelo valor BCAD da dieta mas a produção na próxima lactação foi 6,7% menor no grupo de vacas que consumiu a dieta catiônica no pré-parto. Quando se separou o grupo de vacas que consumiu a dieta catiônica no pré-parto e se analisou segundo a incidência ou não de febre do leite, as vacas que apresentaram o sintoma clínico da febre do leite produziram 14% menos leite do que aquelas que não apresentaram sintoma clínico da doença.

Oetzel et al. (1988) alimentaram vacas durante 21 dias pré-parto, com dieta catiônica (valor BCAD de +180 meq/kg de MS) e aniônica (valor BCAD de -75 meq/kg MS) e níveis altos (1,2%) e baixos (0,06%) de cálcio. O valor BCAD negativo foi obtido pela suplementação com mistura de sulfato e cloreto de amônio. A dieta aniônica no pré-parto diminuiu a incidência de febre do leite, retenção de placenta e hipocalcemia ao parto. Uma vaca do grupo alimentado com dieta aniônica desenvolveu febre do leite, contra quatro do grupo alimentado com dieta catiônica. Apesar do nível de cálcio da dieta pré-parto não ter influenciado a incidência de febre do leite e retenção de placenta, o efeito da dieta aniônica na hipocalcemia ao parto foi dependente do cálcio.

Leclerc e Block (1989) alimentaram vacas a partir dos 45 dias antes do parto com dietas com valores BCAD de +394 (controle), +121, +105 e +62  $\text{cmol}/\text{dm}^3/\text{kg}$  de matéria seca de dieta. Todas as dietas continham 1,37% de cálcio. A incidência de febre do leite foi de quatro casos das cinco vacas do tratamento controle e de três casos das cinco vacas dos outros tratamentos, indicando que a diminuição do valor BCAD para até +62 meq/kg MS na dieta não foi suficiente para prevenir a febre do leite. Entretanto, quando as vacas receberam a dieta com o menor valor BCAD, houve menor declínio do cálcio plasmático ao periparto.

Goff et al. (1991) verificaram diminuição da incidência de febre do leite e do declínio dos níveis plasmáticos de cálcio ao parto, quando vacas ingeriram dieta aniônica (-228 meq/kg MS) no pré-parto, quando comparadas com vacas que ingeriam dieta catiônica (+978 meq/kg MS) neste mesmo período. A maioria

dos casos de febre do leite ocorreu durante a estação de inverno. Das nove vacas que ingeriram dieta catiônica no pré-parto e pariram nessa estação, quatro apresentaram febre do leite, contra nenhuma incidência desse problema nas nove vacas que ingeriram a dieta aniônica.

Tucker et al. (1992) alimentaram vacas adultas e novilhas, a partir de 4 semanas antes do parto, com dietas com níveis de cálcio de cerca de 1,6% e valores BCAD de +9,35 e -3,00 meq/100 g de matéria seca de dieta. Não houve diferença entre as duas dietas na incidência de febre do leite, retenção de placenta, infecção uterina e edema de úbere. Entretanto, as vacas que receberam dieta com menor valor BCAD (-3 meq/100 g de matéria seca de dieta) tiveram um menor declínio do cálcio plasmático ao parto. Segundo esses autores, para prevenir a febre do leite em vacas recebendo dietas com níveis altos de cálcio durante o período pré-parto, o valor BCAD dessas dietas deve ser reduzido para abaixo de -3,00 meq/100 g de matéria seca da dieta.

A adição de sais aniônicos nas dietas do pré-parto tem mostrado, em regiões de clima temperado, melhoria na homeostase do Ca, reduzindo a incidência da Paresia da parturiente (PP). Esses sais modificam o balanço dietético cátion-ânion (BCAD) e aumentam a absorção do Ca, pelo trato gastrointestinal, e a mobilização óssea, em razão de suas propriedades acidificantes. Entretanto, até o momento muito pouco se pesquisou no mundo todo sobre o uso do BDCA na alimentação de ruminantes (Block, 1984).

Trabalhos em regiões de clima temperado têm demonstrado que a modificação do balanço dietético cátion-ânion (BDCA), pela adição de sais aniônicos, reduz a incidência da PP e eleva os níveis plasmáticos do Ca, no parto. Isto ocorre em razão de um ou mais dos seguintes mecanismos: pelo aumento da taxa de mobilização óssea de Ca; indiretamente, pela maior excreção urinária (retenção reduzida) de Ca; pelo aumento da absorção intestinal do Ca; ou pelo aumento da fração ionizada do sangue (Goff e Horst, 1991).

Dietas com baixa concentração de Ca e P, fornecidas a vacas gestantes secas, no pré-parto, podem prevenir a incidência da paresia da parturiente (PP), por ativarem os mecanismos homeostáticos do Ca, aumentando a sua absorção no intestino e a mobilização dos ossos, permitindo adaptação mais rápida à demanda de Ca. Entretanto, essa prática não elimina, necessariamente, a incidência da PP e, principalmente, a hipocalcemia subclínica (Goff e Horst, 1991).

Campos et al. (2004) comparando os efeitos, no pré-parto de dieta com restrição ao consumo de Ca (+186 meq/kg MS e 50% de Ca), ou de dieta aniônica com alto consumo de Ca (1,3% na base da matéria seca) e -75 meq/kg de MS observaram que o uso de dieta aniônica reduziu o consumo de MS, não influenciando na digestibilidade aparente da MS, PB e FDN e a absorção aparente de Ca. Entretanto, verificaram redução na absorção aparente do P e aumento na absorção aparente do Mg, Cl e S, assim como as excreções diárias do Ca, P e Cl. O uso de sais aniônicos indicou pelo pH da urina o *status* ácido-base e o estabelecimento da acidose sistêmica. As duas dietas foram eficazes no controle da paresia da parturiente e da hipocalcemia da parturiente pelo critério do cálcio iônico. O uso de dieta aniônica com 1,3% de Ca na dieta reduziu a incidência de retenção de membranas fetais e o edema de úbere no parto.

Basicamente a paresia da parturiente (PP) ocorre no início da lactação, quando o cálcio é drenado do sangue para síntese de colostro e não é repostado, de forma suficientemente rápida, pela absorção intestinal, pela mobilização óssea e pela reabsorção nos rins, resultando na paresia e, se não tratada, pode levar a morte do animal (Wang e Beed, 1992).

Segundo (Wang e Beed, 1992), a PP atinge de 5% a 9% das vacas leiteiras nos EUA, representando custos diretos e secundários de 1,5 e 120 milhões de dólares, respectivamente. No Brasil, o único estudo encontrado foi o de Ortolani (1994), que detectou incidência de 4,25% em vacas da raça Holandesa e mestiças, no Vale do Paraíba, Estado de São Paulo.

Há vários anos, numerosos métodos preventivos têm sido propostos e avaliados, os quais incluem baixo consumo de Ca; tratamento com vitamina D ou análogos; ou hormônio paratiróideo exógeno. Esses métodos apresentam desvantagens e métodos alternativos têm sido investigados (Wang et al., 1981).

A mudança no *status* ácido-base e na função renal, pelo fornecimento de dieta aniônica na alimentação de vacas periparturientes, poderia alterar os balanços de água e minerais e o metabolismo de proteínas, gorduras e carboidratos, afetando o desempenho animal; entretanto, esses efeitos não têm sido investigados.

Em razão da própria dificuldade de se estabelecer metodologia confiável para medir as variações de peso, poucos trabalhos têm se preocupado em medir essa variável, quando se usam dietas aniônicas, no pré-parto, e os poucos resultados disponíveis são conflitantes.

Mesmo em rebanhos bem manejados, com vacas em boas condições corporais e nos quais não haja sérios problemas de paresia da parturiente (PP) e cetose, Ortolani, (1994) e Wang et al. (1994) estimaram ganhos de 250-500 kg de leite, que podem ser observados na lactação seguinte, além de melhorar o desempenho reprodutivo, mediante adoção de programas de prevenção da PP e da hipocalcemia da parturiente. Entretanto, não foi encontrado estudo, na literatura consultada, que avaliasse o impacto da redução do balanço dietético cátion-ânion (BCAD) no pré-parto, no desempenho reprodutivo de vacas, no pós-parto.

## Caracterização da febre do leite

A febre do leite é uma doença metabólica que atinge animais adultos. O primeiro caso foi relatado em 1793 e, mesmo atingindo animais adultos, nem todos são afetados e, é importante mencionar, os níveis séricos de cálcio variam de animal para animal. Seus principais sintomas são:

- ♦ redução no apetite e inatividade do trato digestivo (efeito do cálcio no tônus muscular);
- ♦ apatia, orelhas frias e narinas secas;
- ♦ andar sem coordenação motora;
- ♦ no estágio mais avançado, queda e morte do animal, podendo ocorrer uma parada respiratória ou convulsão.

## Nível de cálcio no sangue

O nível de cálcio no sangue varia em conformidade com a condição do animal, como é mostrado na Tabela 8.

**Tabela 8.** Níveis séricos de cálcio em várias condições clínicas.

Condição	Ca(mg/100ml)
Normal	10
Normal ao parto	8
Febre do leite (leve)	6,5
Febre do leite (moderada)	5,5
Febre do leite (severa)	4,5

## Homeostase e funções do cálcio

O cálcio exerce inúmeras funções no organismo animal, sendo algumas delas citadas pelo NRC (1989):

- ◆ formação de cascos e dentes;
- ◆ transmissão de impulsos nervosos;
- ◆ excitabilidade muscular;
- ◆ regulação cardíaca;
- ◆ coagulação sanguínea;
- ◆ ativação e estabilização de enzimas.

Do cálcio encontrado no plasma, 45 a 50% estão na forma solúvel, 40 a 45% encontram-se ligados a proteínas e 5% ligados a minerais não-ionizados, estes, dependendo do pH, podem ou não estar disponíveis.

## Absorção intestinal do cálcio

É conhecido que o cálcio pode ser absorvido pelo intestino delgado de duas maneiras; por processo de difusão passiva entre as células epiteliais intestinais (transporte paracelular) e por transporte ativo por meio das células epiteliais. O transporte paracelular está estritamente relacionado com a concentração de cálcio no lúmen intestinal. Se os animais são alimentados com uma dieta alta em cálcio, então observa-se que mais da metade do cálcio será absorvido pelo processo paracelular. Todavia, quando a dieta é baixa em cálcio, ou a demanda por esse elemento é muito alta, uma eficiente absorção do cálcio dietético vai ocorrer pelo transporte ativo. Neste caso, há necessidade do hormônio 1,25 dihidroxivitamina D<sub>3</sub>, que vai facilitar a difusão, sendo inicialmente esse passo facilitado pela proteína ligadora de cálcio, a qual é citosólica e dependente de vitamina D (Horst et al., 1994). Portanto, a síntese dessa proteína vai ser um passo limitante para o transporte transcelular do cálcio. Uma vez que o cálcio foi transportado para a membrana vasolateral, ele será extrusado da célula contra um gradiente de concentração de cerca de 1.000 vezes pela ação da bomba de Ca-Mg-ATPase.

É oportuno mencionar que a absorção do cálcio é reduzida com a idade. Tem sido observado que o número de receptores da 1,25 dihidroxivitamina D<sub>3</sub> é bem maior nos animais jovens, o que pode explicar, em parte, porque vacas de primeira lactação raramente desenvolvem severa hipocalcemia (Horst et al., 1994). Existe efeito do número de lactações sobre a incidência de febre do leite, onde se observa uma tendência muito clara de animais com mais de duas lactações apresentarem maior risco. Em termos numéricos, há informações de absorção de 98% do cálcio em bezerros contra 22% em animais adultos. Se considerar os alimentos, há uma variação na quantidade de cálcio e no que pode

ser absorvido pelo animal. Beede (1992) observou 24% de absorção do cálcio da alfafa, o que difere dos 38% que o NRC (1989) considera para os diferentes tipos de alimentos. Portanto, a disponibilidade de cálcio é variável e isso tem que ser levado em consideração quando da formulação de rações.

## Homeostase do cálcio

De maneira resumida, Horst et al. (1994) informam que a grande maioria das vacas entram em balanço de cálcio negativo nas primeiras semanas de lactação porque o cálcio que deixa o corpo via leite, perdas endógenas fecais e urinárias é maior do que é fornecido e absorvido da dieta; em parte porque os mecanismos intestinais para absorção do Ca não estão plenamente adaptados para a lactação e, também, porque o consumo de matéria seca não se encontra no pico. Para manter o Ca plasmático normal, o balanço negativo de Ca é enfrentado pela reabsorção óssea e dos estoques de Ca ósseo e pela absorção intestinal. A mobilização de Ca é estimulada pela concentração elevada do PTH e 1,25 dihidroxivitamina D3, mas a absorção intestinal é controlada somente pelo 1,25 dihidroxivitamina D3. Durante o período seco da vaca esse mecanismo para o reabastecimento do Ca plasmático está relativamente inativo. Assim, praticamente todas as vacas experimentam algum grau de hipocalcemia durante os primeiros dias após o parto, e os intestinos e ossos se adaptam à lactação. O processo de adaptação começa com aumento na concentração plasmática de PTH e 1,25 dihidroxivitamina D3 no início da hipocalcemia. Aproximadamente 24 horas de estímulo do 1,25 dihidroxivitamina D3 são requeridas para que o transporte intestinal de cálcio seja aumentado significativamente. A reabsorção óssea (recrutamento e ativação dos osteoclastos) não é significativamente aumentada até pelo menos 48 horas de estímulo do PTH. No caso de vacas com febre do leite, este prazo pode ser ainda maior. Para essas vacas, a drenagem de cálcio pela glândula mamária reduz as concentrações de cálcio extracelular e plasmático, inclusive até ao ponto de uma eventual morte do animal, antes que a adaptação do intestino e ossos possa ocorrer.

O trabalho de Ramberg et al., (1970) mostra que, até a segunda semana de lactação, a reabsorção óssea parece estar muito baixa, tendo sido obtidos valores de 1,1 a 9,6 g. Da segunda para a terceira semana, observou-se elevação nos valores de reabsorção óssea, podendo isso representar a principal fonte de cálcio para o metabolismo animal.

Além dos vários fatores acima mencionados que afetam a homeostase do cálcio, como a idade dos animais, as perdas desse elemento no leite, fezes e urina são

maiores do que a absorção na época do parto. Além disso, a redução na ingestão de alimentos, a mobilização lenta do cálcio ósseo devido à insuficiência do PTH e 1,25 dihidroxivitamina D3, provocada pelo baixo metabolismo do Ca no período seco da vaca torna a glândula quiescente nessa fase.

Outros fatores são levantados como tendo algum envolvimento na hipocalcemia; entre os quais citam-se:

- ◆ o estrógeno elevado pode afetar a mobilização de cálcio;
- ◆ a hipomagnesemia reduz a mobilização do cálcio;
- ◆ a mastite por coliformes também provoca hipocalcemia;
- ◆ antibióticos aminoglicosídicos (neomicina, gentamicina etc.) levam à hipocalcemia;
- ◆ indivíduo, genética e raça são outros fatores.

Por que alguns indivíduos apresentam maior propensão à febre do leite do que outros? Esta é uma pergunta ainda sem resposta. Esses indivíduos podem elucidar melhor os mecanismos que levam à febre do leite e alguns caminhos para corrigir o problema.

Algumas raças têm também mostrado maior propensão à febre do leite do que outras. A raça Jersey tem sido considerada a mais susceptível e a Holandesa, apesar de mais produtiva, é menos propensa. Mas essa incidência também varia de rebanho para rebanho.

## Prevenção da febre do leite

Os tratamentos utilizados para prevenir a febre do leite estão todos baseados nos mecanismos de homeostase do cálcio discutidos anteriormente. Várias medidas podem ser tomadas para prevenir ou tratar a febre do leite, entre os quais tem-se:

- ◆ **Tratamento nenhum:** Neste caso, quando a doença se apresenta o que pode ser observado é que pode haver recuperação espontânea, mas são raros os casos. Outros animais podem ficar com o quadro inalterado por várias horas, mas esses animais também representam muito pouco, porque a maioria dos animais quando apresenta a doença o seu quadro clínico se deteriora muito rapidamente e entre 12 e 24 horas o animal morre.
- ◆ **Altos níveis de concentrado:** Durante muito tempo, do final da década de 20 até o início dos anos sessenta, as idéias de Boutflour, que preconizava altos níveis de concentrado e ordenhar as vacas antes do parto ("steaming up"), foi tido por ele como um eficaz tratamento contra a incidência de febre do leite. É

uma afirmação dele, dita num encontro em 1956, em Sidney, Austrália, que segue: “tudo que eu posso dizer a vocês é que em 33 anos de experiência nunca tive uma vaca caída com febre do leite”. Talvez estivesse af a solução, mas hoje os níveis de produção de leite das vacas especializadas são bem diferentes daqueles vividos por Boutflour e o potencial de sua recomendação talvez não tenha o mesmo efeito positivo. Naturalmente que a recomendação deve afetar algum ou alguns dos mecanismos de homeostase do Ca e assim ter efeito benéfico para o animal. Se considerarmos o efeito positivo de uma dieta aniônica sobre a prevenção da febre do leite, os altos níveis de concentrado recomendados levam a uma redução do BCAD da ração, já que os concentrados (grãos de cereais) têm BCAD próximo de zero. Todavia, convém ressaltar que é preciso também considerar a condição corporal da vaca antes do parto, para que o nível de fornecimento de concentrado não venha afetar o seu desempenho. Mas, apesar de todas as explicações, o trabalho do Kendal et al., (1970), que utilizaram dois níveis de concentrado 0,5% e 1,0% do peso vivo de vacas em final de lactação, sendo o feno de alfafa o volumoso utilizado, mostra que o efeito de maior ingestão de concentrado não diminuiu a incidência de febre do leite. É possível que o feno de alfafa tenha tido papel preponderante.

- ◆ **Proporção baixa de cálcio para fósforo:** A explicação para o benefício vem do fato de que os altos níveis de fósforo estimulariam maior mobilização de cálcio concomitantemente com aumento na excreção de fósforo pela urina (Blood e Radostis, 1993). Todavia, os trabalhos de Kichura et al., (1982) e Kendall et al., (1970) questionam os resultados dessa recomendação.
- ◆ **Baixa ingestão de Ca (45 g/dia) e de P (30 g/dia):** Nesse caso, o nível baixo de Ca serve como estímulo ao PTH (evitando a quiescência da glândula), que estimula a excreção de P e a produção da enzima 1-hidroxilase. Outra teoria, bastante razoável, é que o baixo nível de Ca na dieta faz com que haja diminuição da excreção de calcitonina e, portanto, diminuição na inibição do PTH. O baixo nível de fósforo, por sua vez, pode estimular a 1-hidroxilase, produzindo 1,25 dihidroxivitamina D3, quando somente ocorreria a absorção de cálcio. Como visto anteriormente, a mobilização óssea somente vai ocorrer pela ação do PTH mais o 1,25 dihidroxivitamina D3. A eficiência desse tipo de dieta é muito boa. Todavia, formular uma ração com baixos níveis de cálcio e fósforo não é fácil.
- ◆ **Quantidades médias de Ca (65-85 g/dia) e quantidades baixas de P (30 g/dia):** Nessa recomendação, o nível baixo de P estimulará a produção da 1-hidroxilase que pode aumentar o hormônio 1,25 dihidroxivitamina D3 e assim

a absorção de Ca. A mobilização óssea não fica tão estimulada, mas a partir do início da lactação esse processo se manifesta e a drenagem de Ca aumentará a produção de PTH e com o 1,25 dihidroxivitamina D3. Produzido como resultado do baixo nível de fósforo na dieta, observa-se aumento da mobilização óssea. Do ponto de vista prático, é mais fácil formular rações com esses níveis de Ca e P do que no caso anterior; todavia, a eficiência desse tipo de dieta é menor do que quando se trabalha com dietas baixas em Ca e P.

- ◆ **Altas ingestões de Ca (120 g/dia) e P (100 g/dia), mas em uma baixa proporção:** Nessa condição, o que se pode observar é que o P do sangue aumenta até o ponto onde a 1-hidroxilase não é produzida, mesmo se o excesso de P é excretado pela urina, porque o sistema está sobrecarregado de P; além disto, o sabor e a aceitação da ração são reduzidos pelo alto nível de P, que é usado para reduzir a proporção de Ca para P nas dietas com grandes quantidades de Ca, comum em rações mistas de leguminosas e gramíneas.
- ◆ **Doses maciças de vitamina D:** Tem sido outro tratamento preventivo utilizado para evitar a síndrome hipocalcêmica pós-parto em vacas de alta produção. O efeito positivo se manifestaria por meio de aumento na mobilização óssea e na absorção intestinal de Ca e P (Hibbs e Conrad, 1960). As desvantagens dessa recomendação é que é necessário determinar a data do parto, não muito prática, portanto; se houver interrupção, poderemos ter aumento na incidência de febre puerperal, provavelmente devido à depressão da atividade da paratireóide que se segue à administração (Blood e Radostis, 1993). Esses mesmos autores informam também que existe a possibilidade de uma calcificação metastática e tratamentos prolongados podem produzir efeitos tóxicos. O NRC (1989), por exemplo, considera 10.000.000 UI/dia como o nível máximo tolerável para vacas leiteiras.
- ◆ **Nandrolina, progesterona e PTH:** O emprego da Nandrolina e progesterona, embora não tenham afetado a concentração plasmática de Ca e P, fizeram os casos clínicos desaparecerem. O autor (Payne, 1970) acredita que ambas as substâncias diminuem a tendência de paralisia alimentar devido à elevação do estrógeno. O uso do PTH (Goff et al., 1991) em infusão intravenosa, à taxa de 146 mg/h, aumentou a concentração de 1,25 dihidroxivitamina D3, cálcio e hidroxiprolina no plasma de vacas gestantes com 24, 48 e 72 horas, respectivamente. Um mínimo de 46 horas a partir da infusão foi requerido na reabsorção óssea na vaca gestante. Oito vacas periparturientes foram alimentadas com dieta contendo alto Ca no período pré-parto. Quatro vacas foram tratadas com PTH via intravenosa antes do parto, duas pelo menos 60 horas e duas por menos de 24 horas antes do parto. As quatro vacas não tratadas desenvolveram a doença, enquanto

nenhuma das tratadas com PTH desenvolveu a doença. Aquelas que receberam PTH por um período menor que 24 horas apresentaram hipocalcemia, mas não se apresentaram recumbentes.

- ◆ **Emprego de dietas aniônicas:** Uma alternativa aos tratamentos preventivos relacionados anteriormente é o emprego do balanço cátion-aniônico dietético. A premissa é aquela de adicionar à dieta minerais capazes de alterar o pH intestinal, pois num ambiente intestinal levemente ácido observa-se maior absorção passiva de cálcio e que uma acidose suave permitirá maior mobilização óssea de cálcio. Portanto, o uso de dietas aniônicas, ricas em cloro e enxofre, por exemplo, tem mostrado aumento na mobilização e a absorção intestinal de cálcio, acompanhado de aumento na excreção urinária de cálcio (hipercalcúria) e redução no pH sangüíneo e urinário.

Vários resultados sobre o emprego de dietas aniônicas para prevenção da febre do leite existem na literatura. É aplicada de uma única vez. As recomendações são variáveis, importante ressaltar que todos os ensaios com efeitos benéficos foram realizados com alta concentração dietética de cálcio. Caso seja trabalhada com níveis baixos de cálcio, a dieta aniônica pode levar à hipocalcemia.

Dishington, 1975, citado por Block (1984), preveniu com sucesso a febre do leite em 92% dos casos, quando vacas foram alimentadas no período pré-parto com rações apresentando um BCAD negativo [calculado como miliequivalentes  $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{S}^-)$ ] e alto conteúdo de cálcio. Resultados igualmente satisfatórios (Tabela 9) foram encontrados por BLOCK (1994).

**Tabela 9.** Ingestão de matéria seca (IMS) na base de porcentagem do peso vivo (%PV), equilíbrio iônico, incidência de febre do leite ao parto e produção de leite para vacas alimentadas com dietas de pré-parto com excesso de cátions ou ânions.

	Nº de vacas	BCAD	IMS (%PV)	Incidência Febre do Leite (%)	Produção de leite (kg/305 dias)
Ano 1	10	+ 450	1,87	50,0	6585 <sup>a</sup>
	10	- 169	1,78	0,0	7203 <sup>b</sup>
Ano 2	09	+ 446	1,83	41,1	6735
	09	- 176	1,85	0,0	7075

<sup>a, b</sup> Médias com letras diferentes na coluna diferem estatisticamente ( $P < 0,05$ ).

BCAD =  $(\text{Na} + \text{Cl}) - (\text{Cl} + \text{S})$

BLOCK (1994).

A Tabela 9 mostrou aumento de 47% (soma dos anos 1 e 2) na incidência da febre do leite, quando vacas pré-parto foram alimentadas com a ração apresentando BCAD positivo e zero quando a ração pré-parto tinha um BCAD negativo.

Vários outros trabalhos mostram também redução na incidência da febre do leite quando se utilizam sais aniônicos.

Beede (1992) relaciona os cinco artigos mais citados e seus efeitos sobre a febre do leite. Além da evidência de que as dietas aniônicas reduzem a incidência de hipocalcemia, também outros resultados podem advir do uso do BCAD negativo, como, por exemplo, menor incidência de retenção de placenta, melhora no desempenho reprodutivo e produtivo. Entretanto, Tucker et al., (1992) sugere menor incidência de edema de úbere em animais de primeira parição alimentados com uma dieta aniônica.

Outra pergunta ainda sem resposta é o quanto negativa deve ser a dieta para obter efeitos benéficos sobre a incidência da febre do leite. Segundo Beede (1992), a recomendação de -10 a -15 meq/100 g de MS talvez seja mais negativa do que seria necessário para alcançar um bom controle da hipocalcemia subclínica. Entretanto, essa recomendação é sugerida porque ela proporciona margem de segurança. Frequentemente, o consumo total de K não é bem controlado ou conhecido por falta de precisão acerca do conteúdo de potássio de todos os alimentos na dieta e a falha na mensuração da ingestão de K de animais manejados em condições de pasto ou recebendo feno à vontade. Torna-se difícil também alcançar a recomendação quando a concentração de K é alta (maior do que 1,2% na base da MS).

## BCAD e produção de leite

Para ser benéfico em vacas em lactação, o BCAD precisa ser positivo isto porque essa categoria animal apresenta alta taxa metabólica e o ambiente celular tende a ser acidótico. Portanto, uma dieta catiônica traria o efeito alcalinogênico de Na e K.

Fettman et al. (1984), trabalhando com cloro, observou aumento no consumo, ganho de peso e produção de leite, quando o nível de Cl passou de 0,10 para 0,45% na ração.

A produção de leite foi maior quando vacas leiteiras (três a oito meses pós-parto) foram alimentadas com dieta apresentando +20 meq/100 g MS [(Na - K) - Cl] e -10 meq/100 g de MS (Tucker et al., 1992). O aumento foi de 8,6% e foi relacionado com o aumento na ingestão de alimento. Com relação a outras

variáveis, observou-se aumento linear no pH, bicarbonato sangüíneo e pH urinário quando o BCAD saiu de -10 para +20 meq/100 g de MS (Tabela 9).

Se for verdadeiro o efeito do BCAD sobre o desempenho produtivo de animais em lactação, seria importante considerar a variação na produção de leite com o estágio de lactação e, assim, formular rações com BCAD diferentes para atender essas fases distintamente.

Outro comentário que se pode fazer sobre o uso de dietas aniônicas vêm do lado econômico-financeiro. Beede et al., (1992) encontraram economia de 52 dólares por vaca considerando toda a lactação. O custo da adição de sais aniônicos para cada vaca durante três semanas pré-parto foi de cinco dólares. Somente a melhoria na produção de leite resultou em 10 dólares para um dólar investido. Isto não inclui qualquer estimativa de ganho econômico potencial por causa da redução na incidência da febre do leite e outros problemas de saúde, e melhora no desempenho reprodutivo.

## BCAD e aceitabilidade da dieta

Como já mencionado, os sais aniônicos utilizados para atingir o BCAD desejado podem afetar a aceitabilidade das rações e, por conseguinte, a ingestão de alimentos. Alguns sais aniônicos apresentam baixa aceitabilidade. O  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , por exemplo, foi inicialmente considerado não-aceitável e depressor do consumo e por vezes tóxico. No trabalho de Oetzel et al., (1988) observou-se que uma mistura de 100 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  e 100 g de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , em ração completa, reduziu em cerca de 0,6 kg/vaca/dia o consumo de matéria seca durante o período pré-parto. Se for o caso de empregar-se os sais aniônicos com os concentrados, o efeito sobre a ingestão poderia ser mais pronunciado. Entretanto, Oetzel (1988) sugere que se misturem os sais com o concentrado e fornecer em duas refeições diárias, mas se possível misturar os sais em ração completa.

Trabalhando com seis sais aniônicos, sulfatos e cloretos, Oetzel (1988) demonstrou que os sais de Ca e Mg têm menor potencial para toxicidade do que os sais de  $\text{NH}_4$  por não conterem fonte de nitrogênio não-proteico. Conclui o autor que também o enxofre teve efeito similar ao cloro na acidificação do BCAD sistêmico, e que todos os sais estudados ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ; e  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) apresentaram potencial semelhante para modificar as variáveis do metabolismo do Ca. A combinação desses sais é

recomendada para diminuir a toxidez potencial devido ao possível excesso de NNP,  $\text{SO}_4$  ou Mg.

O consumo de concentrados contendo vários sais aniônicos foi avaliado (Oetzel, 1988), em 12 vacas gestantes, não-lactantes e multíparas, misturando-se os sais aniônicos com 2,27 kg do concentrado oferecido uma vez ao dia separado do volumoso (mistura de feno de alfafa e gramínea). Observou-se que o consumo da mistura de concentrado foi 97,6% para a dieta controle (sem adição de sais aniônicos) e 76,5, 34,4, 28,6, e 23,7% para  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , mistura de sais aniônicos peletizados,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  e  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , respectivamente. A mistura de concentrado contendo  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  foi a mais consumida.

## BCAD e estresse térmico

As interações do BCAD com o estresse térmico podem resultar de algumas condições, como por exemplo: acidose e alcalose metabólica envolvendo bicarbonato; acidose e alcalose respiratórias relacionadas com a pressão de gás carbônico (pH abaixo de 7,4 estimula a respiração e, se mais elevado, o efeito é inverso). Quando se tem pressão de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) maior do que 40 mm de mercúrio (Hg) há estímulo à respiração, enquanto pressões inferiores inibem (Coppock et al., 1982). Esses mesmos autores informam que a respiração também aumenta quando o pH baixo resulta da eliminação de bicarbonato. Com a elevação da temperatura, reduz-se a capacidade de combinação de  $\text{CO}_2$  do sangue das vacas leiteiras. O efeito é mais acentuado para animais em lactação. Uma elevação no pH do sangue e alteração na elevação entre o conteúdo de  $\text{CO}_2$  arterial e venoso acompanham este declínio. Em ambientes com temperaturas acima de 29°C, os animais podem desenvolver alcalose respiratória.

No caso do Brasil, onde predominam os climas tropical e subtropical, o que se observa são temperaturas altas que induzem a maior taxa respiratória para facilitar a dissipação do calor, podendo isto induzir a alcalose respiratória, associada com pH urinário elevado e maior taxa líquida de excreção ácida.

West et al., (1991) observaram aumento linear na produção de leite com o aumento do BCAD quando estudaram o efeito de vários BCAD (+2,5; +15; +27,5 e +40 meq/100 g de MS) sobre o desempenho produtivo em ambientes frios e quentes.

Agora avaliando os efeitos do BCAD e fontes de cátions sobre a produção e o *status* ácido-básico do estresse calórico em vacas da raça Holandesa. West et

al., (1991) observaram que houve elevação na temperatura corporal das vacas pelas condições ambientais mas não houve efeito de BCAD. O consumo de matéria seca aumentou linearmente, mas a produção de leite não variou com o aumento do BCAD e a fonte de cátion não teve efeito. Além disso, observou-se que o mais alto pH sangüíneo, o aumento do bicarbonato sangüíneo e o aumento no excesso de bases no sangue indicam melhoria na capacidade tamponante do sangue, o qual pode ser o mecanismo envolvido na melhora do desempenho do animal nestas condições.

## Conclusões

Algumas considerações práticas sobre suplementação com sais aniônicos:

- ◆ O balanço cátion-aniônico dietético mostra afetar a *status* ácido-básico e o metabolismo do cálcio, resultando em alterações nas respostas fisiológicas, de saúde e produtivas dos animais.
- ◆ **Valor BCAD ideal** - O valor BCAD ótimo ainda não foi determinado. Ele tem variado de -7,5 a -22,8 meq/100 g de matéria seca nos vários trabalhos de pesquisa publicados. Beede (1992) recomenda valores entre -10 e -15 meq/100 g de matéria seca.
- ◆ **Tempo de suplementação** - O tempo de suplementação com sais aniônicos da dieta pré-parto tem variado de 21 a 45 dias. Acredita-se que, pelo menos, 10 dias sejam necessários. Beede (1992) recomenda 30 dias de suplementação pré-parto. Convém chamar a atenção que, imediatamente após o parto, a vaca deve receber dieta com valor BCAD positivo.
- ◆ **Quantidade de nitrogênio não-proteico da dieta** - No caso da utilização de sulfato de amônio e/ou cloreto amônio para diminuição do valor BCAD da dieta, deve-se adaptar os animais a dieta 10 dias e usar no máximo 0,25% da MS da dieta.
- ◆ **Escolha do sal aniônico** - A escolha de um ou outro sal vai depender muito de preço e disponibilidade no mercado. Usualmente, faz-se uso de uma mistura de sulfato e cloreto. O sulfato deve ser suplementado inicialmente, até que o conteúdo em S total da dieta alcance 0,35 - 0,40%. O sulfato de cálcio é uma boa escolha, pois o nível de cálcio da dieta pré-parto deve ser elevado para uma faixa de 1,2 a 1,6%. Se o valor BCAD não foi alcançado, utilizar o cloreto até que o valor BCAD alcance -10 a -15 meq/100 g de MS.
- ◆ As dietas aniônicas mostraram ter boa eficiência na prevenção da febre do leite.

- ◆ Vários outros tratamentos podem ser eficientes na prevenção da febre do leite, principalmente níveis baixos de Ca no período pré-parto.
- ◆ Parece existir resposta positiva para dietas com BCAD positivo sobre a produção de leite.
- ◆ A aceitabilidade das rações contendo sais aniônicos pode comprometer o consumo de alimentos.

## Referências bibliográficas

- BEEDE, D. K. The BCAD concept: Transition rations for dry pregnant cows. **Feedstuffs**, v. 64, p. 53, 1992.
- BLOCK, E. Manipulating dietary anions and cations for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 67, p. 2939-2948, 1984.
- BLOCK, E. Manipulation of dietary cation-anion difference on nutritionally related production disease, productivity, and metabolic responses of dairy cows. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, REUNIÃO ANUAL DA SOC. BRAS. DE ZOOT., 31., 1984, Maringá. **Anais...** Maringá, 1984. p. 21-48.
- BLOOD, D. C.; RADOSTIS, O. M.; HENDERSON, J. A. **Veterinary Medicine**. 6. ed. London: Bailliere Tindall, 1993. 1310 p.
- CAMPOS, O. F. et al. **Gado de leite: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. rev. melh. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 59.
- COLE, H. H. Calcium metabolism with special reference to parturient paresis (milk fever) in dairy cattle: a review. **J. Dairy Sci.**, v. 39, p. 1027, 1956.
- COPPOCK, C. E.; GRANT, P. A.; PORTZER, S. J. et al. Effect of varying dietary ratio of sodium and chloride on the responses of lactating dairy cows in hot weather. **J. Dairy Sci.**, Champaign. v. 65, n. 4, p. 552-565, 1982.
- DISHINGTON, I. W. Prevention of milk fever (hypocalcemic paresis puerperalis) by dietary salt supplements. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 16, p. 503, 1975.
- FAOSTAT. **Agriculture**. FAO, 2005. Disponível em: <[www.fao.org](http://www.fao.org)>. Acesso em: 18 out. 2005.
- FETTMAN, M. J. L. E.; CHASE, J.; BENTINCK-SMITH, C. E. et al. Nutritional chloride deficiency in early lactation Holstein cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 67, p. 2321, 1984.

GAST, D. R.; HORST, R. L.; JORGENSEN, N. A. et al. Potential use of 1,25 dihydroxicholecalciferol for prevention of parturient paresis. *J. Dairy Sci.*, v. 62, p. 1009, 1979.

GOFF, J. P.; HORST, R. L.; MURLLER, F. J. et al. Addition of chloride to a prepartal diet high in cations increases 1,25 dihydroxyvitamin D response to hypocalcemia. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v. 74, n. 12, p. 3863-3871, 1991.

GOINGS, R. L.; JACOBSON, N. L.; BEITZ, D. C. et al. Prevention of parturient paresis by a prepartum calcium deficient diet. *J. Dairy Sci.*, v. 57, p. 1184, 1974.

GREOROVIC, F.; SKUSEK, F.; KESNAR, F. et al. Crystalline vitamin D<sub>3</sub> for the prevention of milk fever in cattle. *Veterinary Record*, v. 79, p. 161, 1967.

HIBBS, J. W.; CONRAD, H. R. Studies of milk fever in dairy cows. Effect of three prepartal dosage levels of vitamin D on milk fever incidence. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v. 43, p. 1124-1129, 1960.

HORST, R. L.; GOFF, J. P.; REINHARDT, T. A. Symposium: calcium metabolism and utilization. Calcium and vitamin D metabolism in the dairy cow. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v. 77, n.7, p. 1936-1951, 1994.

JULIEN, W. E.; CONRAD, H. R.; HIBBS, J. W. et al., Milk fever in dairy cows VIII, Effect of injected vitamin D<sub>3</sub> and calcium and phosphorus intake on incidence. *J. Dairy Sci.*, v. 60, p. 431, 1977.

KENDAL, I.; HENRICSON, B.; JONSSON, G. Genetical and statistical investigations on parturient paresis in cattle. In: ANDERSON, J.J.B. *Parturient hypocalcemia*. Now York. Academic Press, p. 49-54, 1970.

KENDAL, K. A.; HARSHBERGER, K. E.; HAYS, R. L.; ORMISTON, E. E. Blood serum composition associated with prepartum diet and colostrum removal in relation to parturient paresis. In: ANDERSON, J.J.B. *Parturient hypocalcemia*. New York: Academic Press, 1970. p. 55-70.

KICHURA, T. S.; HORST, R. L.; BEITZ, D. C.; LITTLEDIKE, E. T. Relationships between prepartal dietary calcium and phosphorus, vitamin D metabolism and parturient paresis in dairy cows. *J. Nutr.*, v. 112, p. 480-487, 1982.

LECLERC, H.; BLOCK, E. Effects of reducing dietary cation-anion balance for prepartum dairy cows with specific reference to hypocalcemic parturient paresis. *Canadian J. Anim. Sci.*, v. 69 n. 2, p. 411, 1989.

- MONGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation balance in poultry. In: HARESIGN, W. (Ed.). **Recent advances in animal nutrition**. London: Butterworths, 1981. p. 109-119.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6. ed. rev. Washington, DC: National Academy Press, 1989.
- OETZEL, G. R. Meta-analysis of nutritional risk factors for milk fever in dairy cattle. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 74. n.1, p. 3900-3912, 1988.
- OETZEL, G. R.; OLSON, J. D.; CURTIS, C. R.; FETTMAN, M. J. Ammonium chloride and ammonium sulfate for prevention of parturient paresis in dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 71, p. 3302-3309, 1988.
- OETZEL, G. R.; BARMORE, J. A. Intake of a concentrate mixture containing various anionic salts fed to pregnant, nonlactating dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 76, n.6, p. 1617-1623, 1988.
- ORTOLANI, E. L. Aspectos epidemiológicos da hipocalcemia de vacas leiteiras em um rebanho do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA, 1994, Olinda. **Anais...** Olinda, 1994. p. 388.
- PAYNE, J. M. Some recent work on the pathogenesis and prevention of milk fever. In: ANDERSON, J. J. B. **Parturient hypocalcemia**. New York: Academic Press, 1970. p. 1-13.
- RAMBERG JR., C. F.; PHANG, M. J.; KRONFELD, D. S. A compartmental model of calcium metabolism in cows. In: ANDERSON, J. J. B. **Parturient hypocalcemia**. New York: Academic Press, 1970. p. 119-134.
- TAKAGI, H.; BLOCK, E. Effects of manipulating dietary cation-anion balance on macromineral balance in sheep. **J. Dairy Sci.**, v. 74, n. 12, p. 4202, 1991.
- TUCKER, W. B.; HARRISON, G. A.; HEMKEN, R. W. Influence of dietary cation-anion balance on milk, blood, urine and rumen fluid in lactating dairy cattle. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 71, n. 2, p. 346-354, 1992.
- TUCKER, W. B.; HOGUE, J. F.; ADAMS, G. D. et al. Influence of dietary cation-anion balance during the dry period on the occurrence of parturient paresis in cows fed excess calcium. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 70 n.4, p. 1238, 1992.
- WANG, C.; BEED, D. K. Effects of ammonium chloride and sulfate on acid-base status and calcium metabolism of dry Jersey cows. **J. Dairy Sci.**, v. 75 n.3, p. 820, 1992.

WANG, G. M. et al. Função dos nutrientes e sintomas de deficiências. In: A SOJA no Brasil. Campinas: ITAL, 1981. p. 156-167.

WATERMAN, D. F.; SWENSON, T. S.; TUCKER, W. B.; HEMKEN, R. W. Role of magnesium in the dietary cation-anion balance equation for ruminants. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v. 74, n. 6, p. 1866-1873, 1991.

WEST, J. W.; HAYDON, K. D.; MULLINIX, B. G.; SANDIFER, T. G. Dietary cation-anion balance and cation source effects on production and acid-base status of heat-stressed cows. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v. 75. n.10, p. 2776-2786, 1991.

WEST, J. W.; MULLIINIX, B. G.; SANDIFER, T. G. Changing dietary eletrolyte balance for dairy cows in cool and hot enviroment. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v. 74, n 5, p. 1662-1674, 1991.

WHITING, S. J.; DRAPER, H. H. Effect of a chronic acid load as sulfate or sulfur aminoacids on bone metabolism in adult rats. *J. Nutr.*, v. 111, p. 1721, 1981.

**Embrapa**

***Gado de Leite***

**Apoio**



**Mais tecnologia. Mais resultados.**

**Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

