

Vitaminas e minerais na nutrição de bovinos

Vitamins and minerals in the cattle nutrition

Joyanne Mirelle de Sousa Ferreira¹ ; Cleyton de Almeida Araújo² ; Rosa Maria dos Santos Pessoa³ ; Glayciane Costa Gois^{4*} ; Fleming Sena Campos⁴ ; Saullo Laet Almeida Vicente⁵ ; Angela Maria dos Santos Pessoa⁶ ; Dinah Correia da Cunha Castro Costa³ ; Paulo César da Silva Azevêdo³ ; Deneson Oliveira Lima² .

¹Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus de Itapetinga, Itapetinga/BA, Brasil.

²Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus de Ciências Agrárias, Petrolina/PE, Brasil.

³Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia/PB, Brasil.

⁴Universidade Federal do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Campus Chapadinha, Chapadinha/MA, Brasil.

⁵Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Zona Rural, Petrolina/PE, Brasil.

⁶Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Departamento de Fitotecnia, Mossoró/RN, Brasil.

*Correspondente: glayciane_gois@yahoo.com.br

Recepción: 08 Diciembre 2022 | Aprobación: 12 junio 2023 | Publicación: 2 julio 2023

RESUMO

A alimentação é o fator que mais onera um sistema de produção animal. Assim, a utilização de diferentes estratégias de alimentação dos animais ainda é o grande desafio da nutrição animal, principalmente, levando em consideração as exigências nutricionais de diferentes categorias de ruminantes, em especial bovinos em regiões tropicais, haja vista que a sazonalidade na produção de forragens afeta diretamente a produção bovina, promovendo inadequação no atendimento das exigências nutricionais dos animais principalmente em minerais e vitaminas. Uma alimentação que não atenda as exigências nutricionais dos ruminantes gera prejuízos no sistema de produção, além de, em casos mais graves, ocasionar a perda do animal. Estudos que abordam o efeito e a importância de vitaminas e minerais na nutrição bovina são escassos e necessários. Recentemente a National Research Council (NRC) apresentou novos registros das exigências nutricionais das vitaminas e minerais. Essas alterações proporcionam um impacto econômico significativo em relação à nutrição animal. Nesse sentido, objetivou-se com esta revisão trazer informações acerca de vitaminas e minerais na nutrição de bovinos em pastejo.

Palavras-chave: Alimentação animal; forragem; pastagem; requerimentos nutricionais; ruminantes; vitaminas lipossolúveis (Source: AGROVOC).

ABSTRACT

Animal feed is the factor that most burdens a production system. Thus, the use of different animal feeding strategies is still the great challenge of animal nutrition, taking into account the nutritional requirements of different categories of ruminants, especially cattle in tropical regions, given that seasonality in forage production directly affects cattle production, promoting inadequacy in meeting the nutritional requirements of animals, mainly in minerals and vitamins. A diet that does not meet the nutritional requirements of ruminants generates losses in the production system, in addition to, in more serious cases, causing the loss of the animal. Studies that address the effect and importance of vitamins and minerals in bovine nutrition are scarce and necessary. Recently the National Research Council (NRC) presented new records of the nutritional requirements of vitamins and minerals. These changes provide a significant economic impact on animal nutrition. In this sense, the objective of this review was to bring information about vitamins and minerals in the nutrition of grazing cattle.

Keywords: Animal feeding; fat soluble vitamins; forage; nutritional requirements; pasture feeding; ruminants (Source: AGROVOC).

Como citar (Vancouver).

Ferreira JM de S, Almeida CA, Pessoa RM dos S, Gois GC, Campos FS, Vicente SLA et al. Vitaminas e minerais na nutrição de bovinos. Rev Colombiana Cienc Anim. Recia. 2023; 15(2):e969. <https://doi.org/10.24188/recia.v15.n2.2023.969>.

Recepción: 08 Diciembre 2022 | Aprobación: 12 junio 2023 | Publicación: 2 julio 2023

Publicado por la Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA, bajo los términos de la licencia.

ISSN: 2027-4297

INTRODUÇÃO

Na produção animal, a alimentação representa o item de maior custo, fato que está diretamente relacionado com a oferta de alimento da região, tornando-se determinante para a viabilização do sistema produtivo. Assim, novas tendências no confinamento de ruminantes visam sistemas de produção cada vez mais competitivos, sustentáveis e economicamente viáveis (1). No entanto, os altos custos dos insumos, como milho e farelo de soja, amplamente utilizados na alimentação animal, aumentam os custos de produção, sendo estimados em valores acima de 70% dos custos operacionais na produção de ruminantes em confinamento (2). Assim, definir a produção, utilização e diferentes estratégias de alimentação dos animais, ainda é o grande desafio da nutrição animal, principalmente, levando-se em consideração as exigências nutricionais de diferentes categorias de ruminantes e seus respectivos estágios fisiológicos (3).

Nos trópicos existe elevada flutuação qualitativa e quantitativa das pastagens, o que resulta em ganhos de peso no período das águas e perda de peso no período seco, com duas estações bem definidas no Brasil central. A sazonalidade é a principal causa da baixa produção bovina nos trópicos, promovendo inadequação no atendimento das exigências nutricionais dos animais principalmente em minerais, vitaminas, proteínas e energia (4).

A determinação dos requerimentos de minerais para bovinos em crescimento é extremamente complexa, em virtude dos diversos fatores que influenciam de forma direta ou indireta sua utilização pelo animal. Entre estes fatores, alguns são inerentes aos alimentos ou às dietas – disponibilidade e forma química do mineral nos ingredientes da dieta; interrelações entre os minerais; correlações entre as frações orgânica e inorgânica; interações com outros nutrientes – e ao animal – peso corporal, variabilidade entre as raças, nível de produção e status nutricional (5, 6). Estudos que abordam o efeito e a importância dos minerais na nutrição de ruminantes são escassos e quando se trata de microminerais, são praticamente inexistentes (7).

A concentração de vitaminas nas forrageiras é altamente variável, dependendo basicamente de fatores como a origem da forrageira; condição climática e estágio de maturidade da planta. Entretanto, alguns cuidados na hora da conservação e nas condições de estocagem podem garantir uma menor variação de vitaminas entre a colheita e até ser fornecida aos animais (8). Os teores de β -carotenos (provitamina A) e α -tocoferol (provitamina E), encontrados em gramíneas e leguminosas, são elevados no estágio inicial e reduzidos na maturidade da planta, sendo indicado o corte na fase inicial. A cor verde da planta é bom índice do seu conteúdo de caroteno. Após o corte da planta devesse evitar a exposição aos raios solares em excesso, pois elevam a destruição de vitamina D e dos β -carotenos e α -tocoferol (9).

Mediante o exposto, objetivou-se com esta revisão abordar os principais minerais e vitaminas essenciais aos animais para os mesmos apresentarem melhores índices produtivos.

MINERAIS

Os minerais fazem parte da maioria das funções no metabolismo animal, como na performance reprodutiva, na manutenção do crescimento, no metabolismo energético, na função imune, entre outras tantas funções fisiológicas, contudo, nem sempre são encontrados em quantidades desejáveis nos alimentos, havendo a necessidade de uma suplementação para suprir as quantidades exigidas (10). Os minerais constituem a fração inorgânica do corpo dos animais e estão presentes em proporções e quantidades variáveis nos tecidos corporais, constituindo aproximadamente 4% do peso vivo do animal (11). Mesmo os minerais sendo considerados essenciais, suas contribuições na nutrição de bovinos de corte permanecem amplamente desconhecidas.

Até o momento, os principais oligoelementos de interesse em dietas para bovinos de leite incluem o Zinco (Zn), Cobre (Cu), Manganês (Mn) e Selênio (Se), embora os dados também suportem papéis potencialmente importantes de Cromo (Cr), Cobalto (Co) e Ferro (Fe) nas dietas (12).

Os minerais são definidos como essenciais quando alguma função vital exercida no organismo é comprovada, sendo então divididos em macro e microminerais em função da quantidade exigida pelo organismo (11). Os minerais não contribuem com energia e sua participação no crescimento do animal,

do ponto de vista quantitativo, é pequena (com exceção dos ossos). Portanto, os minerais por si só não são responsáveis diretos por crescimento e produção (13). Todavia, são coadjuvantes sem os quais a produção animal não seria possível. São fundamentais para o funcionamento adequado de quase todos os processos bioquímicos do organismo, como composição estrutural e de hormônios, participação em fluidos intra e extracelulares e catalisadores enzimáticos (6).

As informações sobre as necessidades minerais para manutenção e crescimento corporal são essenciais para que os bovinos de corte atinjam seu potencial produtivo máximo, O NRC (14) sugeriu que pelo menos 17 minerais são necessários para o gado de corte, sendo eles: cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cloro (Cl) e enxofre (S) – macrominerais, requeridos em maiores quantidades na dieta; cromo (Cr), cobalto (Co), cobre (Cu), iodo (I), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni), selênio (Se) e zinco (Zn) - microminerais, requeridos em pequenas quantidades. No entanto, os requisitos da maioria dos minerais são sugeridos em gramas ou miligramas por quilograma de ingestão de matéria seca (CMS) sem discriminação entre a manutenção do corpo ou o estado de crescimento, e o coeficiente de absorção não é levado em consideração para os oligoelementos e enxofre. Além disso, os sistemas disponíveis para a determinação das exigências nutricionais foram desenvolvidos utilizando raças incomuns no Brasil, como os bovinos Angus e Hereford. Assim, é necessário realizar estudos com bovinos Nelore para determinar as necessidades nutricionais desta raça, que é a raça bovina mais utilizada no Brasil (15).

É necessário fornecer diariamente a quantidade de minerais suficientes para suprir e corrigir a dieta necessária do animal. Os animais não possuem depósitos em seu organismo e alguns elementos são importantes na alimentação frequente, por esse motivo é essencial o levantamento da necessidade do rebanho de acordo com o ambiente em que eles vivem e a análise da deficiência alimentar. É muito importante que os minerais sejam de qualidade, que a procedência seja segura, para evitar contaminações, que podem prejudicar os animais ao invés de ajudar (16).

MICROMINERAIS

Os microminerais exercem uma grande importância na nutrição animal, uma vez que desempenham funções diversas em seu organismo. A concentração de microminerais é influenciada por diversos fatores e a deficiência de cada um na dieta pode resultar em grandes perdas econômicas (7).

Os microminerais são Ferro, Selênio, Iodo, Zinco, Cobre, Cobalto, Manganês e Molibdênio e recomenda-se serem inclusos em formulações em ppm (mg/kg) (17).

O Fe está diretamente associado ao organismo animal nas reações que envolvem o transporte e utilização de oxigênio, principalmente como componente de proteína, como hemoglobina e mioglobina. A absorção gastrointestinal do Fe ocorre principalmente no duodeno e a principal rota de excreção de Fe são as fezes e urina, existindo perdas adicionais no suor, pelos e cascos (17,18). O Fe é o mineral de maior disponibilidade em todo globo terrestre, neste sentido a deficiência de Fe dificilmente é evidenciada em rebanhos, entretanto a maior preocupação do ferro é a sua capacidade de antagonismo, a exemplo do Mn e Zn (18). Segundo o NRC (19), o conteúdo de Fe nas plantas forrageiras pode variar de 70 a 500 mg/kg de MS. No Brasil, os solos tropicais são considerados ácidos e com uma razoável concentração de Fe, o que faz com que a suplementação desse mineral em relação a outros microminerais não seja tão relevante (18, 20)

A ingestão de Fe em excesso acarreta em alguns distúrbios, mesmo os bovinos sendo considerados tolerantes a este acúmulo, em sistemas intensivos foram relatados essa toxicidade, que acarreta na redução dos parâmetros de desempenho, necrose hepática, enterite e hemoglobinúria e redução da absorção de P, Mg e Se (20). De acordo com Da Silva (21), a intoxicação por Fe é difícil de acontecer, entretanto a quantidade máxima permitida para bovinos é de 500 mg/kg de dieta. Ainda segundo o autor, níveis de Fe acima do recomendado acarreta em baixo consumo de alimentos, diminuição do ganho de peso e na eficiência alimentar.

O Zn é encontrado em altas quantidades na pele e nos pelos. É um constituinte essencial em mais de noventa enzimas que participam ativamente do metabolismo dos ácidos nucléicos, dos carboidratos e da

síntese de proteínas (22). Faz parte da enzima respiratória, anidrase carbônica, responsável, entre outras funções, pelo transporte do gás carbônico produzido na respiração e pela síntese do ácido clorídrico do estômago (23).

Os efeitos da deficiência de Zn na dieta conduzem a uma maior suscetibilidade às infecções, retardo do crescimento e da função reprodutiva, diminuição da tiroxina no plasma do ser humano e animais de experimentação, bem como de alguns animais domésticos. O nível estimado de Zn na dieta é 1000 mg para bovinos adultos, ressaltando que a margem de segurança varia entre o consumo normal e a quantidade tóxica de zinco (24).

Quanto ao I, sua principal função fisiológica é como componente dos hormônios tireoidianos: Tiroxina (T4) e triiodotironina (T3). Os hormônios tireoidianos influenciam todos os órgãos no estágio de desenvolvimento, crescimento e maturação. Esses hormônios ainda estão relacionados à maturação epitelial, função reprodutiva, desenvolvimento ósseo e na gênese do embrião e do feto (18).

A deficiência de I em gestantes pode ocasionar o bócio congênito, que se caracteriza pelo nascimento de bezerros com aumento do volume da glândula tireoide. Em animais adultos, os efeitos dos baixos níveis de I na alimentação são, na maioria das vezes, subclínicos. Quando há manifestação de sinais, esses são relacionados principalmente à reprodução, como diminuição da libido machos, abortos, partos distócicos, ou ainda associados à queda na produção de leite (25).

O Co é um micromineral importante na dieta dos ruminantes, visto que faz parte do centro ativo da molécula de vitamina B12 e participa do metabolismo do ácido propiônico. Os ruminantes são os animais que mais necessitam de cobalto, onde o elemento é requerido e usado pela microbiota ruminal para converter o cobalto em vitamina B12 e seus análogos. Os microrganismos ruminais são capazes de sintetizar essa vitamina, mas para isso, necessitam que o Co esteja presente na dieta (26).

A deficiência de Co é uma doença que só afeta ruminantes que ingerem em sua dieta baixas concentrações desse mineral, o que acarreta a deficiência dessa vitamina central em diversas vias metabólicas do organismo dos animais. A enfermidade é caracterizada clinicamente por inapetência, perda de peso e problemas reprodutivos (27).

O Mn é um mineral importante para os sistemas biológicos e age como ativador enzimático e formação da cartilagem, tornando-o essencial no crescimento epifisário. É amplamente encontrado nos volumosos, estando presente numa quantidade muito acima das exigências dos ruminantes, porém, em alguns grãos, como o milho, seu conteúdo é baixo. Na gestação, sua deficiência está associada a problemas reprodutivos, como depressão ou retardamento do cio e baixa taxa de concepção, e má formação dos ossos da cria (18).

As deficiências por Mn podem ocorrer, especialmente por níveis baixos na dieta, associados a outros elevados de Ca, P e Fe. No lúmen gastrointestinal, o Mn interage com o cálcio e fósforo. Altas concentrações de Mn na dieta (>1000ppm) diminuiriam o balanço de Ca e P; alta concentração de P na dieta, aumenta a excreção de Mn (7).

MACROMINERAIS

Segundo DA SILVA (21), são considerados macrominerais o cálcio (Ca), fósforo (P), sódio (Na), cloro (Cl), potássio (K), magnésio (Mg) e enxofre (S), levando em consideração esta classificação para que os programas de suplementação mineral dos animais sejam eficazes, deve-se considerar não somente a composição mineral dos alimentos a serem fornecidos, mas as necessidades diárias dos animais ao longo de todas as fases de sua vida para manter adequadamente seu crescimento, suas funções biológicas e sua produção (13).

O Ca e o P estão intimamente associados no metabolismo animal. O Ca é o mineral mais abundante no organismo. De acordo com Lopes (28), um bovino pesando cerca de 300kg apresenta, aproximadamente, 3,3kg de Ca e 2kg de P, dos quais 99% e 80%, respectivamente, estão presentes nos ossos. e está presente principalmente nos ossos. Atua também na coagulação sanguínea, permeabilidade celular,

contração muscular, transmissão dos impulsos nervosos, regulação cardíaca, secreção de certos hormônios e ativador enzimático (29). O P e o Mg também estão presentes em sua maior parte, nos ossos. O P atua no catabolismo de carboidratos por meio da adenosina trifosfato (ATP), na permeabilidade da célula como fosfolipídios, na transmissão de impulsos nervosos por ser um componente da bainha de mielina e possui inter-relação com o Ca, por promover a formação da matriz óssea, bem como a sua mineralização (18).

O bovino tem capacidade de mobilizar fósforo dos ossos (e dos tecidos moles) quando a dieta é inadequada (30). Os microrganismos do rúmen parecem ser menos sensíveis que o hospedeiro à deficiência de P. Esta resistência deve-se provavelmente à eficiente reciclagem do elemento através da saliva e aos requisitos relativamente baixos dos microrganismos, embora, tanto reduções na síntese de proteína microbiana, como ineficiente degradação da fibra, tenham sido descritas pela deficiência deste elemento (31, 32).

Durante as semanas que antecedem o parto e o início da lactação, ocorre uma grande demanda da quantidade de minerais, principalmente de Ca, P e Mg, devido aos processos de calcificação fetal e preparação para a lactação. Dessa forma, principalmente nas últimas semanas de gestação, a ingestão de pastagem é insuficiente para suprir a demanda de minerais, e se não houver a suplementação mineral, possivelmente ocorrerá uma mobilização óssea intensa, o que resultará em desordem metabólica e comprometimento da matriz e do feto (18).

Barreto et al (33), em estudo sobre a avaliação dos efeitos de fontes de P na dieta sobre parâmetros do meio ruminal e eficiência de síntese microbiana, digestibilidade dos nutrientes e P plasmático em bovinos, observaram que a absorção aparente total do P foi semelhante entre os animais que receberam suplementação com fosfatos bicálcico, monoamônio e superfosfato triplo, que apresentaram os valores de 61,70; 60,14 e 58,89%, respectivamente. Os animais que receberam suplementação com fosfato de rocha Araxá apresentaram menor absorção aparente total (50,96%) em relação ao fosfato bicálcico e fosfato monoamônio, mas foram semelhantes àqueles que receberam superfosfato triplo (58,89%), mostrando que fosfato bicálcico, superfosfato triplo, fosfato monoamônio e fosfato de rocha Araxá podem suprir igualmente as exigências de fósforo dos microrganismos do rúmen se a concentração de fósforo da dieta estiver adequada à categoria animal e suas necessidades.

O Na e o Cl exercem papel fundamental na manutenção da pressão osmótica, controlando a passagem de nutrientes para dentro das células, no equilíbrio acidobásico e no controle do metabolismo da água (34). O Cl faz parte do suco gástrico na forma de ácido clorídrico (35). Quando o consumo de Na e Cl é reduzido, o organismo os conserva diminuindo a excreção renal. O oposto também é observado quando ocorre o consumo de Na e Cl em grande quantidade, o excesso ingerido é rapidamente excretado, principalmente na urina, em consequência da maior ingestão de água promovida (36).

O K é um elemento de alta mobilidade na planta, translocando-se dos tecidos mais velhos para os mais novos via xilema e floema (37). As pastagens possuem níveis muito baixos de Na e altos de K. O excesso de K em muitas forrageiras tropicais pode agravar a deficiência de Na. A carência desse elemento pode surgir na época de escassez hídrica em pastos velhos. Ruminantes dificilmente sofrem por carência de K, podendo surgir em animais que recebem dietas com maior proporção de concentrado. Alta ingestão de K resulta em aumento da excreção de Na pela urina, elevando a exigência de Na pelo animal (38).

Alterações relacionadas aos macrominerais foram observadas do NRC (19) para o NRC (39) (Tabela 1). No entanto, o setor de produção de ruminantes já adotava essas alterações durante os anos que decorrem entre a atualização do NRC devido às diversas pesquisas realizadas, fazendo com que adaptações fossem realizadas conforme as novidades eram lançadas (40, 41, 42).

Uma das grandes mudanças foi a redução da exigência de K e Na para a produção de leite, pautada na diminuição de casos de mastite reduzindo a exigência destes minerais. Em contrapartida, as exigências de Cu, Zn e Mn foram elevadas. As mudanças não foram muito significativas, pois, muitas vezes o aumento de absorção desses minerais é compensado pela maior exigência, gerando pouco impacto (39).

Tabela 1. Mudanças no NRC para gado leiteiro (Macrominerais)

Macrominerais	NRC 2001	NRC 2021	Diferença
Cálcio	0,60	0,64	0,04
Fósforo	0,38	0,39	0,01
Magnésio	0,21	0,18	-0,03
Sódio	0,22	0,23	0,01
Potássio	1,07	1,10	0,03
Cloro	0,29	0,20	-0,09
Enxofre	0,20	0,20	----

VITAMINAS

As vitaminas têm funções chave como cofatores de enzimas ou elementos reguladores. Processos metabólicos são desencadeados ou controlados por vitaminas (43). As quantidades requeridas de vitaminas são muito pequenas, mas vitais para o animal e a concentração correta na dieta pode otimizar o desempenho animal (44).

As vitaminas devem estar incluídas na dieta ou serem sintetizadas por microrganismos no sistema digestivo. Dietas formuladas com vitaminas devem ser utilizadas, segundo a necessidade animal, que varia conforme a espécie e categoria. Os volumosos nem sempre atendem às necessidades nutricionais, especialmente os estocados (silagem e feno), que perdem a concentração nutritiva com o tempo (45).

Quando um animal absorve uma quantidade inadequada de uma determinada vitamina, várias respostas são observadas de acordo com a vitamina e o grau e duração da deficiência, tais como a redução da taxa de crescimento, da produção de leite e fertilidade, além de aumento da prevalência de doenças infecciosas, Collet et al. (10) verificaram significativa redução de infecções da glândula mamária com o uso de vitamina E. As vitaminas são classificadas em dois grandes grupos: as hidrossolúveis (vitaminas do complexo B e vitamina C) e as lipossolúveis (A, D, E e K) (46).

As vitaminas lipossolúveis são armazenadas na porção lipídica dos alimentos. Nos animais, elas são estocadas no fígado ou no tecido adiposo. Em contraste, as vitaminas hidrossolúveis não são estocadas nos tecidos animais e dependem de uma suplementação contínua na dieta (47).

As vitaminas lipossolúveis (Tabela 2) A e E são fundamentais em quase todos os estágios da vida das vacas, inclusive sobre a incidência de mastites, que se constituem na principal afecção dos animais destinados à produção leiteira; caracterizam-se por alterações físicas, químicas e bacteriológicas do leite, bem como do tecido glandular mamário (48).

Tabela 2. Forma, fontes e depósitos de vitaminas lipossolúveis.

Vitamina	Forma	Fontes	Depósitos
A	Pró-vitamina A (carotenos, criptoxantina)	Forragens verde, milho amarelo, silagens e fenos (com baixa disponibilidade). Betacaroteno é a forma mais comum.	Fígado, duração de 2 a 4 meses
D	Ergocalciferol (D ₂) e Colecalciferol (D ₃)	D ₂ provém de plantas	Pequena reserva no fígado
E	Alfa-tocoferol	Gérmen de trigo, sementes de oleaginosas, forragens verdes, e conservadas (reduzindo com o processo e tempo de armazenamento).	Fígado e tecido adiposo, principalmente e outros tecidos
K	K ₁ e K ₂	K ₁ forragens verdes e K ₂ , bactérias ruminais	-

Fonte: Marino; Medeiros (48)

A vitamina D atua no metabolismo do Ca e do P em vacas em lactação, entretanto, por ser sintetizada por meio de raios solares na pele, não há necessidade de suplementação em regiões com alta incidência solar (49). Já a vitamina K atua na síntese de proteínas no rúmen e no papel anti-hemorrágico. Por ser sintetizada pelas bactérias ruminais a sua deficiência é de difícil ocorrência. No entanto, quando acontece, prolonga o período da coagulação sanguínea (50). As recomendações das vitaminas A, D e E de acordo com o NRC (39) são encontradas na tabela 3.

Tabela 3. Recomendações de vitaminas para bovinos.

Vitaminas	Bovinos em crescimento (330 kg)	Vacas secas (740 kg)	Vacas em primeira lactação (150 dias de lactação)	Vacas em lactação (Maduras; 200 dias de lactação)
A	4265 UI/kg	6272 UI/kg	2796 UI/kg	3103 UI/kg
D	1163 UI/kg	1710 UI/kg	954 UI/kg	1021 UI/kg
E	62 UI/kg	171 UI/kg	19 UI/kg	20 UI/kg

As vitaminas hidrossolúveis são produzidas pelos microrganismos ruminais ou mesmo pelos animais (caso da Colina e, provavelmente, da vitamina C). Portanto, não há muito que se preocupar com elas. Respostas à suplementação de niacina, por exemplo, só são reportadas em vacas leiteiras de alta produção e, mesmo assim, as vantagens de suplementá-la ainda são bastante discutíveis (26).

Os ruminantes suprem suas necessidades diárias de vitaminas do complexo B através da síntese efetiva realizada pelas bactérias presentes no rúmen (51). Geralmente estão em maior proporção no conteúdo ruminal do que nos alimentos ofertados em dietas para ruminantes (52). A maior parte da tiamina (vitamina B1) encontra-se dissolvida no líquido ruminal, assim como cerca de 40% da biotina, ácido pantotênico e piridoxina (vitamina B6) e podem, dessa forma, serem absorvidas pelas paredes do rúmen. Já as vitaminas riboflavina, ácido nicotínico, ácido fólico e vitamina B12 encontram-se dentro da célula microbiana e pouca absorção ocorre no rúmen. Sinais de deficiência das vitaminas do complexo B nos ruminantes adultos são praticamente inexistentes, a não ser que ocorra deficiência dos minerais necessários para a síntese de algumas vitaminas (53).

Considerações finais

A suplementação mineral do rebanho deve ser realizada de forma objetiva, a fim de suprir toda a exigência do animal. Pequenos desequilíbrios nas exigências nutricionais geram prejuízos, através da redução na produção e em situações mais graves doenças que podem até levar à perda do animal.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cavalcanti CPL, Silva e Macedo TJ, Gois GC, Menezes VG, Monte APO, Silva AD, Silva DJM, Silva EO, Araújo GGL, Rodrigues RTS, Wischral A, Matos MHT, Queiroz MAA. Licuri oil improves feedlot performance and modifies ruminal fauna of Santa Inês ewes. **Liv Sci.** 2022; 265:e105093.
2. Busato KC, Chizzotti ML, Rodrigues RTS, Silva TS, Silva IF, Queiroz MAA, Silva KT, Borges JC, Gois GC. Ingestive behavior and growth performance of boer crossbred and indigenous goat kids under different feeding levels in Semiarid Region in Brazil. **Trop Agric Res.** 2022; 33:299-309.
3. Patton J, Dineen M, Keady TWJ, McGee M, Waters S. Developments in nutrition for pasture-based cattle and sheep systems in Ireland. **Irish J Agric Food Res.** 2022; 61(1):12-37.
4. McAllister TA, Stanford K, Chaves AV, Evans PR, Figueiredo, EES, Ribeiro G. Nutrition, feeding and management of beef cattle in intensive and extensive production systems. Chapter 5. In: Bazer FW, Lamb

GC, Wu G, editors. **Animal Agriculture. Sustainability, Challenges and Innovations**. 1st ed. Elsevier Inc.: Academic Press; 2020.

5. Byrne L, Murphy RA. Relative bioavailability of trace minerals in production animal nutrition: A review. **Anim**. 2022; 12:e1981.

6. Arthington JD, Ranches J. Trace mineral nutrition of grazing beef cattle. **Anim**. 2021; 11:e2767.

7. Silva NCD, Martins TLT, Borges I. Efeito dos microminerais na alimentação de ruminantes. **Ci Anim**. 2017; 27:75-98.

8. Tufarelli V, Ragni M, Laudadio V. Feeding forage in poultry: A promising alternative for the future of production systems. **Agric**. 2018; 8:1-10.

9. Elgersma A, Søgaard K, Jensen SK. Fatty acids, α -tocopherol, β -carotene, and lutein contents in forage legumes, forbs, and a grass-clover mixture. **J Agric Food Chem**. 2013; 61:11913-11920.

10. Collet SG, Demeda MA, Taffarel GV, Taffarel L, Girardini LK, Nesi CNH, et al. Efeito de um suplemento mineral traço e vitaminas A e E injetáveis sobre a produção e composição de leite em vacas Holandesas. **Rev Ci Agrovet**. 2017; 16:463-472.

11. Silva NCD, Martins TLT, Borges I. Macrominerais: Deficiências E Interações Com A Produção E Nutrição De Ruminantes. **Scient Agr Paranaensis**. 2018; 17:263-271.

12. Danieli B, Schogor ALB. Uso de aditivos na nutrição de ruminantes: revisão. **Vet Zootec**. 2020; 27:1-13.

13. Goff JP. Invited review: Mineral absorption mechanisms, mineral interactions that affect acid-base and antioxidant status, and diet considerations to improve mineral status. **J Dairy Sci**. 2018; 101:2763-2813.

14. NRC. National Research Council. **Nutrient requirements of beef cattle**. 8th ed. Washington, DC.: The National Academy Press; 2016.

15. Silva LFC, Valadares Filho SC, Engle TE, Rotta PP, Marcondes MI, Silva FAZ, et al. Macrominerais and trace element requirements for beef cattle. **Plus One**. 2015; 10:e0144464.

16. Miranda MMF, Ferrarezi Junior E, Cavichioli FA. Boas práticas agropecuárias: Os benefícios da suplementação alimentar em ruminantes. **Int Tec**. 2021; 18:455-465.

17. Bhandari BM, Goswami A, Garg MR, Samanta S. Study on minerals status of dairy cows and their supplementation through área specific mineral mixture in the state of Jharkhand. **J Anim Sci Techn**. 2016; 58:1-8.

18. Rezende FV, Silva NCD, Florentino LA, Rezende AV. Minerais: fatores que interferem na biodisponibilidade de macro e microminerais para fêmeas ruminantes durante o período de gestação. **Nucleus Anim**. 2019; 11:123-136.

19. NRC. National Research Council. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. 7th rev.ed. Washinton, DC.: The National Academy Press; 2001.

20. Marku A, Galli A, Marciani P, Dule N, Perego C, Castagna M. Iron metabolism in pancreatic beta-cell function and dysfunction. **Cells**. 2021; 10:e2841.

21. DA SILVA, Emanuel Isaque Cordeiro. **Nutrição e Suplementação Mineral de Bovinos de Corte**. Emanuel Isaque Cordeiro da Silva, 2021.

22. Suganya A, Saravanan A, Manivannan N. Role of zinc nutrition for increasing zinc availability, uptake, yield, and quality of maize (*Zea mays* L.) grains: An overview. **Commun Soil Sci Plant An**. 2020; 51:2001-2021.

23. Byrne L, Murphy RA. Relative bioavailability of trace minerals in production animal nutrition: A review. **Anim.** 2022; 12:e1981.
24. Valentim JK, Mendes JP, Przybulinski BB, Serpa FC, Barbosa DK, Castilho VAR, et al. Fatores nutricionais aplicados à reprodução de ruminantes. **Rev Uniciên.** 2019; 23:77-82.
25. Martins KPF, Fonseca TRS, Silva ES, Munhoz TCP, Dias, GHS, Glauco JN, et al. Bócio em bovino. **Pesq Vet Bras.** 2018; 38:1030-1037.
26. González-Montaña JR, Escalera-Valente F, Alonso AJ, Lomillos JM, Robles R, Alonso ME. Relationship between vitamin B12 and cobalt metabolism in domestic ruminant: An update. **Anim.** 2020; 10:e1855;
27. Ventura RA, Cuzzuol GD, Silva TB, Malegoni ACS, Roque LZ, OLiveira SFC, et al. Deficiência de cobalto em bovinos: Revisão. **Pubvet.** 2021; 15:1-4.
28. Lopes HOS. **Suplementação de Baixo Custo para Bovinos Mineral e Alimentar.** 1st ed. Brasília, DF: Embrapa Cerrados; 1998.
29. Paul SH, Usman AA, Gana IN, Manase A, Adeniyi OD, Olutoye MA. Comparative study of mineral and nutritional composition of a multifunctional flora composite formulated from seven medicinal plants and their applications to human health. **Eng Techn Open Access J.** 2018; 1:137-150.
30. Zhou J, Zhang J, Xue B, Yue S, Yang C, Xue B. Effects of pre-mating calcium and phosphorus supplementation on reproduction efficiency of grazing yak heifers. **Anim.** 2021; 11:1-9.
31. Harder H, Khol-Parisini A, Metzler-Zebeli BU, Klevenhusen F, Zebeli Q. Treatment of grain with organic acids at 2 different dietary phosphorus levels modulates ruminal microbial community structure and fermentation patterns in vitro. *J Dairy Sci.* 2015; 98:8107–8120.
32. Jain RK, Mudgal V. Phosphorus deficiency influences rumen microbial activity: Review. **Int J Zoo Anim Biol.** 2021; 4:1-9.
33. Barreto JC, Branco AF, Santos GT, Magalhães VJA, Coneglian SMC, Teixeira S. Avaliação dos efeitos de fontes de fósforo na dieta sobre parâmetros do meio ruminal e eficiência de síntese microbiana, digestibilidade dos nutrientes e fósforo plasmático em bovinos. **Rev Bras Zootec.** 2009; 38:760-769.
34. Yamada S, Inaba M. Potassium metabolism and management in patients with CKD. **Nutr.** 2021; 13:1-19.
35. Martinsen TC, Fossmark R, Waldum HL. The phylogeny and biological function of gastric juice—Microbiological consequences of removing gastric acid. **Int J Mol Sci.** 2019; 20:1-22.
36. González FHD, Silva SC. **Minerais e vitaminas no metabolismo animal.** 1st ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2019.
37. Melo RR, Gonçalves SLS, Baccarin FJB, Vasconcelos WA, Miranda SC. Influência de altas dosagens de cloreto de potássio no desenvolvimento de espécies em cultivo hidropônico. **Pubvet.** 2020; 14:1-9.
38. Araújo WAG, Rostagno HS, Albino LFT, Carvalho TA, Ribeiro Neto AC. Potássio na nutrição animal. **Rev Eletr Nutr.** 2010; 7:1280-1291.
39. NRC. National Research Council. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 8th ed. Washinton, DC.: The National Academy Press; 2021.
40. Palomares RA. Trace Minerals Supplementation with Great Impact on Beef Cattle Immunity and Health. **Anim.** 2022; 12:e2839.
41. Tariq M, Abbas G, Ahmad S, Mustafa R, Sultan H, Abdullah M, Hussain I, Arshad M, Cheema UB, Hassan SU. Effect of supplementation of minerals on the productive and reproductive performance of lactating cattle and buffalo. **Pakistan J Sci.** 2022; 74:e425.

42. Pagno KCA Barbosa JD, Salvarani FM, Bomjardim HA, Faial KCF, Souza RS, Gava A, Perotta JH, Barros Filho IR. Micromineral concentrations (copper, cobalt, iron, molybdenum and zinc) in the liver of dairy cows from Campos Gerais Region, Paraná state, Brazil. **Pesq Vet Bras.** 2023; 43:e07137.
43. Jeong H, Vacanti NM. Systemic vitamin intake impacting tissue proteomes. **Nut Met.** 2020; 17:1-16.
44. Spears JW, Weiss WP. Invited Review: Mineral and vitamin nutrition in ruminants. **Appl Anim Sci.** 2014; 30:180-191.
45. Erickson PS, Kalscheur KF. Nutrition and feeding of dairy cattle. Chapter 9. (pp. 157-180). In: Bazer FW, Lamb GC, Wu G, editors. **Animal Agriculture. Sustainability, Challenges and Innovations.** 1st ed. Elsevier Inc.: Academic Press; 2020.
46. Kareem MM, Jabir MS. Vitamins. Chapter 3. In: Imran M, Imran A, editors. **Malnutrition.** 1st ed. London, UK.: IntechOpen; 2020.
47. Akram M, Munir N, Daniyal M, Egbuna C, Găman MA, Onyekere PF, et al. Vitamins and minerals: Types, sources and their functions. Chapter 9. (pp 149–172). In: Egbuna C, Tupas GD, editors. **Functional foods and nutraceuticals.** Switzerland, AG.: Springer, Cham; 2020.
48. Marino CT, Medeiros SR. Minerais e vitaminas na nutrição de bovinos de corte. Chapter 6. (pp. 79-93). In: Medeiros SR, Gomes RC, Bungenstab DJ, editors. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações.** Brasília, DF: Embrapa; 2015.
49. Hodnik JJ, Ježek J, Starič J. A review of vitamin D and its importance to the health of dairy cattle. **J Dairy Res.** 2020; 87:84–87.
50. Alves EM, Pedreira MS, Santana CA, Silva FF. Nutrição vitamínica de vacas leiteiras. **Pubvet.** 2008; 2:1-17.
51. Jiang Q, Lin L, Xie F, Jin W, Zhu W, Wang M, et al. Metagenomic insights into the microbe-mediated B and K2 vitamin biosynthesis in the gastrointestinal microbiome of ruminants. **Microb.** 2022; 10:1-16.
52. Magan JB, O'Callaghan TF, Zheng J, Zhang L, Mandal R, Hennessy D, et al. Effect of diet on the vitamin B profile of bovine milk-based protein ingredients. **Foods.** 2020; 9:1-17.
53. Pinedo LA, Berenchtein B, Selem ASMA. Estudo dos processos bioquímicos da fermentação, degradação e absorção de nutrientes dos alimentos em ruminantes. **Pubvet.** 2008; 2:1-10.
54. DA SILVA, Emanuel Isaque Cordeiro. Formulação e Avaliação de Suplemento Mineral Para Caprinos. **Instrução Técnica Para o Produtor Rural de Pernambuco**, v. 3, n. 1, p. 1-4, 2023.
55. DA SILVA, Emanuel Isaque Cordeiro. **Nutrição Sobre a Reprodução e Fertilidade dos Bovinos.** Emanuel Isaque Cordeiro da Silva, 2021.
56. DA SILVA, Emanuel Isaque Cordeiro. Suplementação e formulação de sal mineral e mistura múltipla para bovinos. **Revista Universitária Brasileira**, v. 2, n. 1, 2024.