



ARTIGO 261

BALANÇO CÁTION ANIÔNICO E FEBRE DO LEITE: IMPLICAÇÕES NA BOVINOCULTURA LEITEIRA

Cation anion balance and milk fever: implications in dairy cattle

Cibelle Borges Figueiredo¹, Hermógenes Almeida de Santana Júnior², Elizângela Oliveira Cardoso Santana³, Antônio Hosmylton Carvalho Ferreira², Marilene dos Santos Maciel¹, Zeliana Fernandes de Oliveira¹, Elves Souza Cardoso¹, Alex Lopes da Silva¹

RESUMO: O início da lactação em vacas leiteiras é marcado pelo aumento da demanda sobre os mecanismos de homeostase do cálcio. Desta forma, a maioria das vacas desenvolve algum grau de hipocalcemia nesta fase, pois não conseguem se adaptar a esta súbita. Esse fator pode ocasionar a hipocalcemia, enfermidade é caracterizada pelos sinais clínicos que variam de tremores musculares, nos estágios iniciais, até a paralisia flácida, coma e morte nos estágios mais avançados. Os tratamentos aplicação de cálcio (Ca) intravenosa produzem muito bons resultados a são capazes de manter a vaca viva até que o intestino e os ossos se adaptem aos mecanismos que transportam o Ca. A importância da hipocalcemia para a atividade leiteira não é bem quantificada devido à pequena incidência de casos; além disso, o tratamento é eficaz e facilmente realizado. O balanço cátion aniônico age diretamente no equilíbrio ácido-base de ruminantes adultos, podendo influenciar o desempenho da lactação, o metabolismo do Ca e a utilização do fósforo (P) e manipular outras funções fisiológicas, a fim de beneficiar a saúde e a produtividade das vacas. Essa forma de suplementação mineral vem como forma de prevenção deste mal que muitas vezes não é perceptível e pode levar a morte.

Palavras chave: Cálcio. Hipocalcemia. Metabolismo.

ABSTRACT: The early lactation in dairy cows is marked by increased demand on the mechanisms of calcium homeostasis. Thus, most cows develop some degree of hypocalcemia at this stage, because they cannot adapt to this sudden. This factor can lead to hypocalcemia, disease is characterized by clinical symptoms ranging from muscle tremors in the early stages until flaccid paralysis, coma and death in later stages. The application of calcium intravenous treatments produce very good results are able to keep the cow alive until the intestine and bones adapt to the mechanisms that carry calcium (Ca). The importance of hypocalcaemia for dairy farming is not well quantified because of the low incidence cases, in addition, the treatment is effective and easily accomplished. The cation anion balance acts directly on the acid-base balance of adult ruminants, but can influence the performance of lactation, the metabolism of Ca and the use of phosphorus (P) and manipulate other physiological functions in order to benefit the health and productivity cows. This form of mineral supplements come in order to prevent this evil that is often not noticeable and can lead to death.

keywords: Calcium. Hypocalcemia. Metabolism.

¹Graduando em Zootecnia na Universidade Estadual do Piauí, *Campus* Dep. Jesualdo Cavalcanti de Barros, Corrente/PI. ²Professor Adjunto da Universidade Estadual do Piauí, *Campus* Dep. Jesualdo Cavalcanti de Barros, Corrente/PI. E-mail: hsantanajunior@hotmail.com ³Doutoranda em Zootecnia na Universidade Estadual do Sudoeste Bahia, *Campus* Juvino Oliveira, Itapetinga/BA



INTRODUÇÃO

Além das descobertas dos macro e microminerais essenciais ao funcionamento do organismo animal, estudos têm se dirigido também na relação entre os cátions e ânions presentes em uma determinada dieta auxiliando nos processos metabólicos do animal em uma determinada fase de produção, desta forma, as dietas aniônicas e catiônicas têm sido pesquisadas e utilizadas na produção animal, principalmente na alimentação de vacas no pré-parto, classe animal, frequentemente negligenciada pelos produtores porque não estão produzindo leite e conseqüentemente não contribuem diretamente no lucro líquido da propriedade.

O início da lactação em vacas leiteiras é marcado pelo aumento da demanda sobre os mecanismos de homeostase do cálcio. Desta forma, a maioria das vacas desenvolve algum grau de hipocalcemia nesta fase, pois não conseguem se adaptar a esta súbita.

A doença se manifesta quando as quantidades diárias de cálcio demandadas pela glândula mamária, sobrepõem a capacidade do paratormônio e vitamina D₃ em manter a homeostase do cálcio sanguíneo. Por este motivo, vacas velhas e, de alta produção são o principal grupo de risco (Goff, 2006).

Uma alternativa que vem sendo usada é o balanço da dieta de vacas e novilhas no pré-parto com cátions e ânions. A dieta aniônica provoca acidose metabólica moderada, que, por sua vez, aumenta a capacidade de resposta dos tecidos ao hormônio PTH (Goff et al., 1991) e aumenta o fluxo de Ca através do pool de Ca trocável (Takagi & Block, 1991), habilitando a vaca a manter os níveis de Ca normal durante a partição.

O valor do BDCA deve ficar entre -100 e -150 mEq/kg de matéria seca (MS) para a manutenção da concentração plasmática de Ca dentro dos limites normais (Moore et al., 2000).

O BDCA é determinado pelo balanço entre os cátions fixos totais (biodisponíveis e não metabolizáveis) e os ânions fixos totais presentes na dieta (Wang et al., 1996). Os minerais, sódio (Na), potássio (K), cloro (Cl) e enxofre (S) têm sido utilizados no cálculo do BDCA porque sua importância no metabolismo está associada à sua participação no balanço osmótico, ácido-básico e no mecanismo de bombeamento e integridade de membranas (Block, 1994).

O papel dos outros minerais, como Cálcio (Ca), fósforo (P) e magnésio (Mg), no equilíbrio ácido-básico ainda não está completamente entendido. Goff (1992), recomenda a utilização destes minerais no cálculo do BDCA, mas as fórmulas são mais complexas e não têm sido utilizadas na grande maioria dos trabalhos.

REVISÃO DE LITERATURA

O metabolismo do cálcio

O cálcio extracelular é essencial para a formação do esqueleto e tecidos, a transmissão de impulsos nervosos excitação e contração muscular esquelética e cardíaca, coagulação sanguínea, e como componente do leite.

Os ossos contêm 99% do cálcio (Ca) e 85% do fósforo (P) do corpo. Cálcio e fósforo desempenham um papel importante na regulação homeostática. Por exemplo, o cálcio é um co-fator importante no processo de formação de coágulos de sangue e, junto com o sódio (Na⁺) e potássio (K⁺), ajuda a manter o potencial de membrana das células. Isto é essencial para a manutenção e regulação da excitabilidade nervosa e muscular, assim como a manutenção de todas as funções celulares. Além disso, o Ca age como um co-fator de várias enzimas e, é essencial na ativação de vários mensageiros intracelulares para o sistema endócrino.



O fosfato é um componente importante em muitas moléculas biológicas, incluindo nucleotídeos, ácidos nucleicos, fosfolipídios, proteínas e enzimas. Cálcio e fosfato são armazenados nos ossos como hidroxiapatita, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, a forma insolúvel do mineral na matriz óssea. A hidroxiapatita é solubilizada em ambientes ácidos, em resposta ao sangue reduzido Ca^{2+} .

Regulamentação e manutenção dos níveis de cálcio no sangue envolve um equilíbrio entre fontes de cálcio em circulação e os mecanismos para remover cálcio da circulação sanguínea. Cálcio na circulação é derivado de cálcio ingerido na dieta e absorvido pelo intestino delgado e de mobilização de cálcio do esqueleto. Regulação dos níveis de cálcio no sangue ocorre ao nível do órgão no epitélio intestinal e os rins. No epitélio intestinal o cálcio, a partir da dieta é transportado ativamente para a circulação.

Os rins regulam as concentrações circulantes de cálcio através de processos de excreção de cálcio e reabsorção. Esses processos, essencial para a manutenção da homeostase do cálcio, são regulados em grande parte do sistema endócrino.

Os três principais hormônios que regulam a absorção intestinal, excreção renal e homeostase óssea do cálcio e do fosfato são hormônio da paratireóide (PTH), a vitamina D_3 1,25-diidroxi ($1,25\text{-(OH)}_2\text{-D}_3$) e calcitonina (CT).

O PTH e vitamina D no sangue elevam concentrações de cálcio em resposta a níveis séricos de cálcio reduzidos, enquanto CT reduz o cálcio no sangue em resposta a elevados de cálcio.

Secreção de PTH é estimulada por hipocalcemia, e funciona através de três mecanismos para aumentar os níveis de Ca: PTH estimula a liberação de Ca do osso, estimulando a reabsorção óssea, diminui a perda urinária de Ca, estimulando a reabsorção de Ca e estimula indiretamente a absorção de Ca no intestino delgado,

estimulando a síntese de $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}$ nos rins.

Nos ossos o PTH tem um efeito rápido, segundo o qual estimula os osteoblastos e a bomba de íons Ca^{2+} para fora do fluido que envolve o osso, para o fluido extracelular.

Nos rins os efeitos mais importantes sobre o PTH trabalham em função de aumentar os níveis de Ca no fluido extracelular. Primeiro, diminui as perdas de Ca na urina. A reabsorção é o termo usado para descrever a transferência de substâncias da urina a fim de reintegrá-lo ao fluido extracelular. A reabsorção é realizada pelas células dos túbulos renais, permitindo a recuperação do Ca, e inibindo a reabsorção de fosfato.

O outro efeito do PTH nos rins é estimular a produção de $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$, a forma ativa da vitamina D. O PTH induz a produção renal do metabólito da Vitamina D, a $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$. Este hormônio esteróide atua sinergicamente com o PTH para aumentar o cálcio plasmático através da estimulação da reabsorção óssea osteoclástica e aumentando a reabsorção tubular renal de cálcio. Entretanto, $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$ é mais importante pela sua habilidade de estimular o transporte do cálcio dietético através do epitélio intestinal.

Febre do leite

A paresia puerperal (também chamada de febre do leite e hipocalcemia) é uma doença metabólica comum em animais leiteiros, que ocorre no período do pré-parto ou pós-parto especialmente em vacas de alta produção. A doença é caracterizada por um rápido declínio nas concentrações de Ca do plasma, resultante da mobilização relativamente grande de Ca para formação do colostro, também caracteriza a fraqueza muscular.

Uma vaca que produz, por exemplo, 10 litros de colostro, perde aproximadamente 23 g de Ca em uma única



ordenha. Esta quantia é aproximadamente nove vezes maior do que o Ca presente em todo o pool de plasma da vaca (Host et al., 1997).

O cálcio perdido deve ser repostado pelo aumento de absorção de Ca intestinal, por aumento da reabsorção de Ca dos ossos e reabsorção pelos túbulos renais, ou por ambos os processos.

Normalmente a concentração de cálcio no plasma sanguíneo é 2,2 a 2,5 mM (9 a 10 mg/dL ou 4,4 a 5 mEq/L) em vacas adultas, com valores ligeiramente superiores em bezerros segundo NRC, (2001).

Doenças como a hipocalcemia são apontadas como fator predisponente ao balanço energético negativo, por influenciar o consumo de matéria seca (Goff, 2006; Wilde, 2006). Esta doença que em sua forma subclínica pode apresentar uma incidência de 5 a 10 % por lactação, em rebanhos de alta produção, sendo considerada uma das principais enfermidades do período de transição de vacas leiteiras (Houe, 2001).

A demanda do cálcio para as funções metabólicas e de manutenção no período de transição e produção de colostro no pós-parto, que pode alcançar 20 a 30g de cálcio por dia (Goff & Horst, 1997).

Em consequência disso, a maioria das vacas passam por período de hipocalcemia no periparto e a maioria dos casos essa hipocalcemia prorroga por até 10 dias.

A consequência genérica da hipocalcemia é a perda de tônus muscular resultando num relaxamento do músculo esquelético, da musculatura lisa do útero, do esfíncter mamário e do trato digestivo, contribuindo para maior incidência da síndrome da vaca caída, retenção de placenta, mamite, e deslocamento de abomaso e outros.

A hipocalcemia, tem uma associação com outras doenças do período periparto, como distocia, retenção de

placenta, cetose e mastite (Curtis et al., 1983), redução da vida produtiva da vaca leiteira em 3,4 anos (Payne, 1968).

A retenção das membranas fetais também é freqüente em nosso meio, sendo encontrada num levantamento em 16 % das vacas parturientes (Corassin, 2004). Por consequência disso aumenta-se as chances do surgimento de metrites e endometrites. Essas enfermidades podem acometer um grande número de vacas alcançando num levantamento nacional 20,7 % do rebanho (Ortolani, 2009).

A laminite é um quadro muitas vezes decorrente da acidose ruminal, em especial da por AGVs. Numa série de 126 induções de acidose ruminal em bovinos adultos, por meio de administração de sacarose por via intra-ruminal, 106 deles manifestaram quadro clínico e laboratorial de acidose por AL e os demais acidose por AGVs. Dentre os primeiros apenas um deles apresentou quadro posterior de laminite (0,94%), enquanto que nove em 20 (45 %) com acidose por AGVs desenvolveram esta enfermidade podal (Ortolani, 2009).

Uma das enfermidades menos diagnosticadas no período pós-parto é a cetose. Ortolani, (2009) realizou levantamento com 20 veterinários que atuam na clínica de gado leiteiro e verificou que apenas metade deles sabia e realizava diagnósticos clínicos corriqueiros de cetose em vacas no pós-parto. Alguns levantamentos nacionais revelaram que pelo menos 17,5 % das vacas de alta produção no primeiro mês de lactação apresentam o problema.

Finalmente, cita-se entre as enfermidades mais freqüentes no puerpério o deslocamento do abomaso à esquerda (DAE). Levantamento nacional detectou a presença dessa afecção em 1,8% das vacas paridas (Corassin, 2004).

Curtis et al., (1983) demonstrou que vacas se recuperando de febre do leite têm oito vezes maior chance de sofrerem



de cetose e mastite. A incidência de distorcia, retenção de placenta, deslocamento de abomaso e prolapso uterino também são gradativamente aumentados como resultados de febre de leite (Horst et al., 1997).

A hipocalcemia (concentração de cálcio iônico < 4,0 mg/dL) à parição, mas não demonstram sinais clínicos é chamada de hipocalcemia subclínica apresenta maior incidência, devido à falta de diagnóstico e conseqüente ausência no tratamento, pode ocasionar maiores prejuízos à bovinocultura leiteira.

No aleitamento a quantidade de cálcio por quilo de leite produzido, varia ligeiramente de acordo a proteína do leite e, quanto a raça.

O cálcio absorvido requerido/kg de leite produzido e 1,22 g para vacas holandesas, 1,45 g /kg para vacas Jersey e 1,22 para outras raças. Outras vacas requerem cerca de 2,1 g/kg de Ca de colostro produzido (NRC, 2001).

A proporção de cálcio na dieta diminui a absorção de cálcio aumenta exigência acima dos tecidos de cálcio absorvida.

Novilhas quase nunca desenvolvem o quadro de febre do leite. O risco maior está em vacas mais velhas e em pico de lactação. Novilhas produzem menos colostro e menos rico em cálcio, por estarem em formação dos ossos, pois ainda se encontra em crescimento. Ossos em crescimento têm um grande número de osteoclastos presentes, capaz de reagir mais prontamente hormônio da paratireóide que os ossos de bovinos adultos. Vacas mais velhas têm menos receptores de vitamina D intestinal (Horst et al., 1990). Fator considerável para predisposição de hipocalcemia.

Colostro e leite de vacas da raça Jersey tem um maior teor de cálcio do que o produzido por vacas holandesas, que podem colocar uma tensão de cálcio

relativamente grande sobre as vacas Jersey. Em um estudo, as vacas Jersey foram detectadas significativamente menores número de receptores intestinais para 1,25 – dihidroxi vitamina D do que a raça Holandesa (Goff et al., 1996). Menos receptores podem prejudicar a capacidade de vacas Jersey para manter a homeostase do cálcio.

Os sinais clínicos variam de tremores musculares, nos estágios iniciais, até a paralisia flácida, coma e morte nos estágios mais avançados. Os tratamentos aplicação de Ca intravenosos produzem muito bons resultados a são capazes de manter a vaca viva até que o intestino e os ossos se adaptem aos mecanismos que transportam o Ca.

A importância da hipocalcemia para a atividade leiteira não é bem quantificada devido à pequena incidência de casos; além disso, o tratamento é eficaz e facilmente realizado.

A incidência de hipocalcemia aumenta em função da idade, sendo esta relação explicada pelo fato de que a produção de leite aumenta, enquanto que a disponibilidade de cálcio diminui com a idade (Oetzel et al., 1993).

FORMAS DE EVITAR FEBRE DO LEITE

Balanço Cátion-Aniônico

No início da década de 70, pesquisadores noruegueses verificaram que vacas em préparto alimentadas com forragem tratada com ácido clorídrico ou sulfúrico apresentavam menor incidência de febre do leite, o que poderia ser explicado pela diferença cátion-ânion da dieta (DCAD) pré-parto.

Pesquisas americanas demonstraram que vacas da raça Holandesa alimentadas com uma dieta convencional (50-90 gramas/ Cálcio / vaca/ dia) com um DCAD positivo e nenhuma suplementação



de sal aniônico apresentaram 51% de hipocalcemia subclínica, 10% de hipocalcemia clínica e somente 39% estavam normal.

Quando sais aniônicos foram adicionados as dietas, 20% estavam com

hipocalcemia subclínica, 4% hipocalcemia clínica e 76% estavam normal (Oetzel et al., 1988), na Tabela I estão apresentado outros dados referentes a manipulação da diferença cátion-ânion da dieta incidência de febre do leite.

TABELA I. Efeito da diferença catiônica-aniônica da dieta na incidência de febre do leite.
(Effect of cation-anion difference of diet on the incidence of milk fever).

Autor	DCAD (meq/100g de MS)	Número de animais	Febre do leite (%)
Dishington (1975)	-11,90	6	17
	-2,20	6	0
	+34,60	14	86
Block (1984)	-12,90	19	0
	+33,10	19	48
Oetzel et al. (1988)	-7,50	24	4
	+18,90	24	17
Gaynor et al. (1989)	+22,00	5	0
	+60,00	6	33
	+126,00	6	17
Beede (1992)	-25,00	260	4
	+5,00	250	9

Fonte: Beede (1992).

Os eletrólitos da dieta podem ser classificados com ânions ou cátions. Ânions tem carga negativa e cátions carga positiva. Os mais importantes cátions da dieta são o sódio, potássio, cálcio, magnésio e os ânions são: cloro, enxofre e fósforo. O sódio, potássio e cloro, os quais são íons monovalentes e exercem um forte efeito iônico no equilíbrio ácido-básico e são denominados como “íons fortes”. O DCAD é a diferença em miliequivalente entre os principais cátions e ânions da dieta e podem ser calculado de acordo com as várias equações propostas abaixo:

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

$$\text{DCAD (meq)} = (\text{Na} + \text{K} + \text{Ca} + \text{Mg}) - (\text{Cl} + \text{S} + \text{P})$$

$$\text{DCAD (meq)} = (\text{Na} + \text{K} + 0.15\text{Ca} + 0.15\text{Mg}) - (\text{Cl} + 0.20\text{S} + 0.30\text{P})$$

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

$$\text{DCAD (meq)} = (\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl})$$

A quarta equação listada acima [(Na + K) – (Cl + S)] tem se tornado de fato a equação padrão utilizada por pesquisadores e nutricionistas, e são expressa em meq/100g/MS. No entanto, independente da equação empregada, para os cálculos são necessários os pesos equivalentes dos eletrólitos, isto é necessário porque o balanço ácido-básico é afetado pela carga elétrica ao invés da massa, desta forma cada íon exerce seu efeito de acordo com a sua valência ou carga elétrica. Na Tabela 2 estão demonstrados informações sobre os íons e sua expressão funcional.

Desta forma para calcularmos o DCAD de uma dieta em meq/100 gramas de MS devemos utilizar a seguinte expressão:



DCAD (meq/gr/MS) = [(% Na / 0,023) + (% K / 0,039) – (% Cl / 0,0355 + % S / 0,016)]

O balanço cátion-aniônico da dieta (BCAD) relaciona-se com o balanço entre os cátions fixos totais (não-metabolizáveis e biodisponíveis) e os ânions fixos totais presentes na dieta (Wang et al., 1996). Considerando os teores de Na, K, Cl e S apresentados pelo NRC (1989), os alimentos normalmente usados para vacas de leite tem BCAD positivo, mas podem se tornar negativos com a adição dos sais aniônicos ou uma combinação deles.

Os minerais Na, K, Cl e S, em particular, são escolhidos devido à importância que desempenham no metabolismo do ruminante, pela participação indireta no balanço osmótico, no balanço ácido-base e na integridade dos mecanismos que regulam o transporte por as membranas celulares.

O BCAD age diretamente no equilíbrio ácido-base de ruminantes adultos, podendo influenciar o desempenho da lactação, o metabolismo do cálcio (Ca) e a utilização do fósforo (P) e manipular outras funções fisiológicas, a fim de beneficiar a saúde e a produtividade das vacas.

Foi sugerido por Takagi & Block, (1991) que a utilização do BCAD negativo, como método preventivo da paresia da parturiente, resulta em mudanças no mecanismo de homeostase do Ca, sendo a maior delas o aumento da capacidade do animal em mobilizar o “pool” de Ca prontamente mobilizável (Ca sanguíneo, Ca intestinal e Ca dos ossos, trocáveis).

Segundo as recomendações do NRC (1989) para Na, K, Cl e S na alimentação de vacas secas pré-parto, obteremos uma dieta com o DCAD de + 5,4 meq/100 g de MS (Tabela 3).

O entendimento dos mecanismos por meio dos quais o BCAD influi no equilíbrio ácido-base pode ser útil para identificar e regular fatores específicos que

influenciam respostas fisiológicas (Tucker et al., 1988). Várias substâncias podem ser utilizadas nas dietas aniônicas, como os sulfatos de alumínio ($Al_2(SO_4)_3$), cálcio ($CaSO_4$), magnésio ($MgSO_4$) e amônio ($(NH_4)_2SO_4$) e os cloretos de cálcio ($CaCl_2$), magnésio ($MgCl_2$) e amônio (NH_4Cl).

Tem sido observado que a resposta ao uso de sais aniônicos é melhor quando o nível de Ca dietético é alto (mais de 80 g/dia), para compensar o aumento na excreção urinária de Ca com o uso de dietas aniônicas durante o período seco; sendo suplementados por três semanas antes do parto (Shaver & Oetzel 1990).

É difícil a obtenção de dados referentes à incidência de paresia parturiente no Brasil, pois este problema só ocorre em lactações acima de 3000 kg (Aroeira, 1993), portanto, importante para rebanhos de alta produção.

Porem deve ser observado se a dieta devidamente balanceada é o suficiente para tender as exigências do animal nesse período tão crítico, pois, se deve atentar pois apesar de não gerarem lucro a propriedade são animais geraram gastos durante a vida e a perda desse mesmo pode significar muitos prejuízos. Outro fator que deve ser considerado é que os elementos usados nas dietas aniônicas, geralmente são de baixa palatabilidade, geram dificuldade de ordem prática, para fazer com que os animais comam a ração. Esse pode ser um empecilho para um bom desempenho da dieta.

Esta técnica aplicada à nutrição de bovinos leiteiros requer estudos complementares e aplicáveis à nossa realidade, uma vez que a grande maioria dos trabalhos publicados são oriundos de rebanhos de alta produção, em países com características de manejo próprio e diferentes das encontradas na média dos rebanhos brasileiros.



TABELA 2. Informações de tabela periódica sobre os íons usados nos cálculos de diferença catiónica da dieta (DCAD). (Details of the periodic table on the ions used in the calculation of difference cationic diet (DCAD)).

Íons	Peso Atômico (g/mol)	Valência	Peso Miliequivalente (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

Na – sódio, K – potássio, Cl- Cloro, S- enxofre.

TABELA 3 - Cálculo da diferença cátion aniônica da dieta, baseado nas recomendações da Na, K, Cl, e S para vacas no pré- parto, segundo o NRC (1989). (Calculation of cation anion difference diet based on the recommendations of the Na, K, Cl, and S for the pre-partum cows according to NRC (1989)).

Item	Concentrações dietéticas (MS)		Miliequivalente (mEq)	DCAD mEq por 100g
	%	mg/100g		
Na	0,10	100	0,023	4,35
K	0,65	650	0,039	16,67
Cl	0,20	200	0,0355	5,63
S	0,16	160	0,016	10,00
DCAD ¹	-	-	-	5,39

¹ meq/100 gramas de matéria seca

Mecanismo de ação das dietas aniônicas

O mecanismo de ação das dietas aniônicas não foi completamente elucidado, no entanto ao se fornecer uma dieta com alta quantidade de ânions em relação a cátions aos animais, conseguimos provocar uma leve acidose metabólica sendo o inverso também verdadeiro.

Todavia, nenhuma destas trocas, ácidas ou básicas do pH sanguíneo causam sérios problemas fisiológicos nas vacas, visto que o pH sanguíneo é altamente tamponado pelo pulmões e rins.

A questão básica para entendermos como as dietas aniônicas atuam, se dá no fato que, o corpo animal sempre tem que manter sua neutralidade elétrica, para isto lançam mão sempre do equilíbrio entre cátions H^+ , K^+ , Na^+ e ânions Cl^- , SO_4^{--} e HCO_3^- . Ao se fornecer uma dieta aniônica para vacas leiteiras no final da gestação, iremos aumentar as concentrações

intestinais de Cl^- e SO_4^{--} , estes ânions em excesso aos cátions após absorvido têm que ser equilibrados com os cátions presentes no corpo do animal e aqueles que estão sendo absorvidos, objetivando manter a neutralidade elétrica, para isto aumenta-se a excreção de HCO_3^- da circulação para o lúmen intestinal.

Diminuindo as concentrações sanguíneas de HCO_3^- ocorre uma leve queda no pH sanguíneo, com isto vários mecanismos fisiológicos passam a ser mais ativos, e todos eles levando a um aumento nas concentrações sanguíneas de cálcio, entre eles podemos destacar:

1- aumento na excreção de HCO_3^-
- a partir dos ossos, objetivando compensar o dreno bicarbonato para o intestino, com isso cálcio também passa a ser liberado na circulação, disponibilizando cálcio para a glândula mamária (Block, 1994).



2- aumento na atividade de vitamina D e PTH mobilizando cálcio para a circulação, pois a produção renal de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ é um processo enzimático sensível ao pH e qualquer mudança no pH intracelular alteraria a atividade enzimática. É possível que um excesso de ânions favoreça um pH intracelular favorável a síntese das enzimas (Gaynor et al., 1989).

No entanto, quando se utiliza dietas para vacas pré-parto com DCAD negativo, a absorção ativa de cálcio é diminuída, desta forma as concentrações de cálcio na dieta pré-parto deve ser aumentada objetivando principalmente compensar esta falha no mecanismo de absorção intestinal de cálcio (Block, 1994).

Este manejo nutricional é diferente daquele adotado quando não se utiliza dietas aniônicas, onde a concentração de

cálcio na dieta é diminuída no pré-parto perfazendo um aumento nas concentrações sanguíneas de PTH e Vitamina D.

Além de evitar problemas com o metabolismo do cálcio, as dietas aniônicas indiretamente afetam outras variáveis produtivas no sistema de produção leiteira.

Alguns autores (Beede et al., 1991) verificaram que ao se fornecer dietas com maiores proporções de ânions em relação a cátions, observaram um aumento na ingestão de matéria seca pós-parto, com isso reduziu a intensidade do balanço energético negativo, isto favoreceu as variáveis reprodutivas, tais como, taxa de concepção e dias abertos (Tabela 4).

Para que essa dieta especial seja eficiente, a mesma deve apresentar algumas recomendações.

TABELA 4. Efeito da suplementação com sais aniônicos no pré-parto na reprodução em vacas leiteiras. (Effect of anionic salts supplementation in pre-calving on reproduction in dairy cows)

Autor	DCAD Meq/Kg	Taxas de doenças			Reprodução		Produção de leite Kg/305dias
		FLC(%) ¹	FLS(%) ²	RP(%) ³	TP(%) ⁴	DA(%) ⁵	
BEEDE	-250	4	19	ns	71	124	9376
et al. (1991)	+50	9	50	ns	54	138	9049

¹Febre do leite clínica, ²Febre do leite subclínica, ³ Retenção de placenta, ⁴Taxa de prenhez, ⁵ Dias abertos

Seguindo as recomendações do NRC (1989) para Na, K, Cl e S na alimentação de vacas secas pré-parto, obteremos uma dieta com o DCAD de + 5,4 meq/100 g de MS (TABELA 4).

Uma dieta é considerada aniônica quando o resultado dos cálculos acima fica entre -10 e -20 meq/100 g de MS. Neste nível, provavelmente haverá acidose sanguínea e redução na incidência de distúrbios metabólicos. Se o cálculo resultar em valores mais positivos do que + 30 meq/100 g de MS, a dieta pode ser considerada altamente catiônica, sendo prejudicial para vacas secas, embora ideal

para vacas em lactação. Dietas com valores entre -0 e -10 meq/100 g de MS são consideradas levemente aniônicas, podendo gerar resultados conflitantes.

Entretanto, seguindo o exemplo da Tabela 4, raramente as dietas apresentariam a diferença cátion aniônica de + 5,39 meq/100 g de MS, isto por que as forragens utilizadas para alimentar vacas no pré-parto apresentam altas concentrações de potássio (1 a 2 % da MS) e desta forma o DCAD em condições práticas varia de +10 a +35 meq/100 g de MS.

Estas dietas catiônicas são altamente problemáticas e predispõe as



vacas a hipocalcemia e várias outras anormalidades associadas a esta síndrome. No entanto, o potássio parece ser o maior problema, pois é o cátion presente em maior quantidade nas dietas pré – parto, no exemplo acima, se somarmos as cargas positivas encontraremos um valor de + 21,5 meq/100 gr de MS (4,35 + 16,67), dos quais 80 % (+ 16,67 meq/100 g) são provenientes do potássio.

Antigamente os técnicos pensavam ser a alta concentração de cálcio presente principalmente nos fenos de alfafa o grande causador da febre do leite. Atualmente, está bem claro que o alto teor de potássio no feno de alfafa predispõe vacas leiteiras a hipocalcemia (Goff & Horst, 1997), e alguns produtores americanos já estão reduzindo as quantidades de potássio nos fertilizantes destinados a adubações de forragens para alimentação de vacas no pré-parto.

Diminuição nas concentrações de cálcio e fósforo nas dietas pré parto

Um das principais técnicas de manejo nutricional adotada no passado objetivando reduzir a hipocalcemia era a diminuição nas concentrações de cálcio e fósforo na dieta no período pré-parto, aumentando as concentrações sanguíneas de Vitamina D3 e PTH (paratohormônio). Com isso no momento do parto e no início da lactação, onde existe um grande direcionamento do cálcio da circulação para glândula mamária, os níveis sanguíneos destes hormônios estariam altos estimulando uma maior absorção ativa de cálcio no intestino e alterando os mecanismos de reabsorção óssea.

Embora esta seja uma maneira eficaz de reduzir a ocorrência do distúrbio clínico, muitas vezes não se consegue sucesso total com esta prática, pois a incidência do fenômeno subclínico continua a afetar negativamente o rebanho. Além do mais, vacas com febre do leite apresentam grande quantidade de vitamina D3 e PTH

circulante e pesquisas recentes tem mostrado que no momento do parto existe uma diminuição na concentração de receptores para vitamina D3, o que poderia reduzir a habilidade dos animais em responder ao aumento na concentração sanguínea de Vitamina D3 (Goff et al., 1995). Desta forma, a causa direta da febre do leite não seria baixa produção de hormônio, mas sim na sua atividade nos tecidos alvos (intestino, ossos e rins) para manter constante a concentração de cálcio no sangue no momento do parto.

Homeostase ácido base

Homeostase ácido base refere-se a tendência que o animal apresenta de manter uma concentração constante de prótons H⁺, no meio intra e extracelular. Quando em homeostase, o balanço externo de prótons será zero, já que a formação estará em equilíbrio com a excreção.

O íon hidrogênio (prótons não existem na forma livre, mas hidratados, formando (H₃O⁺), liga-se com outras moléculas, especialmente proteínas, alterando a sua configuração. Isto resulta em mudanças estruturais, as quais, entre outras coisas, alteram a atividade catalítica das enzimas, os processos de transportes, as propriedades contráteis dos músculos e oxigenação dos tecidos (Patience et al., 1987). Isto mostra porque os animais toleram somente pequenas alterações de pH nos tecidos e no sangue. Para que não sofra alterações, o organismo lançam mão de substâncias capazes de agir como ácidos ou bases (tampões, que são capazes de receber ou doar H⁺), de acordo com as condições causadas pelo metabolismo, em determinado momento.

Segundo o NRC (2001) é importante evitar a alcalose metabólica, o sangue de vacas de leite é alcalino devido às concentrações de cátions da dieta, especialmente o potássio. Cátions são minerais com um resultado positivo de



carga e incluem o potássio, sódio, cálcio e magnésio.

O Ca e o Mg possuem poder alcalinizante, porém, são pouco absorvidos por vacas secas, devido a isso não são fortes agentes alcalinizantes das dietas. Assim se houver uma alta concentração de K e Na, e não houver concentrações ideais de cálcio para neutralizar a alcalinidade do sangue esse animal estará susceptível a febre do leite.

A principal fonte de ácido no organismo é o ácido carbônico. Sua função metabólica é fundamental, pois trata-se de um excelente tampão, onde encontra-se na forma de ácido (H^2CO^3), ou na forma de sua base conjugada (HCO^3^-). A relação entre ácido carbônico e bicarbonato (1:20), é que é a principal responsável pela manutenção do equilíbrio ácido-básico do organismo. Existem outros tampões que colaboram no processo, como as proteínas, sais de ácidos orgânicos, sulfatos e fosfatos (Dukes, 1988).

BIBLIOGRAFIA

- AROEIRA, L.J.M. Distúrbios metabólicos de vacas de alta produção. In: MINI SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, Valinhos. Anais...Valinhos, 1993. pp.51-70.
- BEEDE, D.K. 1992. The DCAD concept: transition rations for dry pregnant cows. *Feedstuffs* , Mineapolis, v.12, 17-19.
- BEEDE, D.K.; C.WANG,; G.A. DONOVAN; L.F. ARCHBALD; W.K. SANCHEZ. Dietary cation-anion difference electrolyte balance in late pregnancy. In Florida Dairy Production Conference Proceedings... Gainesville: University of Florida.,1991. pp. 1-6.
- BLOCK, E. Manipulation of dairy cation-anion difference on nutritionally related production diseases, productivity, and metabolic responses of dairy cows. In: Simpósio Internacional De Produção De Ruminantes, Maringá. Anais... Maringá: 1994, pp. 21-25.
- CORASSIN, C.H. 2004. Determinação e avaliação de fatores que afetam a produtividade de vacas leiteiras: aspectos sanitários e produtivos. Tese (Doutorado em Zootecnia). ESALQ-USP. Piracicaba. 101 pp.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O simples fornecimento de concentrado aniônico não garante balanço cátion-aniônico da dieta negativo, uma vez que vai depender basicamente do volumoso utilizado, do concentrado aniônico utilizado e do seu nível de ingestão; portanto, são necessários estudos globais da dieta e ajustes constantes.

Portanto, não se podem fazer recomendações específicas da utilização do BCAD negativo ou saber de seus efeitos no desempenho de nossos animais, sem estudos complementares, observando as nossas condições e sistemas de criação.

Esta técnica aplicada à nutrição de bovinos leiteiros requer estudos complementares e aplicáveis à nossa realidade, uma vez que a grande maioria dos trabalhos publicados são oriundos de rebanhos de alta produção, em países com características de manejo próprio e diferentes das encontradas na média dos rebanhos brasileiros.



CURTIS, C.R.; H.N. ERB; C.J. SNIFFEN; R.D. SMITH; P.A. POWERS; M.C. SMITH; M.E. WHITE; R.B. HILLMAN; E.J. PEARSON. 1983. Association of Parturient Hypocalcemia With Eight Periparturient Disorders in Holstein Cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v.183: 559-561.

DUKES, M.F. 1988. *Fisiologia dos animais domésticos*. Guanabara. 10 ed, 199p.

GAYNOR, P.J., F.J. MULLER, J.K. MILLER, N. RAMSEY, J.P. GOFF, R.L. HORST. 1989. Parturient hypocalcemia in jersey cows fed alfalfa haylage based diets with different cation to anion ratios. *Journal Dairy Science*, v.72: 2525-2531.

GOFF, J.P., J.M. SÁNCHEZ, L. RONALD. 2005. Hypocalcemia: Biological Effects And Strategies for Prevention. Nutrition Conference sponsored by Department of Animal Science, UT.

GOFF, J. P. 2006. Macromineral physiology and application to the feeding of the dairy cow for prevention of milk fever and other periparturient mineral disorders. *Animal Feed Science and Technology*, v.126: 237-257.

GOFF, J.P., R.L. HORST, P.W. JARDON, C. BORELLI, AND J. WEDAM. 1996. Field Trials of an oral calcium propionate paste as an aid to prevent milk fever in periparturient dairy cows. *Journal Dairy Science*. v.79: 378-383.

GOFF, J.P., R.L. HORST, 1998. Use of hydrochloric acid as a source of anions for prevention of milk fever. *Journal of Dairy Science*, v.81: 2874-2880.

GOFF, J.P., R.L. HORST. 1997. Effects of the addition of potassium or sodium, but not calcium, to prepartum rations on milk fever in dairy cows. *Journal Dairy Science*, v.80: 176-186.

HORST, R.L., J.P. GOFF, T.A. REINHARDT, D.R. BUXTON. 1997. Strategies for Preventing Milk Fever in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, v.80: 1269-1280.

HOUE, H., S. ØSTERGAARD, T. THILSING-HANSEN, R.J. JØRGENSEN, T. LARSEN, J.T. SØRENSEN, J.F. AGGER, J.Y. BLOM. 2001. Milk fever and subclinical hypocalcaemia. An evaluation of parameters on risk, diagnosis, risk factors and biological effects as input for a decision support system for disease control. *Acta Vet. Scand.* v.42: 1-29.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1989. *Nutrient Requirement of Dairy Cattle*. 6ed. Washington, D.C., National Academy of Sciences.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. ed. Washington: National Academy of Science, 157pp. Seventh Revised Edition.

OETZEL, G.R. 1993. Effects of Prophylactic Treatment with a Calcium Chloride Gel on Serum Calcium Concentration at Calving, Milk Fever, and Displaced Abomasum in Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, v.76: 304.



OETZEL, G.R., J.D. OLSON, C.R. CURTIS, M.J. FETTMAN. 1988. Ammonium chloride and ammonium sulfate for prevention of parturient paresis in dairy cows. *Journal Dairy Science*, n. 71: 3302-3309.

ORTOLANI, E. L. 1998. *Enfermidades do Período de Transição Cab 2009: Suplemento 1 - VIII Congresso Brasileiro de Buiatria – Anais...*, v.27: 1241-1247.

ORTOLANI, E.L.; MARUTA, C.A.; MINERVINO, A.H.H. 2009. Sintomatologia clínica da acidose láctica ruminal, induzida por sacarose, em zebuínos e taurinos. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. v. 46 (no prelo).

PATIENCE, J.F., R.E. AUSTIC, R.D. BOYD, 1987. Effect of dietary electrolyte balance on growth and acid base status in swine. *Journal Animal Science*, v.64: 457-466.

SHAVER, R., G. OETZEL. 1990. New feed ingredients may help prevent milk fever. *Hoard's Dairyman*, Fort Atkinson, v.135: 344.

STEWART, P.A. 1983. Modern quantitative acid-base chemistry. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, v.61: 1444-1461.

TAKAGI, H., E. BLOCK. 1991. Effects of various dietary cation-anion balances on response to experimentally induced hypocalcemia in sheep. *Journal Dairy Science*, v.74: 4215-4224.

TUCKER, W.B., G.A. HARRISON, R.W. HEMKEN. 1988. Influence of dietary cation-anion balance on milk, blood, urine and rumen fluid in lactating dairy cattle. *Journal Dairy Science*, v.71: 346-354.

WANG, C., J.S. VÉLEZ, C.A. RISCO. 1996. Avanços recentes na prevenção da paresia do parto nas vacas leiteiras. *Compêndio de Educação Continuada*, v.1: 63-69.

WILDE, D. 2006. Influence of macro and micro minerals in the peri-parturient period on fertility in dairy cattle. *Animal Reproduction Science* v.96: 240-249.