

VITAMINAS: UMA ABORDAGEM PRÁTICA DE USO NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

Antonio Francisco de Mendonça Júnior

Doutorando do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Recife, PE
E-mail: agromendoncajr@yahoo.com.br

Alexandre Paula Braga

Prof. D.Sc. Departamento de Ciências Animais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA, Mossoró, RN
E-mail: apbraga@ufersa.edu.br

Ana Paula Medeiros dos Santos Rodrigues

Mestranda do Programa Pós-graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA, Mossoró, RN
E-mail: anapaulamsr@hotmail.com

Liliane Elzi Medeiros de Sales

Mestranda do Programa Pós-graduação em Produção Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA, Mossoró, RN
E-mail: liliete@hotmail.com

RESUMO - De um modo geral os animais de produção consomem alimentos que não correspondem as suas exigências em relação às vitaminas. Os alimentos mais comumente utilizados por esses animais contêm proporções desequilibradas, com deficiência ou excesso desses nutrientes, provocando sérios distúrbios metabólicos, mesmo sendo comum atualmente o uso de suplementos vitamínicos sintéticos. Neste sentido é necessária atenção a alguns fatores para conseguir um uso eficiente destes produtos. No cenário produtivo atual, estratégias são adotadas para melhor atender as exigências vitamínicas dos animais ruminantes, que necessitam desses elementos para realização de diversos processos biológicos e máximo desempenho produtivo. O objetivo desta revisão foi caracterizar as vitaminas quanto a sua classificação, função, utilização e disponibilidade, destacando sua importância na saúde e produtividade animal, além proporcionar algumas informações básicas sobre as vitaminas e o seu papel no organismo de animais ruminantes; os motivos que justificam a utilização de suplementos vitamínicos, bem como algumas das condições e cuidados necessários ao seu uso.

Palavras-chave: biodisponibilidade, deficiências vitamínicas, exigências nutricionais, suplementação.

VITAMINAS: UN ENFOQUE PRÁCTICO DE USO ALIMENTAR A LOS RUMIANTES

RESUMEN - Animales de granja en general consumen alimentos que no coinciden con sus necesidades en relación con las vitaminas. Los alimentos más utilizados por estos animales contienen proporciones desequilibradas con deficiencia o exceso de nutrientes, causando graves trastornos metabólicos, a pesar de que el uso común ya los suplementos de vitaminas sintéticas. En este sentido, es necesario tener en cuenta algunos factores para lograr un uso eficiente de estos productos. En el escenario actual de producción, las estrategias que se adopten para satisfacer mejor las necesidades de vitaminas de los rumiantes que necesitan estos elementos para llevar a cabo diversos procesos biológicos y el rendimiento máximo de producción. El objetivo de esta revisión fue caracterizar las vitaminas y su clasificación, función, uso y disponibilidad, destacando su importancia en la salud animal y la productividad, y proporcionar información básica acerca de las vitaminas y su papel en el cuerpo de los animales rumiantes, las razones de uso de suplementos vitamínicos, así como algunas de las condiciones necesarias para su cuidado y uso.

Palavras clave: biodisponibilidade, deficiências de vitaminas, requerimentos nutricionais, suplementação.

VITAMINS: A PRACTICAL APPROACH TO USE THE FEEDING OF RUMINANTS

ABSTRACT - Overall farm animals consume diets that do not match their requirements in relation to vitamins. Foods most commonly used by these animals contain unbalanced proportions with deficiency or excess of nutrients, causing serious metabolic disorders, even though the now common use of synthetic vitamin supplements. In this sense it is necessary to note some factors to achieve an efficient use of these products. In the current production scenario, strategies are adopted to better meet the vitamin requirements of ruminant animals that need these elements to perform various biological processes and maximum production *performance*. The objective of this review was to characterize the vitamins and their classification, function, use and availability, highlighting its importance in animal health and

productivity, and provide some basic information about vitamins and their role in the body of ruminant animals, the reasons for use of vitamin supplements, as well as some of the conditions necessary for their care and use.

Keywords: bioavailability, nutritional requirements, supplementation, vitamin deficiencies.

INTRODUÇÃO

As vitaminas são compostos orgânicos necessários em pequenas quantidades no organismo, entretanto são indispensáveis para a vida. Elas participam de reações metabólicas do interior da célula, crescimento e manutenção da saúde animal. Podem existir no organismo animal ou serem obtidas na forma de provitamina encontrada em vegetais. A expressão vitamina foi utilizada originalmente por Casimir Funk para designar o agente curativo do Beribéri, descoberto por Eijkmann e Hopkins na cutícula do arroz.

O nome “vitamina” (vita: vida; amina: grupo de composto nitrogenado) foi dado para indicar as substâncias orgânicas essenciais dieteticamente, distintas das proteínas, dos glicídios e lipídios. Posteriormente foi descoberto que nem todas as vitaminas eram formadas pelo grupamento amina, mas apesar do erro o nome se manteve, uma vez que o termo já era convencionalmente empregado.

As vitaminas são de extrema importância para o organismo animal e seu uso é cada vez mais comum, no entanto, é necessário atenção a alguns fatores para se alcançar o eficiente uso destes nutrientes. O primeiro prende-se a estabilidade química das vitaminas que é bastante variável, o que torna complexa a determinação de seu teor nos alimentos, invalidando por sua vez a maioria das tentativas de encontrar dietas corretamente equilibradas.

No caso dos animais ruminantes, a necessidade desses nutrientes se dá de modo integral, uma vez que, a nível celular, todas as vitaminas são necessárias para o funcionamento normal do organismo (CHURCH, 1977). É de fundamental importância observar os requerimentos vitamínicos mínimos dos animais, como forma de distinguir as necessidades fisiológicas e dietéticas. Todas as vitaminas são requeridas fisiologicamente pelos animais superiores e desempenham preponderante papel no metabolismo.

O NRC (1987) faz menção às vitaminas como sendo componentes encontrados naturalmente nos alimentos, mas com características distintas dos carboidratos, gordura, proteína e água, pois estão presentes em pequenas quantidades. Ainda assim são essenciais para o metabolismo dos animais, por conseguinte, para saúde e funções fisiológicas normais de crescimento, desenvolvimento, manutenção e reprodução.

A ausência das vitaminas na dieta, ou absorção e utilização imprópria causam deficiências específicas, com impossibilidade para sintetizar quantidades suficientes às

demandas fisiológicas. A omissão sistemática de determinada vitamina pode desencadear sintomatologia específica de moléstia carencial, característica do estado de avitaminose (ausência de vitamina). No entanto, não só a quantidade de vitamina deve ser considerada, mas também sua função biológica.

Neste sentido não cabe o equivocado pressuposto de “quanto mais, melhor”. Assim como com todos os nutrientes, o equilíbrio vitamínico da dieta é de extrema importância, uma vez que as vitaminas diferenciam entre si quanto a sua estrutura química, bem como a sua forma, função e origem. Sendo assim estas podem ser consideradas como elementos essenciais à saúde dos animais e ao adequado funcionamento de seus organismos.

Diante do exposto, temos que o uso correto das vitaminas pode trazer benefícios consideráveis, melhorando de modo significativo o desempenho reprodutivo dos animais ruminantes. Para melhor compreender e utilizar estes nutrientes é importante reunir alguns conhecimentos básicos sobre o funcionamento das vitaminas no organismo. Haja vista só é possível otimizar a dieta e perceber a importância e função das vitaminas compreendendo o papel destas no organismo.

Procuramos com este documento, proporcionar algumas informações básicas sobre as vitaminas e o seu papel no organismo de animais ruminantes; os motivos que justificam a utilização de suplementos vitamínicos, bem como algumas das condições e cuidados necessários ao seu uso.

REVISÃO DE LITERATURA

1. Classificação e função das vitaminas

Segundo McDowell (2001) existem 15 vitaminas metabolicamente essenciais para a produção animal. Algumas vitaminas desviam da definição inicial, uma vez que algumas não necessitam está presente nos alimentos, pois podem ser sintetizadas no trato gastrointestinal pelas bactérias do rúmen, que as produz quantidades adequadas para atendimento das exigências do organismo animal (BERCHIELLI, 2006). São exemplos às vitaminas do complexo B, K, C e D, que são vitaminas sintetizadas no trato gastrointestinal, e que suprem eficientemente as necessidades de vitaminas dos animais ruminantes. Ainda pode ser sintetizadas, a niacina, que é derivada a partir do triptofano, e a vitamina D, a partir da ação da luz solar ultravioleta, incidindo sobre precursores que estão presentes na pele animal (ZEOULA & GERON, 2006).

As vitaminas estão classificadas de acordo com a solubilidade, em lipossolúveis (solúveis em lipídeos e solventes orgânicos) e hidrossolúveis (solventes em água) (Tabela 1). No grupo das vitaminas lipossolúveis estão inseridas as vitaminas, A, D, E e K; Já para as hidrossolúveis estão as vitaminas do complexo B (B1, B2, B6, B12), ácido nicótico (B3), ácido pantotênico (B5), ácido fólico (M ou Bc), biotina (H ou Bw), colina e ácido ascórbico.

1.1. Vitaminas lipossolúveis:

De um modo geral as vitaminas lipossolúveis possuem caráter hidrofóbico e por essa razão são encontradas no material lipídico tanto de plantas como de animais. Uma das principais características dessas vitaminas é sua capacidade de armazenamento no organismo, podendo ser armazenadas em grandes quantidades, uma vez que seu mecanismo de eliminação é bastante lento, não havendo necessidade de serem ingeridas diariamente. Os efeitos de sua absoluta carência na dieta podem também não serem manifestados fisiologicamente durante um longo período.

1.2. Vitaminas hidrossolúveis:

As vitaminas hidrossolúveis encontram-se distribuídas nos vegetais, sua principal fonte, e podem ser determinadas também em alimentos de origem animal. São componentes de sistemas de enzimas essenciais. Várias estão envolvidas em reações de manutenção do metabolismo energético.

Ao contrário das vitaminas lipossolúveis, as hidrossolúveis não são normalmente armazenadas no organismo em quantidades apreciáveis, estas são geralmente excretadas em pequenas quantidades na urina; sendo desejável seu suprimento diário ao animal, com o intuito de se evitar a interrupção das funções biológicas normais.

Para tanto, as vitaminas são requeridas para a execução de funções celulares específicas. As hidrossolúveis, por sua vez, são precursoras de coenzimas para as enzimas do metabolismo intermediário, principalmente no metabolismo energético e hematopoiético. Já nas lipossolúveis apenas a vitamina K funciona como coenzima (CHAMPE et al., 2006).

2. Fontes de vitaminas para ruminantes

As vitaminas são originadas primariamente nos tecidos das plantas e estão presentes nos tecidos animais somente porque há ingestão desse material da planta pelo animal, ou porque este é nutrido pela síntese de vitaminas dos microrganismos. A vitamina B é a única que ocorre nos tecidos das plantas e são resultantes da síntese microbiana (McDOWELL, 2001).

A dieta de ruminantes é composta essencialmente da combinação de alimentos concentrados (cereais e suplementos proteicos) e volumosos (forragens). As forragens frescas ou conservadas são fontes de vitaminas A, E, D, niacina e tiamina (AITKEN & HANKIN, 1970).

De acordo com o NRC (2001) as forragens verdes contêm quantidades consideráveis de β -caroteno, entretanto, a maioria dos grãos e subprodutos apresenta baixas quantidades. Para as forragens frescas e grãos de integrais a concentração de vitamina E são elevadas, embora sua concentração decresça rapidamente após o corte, e a exposição prolongada ao oxigênio e luz solar.

As folhas verdes também são fontes abundantes de riboflavina (B2), particularmente a alfafa, já os cereais e seus subprodutos são pobres. O levedo é uma importante fonte de vitamina B2 podendo conter mais 125 mg por grama consumida (OLIVEIRA, 2008). Todavia as vitaminas presentes nas forragens são difíceis de serem quantificadas, pois estão sujeitos a muitas variações.

3. Fatores que afetam a sua disponibilidade

As vitaminas estão presentes nos vegetais seja na forma assimilável ou na forma de precursores (provitaminas), entretanto o teor desse nutriente pode sofrer variações em termos de quantidade e disponibilidade. Berchielli (2006) relatou em sua publicação "Nutrição de Ruminantes" alguns fatores que afetam a disponibilidade desse nutriente na fonte vegetal. São eles:

3.1. Espécie da planta

As gramíneas e as leguminosas se caracterizam por apresentarem teores similares de β -caroteno, entretanto com o estágio de maturação as leguminosas são mais ricas em β -caroteno que as gramíneas. Já em relação ao α -tocoferol, as gramíneas, no estágio inicial de crescimento, contêm duas vezes mais α -tocoferol do que as leguminosas. Mas, do início ao fim do estágio de florescimento, as leguminosas e as gramíneas possuem aproximadamente o mesmo teor de α -tocoferol (ZEOULA & GERON, 2006).

Segundo Ballet et al. (2000), embora a capacidade das espécies sejam diferente em sintetizar essas vitaminas, um fator relevante para ambas é o percentual de folha e colmo, pois os teores na folha são superiores a do colmo e isso influencia significativamente o nível de β -caroteno e α -tocoferol encontrado nas forragens.

O mesmo autor relata que há variação de até 22% no nível de α -tocoferol em quatro variedades de alfafa e para o nível de β -caroteno essa variação foi na ordem de 30% quando se utilizou nove variedades de alfafa. Já o teor de tiamina em quatro variedades de alfafa não apresentou diferença significativa.

Tabela 1. Classificação das vitaminas segundo sua solubilidade, sinônimo, forma comercial e funções

Lipossolúveis			
Vitamina	Sinônimo	Forma comercial	Funções
A	Retinol	Acetato de vitamina A	Produção de rodopsina;
	Retinal		Reprodução;
	Ácido retinoico	Palmitato de vitamina A	Desenvolvimento ósseo
D	Ergocalciferol	Vitamina D2 e D3	Metabolismo de Ca e P
	Colecalciferol		Crescimento
E	D-B-tocoferol	Acetato de D-a tocoferol	Antioxidante
	D-a-tocoferol	Acetato de L-a tocoferol	Membranas fosfolípida
K	Filoquinona	Vitamina k1, k2	Cofator da coagulação sanguínea
	Menoquinona – 4; 6	Menadinona menaftona	
Hidrossolúveis			
B1	Tiamina	Cloridrato de tiamina	Descarboxilação oxidativa;
		Mononitrato de tiamina	
B2	Riboflavina	Riboflavina	Transferência de elétrons
B3	Fator PP, Niacina	Nicotinamida	NAD e NADP;
B5	Ácido Pantotênico		Metabolismo CHO;
		D-pantonenato de cálcio	Lipídeos e Proteínas
		DL-pantotenato de cálcio	Precursor da Coenzima A
B6	Piridoxina	Cloridrato de piridoxamina	Metabolismo AA
	Piridoxal Piridoxamina		
B12	Cianocobalamina	Cianocobalamina	Sistema nervoso; Hematopoiese;
H ou Bw	Biotina	D-biotina	Crescimento; Gliconeogênese
			Metabolismo CHO; Lipídeos e Proteína
M ou Bc	Ácido pteroilmonoglutâmico	Ácido fólico	Crescimento; Hematopoiese; Sistema imune
Colina	Gossipina, bilineurina	Cloreto de colina	Síntese acetilcolina;
C	Ácido ascórbico	Ascorbato de sódio e cálcio	Componentes de fosfolípídeos
			Biossíntese colageno; Reações oxidação

3.2. Condições climáticas

Independente do estágio e ciclo de crescimento, as plantas forrageiras apresentam maiores teores de β -caroteno e α -tocoferol, quando crescem sob condições mais amenas. Acredita-se que a temperatura ambiente e a quantidade de luz possuam contribuição superior a água na variabilidade do teor de β -caroteno e α -tocoferol, mesmo esta que esta esteja ligada diretamente a relação folha:colmo das plantas. Olsson et al. (1977) avaliando os teores β -caroteno em gramíneas e leguminosas no início do estágio de crescimento por um período de três anos, observaram que os teores de β -caroteno foram maiores no verão fresco e úmido em relação ao verão quente e seco.

3.3. Estádio de maturidade

O principal fator responsável pela variação nos teores de β -caroteno e α -tocoferol nas forragens, durante seu crescimento até a maturidade, é a mudança na relação folha:colmo, uma vez que as folhas são mais ricas nessas vitaminas do que o colmo. Ballet et al. (2000) alegam que a formação do colmo é acompanhada pelo aumento na concentração da matéria seca (MS) e, portanto, uma relação negativa é observada entre o conteúdo de MS e o teor de β -caroteno.

Em relação a vitamina D, tem-se que seu teor é bastante baixo nas forragens verdes, contudo quando exposto aos raios ultravioleta (230-300 nm), altos níveis de vitamina D podem ser sintetizados. Nesse caso o teor desta vitamina aumenta com a maturidade da planta, por causa do teor de folhas senescente. Inversamente ao que

foi observado para o teor de β -caroteno nas gramíneas e leguminosas.

3.4. Métodos de conservação

O método de conservação pode influenciar o conteúdo de vitaminas presente nas plantas (Tabela 2). A destruição enzimática do caroteno começa quando a forragem é cortada e se intensifica nos primeiros estádios de crescimento, fato atribuído à presença de enzimas conhecidas como lipoxigenases, grupo de isoenzimas que destroem o β -caroteno das forragens. De acordo com Zeoula & Geron (2006), o β -caroteno e o α -tocoferol são destruídos pela oxidação acelerada pela luz ultravioleta e o calor. O aquecimento prolongado, sem oxigênio, parece exercer um menor efeito.

O maior tempo de exposição ao sol decorrente do processo de fenação também reflete na maior destruição do β -caroteno. Trabalhos como o de Zeoula & Geron (2006) mostram que se após o corte houver exposição ao

sol por um período prolongado e nesse mesmo tempo ela for exposta à chuva, a destruição do β -caroteno é quase completa. Porém, uma rápida desidratação das forragens propicia um aumento no teor de β -caroteno e α -tocoferol. Os autores atribuem isso ao nível residual de umidade presente nas forragens e que tem efeito direto sobre a destruição do β -caroteno e α -tocoferol.

Por outro lado, conforme relatado por Ballet et al. (2000), as forragens secas ao sol apresentam maior teor de vitamina D2. Segundo o autor a alfafa seca ao sol apresentou duas vezes mais vitamina D2 que na sombra.

A ensilagem garante uma maior conservação de carotenos e tocoferóis em relação ao processo de fenação. A secagem prévia também que muitas vezes precede a ensilagem da forragem ou uso de aditivo têm aumentado as perdas de β -caroteno durante a fase preliminar aeróbica de forragem ensilada. Quando ensiladas as perdas nas forragens de carotenos podem chegar até 30%. (BALLET et al., 2000).

Tabela 2. Conteúdo vitamínico de forragens frescas e conservadas

Forragens	β -caroteno (mg/Kg MS)		α -tocoferol (mg/Kg MS)		Vitamina D (mg/Kg MS)	
	N	Média	N	Média	N	Média
Forragem verde ¹	349	196	86	161	25	365
Forragem desidratada ²	16	159	12	125	4	397
Silagem ³	50	81	4	155	10	440
Feno ⁴	68	36	10	61	40	1156

¹Forragem verde (timóteo, azevém, aveia) e leguminosa (alfafa, trevo); ²Forragem desidratada (alfafa); ³Silagem de leguminosas (alfafa e trevo), silagem de gramíneas (aveia, azevém) e silagem de milho; ⁴Feno de leguminosas (alfafa, trevo) e feno de gramíneas (timóteo, azevém, aveia). Fonte: Adaptado de Ballet et al. (2000).

3.5. Condições de estocagem

As perdas de β -caroteno e α -tocoferol em feno de leguminosas são também correlacionadas positivamente com o tempo de estocagem (Tabela 3). Os fatores que podem estar envolvidos nessa perda são: umidade, temperatura, luz e reações catalíticas. Altas temperaturas

no silo também proporcionam maiores perdas de vitaminas. Uma segunda degradação do caroteno e tocoferol também ocorre após a conservação, isto é, no momento em que a forragem permanece exposta no cocho (BALLET et al., 2000, citado por ZEOULA & GERON, 2006).

Tabela 3. Perdas relativas de carotenos por causa do processo de fenação e duração do tempo de estocagem

Forragem	Caroteno (mg/Kg MS)	Teor relativo em relação à forragem fenada (%)
Forragem fresca	213	100
Forragem recém fenada	29	14
Feno estocado (13 semanas)	14	7
Feno estocado (20 semanas)	10	5
Feno estocado (28 semanas)	4	2

Fonte: Islabão (1978).

4. Absorção das vitaminas

4.1. Absorção das Vitaminas Lipossolúveis:

A absorção das vitaminas lipossolúveis é paralela à absorção de gorduras e dependem das micelas para sua absorção. As vitaminas (A, D, E, K) são absorvidas junto com as micelas mistas formadas pelos ácidos biliares e

pelos produtos de digestão lipídica. A presença dos ácidos biliares e dos produtos da digestão lipídica aceleram a absorção das vitaminas lipossolúveis. Nas células epiteliais as vitaminas lipossolúveis penetram os quilomícrons e deixam o intestino na linfa. As vitaminas lipossolúveis, normalmente, são armazenadas no organismo e nos mesmos locais de armazenamento das

gorduras e são basicamente excretadas pelas fezes, por meio da bÍlis.

4.2. Absorção de Vitaminas Hidrossolúveis:

B1 (Tiamina), B2 (Riboflavina), B6 (Piridoxina), B12, C (Ácido ascórbico), Niacina (Ácido nicotínico), Ácido pantotênico (B5) e Ácido fólico (Ácido pteroilglutâmico). Na maioria dos casos ocorre por co-transporte dependente de Na⁺ no intestino delgado o que permite a transferência contra gradientes ou por difusão facilitada, exceção vitamina B12 (Cobalamina) que depende do fator intrínseco. São armazenadas em pequenas quantidades no organismo. Quando ingeridas em excesso em relação a exigência, elas são facilmente excretadas na urina e, assim, devem ser continuamente supridas na dieta (BERCHIELLI, 2006).

4.3. Absorção da Vitamina B12:

A absorção desta vitamina geralmente está presente na alimentação ligada às proteínas. No estômago (pH baixo) se torna livre e é fixada as proteínas R, presentes na saliva e no suco gástrico. O Fator intrínseco possui menos afinidade que as proteínas R; mas no intestino as proteases pancreáticas dissolvem a ligação com a proteína R e a vitamina B12 se liga com o fator intrínseco, sendo este complexo (B12 – FI) absorvido no íleo.

5. Função antioxidante e imunológica das vitaminas

As vitaminas desenvolvem papel importante na saúde dos animais. Para vacas em lactação, por exemplo, a suplementação com vitaminas vai além de corrigir deficiências, sendo bastante usada para minimizar o estresse e otimizar a eficiência de produção. Os radicais livres podem ser extremamente perigosos aos sistemas biológicos (PADH, 1991).

Também, os leucócitos que fagocitam partículas estranhas sofrem um aumento da taxa respiratória produzindo radicais de oxigênio para destruir os patógenos intracelulares. Portanto, estes produtos oxidantes podem, se não forem eliminados, danificar as células saudáveis.

Os antioxidantes servem para estabilizar estes radicais livres altamente reativos, mantendo assim a integridade estrutural e funcional das células (CHEW, 1995). Assim, os antioxidantes são muito importantes à defesa imune e saúde de humanos e animais.

Os mecanismos de defesa dos tecidos contra os radicais livres, geralmente incluem vitamina C, vitamina E e β-caroteno como as principais fontes vitamínicas antioxidantes. O equilíbrio dietético e tecidual de todos estes nutrientes é importante na proteção dos tecidos contra radicais livres.

Estudos *in vitro* e *in vivo* mostram que estes nutrientes geralmente possuem aspectos diferentes de imunidade celular e não-celular. A função dos antioxidantes poderia, pelo menos em parte, aumentar a imunidade mantendo a integridade funcional e estrutural de importantes células imunes. Um sistema imune comprometido resultará em reduzida eficiência de produção animal, através do aumento da susceptibilidade às doenças, aumentando a morbidade e mortalidade animal.

6. Fatores que afetam os requerimentos de vitaminas

McDowell (2001) relatou que os requerimentos de vitaminas pelos animais podem ser afetados por alguns fatores, tais como: Estádio fisiológico e função produtiva, disponibilidade de forragens, estresse, sanidade ou condições ambientais, antagonismo entre vitaminas, alteração da flora microbiana, estado nutricional e reservas corporais.

6.1. Estádio fisiológico e função produtiva:

Animais que se encontram em crescimento, em lactação, gestação apresentam maiores exigências em diversas vitaminas.

6.2. Locais sem áreas de acesso para pastagens:

Os pastos ou forragens são caracterizados por serem boas fontes de vitaminas. São fontes de vitamina A e vitamina E, contém maiores quantidades de β-caroteno e α-tocoferol em relação aos grãos.

6.3. Estresse, doença ou condições ambientais adversas:

Com o objetivo de manter sua imunidade normal animais submetidos a estresse ou doenças tendem a aumentar o requerimento de certas vitaminas. Além disso, a atividade parasitária afeta o trato gastrointestinal, reduzindo a absorção das vitaminas.

6.4. Vitaminas antagonistas:

O antagonismo entre vitaminas interferem com a atividade das mesmas. Através da ação de clivar a molécula metabólica e inativá-la, ocorre aumento da necessidade de suplementação da vitamina inativada.

6.5. Uso de drogas antimicrobianas:

Os microrganismos do rúmen são capazes de sintetizar algumas vitaminas, a alteração da microflora (causada por algumas drogas) inibe a síntese de certas vitaminas e aumenta os requerimentos destas pelo animal.

6.6. Nível de outros nutrientes na dieta:

A absorção das vitaminas lipossolúveis está intimamente relacionada com a digestão e absorção da gordura, com isso, o nível deste nutriente na dieta pode afetar a absorção destas vitaminas.

6.7. Reservas corporais

As vitaminas podem ser estocadas pelo consumo anterior, com isso diminuem a dependência do consumo diário destas. Isso ocorre com as vitaminas lipossolúveis e a vitamina B12.

As reservas corporais aliadas aos fatores supracitados podem influenciar significativamente o requerimento das vitaminas pelo organismo animal, alterando o nível adequado para se obter o melhor desempenho destes animais em relação a seu crescimento, produção e reprodução.

6.8. Requerimentos pelos microrganismos ruminais

As vitaminas atuam como fator de crescimento para os microrganismos ruminais. Contudo, os requerimentos diferem individualmente e nem todos os microrganismos sintetizam todas as vitaminas do complexo B, por isso, algumas vitaminas que não são sintetizadas são obtidas unicamente através da dieta (BERCHIELLI, 2006).

Embora as exigências destes nutrientes variem entre as espécies. A biotina entre todas, parece ser uma das mais exigidas entre as bactérias, seguida pelo ácido para-aminobenzóico (PABA) e ácido fólico (Tabela 4). As principais bactérias (*Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens* e *Ruminococcus albus*) que degradam celulose requerem biotina para seu crescimento (ZEOULA & GERON, 2006).

Tabela 4. Exigências de vitaminas pelas bactérias do rúmen

Bactérias	Biotina	Ác.Fólico	PABA	B6	B5	B1	B2	B3	B12
<i>F. Succinogenes</i>	+	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Rb. Amylophilus</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>R. Flavefaciens</i>	+	+	+	+	-	+	+	-	-
<i>R. Albus</i>	+	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>B. Fribisolvens</i>	+	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>S. Bovis</i>	+	-	+	-	+	+	+	+	-
<i>Sel. Ruminantium</i>	+	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>S. Dextrinosolvens</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-

† Exigido em maiores quantidades; † Exigido em menores quantidades. PABA: Para-amino benzóico; Ácido fólico; B₆: Piridoxina; B₁: Tiamina; B₂: Riboflavina; B₃: Niacina e B₁₂: Cobalamina. Fonte: Zeoula & Geron (2006).

No entanto a biotina não é extensamente metabolizada no rúmen, e o aumento no consumo da biotina dietética resulta em sua concentração elevada no soro e no leite. Torre & Caja (2009), ao avaliar a degradabilidade das vitaminas hidrossolúveis e sua contribuição para a população microbiana, observou a vitamina B6 e a biotina são mais estáveis no rúmen, a tiamina (B1) apresenta degradabilidade intermediária e as outras vitaminas hidrossolúveis são degradadas quase totalmente (Tabela 5).

O ácido fólico também é um cofator essencial no metabolismo de certas bactérias. A síntese de vitamina B12 pelos microrganismos é adequada desde que não haja

deficiência de cobalto. A vitamina B12 atua como coenzima da metilmalonil-CoA isomerase que cataliza a conversão da metilmalonil-CoA em succinil-CoA, intermediário na produção de propionato. A deficiência de vitamina B12 foi evidenciada pelo acúmulo de succinato durante uma limitação desta vitamina em culturas contínuas de *Prevotella ruminicola* (STROBEL, 1992).

De acordo com Silva & Leão (1979), a síntese de vitamina no rúmen é favorecida pela adição de fontes de nitrogênio, amido ou celulose. A adição de nitrogênio, tanto na forma de farelo de soja quanto de uréia aumenta a síntese de ácido nicótico, riboflavina e ácido pantotênico.

Tabela 5. Degradabilidade ruminal e síntese de proteína microbiana em bezerras

Vitaminas	Degradabilidade (%)	Síntese (mg/Kg MOD)
Tiamina (B ₁)	48	8.3
Riboflavina (B ₂)	99	15.2
Niacina (B ₃)	94	107.2
Piridoxina (B ₆)	0	5.6
Ác. Pantotênico	78	2.2
Ác. Fólico	97	0.4
Biotina	0	0.8
Cianocobalamina (B ₁₂)	90	4.1
Ác. Ascórbico (C)	100	0

MOD: Matéria Orgânica Digestível. Fonte: Zinn et al. (1987).

7. Requerimento de vitaminas pelos ruminantes

Os ruminantes precisam, a nível celular, de todas as vitaminas para o adequado funcionamento de seu organismo, diferentemente de outros mamíferos, mesmo que para aquelas vitaminas equivalentes às concentrações necessárias sejam praticamente idênticas. Todavia, os microrganismos presentes no rúmen são capazes de sintetizar algumas vitaminas o que torna os ruminantes menos dependentes da suplementação de vitaminas em relação aos animais não ruminantes.

A síntese de vitaminas do complexo B e vitamina K ocorrem durante a degradação e fermentação dos nutrientes presentes na dieta pela microbiota ruminal (Tabela 6). O que nos leva a concluir que os ruminantes raramente são suplementados com estas vitaminas, exceto para os ruminantes jovens. A vitamina D que é sintetizada através da radiação ultravioleta sobre os esteróis presentes na pele dos ruminantes; a vitamina C é sintetizada a partir de açúcares (glicose e galactose) e a Niacina pode ser sintetizada a partir do triptofano, dependendo do nível deste aminoácido.

Tabela 6. Síntese de algumas vitaminas do grupo B no rúmen em relação com a necessidade dos animais

Vitaminas	Necessidades (mg/dia)	Síntese ruminal (mg)		Síntese ruminal, % necessidade
		6h	24h	
Riboflavina	32	35	140	440
Niacina	182	219	876	480
Ác. Pantotênico	117	43	172	150

Fonte: Adaptado Church (1993).

Com vistas no exposto, tem-se que a suplementação exógena de vitaminas em ruminantes adultos consiste basicamente em vitaminas A e E. Todavia em determinadas circunstâncias, o nível de exigências destes nutrientes pode ser aumentado, o que leva necessariamente a uma suplementação vitamínica. Dificuldades de se definir as exigências fisiológicas dessas vitaminas podem ocorrer, pois estas variam de acordo com os objetivos traçados, seja na prevenção dos sintomas de deficiências ou nos requerimentos para máxima *performance* animal.

As necessidades vitamínicas dos ruminantes são feitas por intermédio dos chamados padrões alimentares.

Em 1953, o Comitê de Nutrição Animal dos EUA decidiu não incluir mais a margem de segurança nas recomendações do NRC, mas fixar as exigências consideradas adequadas para o crescimento normal, saúde e produção animal. Desta forma, as necessidades adicionais identificadas como resultados de estresses que ocorrem em meio a condições desfavoráveis de criação, foram desconsideradas. As recomendações de vitaminas A, D, E e Niacina (Tabela 7) apresentadas pelo RPAN (1998) são maiores que as necessidades fisiológicas, uma vez que foi incorporada uma margem de segurança para garantir que a *performance* dos animais não seja comprometida.

Tabela 7. Recomendações de vitaminas para ruminantes

Ruminantes	Vitamina A (UI/dia)	Vitamina E (mg/dia)	Vitamina D (UI/dia)	Niacina (g/dia)
Vacas leiteiras (lactantes)	80.000-120.000	100-1.000	15.000-50.000	1-2
Vacas leiteiras (secas)	75.000-125.000	500-900	10.000-20.000	0-1
Bovinos terminação	40.000-70.000	200-1.500	4.000-7.000	1-2

UI: Unidade Internacional. Fonte: (RPAN, 1998).

De acordo com a Tabela 8 pode-se observar as exigências de vitaminas para bovinos de corte, caprinos e ovinos, segundo Morand-Fehr (1981) e NRC (1996;

1985). A Tabela 9, por sua vez, apresenta as exigências de vitaminas para vacas de leite, de acordo com o preconizado pelo NRC (2001).

Tabela 8. Exigência de vitaminas para as espécies bovina (corte), caprina e ovina

Nutriente	Anim.	Anim.	Anim. Lact. e	Anim.	Anim.	Anim.	Referência
	Cresc./Engorda	Gestação	Reprodutores	Reposição	Adultos	Jovens	
Exigência de vitaminas para gado de corte (UI/kg de MS)							
Vit. A	2.200	2.800	3.900	-	-	-	1
Vit. D	275	275	275	275	275	275	2
Vit. E	15-60	-	-	-	-	-	3
Vit. K	-	-	-	-	SM	-	4
Exigência de vitaminas para caprinos (UI/kg de MS)							

Vit. A	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5
Vit. D	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	6
Vit. E	100	100	100	100	100	100	7
Vit. K	-	-	-	-	SM	-	8
Exigência de vitaminas para ovinos (UI/kg de MS)							
Vit. A	-	3.306	2.380	1.567	-	-	9
Vit. D	-	-	-	-	555 ¹	-	10
Vit. E	15-20	15-20	15-20	15-20	15-20	15-20	11
Vit. K	-	-	-	-	SM	-	12

Exigência expressa em UI / kg de MS, em que, UI: Unidade Internacional; PV: Peso vivo; SM: Síntese microbiana no rúmen; ¹UI/100 kg PV. Fonte: 1, 2, 3 e 4 (NRC, 1996); 5, 6, 7 e 8 (MORAND-FEHR, 1981); 9, 10, 11 e 12 (NRC, 1985).

Tabela 9. Exigência de vitaminas para bovinos leiteiros NRC (2001)

Nutriente	Anim. Cresc./Engorda	Anim. Lact. e Reprodutores	Vacas secas	Animais adultos
Exigência de vitaminas para bovinos leiteiros (UI/kg de PV)				
Vit. A	80	110	110	110
Vit. D	-	-	-	30
Vit. E	-	0,8	1,6 ²	-
Vit. K	-	-	-	SM

UI: Unidade Internacional; PV: Peso vivo; SM: Síntese microbiana no rúmen; ¹Nível de vitamina E exigido para manter a saúde normal da glândula mamária; ²Teor de vitamina E exigido para manter a função imune em vacas leiteiras. Fonte: NRC (2001).

8. Vitaminas lipossolúveis

8.1. Vitamina A

A vitamina A é importante para manutenção da integridade da pele, mucosas, síntese de hormônios e imunidade. A carência desta vitamina causa diminuição do apetite, atraso no crescimento, problemas ósseos e visuais. Além disso, a sua carência conduz a uma maior sensibilidade às infecções oculares, digestivas, respiratórias, urinárias. Os animais podem apresentar problemas reprodutivos tais como fracos sinais de cio, atraso na ovulação, baixa taxa de fecundação, abortos. Sousa (2003), afirma que esta vitamina desempenha um papel essencial na visão participa da membrana celular de células receptoras de luz na retina; protege os epitélios; atua no desenvolvimento do sistema nervoso e imunológico; no desenvolvimento ósseo; no controle da pressão normal do fluído cérebro-espinhal e também está ligada a reprodução e desenvolvimento embrionário.

De acordo com NRC (1996), a deficiência desta vitamina ocasiona problemas em vários sistemas dos animais. Na pele, os pelos ficam ouriçados (ásperos, crespos); nos olhos, pode ocorrer cegueira noturna e degeneração da retina; no sistema nervoso, descoordenação de movimentos, convulsões e degeneração nervosa; no aparelho respiratório, aumento da sensibilidade às infecções das vias respiratórias e dos pulmões; no aparelho digestivo, aumento da sensibilidade às infecções das mucosas, atrofia dos ovários e baixa taxa de ovulação e de fecundação, além de problemas de ciclo estral e retenção de placenta.

A deficiência de vitamina A afeta a função imune, particularmente a resposta anticórpica aos antígenos célula-T-dependentes (ROSS, 1992). Uma menor resposta ao anticorpo primário também poderia aumentar a duração

e/ou a severidade de um episódio de infecção, considerando que uma resposta secundária diminuída poderia aumentar o risco de desenvolver um segundo episódio de infecção. A deficiência de vitamina A causa diminuição na atividade fagocítica em macrófagos e neutrófilos. O sistema secretório imunoglobulina A (IgA), é uma importante linha de defesa contra infecções na superfície de mucosas (McGHEE et al., 1992). Vários estudos em modelos animais mostraram que a resposta da IgA intestinal é prejudicada em deficiência de vitamina A (WIEDERMANN et al., 1993; STEPHENSEN et al., 1996).

Entretanto, esses sinais clínicos, obtidos em condições experimentais bastante severas, nem sempre são observados no campo. Dessa forma, os debates têm permanecido abertos. A vitamina A não ocorre nas plantas e sim seus precursores que são os carotenos: α -caroteno – conversão de 53% em vitamina A; β -caroteno – conversão de 100% em vitamina A; γ -caroteno – conversão de 53% em vitamina A; criptoxantina (caroteno do milho) – conversão de 57% em vitamina A. Nem todo o caroteno é precursor da vitamina A (exemplo a xantofila é caroteno, mas não é transformando em vitamina A).

Muitos pesquisadores afirmam que mesmo nos casos de pastagens de baixa qualidade, os teores de vitaminas A encontrados na corrente circulatória dos animais, parecem ser suficientes para lhes garantir um bom desempenho.

Para Zeoula & Geron (2006) o excesso desta vitamina causa problema na estrutura normal da célula. Entretanto, raramente são observados sinais de intoxicação por vitamina A. Parish & Rhinehart (2008) atribuíram ao fato da vitamina A ser extensamente degradada no rúmen e isto poderia prevenir seu efeito tóxico. Muitas reações bioquímicas que ocorrem no rúmen

são capazes de degradar a vitamina A, havendo assim grandes perdas no rúmen (BERCHIELLI, 2006). Já para o NRC (1987) isto ocorre pela provável competição por algum sítio de absorção com outras vitaminas lipossolúveis.

8.2. Vitamina D

Vulgarmente conhecida como “vitamina do sol”, a vitamina D pode ser sintetizada pela pele dos animais, desde que sejam expostos aos raios solares (ultravioleta) ou através da dieta ingerida.

A vitamina D ou colecalciferol é um composto semelhante aos esteróides e essencial para a absorção de cálcio no trato gastrointestinal. Na realidade, esta vitamina deve ser considerada um hormônio, já que em geral ela é sintetizada por um tecido e liberada na circulação.

Essa substância foi inicialmente isolada e descoberta em uma fonte dietética e, portanto, é tradicionalmente considerada uma vitamina. Sendo a vitamina D uma substância lipofílica, ela compartilha muitas características com os hormônios esteróides, incluindo suas formas circulantes e seu mecanismo de ação.

Há várias formas ativas de vitamina D na natureza, as mais eficazes para os ruminantes são a D2 e D3. A D2 é sintetizada nos vegetais, sobretudo quando cortados e expostos ao sol. Já a forma D3 é sintetizada nos organismos dos próprios animais, desde que recebam luz solar. Dessa forma, a sua carência é extremamente rara, nas condições do Brasil. De fato, os animais estão expostos ao sol durante todo ano, mesmo no inverno das regiões meridionais do país.

A função primordial desta vitamina é aumentar a absorção intestinal, a mobilização, a retenção e deposição óssea do Ca e P. A vitamina D pode ser obtida pelo colecalciferol produzido na epiderme pela irradiação do 7-deidrocoleterol ligando-se a uma α -globulina no sangue que imediatamente torna-se disponível ao metabolismo no fígado.

O 1,25 (OH)₂ D3 é considerado a forma hormonal da vitamina D, seu modo de ação ainda não é completamente conhecido, mas sabe-se que ele atua na absorção do P. A 1,25 (OH)₂ – vitamina D (forma ativa) aumenta os níveis extracelulares de cálcio e fósforo, aumentando assim a absorção intestinal destes minerais e por influência do hormônio paratireoide aumenta a reabsorção de cálcio e fósforo dos ossos.

A deficiência desta vitamina é encontrada principalmente em animais criados confinados (com baixa incidência solar) e em fases de maior exigência nutricional, como no terço final da gestação, lactação e crescimento. Como consequência ocorre inibição do crescimento (raquitismo); respiração acelerada (bezerros); articulações inchadas (vacas), e infertilidade.

A suplementação com vitamina D foi usada para prevenir parestesia da parturiente em vacas leiteiras durante vários anos. O tratamento com altos níveis de vitamina D teve êxito, mesmo havendo alguns problemas de toxidez, e em alguns animais, a doença foi induzida através do tratamento. Hodnett et al. (1992) usaram uma combinação de 25-OH D3 mais 1-hidroxicolecalciferol para reduzir parestesia da parturiente em vacas leiteiras alimentadas com altos níveis de Ca dietético. A incidência da doença foi reduzida de 33% para 8%.

O excesso de vitamina D causa problemas como depressão da *performance*, letargia, calcificação dos tecidos moles, parada cardíaca, problemas intestinais, enfraquecimento, perda do apetite e excessiva micção (ROCHE, 2000; STANTON, 1998).

A vitamina D é considerada a mais tóxica das vitaminas, pois como todas as vitaminas lipossolúveis essas podem ser armazenadas no corpo sendo lentamente metabolizada. Doses elevadas desta vitamina podem causar perda de apetite, sede e estupor. Um aumento da absorção de cálcio e reabsorção óssea resulta em hipercalcemia, que pode levar à deposição de cálcio em vários órgãos dos animais, nos rins e artérias.

8.3. Vitamina E

De forma similar ao que acontece com as vitamina A e D, a vitamina E advém de várias formas na natureza. Para Berchielli (2006) os vários compostos existentes na planta têm atividade biológica de vitamina E, e são derivados do tocol (tocoferol e/ou tocotrienol). A forma mais comum e mais ativa biologicamente nos alimentos é o α -tocoferol.

Durante muitos anos se considerou que a ação da vitamina E estava intimamente relacionada com a reprodução, entretanto, isto se aplica apenas a algumas poucas espécies, como: hamster, cobaia e etc, o que não é o caso dos ruminantes (CHURCH, 1977).

A vitamina E está relacionada com diversas funções no organismo, sendo algumas das mais importantes: sua ação antioxidante inter e intracelular; inibição da peroxidação natural dos ácidos graxos poliinsaturados nas camadas lipídicas da membrana, com eliminação dos radicais livres; componentes estruturais das células; síntese de $pgf_{2\alpha}$; auxílio na manutenção estrutural e da integridade de músculos esqueléticos, cardíacos, lisos e sistema imune (ZEOULA & GERON, 2006).

A função metabólica da vitamina E consiste em sua atuação como fator antioxidante, evitando assim a degradação peroxidativa das gorduras nas células dos animais e posterior formação de radicais peroxidados livres que inibem a ação de certas enzimas e lesão às membranas celulares, esta característica têm conferido a vitamina E atuação no sistema imune.

Estudos revelam que outros antioxidantes também proporcionam proteção ao animal de forma similar a vitamina E. Atualmente há clareza quanto a relação existente entre a vitamina E e o Selênio (Se). Considerável atenção tem sido dada ao papel da vitamina E e Se na proteção dos leucócitos e macrófagos durante a fagocitose, ou seja, mecanismos com os quais os animais se imunizam do ataque bacteriano. Ambos, vitamina E e Se podem ajudar estas células a sobreviverem a produtos tóxicos que são produzidos durante a lise das bactérias (BADWEY & KARNOVSKY, 1980). Os macrófagos e neutrófilos de animais deficientes em vitamina E, diminuem a atividade fagocítica.

Recentemente, muitos trabalhos têm relatado os benefícios da suplementação com vitamina E para bovinos, mais do que qualquer outra vitamina (McDOWELL et al., 1996). Os antioxidantes, inclusive a vitamina E, apresentam funções na resistência às infecções virais. A deficiência de vitamina E permite que um vírus benigno possa causar doença (BECK et al., 1994). Uma deficiência de vitamina E, leva a uma mudança no fenótipo viral, tal que uma estirpe avirulenta de um vírus torna-se virulenta e, uma virulenta torna-se mais virulenta ainda (BECK, 1997).

A suplementação com vitamina E em níveis mais altos que aqueles recomendados pelo NRC (1989), é benéfico no controle da mastite. Smith & Conrad (1987) relataram que a infecção intramamária foi reduzida 42,2% em animais suplementados com vitamina E-Selênio versus animais não suplementados. A duração de todas as infecções intramamárias na lactação foi reduzida 40 a 50% em novilhas suplementadas. Weiss et al. (1990) relataram que a mastite clínica está negativamente relacionada com as concentrações plasmáticas de Se e, concentração de vitamina E na dieta.

Os sintomas da deficiência de vitamina E nos ruminantes se caracterizam por lesões distróficas nos músculos que é denominada comumente de “doença do músculo branco”. Um sintoma precoce da deficiência de vitamina E em bezerros é o hiperplasia difusa e necrose de fibras musculares. Isso é muitas vezes acompanhada do aumento da concentração séricas com várias enzimas que refletem em lesão muscular.

A vitamina E é estocada no fígado e tecido adiposo, mas todos tecidos apresentam quantidade variável. O α -tocoferol é oxidado nos tecidos produzindo α -tocoferol-quinona e é excretado na forma de α -tocoferol-hidroquinona. Para tanto o excesso de vitamina E no organismo não acarreta sobremaneira problemas de toxicidade.

8.4. Vitamina K

Os compostos com atividade de vitamina K são agrupados em três séries: filoquinonas, menaquinonas e menadionas. A série das filoquinonas (vitamina K1)

caracteriza-se por apresentar uma única dupla ligação na cadeia lateral e está presente nos cloroplastos das plantas verdes e óleos vegetais. A série de menaquinonas (vitaminas K2) estas são sintetizadas por bactérias, incluindo as da flora intestinal. Caracteriza-se por apresentar duplas ligações que se sucedem de forma periódica. A série das menadionas não apresenta cadeia lateral e é formada pelo grupo 2-metil-1,4-naftaquinona, não existe naturalmente. A menadiona e seus derivados são a forma sintética da vitamina K e são fornecidos pelos suplementos.

Diante do exposto fica claro que para os animais ruminantes, a vitamina K2 é a forma mais significativa, uma vez que a mesma é sintetizada em grandes quantidades pelas bactérias do rúmen, contribuindo de forma significativa como fonte desta energia.

A vitamina K é constituída pela 2-metil-1,4-naftoquinona e apresenta como característica efeito anti-hemorrágico. A vitamina K é indispensável à síntese de protombina assim como outros fatores de coagulação, desempenhando um papel importante no tempo de coagulação sanguínea, uma vez que ela atua como cofator em reações de carboxilação do ácido glutâmico levando a formação de glutamato.

A vitamina K pode ser sintetizada pelas bactérias ruminais, além disso, ainda podem ser encontradas em altas concentrações nas plantas forrageiras, sendo assim rara sua deficiência no metabolismo animal. Por sua vez quando há deficiência desta vitamina, logo se segue uma diminuição do nível de protrombina do sangue, por conseguinte o tempo de coagulação sanguínea é retardado, ficando o animal sujeito a sofrer com hemorragias internas.

A vitamina K apresenta uma estreita relação com a doença hemorrágica, trevo doce. O trevo doce mofado contém um metabólito produzido por fungos, o cumarol, que reduz a concentração de protrombina do sangue, resultando em hemorragia, característica da infecção, entretanto isto não ocorre no Brasil, uma vez que não há cultivo desta planta (BERCHIELLI, 2006). O excesso desta vitamina pode levar a hemólise e proflirínúria (ZEOULA & GERON, 2006).

9. Vitaminas hidrossolúveis

9.1. Complexo B

9.1.1. Tiamina (Vitamina B1)

A forma biologicamente ativa desta vitamina é o pirofosfato de tiamina (TTP), que é formada pela transferência do grupo pirofosfato do ATP para a tiamina. A tiamina é quimicamente composta por 2,5-dimetil-6-amino piridina combinado ao 4-metil 5-hidroxi-etil-tazol, é solúvel em água, oxidada facilmente pelo ferrocianeto de potássio a tiocromo, é sensível à luz ultravioleta.

O animal com boa sanidade e com rúmen funcional pode sintetizar quantidades adequadas de tiamina, entretanto mediante a queda brusca de pH ruminal e a presença de enzimas (tiaminases) afeta sua concentração.

Acredita-se que o mecanismo de absorção da tiamina ocorre por transporte ativo e por difusão simples. No rúmen ocorre pequena absorção e a maior absorção de tiamina ocorre no intestino. Após absorção a tiamina é transformada pelo fígado em uma co-enzima, a co-carboxilase, enzima esta que é essencial aos processos metabólicos de obtenção de energia, a tiamina pirofosfato.

De acordo Pereira (2001) caso ocorra carência desta vitamina os animais apresentam problemas de distúrbios nervosos o que resulta em dificuldade dos movimentos, lesões cardíacas, arritmia, diminuição e perda de apetite, crescimento retardado, perda de peso, anorexia, debilidade geral, e em casos extremos morte. Uma deficiência de tiamina é comum em gado confinado alimentado com dietas ricas em concentrados, na condição (distúrbio nervoso) conhecida como poliencefalomalácia (PEM). A condição afeta bezerros e animais jovens principalmente entre 4 meses e 2 anos de idade. A incidência de PEM pode estar entre 1% e 20%, e a mortalidade pode alcançar 100%. Os sinais clínicos em casos moderados incluem fraqueza, cegueira, tremores musculares (especialmente da cabeça) e opistótono. Dietas altas em enxofre e compostos antitiamínicos (por exemplo, tiaminases) estão associados com deficiência de tiamina e PEM (GOULD, 1998; McDOWELL, 2000). Vacas em lactação parecem menos afetadas por PEM.

9.1.2. Riboflavina (Vitamina B2)

A riboflavina consiste de núcleo isoaloxazine combinado com álcool, o D-ribitol, ligado ao nitrogênio da posição 9. A forma ativa da riboflavina ocorre como éster fosfórico flavina-monucleotídeo (FMN) ou na forma de flavina adenina-dinucleotídeo (FAD), importantes componentes de enzimas transportadoras de hidrogênio, sendo importante nas reações de oxidação e redução, atuando na degradação de lipídios, bem como de proteínas e glicídios.

A riboflavina é fosforilada pela enzima flavoquinase após entrar livre na célula da mucosa no intestino delgado. A flavina-monucleotídeo entra no sistema porta e no fígado onde é convertida a FAD. Não há requerimento dietético de riboflavina estabelecido para ruminantes. São sintomas de carência desta vitamina, anorexia, diarreia e crescimento retardado. A riboflavina, no entanto, não apresenta problemas de toxidez, pois seu excesso é rapidamente excretado na urina.

9.1.3. Niacina (Vitamina B3)

A niacina é a vitamina hidrossolúvel mais comumente adicionada às dietas de vacas leiteiras. A principal forma presente nas plantas é a niacina, entretanto

a principal forma metabólica presente no organismo dos animais é a nicotinamida. A atividade desta vitamina está relacionada com o metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteína como coenzima a nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD).

Nos ruminantes a niacina tem importância em reações para a detoxificação hepática da amônia hepática e de cetonas em caso de cetose. Duffield et al. (1999) relataram que aproximadamente 50% das vacas leiteiras em rebanhos de alta-produção, passam por um estado cetótico durante o início da lactação. A concentração de β -hidroxibutirato foi reduzida de 1,24 para 0,74 mmol/L após 5 dias, quando 10 g de niacina foram fornecidas às vacas com cetose (FLACHOWSKY et al., 1988). Fronk & Schultz (1979) demonstraram que o tratamento de vacas leiteiras cetóticas, com 12 g de ácido nicotínico diariamente, surtiu um efeito benéfico na reversão de cetose subclínica e clínica. Para Klippel et al. (1993) a suplementação com niacina diminuiu os ácidos graxos de cadeia curta e média no leite e, aumentou os ácidos graxos mono-insaturados. A niacina na alimentação de vacas tem sido mostrada por corrigir depressão na proteína do leite, induzida pela gordura (DRIVER et al., 1990; CERVANTES et al., 1996).

Além da fonte via alimentar, a niacina pode ser obtida da síntese das bactérias ruminais e também pode ser sintetizada pela conversão do triptofano (desde que este esteja em excesso). A sua absorção ocorre por difusão simples. O excesso de leucina, arginina e glicina aumentam a necessidade de niacina, enquanto o excesso de triptofano diminui seu requerimento, uma vez que o mesmo pode servir como precursor para síntese desta vitamina. A deficiência de niacina inclui o aparecimento repentino de anorexia, diarreias severas e desidratação, seguida de morte súbita dos animais (ZEOULA & GERON, 2006).

9.1.4. Ácido Pantotênico (Vitamina B5)

O ácido pantotênico livre é um óleo instável e higroscópico, utilizado na forma de sais de Ca e Na. Sua forma ativa é a coenzima A encontrada principalmente no fígado, rins, cérebro e músculos. Funciona como um transportador do grupo acil em reações enzimáticas, envolvendo a síntese de ácidos graxos, colesterol, esteróides e na oxidação de ácidos graxos, piruvato e α -cetácidos e nas acetilações biológica.

Poucas informações estão disponíveis sobre sua absorção e transporte, mas provavelmente seja por difusão. São comuns em casos de deficiência os bezerros apresentarem dermatite escamosa, anorexia e diarreias, tornam-se fracos e incapazes de se manter em pé, podendo-se observar convulsões (ZEOULA & GERON, 2006).

9.1.5. Piridoxina (Vitamina B6)

Ocorre na forma de três derivados da 2-metil-3-hidroxi-5-hidroximetil piridina, que são: a piridoxina ou piridoxol (álcool), o piridoxal (aldeído) e o piridoxamina (amina). Desempenha papel importante nas reações de transaminação, descarboxilação, racemização e no transporte de aminoácidos, através das membranas de células, na conversão do ácido linoléico e araquidônico no metabolismo de ácidos graxos essenciais, síntese de epinefrina e noraepinefrina, incorporação do ferro na síntese da hemoglobina e transporte de aminoácidos (ZEOULA & GERON, 2006).

A absorção da vitamina B6 ocorre por difusão passiva no jejuno e íleo, no fígado é convertida a piridoxal fosfato, considerado a forma ativa da vitamina B6 no metabolismo. Durante a digestão, formas fosforiladas de vitamina B6 são hidrolisadas e a vitamina livre entra na célula intestinal, a vitamina B6 pode ser fosforilada, mas esta reação não é necessária para que ocorra absorção. Está presente no sangue na forma piridoxol ou piridoxal livre e fosfato de piridoxal ligado a albumina.

Não existe uma proteína transportadora específica para a vitamina B6. Nos tecidos, as três formas de vitamina B6 podem ser fosforiladas e convertidas nas forma coenzimática, o fosfato de pidoxal. O fosfato de piridoxal atua como cofator para uma grande quantidade de enzimas que estão envolvidas no metabolismo de aminoácidos.

Assim como as vitaminas que constituem o complexo B que são sintetizadas por microrganismos no rúmen, a deficiência de piroxidina não ocorre em animais com o rúmen funcional.

9.1.6. Biotina (Vitamina H)

Para biotina são possíveis oito isômeros diferentes, dentre estes somente a D-biotina ocorre na natureza e exerce a função de vitamina. A biotina é absorvida de forma intacta no terço inicial do intestino delgado. A biotina está envolvida na gliconeogênese, no metabolismo do propionato, síntese de ácidos graxos essenciais e na deaminação dos aminoácidos. No metabolismo intermediário atua como cofator em muitas reações. É transportada na forma livre e entra na célula por transporte ativo. Devido à síntese ruminal e intestinal de biotina, não há necessidade de suplementação para ruminantes, uma vez que não ocorre deficiência desta ao rúmen funcional.

Em bezerros os sintomas podem ser: paralisia do trem posterior e decréscimo na excreção urinária de biotina. Também vacas podem apresentar casco mole e quebradiço. Em vacas leiteiras deficientes em biotina, o casco é de qualidade pobre, mole, e quebradiço, sem separação distinta de células queratinizadas. Isto resulta na omissão da camada granular da epiderme do bulbo do casco. A diminuição dos filamentos estabilizantes na camada superior do córium do casco de vacas deficientes

em biotina revela menor atividade da biotina semelhante a hormônio, na síntese de proteína.

O aumento nos níveis plasmáticos de biotina está associado à dureza e mudanças de conformação do casco de bovinos (HIGUCHI & NAGAHATA, 2000). Distl & Schmid (1994) encontraram em vacas leiteiras suplementadas com 20 mg de biotina por um período de 11 meses, um ângulo mais íngreme da borda dorsal e, altura do salto do casco; o comprimento diagonal e tamanho da superfície da sola aumentaram. A dureza do casco também foi significativamente maior no grupo tratado com biotina.

Zimmerly (2000) afirma que o fornecimento de biotina suplementar (20 mg/dia) para vacas leiteiras e de corte, resulta não só numa menor incidência de lesões no casco, mas também aumenta a produção de leite. O mesmo autor também assegura que a suplementação com biotina aumenta a produção de leite e a produção de proteína no leite.

9.1.7. Ácido Fólico (Vitamina B9)

A estrutura desta vitamina é composta por três partes: um núcleo de pteridina, o ácido peraminobenzóico (PABA) e glutâmico. O ácido fólico encontra-se presente em ingredientes dietéticos com múltiplos resíduos de ácido glutâmico. Os resíduos múltiplos são hidrolisados por γ -glutamylcarboxipeptidase durante a digestão e liberam ácido fólico. Após a hidrólise e absorção no intestino ele é transportado (processo ativo) no plasma como derivado de monoglutamato, predominante 5-metiltetrahidrofólico (ZEOULA & GERON, 2006).

Desempenha um papel chave no metabolismo dos grupos de um carbono, é essencial para a biossíntese de vários compostos. Metabolicamente participa das reações de síntese das bases orgânicas (purinas e pirimidinas), síntese protéica (síntese de N-formilmetionil-t-RNA, iniciador da síntese) e síntese de serina (a partir da glicina). Essencial para a síntese de nucleóticos está envolvido na produção do material genético, proteínas do sistema imunitário e na síntese protéica. O ácido fólico é um agente promotor do crescimento ainda mais poderoso do que a vitamina B12, sendo também é importante para a maturação dos eritrócitos.

Os sinais de carências mais frequentes são representados por diminuição ou inibição no crescimento, susceptibilidades a infecções, perda de apetite, alterações no sistema nervoso, no aparelho digestivo e no aparelho reprodutor (PEREIRA, 2001). Em animais com rúmen funcional a deficiência de ácido fólico é pouco comum, a passo que em bezerros que ainda possuem flora microbiana pouco desenvolvida são os mais vulneráveis e podem necessitar de uma suplementação.

9.1.8. Colina (Vitamina B7)

A classificação da colina como vitamina é questionada por alguns nutricionistas, uma vez que a mesma é necessária em quantidades maiores do que outras vitaminas, além de ser um componente de fosfolipídios (lecitina) e um neurotransmissor (acetilcolina).

A colina tem como funções a participação na síntese de lecitina, esfingomielina e acetilcolina. A lecitina por sua vez, participa da absorção e transporte das gorduras no fígado e da posterior mobilização e transporte das gorduras hepáticas, participa das membranas celulares (função estrutural) e partículas subcelulares. A esfingomielina participa do metabolismo nervoso e a acetilcolina é a substância mediadora da atividade nervosa, sendo responsável pela transmissão dos impulsos nervosos.

Sua absorção ocorre no jejuno e íleo pela bomba de sódio e potássio. A deficiência da colina leva a problemas de mobilização de gordura hepática pela redução das lipoproteínas transportadoras, ricas em lecitina, que contém a colina. Em condições experimentais, com a deficiência desta vitamina os animais apresentavam-se excessivamente fracos, respiração difícil e incapaz de permanecer em pé (ZEOULA & GERON, 2006).

9.1.9. Cobalamina (Vitamina B12)

A vitamina B12 só ocorre em fontes alimentares de origem animal (não estando presente nos vegetais), na sua estrutura química contém um sistema de anéis corina. É o único composto orgânico que possui cobalto em sua estrutura integral, este mineral é mantido no centro do anel e representa cerca de 4,5% da vitamina.

Exerce papel importante na formação do sangue, no crescimento e nos processos metabólicos, especialmente ligados a proteínas síntese de glicose a partir do ácido propiônico, hematopoese, participa da síntese de purinas e pirimidinas. Sendo que a função geral da mesma é promover a síntese de células vermelhas e de manter a integridade do sistema nervoso. Além disso, é necessária para duas reações enzimáticas essenciais: a remetilação da homocisteína em metionina e isomerização da metilmalonil-CoA, que é produzida durante a degradação de alguns aminoácidos e de ácidos graxos de número ímpar de átomos de carbono.

A vitamina B12 participa de diversas atividades metabólicas. Sua função mais importante consiste em atuar como coenzima para reduzir ribonucleotídeos a desoxiribonucleotídeos, uma etapa necessária para a replicação dos genes. Sendo que as duas principais funções da vitamina B12 são a: promoção do crescimento e promoção da formação e maturação dos eritrócitos.

Sua absorção ocorre no íleo e depende da presença do ácido clorídrico e do suco gástrico, denominado fator intrínseco. O fator intrínseco é uma glicoproteína sintetizada e secretada pelas células parietais e serve para proteger contra a solubilização. No caso da deficiência

desta vitamina os animais apresentam sintomas, tais como reduções no apetite e no crescimento e fraqueza muscular (ZEOULA & GERON, 2006).

9.2. Vitamina C

Diversas substâncias têm atividades de vitamina C, sendo a mais importante delas o ácido ascórbico. A sua formação ocorre a partir da glicose sendo sintetizada pela maioria das plantas e pela maioria dos mamíferos (exceto homem, primatas e porco da Índia). Metabolicamente o ácido ascórbico desempenha diversas funções bioquímicas, entre elas o aminoácido aromático que atua no transporte de elétrons. Participa da modulação das vias de bioquímicas, as quais são essenciais para o metabolismo normal das células imunes. Na biossíntese do colágeno, carnitina, cartilagem, pele e tecido conjuntivo.

Na ausência de ácido ascórbico, o colágeno formado é defeituoso e fraco. Por conseguinte, essa vitamina é essencial para o crescimento subcutâneo, da cartilagem do osso e dos dentes. Já síntese de carnitina possui especial importância para vacas no período de transição (especialmente o pós-parto), uma vez que durante esse período a ingestão de matéria seca é reduzida (em até 30%) sendo necessária mobilização de grandes quantidades da gordura armazenadas. Através da carnitina os ácidos graxos entram na mitocôndria, onde pela via da β -oxidação eles são quebrados a acetil-CoA (ZEOULA & GERON, 2006). O ácido ascórbico é absorvido por um mecanismo de transporte ativo semelhante ao transporte ativo da glicose.

Em ruminantes, ainda não foi definida qual a necessidade de vitamina C para que o animal potencializar seu desempenho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As vitaminas são substâncias orgânicas indispensáveis para manutenção da vida dos animais, embora sejam requeridas em quantidades mínimas são de extrema importância, uma vez que são responsáveis pelo controle de muitos processos metabólicos. Algumas destas vitaminas são sintetizadas no próprio organismo animal, através da síntese proveniente do metabolismo bacteriano como é o caso da vitamina K e complexo B, ou através da ação dos raios solares sobre os precursores presente na pele do animal como no caso da vitamina D, além das vitaminas sintetizadas no próprio metabolismo animal, caso da vitamina C. No caso das vitaminas que não são sintetizadas pelo organismo animal há necessidade de obtê-las de fontes externas através da dieta ou na forma sintética (suplementação).

É necessária a suplementação das vitaminas A e E, visto que os ruminantes não conseguem sintetizá-las. A necessidade da totalidade das vitaminas varia entre os

diversos animais e depende do seu aproveitamento, da sua categoria, genética e estado fisiológico.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AITKEN, F. C.; HANKIN, R. G. **Vitamins in feeds for livestock**. (S.L.): Commonwealth Bureau of Animal Nutrition, 1970. (Technical communication, 25).

BADWEY, J. A.; KARNOVSKY, M. L. Active oxygen species and the functions of phagocytic leukocytes. **The Annual Review of Biochemistry**, n.49, p.695, 1980.

BALLET, N. J; et al. Vitamins in forages. In: GIVENS, D. I.; et al. **Forage Evaluation in Ruminant Nutrition**. CAB International, Wallingford, UK, 2000, 373p.

BECK, M. A. Increased virulence of coxsackievirus B3 in mice due to vitamin E or selenium deficiency. **Journal of Nutritional**, v.127, 1997.

BECK, M. A.; et al. Vitamin E deficiency intensifies the myocardial injury of coxsackievirus B3 infection in mice. **Journal of Nutritional**, v.124, 1994.

BERCHIELLI, T. T.; et al. **Nutrição de Ruminantes**. (Ed). Jaboticabal: Funep, 2006. 583p.

CERVANTES, A.; et al. Effects of nicotinamide on milk composition and production in dairy cows fed supplemental fat. **Journal Dairy Science**, v.79, p.105, 1996.

CHAMPE, P. C.; et al. **Bioquímica Ilustrada**, 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 544p.

CHEW, B. P. Antioxidant vitamins affect food animal immunity and health. **Journal of Nutritional**, v.125, 1995.

CHURCH, D. C.; POND, W. G. **Bases científicas para la nutrición y alimentacion de los animales domésticos**. (Ed). Zaragoza: Acribia, 1977.

DISTL, O.; SHIMID, D. Influence of biotin supplementation on the formation, hardness and health of claws in dairy cows. **Tierärztliche Umschau**, n.49, p.581, 1994.

DRIVER, L. S.; et al. Effects of feeding heat-treated soybeans and niacin to high producing cows in early lactation. **Journal Dairy Science**. v.73, p.463, 1990.

DUFFIELD, T. F.; et al. Effect of prepartum administration of monensin in controlled-release capsule

on milk production and milk components in early lactation. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.2, p.1254-1263, 1999.

FLACHOWSKY, G.; Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig. **Math Naturwiss R**, v.37, p.55, 1988.

FRONK, T. J.; SHULTZ, L. H. Oral nicotinic acid as a treatment for ketosis. **Journal Dairy Science**, v.62, p.1804, 1979.

GOULD, D. H. Polioencephalomalacia. **Journal Animal Science**, v.76, p.309, 1998.

HIGUCHI, H.; NAGAHATA, N. **Relationship between serum biotin concentration and moisture content of sole horn in cows with clinical laminitis and in cows with sound hooves**. Report Animal Health Laboratory, Faculty of Veterinary Medicine, Rakomo Gakuen University, Hokkaido, Japan, 2000, 7p.

HODNETT, D. W.; et al. α -hydroxyvitamin D3 plus 25-hydroxyvitamin D3 reduces parturient paresis in dairy cows fed high dietary calcium. **Journal Dairy Science**, v.75, p.485, 1992.

ISLABÃO, N. **Manual de cálculo de rações**. Pelotas: Pelotense, 1978. 160p.

KLIPPEL, M.; et al. **Symposium Vitamine und weitere Zusatzstoffe bei Mensch und Tier: 4**, FLACHOWSKY, G. & SCHUBERT, R. (Ed.). Jena Germany, 1993. 194p.

McDOWELL, L. R., et al. **Benefits of supplemental vitamin E including relationship to gossypol**. (S.L.): University of Florida, 1996. (Report).

McDOWELL, L. R. **Vitamins in animal and human nutrition**. (S.L.): Iowa State University Press, Ames, IA, 2000.

McDOWELL, L. R. Vitamin nutrition of livestock animals. CAB Internacional, Series B: **Livestock Feeds and Feedings**, vol.71, p.33-41, 2001.

McGHEE, J. R.; et al. The mucosal immune system: From fundamental concepts to vaccine development. **Vaccine**, v.10, p.75, 1992.

MORAND-FEHR, P. **Caracteristiques du comportement alimentaire et la digestion des caprins**. Symposium International – Nutrition et Systemes d'Alimentation de la chevre. Tours, ITOVIC-INRA, 1981, 544p.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of sheep**. Washington. National Academy Press, 1985. 99p. Technical Symposium, The role of Vitamins on Animal Performance and Immune Response. **Daytona Beach**, p.47, 1987.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Vitamin tolerance of domestic animals**. Washington. National Academy Press, 1987. SOUSA, A. A. [2003]. **Deficiências vitamínicas em bovinos de corte - Vitamina E**. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br>> Acesso em: 27/10/2010.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6.ed. Washinton. National Academy Press, 1989. 157p. STANTON, T. L. [1998]. **Vitamins for finishing Cattle. Feed Composition**, 3p., 1998. Disponível em: <<http://content.com/feedcomp/feed992.htm>>. Acesso em: 18/09/2010.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington. National Academy Press, 1996. STEPHENSEN, C. B.; et al. Vitamin A deficiency diminishes the salivary immunoglobulin A response and enhances the serum immunoglobulin G response to influenza A virus infection in BALB/c mice. **Journal of Nutritional**, v.126, p.94, 1996.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington. National Academy Press, 2001. STROBEL, H. J. Vitamin B12-dependent propionate production by the ruminal bacterium *Prevotella ruminicola* 23. **Applied and Environmental Microbiology**, v.58, p.2331-2333, 1992.
- OLIVEIRA, A. F. G. Vitamina B2 (riboflavina) na alimentação de não-ruminantes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5, n.6, p.742-748, 2008. OLSSON, M.; LINDAHL, G.; RUOSLAHTI, E. Genetic control of alpha-fetoprotein synthesis in the mouse. **The Journal of Experimental Medicine**, v.145, p.819-827, 1977. TORRE, C.; CAJA, G. **Utilización de aditivos en rumiantes: vitaminas y aminoácidos protegidos**. In: XIV Curso de especialización avances en nutrición y alimentación animal, 2009.
- PADH, H. Vitamin C: Newer insights into its biochemical functions. **The Annual Review of Nutrition**, v.49, p.65, 1991. WEISS, W. P.; et al. Relationships among selenium, vitamin E and mammary gland health in commercial dairy herds. **Journal Dairy Science**, v.73, p.381, 1990.
- PARISH, J.; RHINEHART, J. [2008]. **Mineral and vitamin nutrition for beef cattle**. Disponível em: <<http://www.thebeefsite.com/articles/1549/mineral-and-nutrition>>. Acesso em: 29/10/2010. WIEDERMANN, U.; et al. Impaired mucosal antibody response to cholera toxin in vitamin A-deficient rats immunized with oral cholera vaccine. **Infection and Immunity**, v.61, p.3952, 1993.
- PEREIRA, R. M. [2001]. **Importância alimentar das vitaminas**. Disponível em: <<http://www.ornicare.com>> Acesso em: 29/10/2010. ZEOULA, L. M.; GERON, L. J. V. Vitaminas. In: BERCHIELLI, T. T.; et al. (Eds). **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 583p.
- ROCHE. [2000]. **Vitamin D in animal nutrition**. 8p., 2000. Disponível em: <<http://www.roche.com/vitamins/w/hat/anh/vits/vitd.html>> Acesso em: 18/09/2010. ZIMMERLY, C. A. **Effect of supplemental dietary biotin on performance of Holstein cows in early lactation**. 2000. M.S. Thesis - Ohio State University, Wooster, OH, 2000.
- ROSS, A. C. Vitamin A status: Relationship to immunity and the antibody response. **Proc. Soc. Exp. Biol. Med.**, v.200, p.303, 1992. ZINN, R. A.; et al. B-Vitamin supplementation of diets for feedlot calves. **Journal Animal Science**, v.65, p.265-277, 1987.
- SILVA, J. F. C.; LEÃO, M. I. **Fundamentos de Nutrição de ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380p.
- SMITH, K. L.; CONRAD, H. R. 1987. Vitamin E and selenium supplementation for dairy cows. Roche