

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS PARA MINIMIZAR O BALANÇO ENERGÉTICO
NEGATIVO EM VACAS LEITEIRAS DURANTE O PERÍODO DE TRANSIÇÃO**

Autor: Angélica Petersen Dias

**PORTO ALEGRE
2015/1**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS PARA MINIMIZAR O BALANÇO ENERGÉTICO
NEGATIVO EM VACAS LEITEIRAS DURANTE O PERÍODO DE TRANSIÇÃO**

Autor: Angélica Petersen Dias

Trabalho de conclusão de curso apresentado
à Faculdade de Veterinária como requisito
parcial para a obtenção da Graduação em
Medicina Veterinária

Orientador: Jorge José Bangel Júnior

PORTO ALEGRE

2015/1

AGRADECIMENTOS

A minha família, meus pais João e, principalmente, Tânia e meus dois irmãos Marco e Felipe, pelos exemplos que são, por toda a ajuda para a realização desse curso e pelo amor incondicional.

Ao meu namorado Vinícius por todo amor, companheirismo, parceria e alegrias e por dividir comigo o amor ao campo e à produção animal.

Aos professores da faculdade, principalmente aos mestres que trazem inspiração e vontade de crescer como profissional veterinário na busca constante do conhecimento. Em especial ao mestre e amigo, Professor Bangel.

Aos Médicos Veterinários que forneceram estágio e que, além do conhecimento prático e teórico que passaram, tornaram-se amigos e profissionais de referência.

Aos grandes amigos que, além do companheirismo, festas e diversões, nos fazem crescer pessoal e profissionalmente, Anne, Joana, Larissa, Maria Rita e Juliana.

RESUMO

O balanço energético negativo durante o pós-parto é uma condição fisiológica que se agrava principalmente pela baixa ingestão de matéria seca durante o período de transição. As consequências dessa condição irão afetar toda a lactação posterior causando grandes perdas econômicas, seja pela diminuição na produção de leite, custos com tratamentos para as doenças que ocorrerão decorrentes dessa condição ou ainda pela perda dos animais. O presente trabalho revisa os principais nutrientes e exigências das vacas leiteiras durante o período de transição e aborda as estratégias nutricionais que podem ser adotadas com a finalidade de aumentar a ingestão de matéria seca ou de atender as exigências do período sem alteração nessa ingestão, como por exemplo, com o uso de precursores gliconeogênicos, de aminácidos e gorduras protegidos, de ionóforos, de leveduras, de fibra de boa qualidade, de colina, de niacina, de cromo e de dietas aniônicas. A prevenção sempre terá mais sucesso, economicamente, do que os métodos curativos, portanto, fornecer uma dieta balanceada com nutrientes de qualidade durante o período de transição deve ser uma constante na produção de leite, assim como o uso de estratégias nutricionais que visem a saúde do rebanho.

Palavras chave: período de transição, balanço energético negativo, nutrição, bovinos, vacas leiteiras

ABSTRACT

The negative energy balance during the postpartum is a physiological condition which gets worse mainly in reason of the decrease dry matter intake during transition period. The consequences of this condition will affect the whole the subsequent lactation causing significant economic losses, either by decrease production milk, costs with treatment for the disease that will occur resulting from this condition or by death of animals. The present work review the major nutrients and requirements for dairy cows during the transition period and touches the nutrition strategies that may be adopted with the purpose of increase dry matter intake or meet requirements of the period without change this intake, as for example, using gluconegonic precursor, protected amino acids and fats, ionophores, yeast, good quality fiber, choline, niacin, chrome and anionic diets. The prevention always will be more successfull, economically, than curative methods, therefore, offer a balanced diet with quality nutrients during transition period must be a constant in production of milk as well as the use of nutrition strategies that aimed herd health.

Key-words: *transition period, energy negative balance, nutrition, cattle, dairy cows*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	DESENVOLVIMENTO	9
2.1	Revisão Bibliográfica	9
2.1.1	Energia	9
2.1.2	Proteína	11
2.1.3	Carboidratos	13
2.1.3.1	Carboidratos não-fibrosos	13
2.1.3.2	Carboidratos fibrosos	14
2.1.4	Lipídeos	15
2.1.5	Minerais	17
2.1.5.1	Cálcio	18
2.1.5.2	Fósforo	20
2.1.5.3	Sódio	20
2.1.5.4	Magnésio	21
2.1.5.5	Potássio	21
2.1.5.6	Selênio	22
2.1.5.7	Zinco	23
2.1.5.8	Cobre	23
2.1.5.9	Cobalto	24
2.1.6	Vitaminas	25
2.1.6.1	Vitamina A	25
2.1.6.2	Vitamina D	26
2.1.6.3	Vitamina E	27
2.1.7	Ingestão de matéria seca e balanço energético negativo durante o período de transição	27
2.1.8	Estado imunológico na transição	30
2.1.9	Escore de condição corporal como ferramenta para determinar o balanço energético negativo	31
2.1.10	Ferramentas para aliviar o balanço energético negativo e melhorar o período de transição	32
2.1.10.1	Precusores gliconeogênicos	33
2.1.10.2	Aminoácido protegido	34
2.1.10.3	Gordura protegida	35

2.1.10.4	Fibra	36
2.1.10.5	Ionóforos	37
2.1.10.7	<i>Direct-fed microbials</i> (DFMs)	38
2.1.10.7.1	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	39
2.1.10.8	Niacina	41
2.1.10.9	Colina	41
2.1.10.10	Cromo	42
2.1.10.11	Diferença catiônica-aniônica da dieta (DCAD)	43
3	CONCLUSÃO	45
4	REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

O período de transição, que compreende três semanas antes a três semanas depois do parto, é um período crítico para determinar o bem-estar e a lucratividade de vacas individualmente durante a lactação seguinte. Ela passará de um período com menores exigências metabólicas, para um período com grandes exigências, o de produção de colostro e subsequente produção de grandes volumes de leite. Muitas doenças podem ocorrer nesse período (GRUMMER, 1995).

O primeiro desafio enfrentado pelas vacas é um súbito e marcado aumento nas exigências nutricionais para produção de leite, no momento em que há diminuição da ingestão de matéria seca (IMS), portanto o fornecimento de nutrientes está deficiente. As restrições impostas pela baixa IMS, em conjunto com outros fatores estressantes associados ao parto e ajustes para a lactação, contribuem para a alta incidência de doenças durante o período de transição.

As vacas não possuem a capacidade de consumir nutrientes energéticos através da IMS voluntária após o parto para suprir as exigências para a produção de leite. Assim, a vaca entrará em balanço energético negativo (BEN) por um período que pode variar de dias a semanas do início da lactação. Nas últimas 3 semanas antes do parto a IMS pode diminuir 10 a 30% comparado com a ingestão no começo do período seco (DRACKLEY et al., 2005).

Uma grande variedade de estratégias nutricionais para facilitar as adaptações metabólicas e fisiológicas têm sido propostas (FRIGGENS et al., 2004; ROCHE et al., 2013). Deve-se buscar fornecer os nutrientes necessários, mas também promover o apetite e uma maior IMS após o parto (GRUMMER et al., 2004).

Esta monografia tem o objetivo de revisar as causas do BEN e de avaliar como diferentes estratégias nutricionais pré e pós-parto podem afetar o BEN e a adequação dos nutrientes. Para o sucesso do período de transição é preciso promover maior IMS de dietas corretamente balanceadas após o parto.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão Bibliográfica

2.1.1 Energia

As exigências energéticas para manutenção e produção de leite são expressas em energia líquida para lactação (EL_L) (National Research Council, NRC, 2001). As exigências por EL_L praticamente dobram após o parto, como é demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1: Exigências (MCal/d) de energia líquida para lactação (EL_L) para vacas leiteiras e novilhas dois dias antes e dois dias depois do parto.

Função	725 kg multíparas		570 kg primíparas	
	-2 dias	+2 dias	-2 dias	+2 dias
Mantença	11.2	10.08	9.29	8.50
Prenhez	3.29	--	2.79	--
Crescimento	--	--	1.88	1.69
Produção de leite	--	18.69	--	14.89
Total	14.5	28.77	13.98	25.09

Fonte: Adaptado de Drackley et al., 2005

Segundo o NRC (2001), durante o período seco, são exigidas dietas com 1,30 MCal EL_L/kg de MS para manutenção, prenhez e desenvolvimento da glândula mamária em vacas multíparas. Já para vacas recém-paridas, a densidade energética da dieta recomendada pelo NRC (2001) é de 1,62 Mcal EL_L/kg de MS. O consumo correto de energia durante o período seco provavelmente é o principal desafio do período de transição. As dietas com excessiva densidade energética podem aumentar a predisposição ao desenvolvimento de esteatose hepática e cetose. Já dietas com baixos níveis de energia comprometem a ingestão energética afetada pela baixa IMS e acentuam o BEN (SANTOS, 2006).

Vacas que entram no período seco normalmente comem dietas com alta fibra, diferente da dieta da lactação. Com isso, há uma alteração na população bacteriana, no tamanho das papilas ruminais e na capacidade de absorção dos ácidos graxos voláteis (AGV) no rúmen (GOFF & HORST, 1997). As dietas com níveis mais altos de carboidratos não

fibrosos (CNF) possuem maior concentração de energia, proporcionando uma adaptação ruminal dos microrganismos e das papilas para dieta do início da lactação. O desenvolvimento das papilas do rúmen é lento e depende da disponibilidade de ácidos graxos, principalmente o ácido propiônico (DIRKSEN et al., 1985).

Por outro lado, alguns autores têm preconizado que dietas com energia controlada durante o período seco contribuem para um maior sucesso no período de transição. Drackley e Dann (2008) indicaram uma estratégia simples para o período seco e de transição que é a de alimentar as vacas para atender suas exigências nutricionais, mas não excedê-las. Esses autores relatam que superalimentar as vacas no período seco diminui a IMS, contribui para uma maior mobilização de gordura e aumenta a deposição dessa gordura no fígado. Promover uma dieta balanceada com alto volumoso que irá limitar o consumo de energia total, possibilita a diminuição de IMS após o parto.

Douglas et al. (2006) demonstraram que o consumo excessivo de energia no período seco resulta em alterações no perfil metabólico, com altas concentrações de ácidos graxos não-esterificados (AGNE) e beta-hidroxibutirato (BHB) no sangue e mais triglicerídeos no fígado. Graugnard et al. (2012) demonstraram que controlando a energia da dieta, foi possível o aumento da função dos neutrófilos no pós-parto, melhorando a função do sistema imune.

Em um estudo de Cardoso et al. (2013) foram analisados sete experimentos de 1993 a 2000 sobre o consumo de energia no pré-parto associado ao desempenho reprodutivo em vacas Holandesas, em um total de 408 animais. Foram utilizadas duas dietas, uma de alta energia (HE – *high-energy diet*) em que as vacas tinham livre acesso a uma dieta que excedia os níveis propostos pelo NRC (2001) para EL_L e uma de energia controlada (CE – *controlled-energy diet*) em que as vacas foram alimentadas com quantidades restritas para atingir a ingestão de 80% das exigências de EL_L propostas pelo NRC (2001) ou que foi permitido o livre acesso a uma dieta de alta fibra e baixa energia para limitar a ingestão de EL_L em aproximadamente 100% das exigências do NRC (2001), durante o período seco distante (FO – *far-off* – 60 até 28 dias pré-parto) ou período seco próximo (CU – *close-up* – 28 dias pré-parto até o parto). Concluíram que vacas alimentadas com dieta CE no período CU tiveram um menor intervalo de tempo entre parto e concepção do que vacas recebendo dietas HE. Além disso, as vacas que receberam dieta CE durante o período FO perderam menos ECC durante as primeiras 6 semanas após o parto. Além disso, a dieta com CE poderia simplificar o manejo de vacas no período seco por permitir um único grupo de animais ao invés de dois grupos (CU e FO) (DANN et al., 2006).

2.1.2 Proteína

A proteína da dieta é chamada de proteína bruta (PB) e é composta por uma porção de proteína verdadeira e uma porção de nitrogênio não-proteico (NNP). O NNP é completamente degradado no rúmen e tem como exemplos, a ureia, os aminoácidos (AA) livres, os ácidos nucleicos e a amônia (NRC, 2001). Forragens de gramíneas e leguminosas possuem altas concentrações de NNP, assim como a palha e a silagem, por conta da proteólise que ocorre durante o processamento (VAN SOEST, 1994).

A PB é composta por uma fração degradável no rúmen (PDR) e uma fração não-degradável no rúmen (PNDR). A PDR sofre ação de enzimas (proteases, peptidases e deaminases) secretadas pela microbiota ruminal que utilizará peptídeos, AA e amônia, produtos da degradação, para síntese de proteína microbiana (Pmic) e multiplicação celular. A Pmic é a principal fonte de proteína metabolizável (PM) para ruminantes, sendo a PNDR a segunda fonte seguida da proteína endógena (SANTOS; PEDROSO, 2006).

A degradação ruminal das proteínas fica por conta das proteases, peptidases e desaminases microbianas que irão liberar peptídeos, AA e amônia que serão nutrientes para o crescimento bacteriano ruminal (WALLACE, 1996). Quando a taxa de incorporação de AA e amônia à proteína microbiana excede, há um aumento na concentração de amônia no rúmen ou estes compostos podem escapar da degradação ruminal e serem absorvidos no intestino (WALLACE, 1996).

É importante promover quantidades adequadas de PDR para maximizar a síntese de Pmic e de PNDR para otimizar o perfil de AA absorvidos no intestino (NRC, 2001). Dietas com PB limitada podem comprometer o crescimento bacteriano e a fermentação ruminal, o que leva a uma diminuição na produção de leite e na IMS. Por outro lado, dietas com PB em excesso estão associadas com o aumento na concentração de amônia e ureia no leite e no sangue que levam a uma alteração na fisiologia uterina por declínio do pH uterino, causando efeitos negativos na reprodução (BUTLER, 1998).

Existem indicadores que permitem uma adequação da nutrição proteica na dieta de vacas leiteiras. São eles o nitrogênio ureico no leite (NUL) e nitrogênio ureico no sangue (NUS). Segundo Butler et al. (1995), NUL maior que 19 mg/dL foi associado com diminuição na fertilidade.

Assim como a Pmic depende da quantidade de nitrogênio no rúmen, a disponibilidade correta de energia para a síntese proteica é fundamental. Maeng et al. (1997) demonstrou que o excesso de proteína e a deficiência de carboidrato na dieta resulta na utilização ineficiente

dos substratos fermentáveis, reduzindo a síntese de Pmic. A Pmic é considerada de alta qualidade por sua alta digestibilidade e composição de AA essenciais que são similares ao perfil de AA do leite (SCHWAB, 1995). As quantidades necessárias para a máxima síntese de Pmic ainda não foram determinadas (NRC, 2001).

As proteínas protegidas são proteínas que foram tratadas ou processadas de maneira que a degradabilidade ruminal foi diminuída ou que a disponibilidade de PNDR aumentou (NRC, 2001). É importante na alimentação de vacas leiteiras, pois na maioria dos alimentos há pouca disponibilidade de PNDR. Os métodos utilizados foram prescritos em alguns estudos e consistem no uso do calor, de agentes químicos ou a combinação de ambos (SATTER, 1986; SCHWAB, 1995). O calor diminui a degradabilidade ruminal da proteína pela desnaturação da mesma e pela formação do complexo proteína-carboidrato (reação de Maillard) (NRC, 2001). Os agentes químicos também causam desnaturação, mas também podem se aderir à proteína sem causar alteração na sua estrutura, como por exemplo, o tanino (SCHWAB, 1995).

A necessidade de PB durante o período seco se deve a manutenção, ao crescimento do feto e anexos, ao crescimento da glândula mamária, e por vezes, ao crescimento da vaca e redução do consumo nos últimos dias pré-parto, sendo recomendada 12% na MS (NRC, 2001).

Porém, a exigência da vaca leiteira não é essencialmente pela PB e sim por AA. Os AA essenciais (arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina) não são sintetizados pelos animais e precisam ser ingeridos via alimentação. O NRC (2001) considerou que os conhecimentos atuais não são suficientes para estabelecer as recomendações de AA para vacas leiteiras. Lisina e metionina tem sido identificados como os AA mais limitantes para a síntese da proteína do leite (SCHWAB et al., 1992). Segundo o NRC (2001), para manutenção e produção de proteína no leite, o recomendado de lisina é de 7.2% na PM e de metionina é de 2.4% na PM.

As exigências de PDR, PNDR e PB dependem da concentração da energia disponível na dieta e da IMS (NRC, 2001). Programas de formulação de rações usam os fatores animais e dietéticos para estimar as exigências para situações e dietas específicas. Os parâmetros que variam são, basicamente, o peso corporal e os níveis de produção, assim como o nível de energia da dieta e a IMS (NRC, 2001).

Mais informações são necessárias acerca das exigências de AA para vacas leiteiras.

2.1.3 Carboidratos

A fermentação de carboidratos no rúmen produz ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) que são a principal fonte de energia para ruminantes, atendendo até 80% das exigências diárias. Além disso, segundo Varga e Kononoff (1999), os carboidratos utilizados pelos microorganismos ruminais são essenciais para maximização da síntese proteica microbiana e manutenção da flora ruminal.

Para Mertens (1992), os carboidratos são classificados em fibrosos (CF) e não fibrosos (CNF). Os CNF são as frações degradadas mais rapidamente no rúmen e incluem a pectina, o amido e os açúcares e estão presentes do conteúdo celular. Os CF incluem a celulose e a hemicelulose e ocupam espaço no trato digestivo, exigindo mastigação para reduzir o tamanho das partículas e passagem através do trato digestivo, sendo considerados assim, como fibra e não podem ser digeridos por nenhuma enzima animal.

O método de alimentação é importante na relação entre o CNF e CF da dieta. Nas dietas totais balanceadas (TMR – *total mix ration*), o CF é consumido no mesmo momento que o CNF, o que permite ruminação e produção de saliva que terá papel importante no tamponamento a partir do momento em que o CNF começará a ser fermentado. Já quando a forragem é consumida separadamente do concentrado, ocorrem alternâncias no pH ruminal, que podem ser associadas com a redução na gordura do leite e também da produção (NRC, 2001).

2.1.3.1 Carboidratos não-fibrosos (CNF)

Dentre os CNF, pode-se citar o amido, a pectina e os açúcares. A pectina está presente na lamela média da parede celular, mas é considerada um CNF por ser totalmente solúvel em detergente neutro e ser rápida e extensamente degradável pelos microorganismos ruminais (VAN SOEST, 1994). Deste modo, a pectina é classificada com fibra solúvel (HALL, 1994).

O amido compreende 50 a 100% do CNF na maioria dos alimentos (NRC, 2001). O amido é um polissacarídeo não estrutural sintetizado pelas plantas com função de reserva energética e é formado por dois polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina (WANG et al., 1998). A fermentação do amido varia de acordo com o grão e o processamento do mesmo. Existe uma camada fibrosa externa dos grãos chamada de pericarpo que representa o maior

impedimento físico para a colonização microbiana e digestão do amido. O rompimento do pericarpo pode ocorrer pela mastigação ou processamento do grão (MATHISON, 1996).

A fermentação ruminal do amido aumenta a produção de ácido propiônico do rúmen (SUTTON et al., 2003). Já os açúcares aumentam a produção de ácido butírico (OBA, 2001) e a pectina aumenta a produção de ácido acético e fórmico no rúmen (DEHORITY, 1969). Somente o ácido propiônico será utilizado na gliconeogênese para síntese de glicose.

A inclusão de amido na dieta de vacas no período seco fica entre 12 a 16% da MS (DRACKLEY; JANOVICK-GURETZY; DANN, 2007). Já em dietas no pós-parto, o amido na dieta não deve exceder 25% (DANN; NELSON, 2011)

Holden et al. (1995) sugere que vacas que se alimentam de pastagens de alta qualidade e são alimentadas com concentrado duas vezes por dia, devem receber tamponantes misturados ao concentrado para manutenção do pH ruminal.

2.1.3.2 Carboidratos fibrosos (CF)

A fibra representa a fração dos carboidratos dos alimentos de digestão lenta ou indigestível e que pode limitar a IMS e energia, dependendo de sua concentração e digestibilidade (NUSSIO et al., 2006). Vacas em lactação devem consumir diariamente quantidades mínimas de fibra para estimular a mastigação, manter o fluxo de saliva e um ambiente ruminal favorável ao desenvolvimento de microorganismos responsáveis pela digestão de CNF. Teores insuficientes de fibra reduzem o pH ruminal, diminuem a IMS, provocam queda no teor de gordura do leite e aumentam o risco de ocorrerem distúrbios metabólicos (ALLEN, 1996; VARGA; KONONOFF, 1999).

Segundo Minson (1990), a ingestão e a digestibilidade da MS da forragem é o que vai determinar a produção animal em pastejo. Esses fatores são influenciados pela proporção da parede celular, pela resistência da forragem e pelas estruturas fibrosas que se rompem em pequenas partículas durante a mastigação e a digestão.

Dois tipos de fibra são usados para descrever o conteúdo fibroso dos alimentos, a fibra em detergente ácido (FDA) e a fibra em detergente neutro (FDN). Segundo Hutjens (2008), a FDA consiste em celulose e lignina e é não considerado uma medida da fibra dos alimentos, pois o método FDA foi desenvolvido como um passo preparatório para determinação da lignina (VAN SOEST, 1994). Já a FDN consiste da FDA mais a hemicelulose, que representa

o total de fibra da alimentação (conteúdo da parede celular). Por conta disso, a FDN é utilizada para prever o consumo e está relacionada com o tempo de ruminação.

O conceito de fibra fisicamente efetiva (feFDN) é proposto por Mertens (1997) e corresponde principalmente ao tamanho de partícula de FDN, que estimula a mastigação e estabelecem uma estratificação bifásica do conteúdo ruminal para a formação de uma camada flutuante de partículas grandes, denominadas de *mat*, sobre um *pool* de líquido e partículas pequenas. Está relacionada à característica de fibrosidade, índice de valor forrageiro e estrutura física. Segundo Hutjens (2008), os valores de feFDN são determinados por peneiramento utilizando telas para separar a forragem por tamanho de partícula (*Penn State Forage Separator* ou *Wisconsin Forages Screens*). Para esse autor, partículas com mais de dois centímetros contribuem para a ruminação e manutenção dos movimentos ruminais. As partículas retidas nas duas primeiras peneiras são consideradas feFDN. As exigências de feFDN foram estabelecidas por Mertens (2000) que sugeriu visando manter o pH ruminal e o teor de gordura do leite, que a formulação da dieta de conter, no mínimo, 21% de feFDN (19 a 23% feFDN na MS).

Já o conceito de fibra efetiva (eFDN) está relacionado com a manutenção da porcentagem de gordura no leite, diferentemente da fibra fisicamente efetiva que o foco é em estimular a atividade de mastigação (MERTENS, 2001). A fibra efetiva está relacionada com a habilidade total de um alimento em substituir a forragem de forma que seja mantida a porcentagem de gordura. A falta de fibra efetiva pode influenciar significativamente na motilidade ruminal, na produção de saliva e no pH ruminal (VARGA, 1997).

Alguns índices podem ser usados para monitorar as condições ruminais, como a porcentagem de gordura no leite, o pH ruminal, a concentração de AGV e o tempo de ruminação, sendo esses parâmetros considerados de respostas rápidas a mudanças na dieta. Já as respostas tardias que podem vir a ocorrer são a prevalência de laminite e deslocamento de abomaso (NRC, 2001).

Segundo o NRC (2001), o recomendado de FDN na dieta com silagem de milho como forragem predominante e grão de milho como principal fonte de amido, sendo uma dieta total (TMR – *total mix ration*) é de 25% na MS, sendo que 19% de FDN na MS deverá vir da forragem. Já dietas com partículas pequenas de forragem, com outro carboidrato mais degradável do que o amido, com menos de 19% de FDN de forragem e dietas que não são fornecidas de maneira TMR, exigem maiores concentrações mínimas de FDN (NRC, 2001).

Para Drackley et al. (2005) é importante, na dieta de vacas secas, que elas tenham fibra com tamanho de partícula suficientes para manter um bom funcionamento ruminal e prevenir deslocamento de abomaso. Mas por outro lado, FDN excessivo pode limitar o consumo.

2.1.4 Lipídeos

Lipídeos são utilizados para aumentar a densidade energética da dieta sem a necessidade de aumentar os CNF (NRC, 2001). A suplementação com gordura parece ser o ingrediente mais lógico para ser usado na dieta para minimizar o BEN, mas há evidências de que as vacas não respondem como era esperado durante o período de transição.

A energia da gordura é 2,25 vezes maior que dos carboidratos e proteínas. Porém, gordura a mais na dieta diminuiu a IMS (HUTJENS, 2008).

As principais fontes de gordura para ruminantes são as sementes de oleaginosas, ricas em triglicerídeos (TG), e as forragens, ricas em glicolipídios e fosfolipídios (CARVALHO; BARBOSA; MCDOWELL, 2005). A dieta dos ruminantes normalmente apresenta baixos teores de lipídeos (5 a 6% na MS) (CARVALHO; BARBOSA; MCDOWELL, 2005). Os efeitos negativos na fermentação ruminal ocorrem por um efeito tóxico dos AG aos microorganismos e pelo efeito físico da gordura em recobrir as partículas de alimentos reduzindo o contato dessas com os agentes da digestão (MEDEIROS, 2007). Segundo o NRC (2001), mudanças na IMS, no teor de gordura do leite e digestibilidade de fibra, são indicativos de que a fermentação ruminal está alterada durante o fornecimento de gordura. O NRC (2001) recomenda que a gordura não deve exceder 6 a 7% da MS da dieta.

O metabolismo ruminal dos lipídios acontece por dois processos: lipólise e biohidrogenação de ácidos graxos insaturados (JENKINS, 1993). Segundo o mesmo autor, a lipólise é a quebra das ligações éster seguida pela biohidrogenação de ácidos graxos insaturados (AGI), com o objetivo de reduzir o número de duplas ligações de AGI. A lipólise é feita pelas bactérias ruminais e pode ser influenciada pelo nível de gordura na dieta, pH ruminal e o uso de ionóforos (DOREAU; CHILLIARD, 1997). A enzima responsável pela lipólise é a lipase microbiana presentes em 74 cepas de bactérias ruminais (FAY et al., 1990). Essa enzima hidrolisa TG em ácidos graxos livre (AGL) e glicerol. O glicerol é fermentado rapidamente, produzindo ácido propiônico (JENKINS, 1993). Já o processo de biohidrogenação consiste na adição de íons de hidrogênio nos AG com duplas ligações, transformando AGI em ácidos graxos saturados, que são menos tóxicos para a população

microbiana ruminal. Quanto maior o grau de insaturação, maior a digestibilidade dos AG (JENKINS, 1993).

Algumas fontes de gordura, especialmente na forma protegida da degradação ruminal, como os sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa (AGCL), e fontes de gordura naturalmente protegidas (sementes de oleaginosas inteiras), possuem um efeito inerte sobre os microorganismos do rúmen, sem apresentar toxicidade sobre os processos de degradação ruminal (ALLEN, 2000; PALMQUIST; MATTOS, 2006).

Em dietas pós-parto, alguns estudos têm demonstrado um aumento na ingestão voluntária de energia e melhoria da condição corporal das vacas, reduzindo a mobilização de gordura do tecido adiposo e conseqüentemente diminuindo as concentrações plasmáticas de AGNE, enquanto que as concentrações de glicose e IGF-1 (*insulin-like growth factor 1*) aumentam (MCNAMARA et al., 2003; THATCHER et al., 2004).

Segundo Grummer (2004), a suplementação de gordura nas dietas de vacas de alta produção é frequentemente utilizada durante o pós-parto por aumentar a densidade energética sem redução do conteúdo de fibras e promover, assim, um aumento na ingestão de energia e melhorar o desempenho produtivo e reprodutivo. Para Borba et al. (2006), a adição de 450 a 700 gramas de gordura na dieta potencializa a ingestão energética sem causar problemas relacionados com a IMS.

Dessa forma, a adição de fontes de gordura é uma boa alternativa para diminuir o BEN no início da lactação e maximizar o desempenho produtivo e reprodutivo no pós-parto, desde que a quantidade recomendada não seja excedida.

2.1.5 Minerais

Os minerais são exigidos por todos os animais para o funcionamento normal de todos os processos bioquímicos do corpo e são dieteticamente essenciais. Participam de diversas funções do metabolismo animal, compondo estruturas das biomoléculas, participando como cofatores enzimáticos e também, ativando ações hormonais. São classificados em macronutrientes minerais: cálcio, fósforo, potássio, sódio, cloro, magnésio e enxofre, e em micronutrientes minerais: ferro, iodo, zinco, cobre, manganês, cobalto, molibdênio, selênio, cromo, vanádio, sílica, flúor, níquel, arsênio e estanho, assim classificados devido à quantidade exigida pelo animal (PEDREIRA; BERCHIELLI, 2006).

A diminuição de agentes antioxidantes (vitamina E, β -caroteno, zinco, selênio e cobre) no sangue podem comprometer as funções do sistema imunológico e aumentar a incidência de problemas no período de transição. Baixos níveis desses macro e, especialmente, desses microminerais estão associados com estresse oxidativo e diminuição na atividade leucocitária (WEISS & HOGAN, 1995).

As principais fontes de minerais para ruminantes podem vir do solo, da água e do alimento. Porém, essas fontes não são suficientes para suprir as exigências dos animais, tornando necessária a utilização de fontes exclusivas de minerais para ruminantes. Em forrageiras, com a maturidade há o aumento na parede celular, que está associado ao aumento de lignina, e a diminuição no conteúdo celular da planta (VAN SOEST, 1994). A lignina liga-se à maioria dos minerais fazendo com que os mesmos precipitem ou tornem-se indisponíveis (NICODEMO; LAURA, 2001).

Na Tabela 2, é apresentado o coeficiente de absorção das diferentes fontes minerais na disponibilidade para os ruminantes. Quanto maior a participação de elementos com maior coeficiente de absorção, maior a assimilação por parte do animal.

Tabela 2: Disponibilidade dos minerais em diferentes fontes

Mineral	Fonte	% mineral	Coeficiente de absorção (%)	% absorvível
Cálcio	Fosfato Bicálcio	22	94	20,68
	Carbonato de Cálcio	39,4	75	29,55
	Calcário Calcítico	34	70	23,80
Fósforo	Fosfato Bicálcio	19,3	75	14,48
	Fosfato Monoamônio	24,7	80	19,76
	Fosfato de Rocha	13	30	3,9
Cobre	Óxido de Cobre	79,9	1	0,8
	Sulfato de Cobre	25,4	5	1,27
Zinco	Óxido de Zinco	78	12	9,36
	Sulfato de Zinco	36,3	20	7,26

Fonte: Adaptado de NRC (2001)

As principais formas de fornecimento de suplementação mineral para bovinos leiteiros são a suplementação no cocho *ad libitum* e o uso direto no concentrado (ISHLER et al., 1997). Geralmente o uso de mineral *ad libitum* está associada a sistemas de produção de leite

a pasto. Porém, existe a desvantagem de que o consumo não segue um padrão regular (FARIA; GHELFI FILHO, 2000) Para McDowell (2002), o método mais eficiente para vacas leiteiras de alta produção seria por adição do mineral no concentrado afim de garantir a ingestão da quantidade de minerais pelo animal.

2.1.5.1 Cálcio

O cálcio é o mineral mais abundante no corpo, sendo que 98% encontram-se nos ossos e dentes, e o resto está no fluido extracelular e em outros tecidos. A concentração sanguínea é mantida entre nove e onze mg/dL (PEDREIRA; BERCHIELLI, 2006), sendo que valor menores do que 8.6 mg/dL já são considerados como hipocalcemia subclínica (MARTINEZ et al., 2012)

As forragens são consideradas boas fontes de cálcio e a concentração varia de acordo com a espécie forrageira, a porção da planta que foi consumida, a quantidade de cálcio do solo, a maturidade da planta e o clima (MINSON, 1990). Os grãos de cereais geralmente são pobres em cálcio, já os farelos de oleaginosas apresentam maior teor de cálcio do que os grãos de oleaginosas (NRC, 2000).

O cálcio presente nas suplementações minerais é mais absorvível do que o cálcio das forragens e dos alimentos comumente utilizados na dieta de vacas leiteiras (HANSARD; CROWLER; LYKE, 1957). O principal fator limitante para essa disponibilidade é a solubilidade do cálcio na fonte mineral. O cloridrato de cálcio representa a fonte de cálcio com a maior solubilidade, ficando seu coeficiente de absorção em 75%. Já o carbonato de cálcio fica entre 40 a 51% (HANSARD; CROWLER; LYKE, 1957).

O cálcio sanguíneo diminui nos últimos dias antes do parto pela utilização desse mineral para a formação do colostro (GOFF; HORST, 1997). A concentração de cálcio no plasma é controlada pela ação coordenada do paratormônio (PTH) e vitamina D3 (1,25-dihidrovitamina D3). Esse hormônio irá agir nos rins, no intestino e nos ossos para aumentar cálcio no sangue durante o período de transição (HORST et al., 1997). Durante a lactação, há grande perda desse mineral e o cálcio é repostado através da dieta, da reabsorção do cálcio dos ossos ou da reabsorção do cálcio filtrado a nível glomerular (NRC, 2001).

No início da lactação, as vacas estão em balanço negativo de cálcio (ELLENBERGER; NEWLANDER; JONES, 1931; RAMBERG, 1974) e começam a entrar em balanço positivo apenas entre a 6ª e 8ª semana (HIBBS; CONRAD, 1983).

Durante a lactação, a exigência de cálcio absorvido para cada quilograma de leite produzido é 1.22 g para vacas Holandesas, já para vacas Jersey é de 1.45 g. Para a produção de um quilograma de colostro, é exigido 2.1 g de cálcio absorvido (NRC, 2001).

Quando há perda excessiva de cálcio, pode ocorrer hipocalcemia que resulta em perda das funções musculares e nervosas que pode evoluir para um quadro chamado de febre do leite. Para prevenir esse distúrbio é utilizada uma ferramenta que será discutida mais adiante que considera a formulação de dieta com diferença cátion-aniônica.

Segundo Wattiaux (1995) é desejável que a relação cálcio:fósforo, em dietas de vacas leiteiras, esteja em 1,5:1 a 2,5:1.

2.1.5.2 Fósforo

O fósforo está presente nos ossos e dentes juntamente com o cálcio formando os sais de apatita e fosfato de cálcio. Está em todas as células do corpo envolvido nos processos energéticos. A concentração sanguínea de fósforo está normalmente entre quatro a seis mg/dL para vacas adultas (NRC, 2001). Segundo McDowell (1999), a absorção de fósforo pode ser prejudicada pelo magnésio, alumínio e ferro que formam precipitados fosfatados no rúmen, assim como o excesso de molibdênio e cobre.

De acordo com Pedreira e Berchielli (2006), o teor de fósforo nas forrageiras depende do teor disponível no solo, a maturidade da forragem pode resultar em menor teor de fósforo. Já os grãos de cereais e farelos de oleaginosas contém teor moderado a alto de fósforo.

As exigências de fósforo durante a prenhez são baixas até o último trimestre. Segundo o NRC (2001), para o crescimento do feto, a exigência de fósforo aumenta de 1.9 g/d no dia 190 de prenhez para 5.4 g/d no dia 280 de prenhez.

As exigências de fósforo durante a lactação estão associadas com a produção de leite e com a porcentagem de fósforo presente neste. Nos modelos de formulações de dietas computadorizados, o valor utilizado é de 0.090% (0.90g de fósforo por quilograma de leite) (NRC, 2001).

A deficiência de fósforo pode ocorrer em animais que estejam ingerindo pasto em solos pobres nesse mineral ou em animais consumindo forragens excessivamente maduras com baixo teor de fósforo (menos de 0.25% na MS). A hipofosfatemia aguda pode ocorrer em vacas que estejam comendo dietas pobres em fósforo e que estejam no terço final de gestação, principalmente quando são gêmeos, e durante a produção do colostro e do leite no início da

lactação. Esse quadro pode se tornar mais complicado pois, em alguns casos, os animais também apresentam hipocalcemia (GOFF, 1998)

2.1.5.3 Sódio

Sódio é o cátion mais abundante no meio extracelular e participa de inúmeras funções fisiológicas importantes. A concentração de sódio no plasma é de 150 meq/L e na saliva está entre 160 a 180 meq/L. Já no leite, está entre 25 e 30 meq/L (NRC, 2001).

A exigência de sódio para manutenção em vacas em lactação é de 0.038 g/kg de PV por dia (NRC, 2001). Já a exigência dos 190 a 270 dias de prenhez é de 1.39 g por dia (HOUSE e BELL, 1993). A exigência durante a lactação considera a concentração média de sódio no leite que é 0.63 g/kg de leite (Agricultural Research Council, 1965)

Grãos de cereais e farelos de oleaginosas fornecem inadequado conteúdo de sódio para bovinos. Nas forrageiras, normalmente está em baixas concentrações (PEDREIRA; BERCHIELLI, 2006).

O sal de sódio mais comumente utilizado é o cloreto de sódio em que esse mineral está praticamente 100% disponível, assim como o bicarbonato de sódio que também é considerado alto (NRC, 2001).

Baixos níveis de sódio na dieta levam à redução na produtividade além de interferir no equilíbrio ácido-básico dos animais (ISHLER et al, 1997).

2.1.5.4 Magnésio

O magnésio atua como cofator em reações enzimáticas, condução nervosa, funções musculares e da formação mineral dos ossos. A concentração normal em vacas adultas é de 1,8 a 2,4 mg/dL no plasma (PEDREIRA; BERCHIELLI, 2006).

Segundo McDowell (1999), os grãos de cereais contêm entre 0,11 e 0,17% de magnésio e as leguminosas possuem maior teor desse mineral do que as gramíneas. De acordo com o NRC (1996), o principal local de absorção do magnésio é no rúmen e a taxa de absorção vai diminuindo com o avanço da idade dos animais. Altas concentrações de potássio na dieta, podem reduzir a absorção de magnésio (ISHLER et al, 1997)

A exigência de magnésio durante o período seco é de 0.181 g/dia (HOUSE e BELL, 1993).

A deficiência de magnésio associa-se à diminuição na digestibilidade da fibra e a problemas reprodutivos, causando sintomas conhecidos como tetania (ISHLER et al, 1997).

2.1.5.5 Potássio

O potássio está envolvido em inúmeros processos fisiológicos, entre eles, a pressão osmótica e e equilíbrio ácido-básico. É o mineral mais abundante do espaço intercelular. A concentração de potássio no leite é o mais alto entre os minerais (em torno de 38 meq/L) (NRC, 2001).

Os ruminantes geralmente possuem uma alimentação rica em potássio e pobre em sódio. O potássio é um dos minerais mais abundantes nas plantas (>8g/kg MS). A ingestão de potássio pelos animais criados a pasto, geralmente, atende suas exigências. Por outro lado, esse mineral em excesso, interfere na absorção de magnésio, podendo acarretar em hipomagnesemia e também pode reduzir o teor de sódio das forrageiras tornando mais importante a suplementação de sódio para esses animais (PEDREIRA; BERCHIELLI, 2006).

Sua deficiência pode ocorrer associada a subprodutos e reduz a IMS e pode gerar diminuição na produção e depressão da gordura do leite (ISHLER et al, 1997).

Para vacas durante o período seco, a necessidade de potássio entre 190 e 270 dias de prenhez foi avaliada por House e Bell (1993). Os autores concluíram que a exigência para esse período é de 1.027 g por dia.

Paras vacas em lactação, a exigência de potássio é de 1.5 g/kg de leite produzido (NRC, 2001). Estudos demonstram que 0.75% de potássio na MS da dieta são suficientes para suprir as exigências durante o início da lactação (DENNIS; HEMKEN; JACOBSON, 1976; ERDMAN; HEMKEN; BULL, 1980).

2.1.5.6 Selênio

O selênio age protegendo a célula durante a degeneração celular juntamente com a vitamina E (ISHLER et al, 1997). O selênio faz parte da enzima glutatona peroxidase, que protege o citosol contra peróxidos que são produzidos durante a respiração celular. As

exigências de selênio para vacas leiteiras são de aproximadamente 0.3 mg/kg dieta (NRC, 2001).

A deficiência de selênio proporciona menor atividade microbiana (PEDREIRA; BERCHIELLI, 2006).

Segundo Weiss et al. (1990), a concentração média de selênio no plasma de vacas adultas teve correlação negativa com contagem de células somáticas (CCS) em rebanhos leiteiros. Para Cebra et al. (2003), as concentrações de selênio possuem correlação positiva com a adesão de neutrófilos.

Smith et al. (1984) demonstraram o efeito da vitamina E e/ou do selênio em mastite em vacas alimentadas com dietas baixas em vitamina E e selênio. A administração intramuscular de 0.1mg de selênio por kg de PV aos 21 dias antes o parto não teve efeito na incidência de mastite clínica mas reduziu a duração dos sintomas clínicos em vacas com mastite clínica em 46%. A administração de selênio combinado com suplementação oral de vitamina E (740 UI/dia) foi mais eficaz, reduzindo a incidência de mastite e a duração dos sintomas clínicos em 37% e 62%, respectivamente.

Allison e Laven (2000) indicaram que a suplementação com selênio no pré-parto pode reduzir a incidência de retenção de placenta em vacas leiteiras. Julien et al. (1976) constataram que a suplementação oral foi mais efetiva que a administração intramuscular de selênio e vitamina E na prevenção de retenção de placenta.

Esse micromineral complementa a vitamina E e essa associação tem demonstrado reduzir as exigências por selênio quando a resposta foi baseada no desempenho animal e atividade leucocitária (HOGAN; WEISS; SMITH, 1993).

Excesso de selênio tem sido associado com a ocorrência de claudicações, doenças do casco e morte por insuficiência respiratória em casos agudos (ISHLER et al, 1997).

2.1.5.7 Zinco

O zinco exerce função importante no sistema imune dos animais. Participa de sistemas enzimáticos e de defesa dos tecidos (SANTOS & SANTOS, 1998). Possui ação anti-oxidante por fazer parte da enzima superóxido dismutase, juntamente com o cobre. Em relação à imunidade, o zinco tem um importante papel na replicação e proliferação celular (WEISS e SPEARS, 2006).

O zinco é suplementado com fontes inorgânicas e orgânicas. As fontes inorgânicas mais comuns são: óxido de zinco, sulfato de zinco, carbonato de zinco e cloreto de zinco (UNDERWOOD; SUTTLE, 1999; MCDOWELL, 2003). Já as fontes orgânicas podem ser a zinco metionina, zinco lisina, zinco aminoácido quelado, zinco proteinado (CAO et al., 2000) e *Saccharomyces cerevisiae* enriquecida com zinco (CUNHA FILHO et al., 2007).

A exigência para o período seco é de 12 mg por dia (HOUSE e BELL, 1993).

2.1.5.8 Cobre

O cobre também é considerado um anti-oxidante por estar envolvido nas enzimas superóxido dismutase, juntamente com o zinco, e ceruloplasmina. Deficiência de cobre em vacas leiteiras geralmente acontece na presença dos antagonistas na dieta, como o molibdênio, o enxofre e o ferro, que reduzem a biodisponibilidade (SPEARS, 2003).

Estudos indicam que o cobre da dieta afeta a função imune. Torres et al. (1996) demonstraram uma diminuição na atividade neutrofílica quando novilhas holandesas foram suplementadas com dietas com baixo cobre (7 mgCu/kg dieta) em relação com as suplementadas com 20 mgCu/kg dieta.

Scaletti et al. (2003) conduziram um estudo de desafio de novilhas com *Escherichia coli* intramamária aos 34 dias de lactação. As novilhas foram alimentadas dos 60 dias pré-parto até 42 dias de lactação com uma dieta controle (6.5 mgCu/kg) e uma dieta suplementada (20 mgCu/kg). As novilhas suplementadas tiveram menor contagem de *E. coli* e células somáticas no leite, menor sinais clínicos e menor pico de temperatura retal do que as que receberam a dieta controle.

Em forragens, as concentrações de cobre são limitadas para atendimento das exigências, sendo encontrado mais em leguminosas que em gramíneas (PEDREIRA; BERCHIELLI, 2006).

As fontes inorgânicas de cobre podem ser a de sulfato de cobre, carbonato de cobre, cloreto de cobre, óxido de cobre e nitrato de cobre (MCDOWELL, 2003).

Quando ruminantes consomem cobre em excesso, esse micromineral acumula no fígado e grandes quantidades vão para a corrente sanguínea em situações de estresse causando crises hemolíticas (NRC, 2001).

2.1.6.9 Cobalto

O cobalto tem importância direta para a síntese de vitamina B12 pelos microorganismos do rúmen (cianocobalamina). Esse mineral é fundamental no metabolismo do propionato, participando da conversão de metil-malonil-CoA em succinil-CoA, etapa fundamental da gliconeogênese (KOZLOSKI, 2002). Segundo Lee et al. (2002), uma forma de cobalamina (metilcobalamina) é exigida pelos microorganismos para síntese de acetato, metionina e metano e sua deficiência leva a um acúmulo de succinato no rúmen pela inibição do metabolismo do propionato.

A deficiência de cobalto está associada à anemia, redução no apetite e redução na produção de leite (ISHLER et al, 1997).

2.1.6 Vitaminas

As vitaminas são moléculas orgânicas que são encontradas normalmente nos alimentos e são responsáveis por muitos processos metabólicos e exigidas em pequenas quantidades para ruminantes (McDowell, 1989). Algumas vitaminas são sintetizadas pelas bactérias do rúmen em quantidades que, muitas vezes, não são adequadas para as exigências dos animais (ZEOULA; GERON, 2006).

As vitaminas são classificadas de acordo com sua solubilidade em dois grupos. As lipossolúveis: A, D, E e K, que são solúveis nos lipídios e solventes orgânicos e as hidrossolúveis: vitaminas B1, B2, B6, B12, ácido nicotínico, ácido pantotênico, ácido fólico, biotina, colina e ácido ascórbico, que são solúveis em água.

Segundo Zeoula e Geron (2006), os microorganismos do rúmen são fontes de vitaminas do complexo B e vitamina K, por isso raramente são suplementados com essas vitaminas. De acordo com esses autores, a suplementação em animais adultos consiste apenas de vitamina A e E, pois a vitamina D é sintetizada através da radiação ultravioleta sobre os esteróis na pele dos animais, a vitamina C é sintetizada partir de açúcares e a niacina a partir do triptofano, caso esse AA esteja em excesso. Lembrando que dietas que propiciam queda do pH ruminal reduzem a síntese de tiamina pela microbiota ruminal (RADOSTITS; DONE, 2007).

As exigências de vitaminas para vacas leiteiras, segundo o NRC (2001) estão na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3 - Exigência de vitaminas para bovinos de leite (UI/kg peso corporal).

Nutrientes	Animais em lactação	Vacas secas
Vitamina A	110	110
Vitamina D	-	-
Vitamina E	0,8	1,6

Adaptado de NRC (2001)

2.1.6.1 Vitamina A

A vitamina A ou retinol tem ação similar a dos hormônios esteroides e é fundamental para a formação tecidual, na reprodução e na visão. Apesar de não ser um importante antioxidante, o seu precursor, o beta-caroteno, é um importante antioxidante lipossolúvel que complementa as atividades da vitamina E. O β -caroteno é normalmente encontrado nas pastagens, na silagem de milho e no feno (SANTOS; SANTOS, 1998).

No período pré-parto, alguns estudos desenvolvidos por NRC (2001) com relação à suplementação de vitamina A, a suplementação entre 150.000 a 250.000 UI/dia de vitamina A ou o fornecimento de 300 a 600 mg/dia de β -caroteno reduziram a incidência de infecções da glândula mamária e mastite. Com relação à reprodução, Hurley e Doane (1989) citam que os benefícios do β -caroteno incluem o aumento na intensidade do cio e taxa de concepção, além de diminuir o número de serviços por concepção, diminuem a mortalidade embrionária e a incidência de ovários císticos. Esses autores sugeriram que o β -caroteno pode agir como uma forma de vitamina local estocada no corpo lúteo e, assim, estimular as células luteais a produzirem mais progesterona através do aumento da utilização do colesterol do sangue.

A deficiência de vitamina A está relacionada a desordens reprodutivas (abortos, natimortos) diminuição da atividade fagocitária de macrófagos e neutrófilos (MCDOWELL, 2002) e maior incidência de retenção de placenta no pós-parto (WEISS, 1998).

2.1.6.2 Vitamina D

As fontes dietéticas de vitamina D são a vitamina D₂ (ergocaliferol) e a D₃ (colecalfiferol). A vitamina D₃ age como um pró-hormônio e pode ser obtida pelo organismo por meio da dieta ou da exposição ao Sol (NRC, 2001). A maior fonte de vitamina D é produzida na pele, o 7-deidrocolesterol, que é convertido em pré-vitamina D que é, então,

isomerizada em vitamina D. No fígado, a vitamina D é convertida em 25-hidroxivitamina D e liberada para a corrente sanguínea, até que no rim ela será convertida em hormônio 1,25-dihidroxivitamina D. Esse hormônio aumenta o transporte de cálcio e de fósforo através das células epiteliais intestinais e potencializa a ação do PTH afim de aumentar a reabsorção de cálcio nos ossos (MURRAY et al., 2003)

As exigências de vitamina D são de difícil definição, animais expostos à luz solar e em baixas latitudes podem não necessitar de suplementação (NRC, 2001). Já animais confinados e que recebem dietas à base de alimentos conservados têm maiores necessidades de suplementação.

De maneira geral, a vitamina D está envolvida no metabolismo do cálcio e do fósforo, na secreção de insulina e prolactina, na função muscular e na resposta imune via linfócitos T (MURRAY et al., 2003)

2.1.6.3 Vitamina E

A vitamina E é considerada o mais importante anti-oxidante nos sistemas biológicos (WEISS; HOGAN, 1995). Sua forma ativa é conhecida por α -tocoferol (MURRAY et al., 2003)

Forragens possuem altas concentrações de vitamina E (80 a 200 UI/kg MS), porém, quando conservadas como silagem ou feno, grande parte é perdida por ser destruída pela radiação solar ou pelo processo fermentativo.

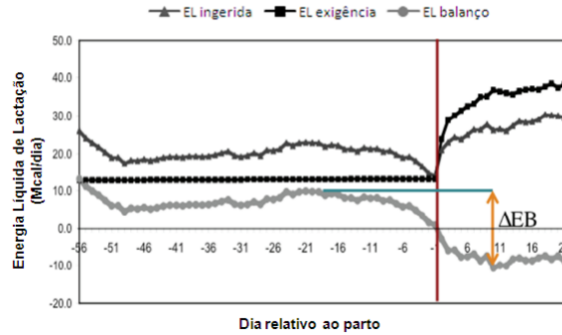
Hogan et al. (1993) demonstraram que a suplementação de vacas secas com 1000 unidades internacionais (UI) de vitamina E por dia aumentou a atividade leucocitária e reduziu a incidência de mastite e de retenção de placenta logo após o parto. Segundo o NRC (2001), os níveis de vitamina E exigidos para animais em lactação são para a saúde da glândula mamária, enquanto que para vacas secas, é mais exigido para a manutenção da função imune. Vacas alimentadas com forragens conservadas exigem aproximadamente 1.6 UI de suplementação de vitamina E/kg PV (aproximadamente 80 UI/kg MS) durante o período seco para maximizar a imunidade e saúde (NRC, 2001).

2.1.7 Ingestão de matéria seca e balanço energético negativo durante o período de transição

Imediatamente após o parto, há uma grande demanda energética e proteica para a produção de leite ao mesmo tempo em que a ingestão de alimento não aumenta na mesma

proporção. O pico de lactação acontece antes de alcançar o pico de IMS e esse desencontro gera uma condição conhecida como balanço energético negativo (BEN) (GRUMMER, 2009). Como observado na Figura 1, no final da gestação, a vaca apresenta uma redução na EL_L ingerida, causada pela baixa IMS, sendo essa condição agravada após o parto.

Figura 1: Balanço energético durante o período de transição



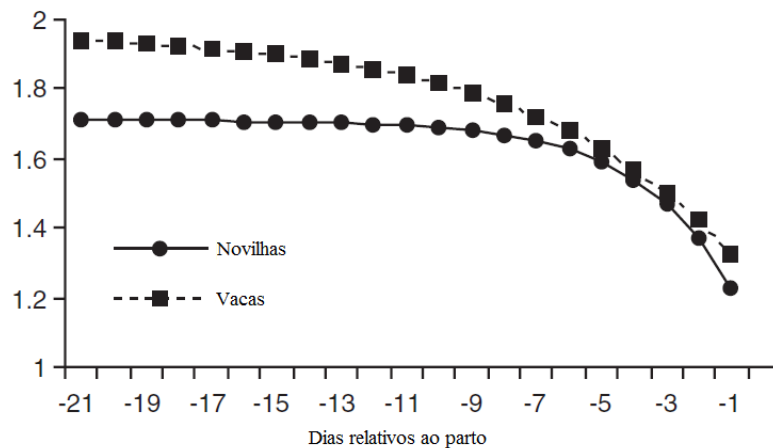
Fonte: Adaptado de Grummer (2009)

Devido à grande variedade do teor de umidade dos alimentos usados em dietas para vacas leiteiras, a ingestão de alimento é expressada em base da matéria seca (MS). A diminuição da IMS durante as três ou duas semanas finais antes do parto é bem documentada.

Marquardt et al. (1977) indicaram que a IMS diminuiu 25% e 52% durante os últimos 14 dias de prenhez para vacas jovens (primíparas e secundíparas) e adultas (três partos ou mais), respectivamente.

A queda na IMS é demonstrada na Figura 2, em que a IMS é expressa em porcentagem de peso vivo. Dados de 172 novilhas (média de 625 kg) e 527 vacas (média de 700 kg) usadas em 16 experimentos em oito diferentes universidades foram utilizados para determinar um modelo exponencial de IMS apresentado abaixo.

Figura 2: IMS prevista em novilhas e vacas durante as últimas 3 semanas de gestação



Fonte: Grummer (2004)

O proprionato produzido nesse período de baixa IMS no período pós-parto não é suficiente para a síntese da quantidade necessária de glicose (DRACKLEY et al., 2001).

As razões para o declínio na ingestão de alimento antes do parto não estão bem elucidadas, mas potenciais mecanismos tem sido estudados. Forbes (1977) indica que o crescimento do feto poderia restringir o volume ruminal. Segundo Park et al. (2001), a capacidade de retenção de líquido do rúmen não se altera do período de transição para a lactação, indicando que essa capacidade fisiológica não é a causa da diminuição da IMS no pré-parto. Isso demonstra que outros fatores além do enchimento ruminal estão envolvidos na regulação da ingestão de alimentos no pré-parto.

Para Santos (2006), os componentes da dieta conhecidos por afetar a IMS de vacas de leite no pré-parto são a concentração de gordura e de FDN. A concentração proteica tem pouco efeito. A gordura reduz o consumo de alimento por aumentar a oxidação de ácidos graxos nos peroxissomos e pode ser incluída na dieta até 5% da MS. Dietas com baixa FDN (< 35%) aumentam a IMS no pré-parto, mas tem maior diminuição de consumo na última semana de gestação. Já dietas com alta FDN (38 a 45%), reduzem a IMS no final da gestação, mas minimizam a queda da ingestão na última semana de gestação (SANTOS, 2006).

O escore de condição corporal (ECC) também afeta a IMS. É sabido que o consumo de alimentos no pós-parto é menor em vacas que estão acima do ECC recomendado ao parto. (Garnsworthy et al., 1982; Treacher et al., 1986). O ECC recomendado tem diminuído nas últimas duas décadas, e a opinião dos autores é de que seja em torno de 3 (escala de 1 a 5) (DRACKLEY; CARDOSO, 2014).

Para minimizar o BEN, a vaca mobiliza reservas corporais, principalmente do tecido adiposo. A quebra de triglicerídeos (TG) gera ácidos graxos não esterificados (AGNE) (SANTOS; SANTOS, 1998). Os AGNE podem sofrer oxidação incompleta gerando corpos cetônicos, entre eles o beta-hidroxibutirato (BHB) ou pode ocorrer a sua reesterificação e seu acúmulo no fígado, gerando a esteatose hepática. Ambos os casos são indesejáveis e levam a ocorrência de doenças indesejáveis que podem comprometer toda a lactação posterior.

Segundo Ospina et al. (2010) e Chapinal et al. (2012) o BEN está altamente relacionado com perdas na produção de leite, com o aumento de doenças e com a diminuição na fertilidade. A competição por nutrientes entre o início da lactação e a prenhez subsequente irá atrasar a função reprodutiva. Quando o BEN é muito severo, pode resultar em desordens metabólicas como fígado gorduroso e cetose, assim como retenção de placenta, deslocamento de abomaso e susceptibilidade a infecções (GRUMMER, 2004). Para Lucy (2003), o BEN é a principal causa do atraso da retomada do ciclo estral normal em vacas leiteiras. O BEN pode

inibir o desenvolvimento, as pulsações de GnRH e o LH exigidos para restabelecimento do ciclo ovulatório (BUTLER et al., 1981).

Há algumas formas descritas de promover o aumento da IMS e do apetite no pós-parto como evitar o consumo excessivo de energia relativo às exigências do período seco, evitar ECC excessivo, garantir a ingestão adequada de fibra efetiva da forragem e evitar a ingestão de amido rapidamente fermentável (DRACKLEY; CARDOSO, 2014). Além disso, o ideal é que os alimentos fornecidos estejam em uma dieta única, também chamado de *total mixed ration* (TMR), que dificulta a seleção das vacas por certos alimentos (DRACKLEY; DANN, 2008).

2.1.8 Estado imunológico no período de transição

A função do sistema imune durante o período de transição está diminuída (KEHRLI et al., 1989). A atividade dos linfócitos e neutrófilos estão diminuídas (GOFF; HORST, 1997). Os mesmos autores observaram que agentes imunossupressores, como estrogênio e glicocorticoides, estão aumentados no plasma ao redor da parição. Para Miller et al. (1993), o estresse oxidativo também pode contribuir com o aumento da suscetibilidade a doenças.

Microminerais (selênio, cobre, zinco) assim como Vitamina A e E possuem um papel na função imune e foram discutidos nos respectivos capítulos. Já para Houdijk et al. (2001) a depressão da função imune tem sido relatada devido a uma inadequada suplementação de proteína metabolizável.

Kimura et al. (2006) relata que a hipocalcemia que ocorre após o parto pode comprometer a função das células imunes. O cálcio possui um importante papel na ativação das células imunes através do seu aumento no interior dessas células no momento em que encontram um antígeno que devem combater.

Em uma meta-análise conduzida por Ingvarlsen e Moyes (2013), os autores citam a influência de outros nutrientes e do estado metabólico dos animais sobre o sistema imune. A glicose é exigida pelas células fagocíticas (por exemplo, macrófagos e polimorfonucleares) para proliferação, sobrevivência e diferenciação e está em baixa concentração durante o pós-parto, limitando o sistema imune e aumentando o risco de doenças durante esse período. Já os corpos cetônicos inibem a quimiotaxia, a fagocitose e a secreção de IgM (INGVARTSEN; MOYES, 2013).

Ainda não se sabe o quanto da energia é direcionada para o sistema imune em vacas. Porém, Goff (2008) estimou essa quantidade comparando com estudos em humanos, que concluíram que 40% da energia é gasta para ativação do sistema imune. Para tanto, esse autor utilizou como modelo uma vaca leiteira de 600 kg que exige aproximadamente 9.7 Mcal/d de EL_L . Se o gasto energético for, também, de 40%, as exigências aumentariam em torno de 4 Mcal/d.

Portanto, uma vaca leiteira em BEN não poderá ter uma rápida resposta imune satisfatória.

2.1.9 Escore de condição corporal como ferramenta para determinar o balanço energético negativo

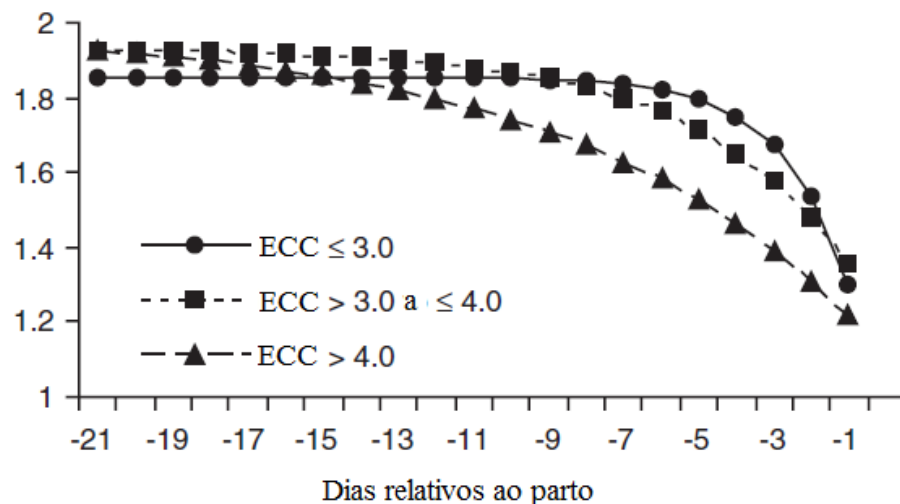
O ECC tem sido uma maneira subjetiva de avaliar as reservas corporais de gordura subcutânea e também da massa muscular em vacas de leite. Apesar de ser uma técnica visual e subjetiva, vários autores (SANTOS, 1996; DOMEQ et al., 1995; FERGUSON et al, 1989) demonstraram que há alta correlação ($r > 0.63$) entre o ECC e as reservas de gordura subcutânea em vacas de leite nos vários estágios de lactação.

Como já foi comentado, no início da lactação, as vacas entram em BEN devido à alta produção de leite associado ao baixo consumo de alimento. Esse balanço é compensado havendo mobilização de reservas de tecido adiposo, principalmente. Como resultado final, há perda de peso e redução do ECC. Aminoácidos liberados com a proteólise de músculos esqueléticos assim como o glicerol da lipólise promovem basicamente a síntese de glicose (Reynolds et al., 2003). O nível de mobilização do tecido adiposo pode ser deduzido através da concentração dos AGNE que são os ácidos graxos liberados pela lipólise, assim como o glicerol (Pullen et al., 1989). Desta forma, com o aumento do BEN, mais AGNE é liberado e aumenta suas concentrações no sangue.

De acordo com o NRC (1989), cada kg de tecido mobilizado durante o período de transição equivale a mais ou menos seis Mcal de EL_L . Desta forma, cada kg de PV mobilizado seria capaz de fornecer energia para que fosse produzido oito kg de leite. Cada unidade de condição corporal (escala de um a cinco) corresponde aproximadamente 50 a 60 kg de peso vivo em vacas holandesas (SANTOS, 1996). Segundo Santos (1996), pouca ou nenhuma mudança no ECC deve ser observada durante o período seco.

Vacas com reservas lipídicas em excesso mobilizam mais lipídios próximo da parição, tem menor apetite e IMS antes e depois do parto, tem função imune debilitada e estão mais sujeitas ao estresse oxidativo (CONTRERAS; SORDILLO, 2011). Segundo Grummer (2004) vacas que pariram obesas (condição > 4,0) possuem uma menor IMS quando comparadas com vacas que pariram com ECC menor ou igual a 3,5, conforme mostra a Figura 3. Sendo que o recomendado para o momento da parição é de 3 a 3.25. Para Garnsworthy (1982), a justificativa para essa diminuição pode estar relacionado com os efeitos físicos dos depósitos de gordura abdominal, o maior nível circulante de AGNE e de corpos cetônicos e maior concentração de TG hepáticos.

Figura 3: IMS em vacas variando de ECC. IMS expressa em porcentagem em relação ao peso corporal.



Fonte: Grummer (2004)

Vacas que perdem mais de um ponto de ECC (escala um a cinco) tem maior incidência de metrite, retenção de placenta e distúrbios metabólicos (cetose, hipocalcemia e deslocamento de abomaso) do que vacas que perdem menos de um ponto de ECC durante o período de transição (KIM; SUH, 2003). Butler (2003) relata que a primeira ovulação após o parto ocorre dez a 14 dias após o nadir do BEN. Grandes mudanças no peso e perda de ECC estão associados com anovulação e anestro em vacas leiteiras.

Por outro lado, um estudo recente de Drackley et al. (2014) demonstraram que dietas com alta energia podem causar acúmulo de gordura visceral em taxas maiores do que no tecido subcutâneo. Sendo assim, o ECC pode não ser a melhor ferramenta a curto prazo para detectar mudanças, durante o período seco, nas reservas de gordura visceral que pode afetar o metabolismo e a saúde de vacas leiteiras.

2.1.10 Ferramentas para aliviar o balanço energético negativo e melhorar o período de transição

As doenças que ocorrem no periparto estão associadas com a diminuição da IMS. Como fatores importantes a serem considerados para promover o apetite e um aumento na IMS após o parto incluem evitar o ECC alto ou baixo, prevenir o consumo excessivo de energia durante o período seco, garantir a ingestão de forragens com alta fibra efetiva, evitar o consumo excessivo de carboidratos rapidamente fermentáveis após o parto, reduzir a diferença cátion-ânionica da dieta no pré-parto, mas aumentar no pós-parto imediato, garantir suporte de nutrientes para o sistema imunológico.

A separação das dietas de vacas no pré e no pós parto, especialmente quando alimentadas com dieta total, ajuda a manter a IMS ao redor do parto e promove um aumento mais rápido dessa ingestão depois do parto (DRACKLEY et al., 2005)

A seguir, as estratégias possíveis a serem tomadas são discutidas com detalhes.

2.1.10.1 Precusores gliconeogênicos

Em torno de 70% da glicose utilizada todos os dias por uma vaca leiteira é originada da gliconeogênese no fígado. O propionato é o principal precursor, seguido por lactato e AA.

Propilenoglicol, propionato de cálcio e glicerol são compostos pouco fermentáveis no rúmen e depois de absorvidos vão para o fígado onde serão convertidos em glicose via piruvato e oxalacetato que entrarão no ciclo de Krebs via succinil-CoA para serem convertidos em glicose pelo fígado (SANTOS, 2006).

Esses precusores gliconeogênicos devem ser fornecidos por via oral na quantidade de 300 a 500 g em uma única dose no dia, caso contrário, o consumo se torna esporádico durante o dia e, portanto, não aumentará a concentração de insulina e conseqüente redução da lipólise ou cetogênese. As maneiras mais comuns de administração têm sido por meio de *drench*, ração total ou misturado apenas no concentrado.

Propilenoglicol é tóxico aos microrganismos do rúmen e em excesso pode causar intoxicação e morte da flora ruminal. Já o glicerol em excesso pode desidratar o animal, recomenda-se a inclusão de 5 a 8% na MS da dieta (DONKIN, 2008) Portanto, Santos (2006)

não recomenda o fornecimento de mais de 500 g de propilenoglicol por dia e, no caso do glicerol, ele deve ser administrado com água ao animal.

Os 500 g de propilenoglicol, propionato de cálcio e glicerol fornecem 600, 483 e 490g de glicose, respectivamente. Porém, o propionato de cálcio também possui 21% de Ca, o que é benéfico no início da lactação para prevenir a hipocalcemia (SANTOS, 2006). Segundo um estudo realizado por Higgins et al (1996), o propionato de cálcio tem sido recomendado nos últimos dias de gestação e no dia do parto para prevenção de cetose e hipocalcemia subclínica. Os autores concluíram que a utilização de propionato de cálcio no pós-parto imediato aumentou os níveis de glicose no sangue 24 horas após sua administração, reduziu os níveis de corpos cetônicos no mesmo período e, nos primeiros dois dias após o parto, reduziu os níveis de ácidos graxos livre (AGL). Além disso, aumentou os níveis séricos de cálcio, reduzindo a incidência de hipocalcemia clínica e subclínica no pós-parto e aumentou a produção leiteira em 3,8 kg por dia nas primeiras semanas pós-parto.

Desta forma, a administração oral de precursores gliconeogênicos no periparto pode ser usada para melhorar os perfis metabólicos de vacas no período de transição, reduzindo a incidência de cetose subclínica e hipocalcemia (propionato de cálcio).

2.1.10.2 Aminoácido protegido

Aminoácidos (AA) livres são rapidamente degradados pela microbiota ruminal e a simples adição de um AA na dieta não é suficiente para aumentar sua concentração no duodeno. Por isso, o AA deve ser protegido contra a ação dos microorganismos, mas ainda assim, digestíveis no intestino delgado (LAPIERRE et al., 2006).

Os métodos desenvolvidos para proteger AA da degradação ruminal são basicamente três e consistem no recobrimento da superfície com uma mistura de polímeros sensíveis ao pH, no recobrimento da superfície com gordura ou AGS e minerais e no uso de AA sintéticos (metionina hidroxí-análoga, etc.) (SCHWAB, 1995).

Na maioria das dietas, a metionina e a lisina são considerados os AA mais limitantes na produção de leite.

A suplementação com metionina protegida aumentou o consumo em alguns estudos (CARSON et al., 1998; OVERTON; EMMERT; CLARK, 1998). Segundo Rulquin e Delaby (1997), a metionina também parece melhorar o metabolismo geral das vacas no início da

lactação, desempenhando papel importante na gliconeogênese, especialmente em vacas com BEN.

Os perfis de AA do leite são semelhantes aos da proteína microbiana, portanto deve-se otimizar a síntese de proteína dos microorganismos é uma pressuposição básica da nutrição de ruminantes. Muitos estudos ainda devem ser feitos sobre as exigências de aminoácidos, principalmente pelas peculiaridades do metabolismo de proteínas em ruminantes.

2.1.10.3 Gordura protegida

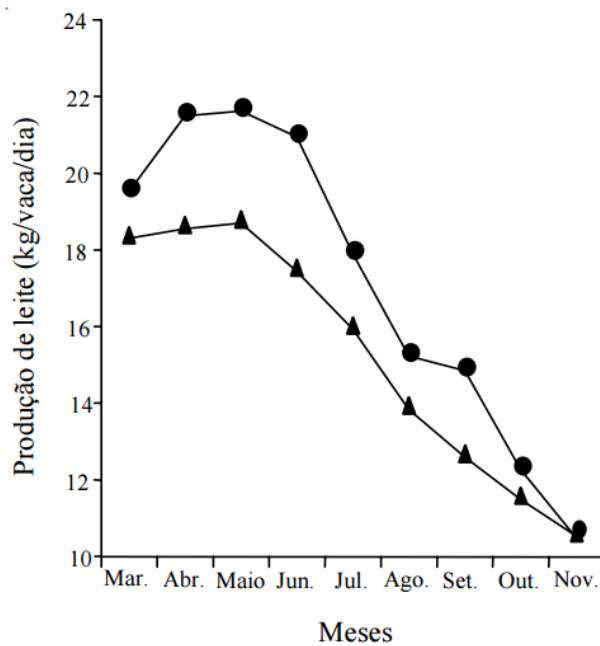
Como já discutido anteriormente, a gordura possui alto valor energético e, portanto, pode aumentar a concentração de energia da dieta e o balanço energético dos animais, melhorando a fertilidade do rebanho (PIRES et al., 2006). Porém, a recomendação é que não ultrapasse 5% da MS da dieta. Como alternativa para aumentar a energia da dieta, mantendo a mesma IMS, pode-se utilizar a gordura protegida.

Sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa (AGCL) são uma excelente fonte de gordura que permitem o aumento da densidade energética do alimento sem deprimir a função da flora ruminal, podendo evitar a hidrogenação ruminal dos AG insaturados, principalmente ácidos linoleico (18:2) e linolênico (18:3) (PIRES et al., 2006).

A inclusão de gordura protegida na dieta, além de aumentar a densidade calórica sem comprometer a degradação da fibra, possibilita maior ingestão e melhor eficiência na utilização dessa energia (KRONFELD et al., 1980).

Um estudo foi conduzido por Vilela et al. (2002) com 14 vacas Holandesas a pasto (coast-cross-1; *Cynodon* sp.), no início da lactação, com o objetivo de avaliar o aumento na densidade energética utilizando uma fonte de gordura protegida. Os animais foram separados em dois grupos, um com a suplementação de 700 g/vaca/dia de gordura protegida e o outro grupo sem suplementação. Os autores concluíram que o fornecimento, no início da lactação, de 700 g/vaca/dia de gordura protegida proporciona aumento na produção de leite, conforme demonstrado na Figura 4

Figura 4: Produção de leite de vacas Holandesas em pastagem de coast-cross-1, durante 273 dias de lactação. Grupo com fornecimento (●) e grupo sem fornecimento (▲) de gordura protegida nos primeiros 90 dias de lactação.



Fonte: VILELA et al. (2002)

2.1.10.4 Fibra

Fibra com tamanho de partícula adequada é necessária para manter uma boa função ruminal e prevenir deslocamento de abomaso. Porém, o excesso de FDN pode limitar o consumo (DRACKLEY et al., 2005). Essa limitação física é pronunciada quando as vacas são alimentadas com forragens de baixo valor nutritivo.

French et al. (2002) demonstraram que vacas consumindo dietas com 30%, 42% e 54% de FDN, a IMS durante as três semanas finais de gestação foram de 2.03%, 1.68% e 1.64% do PV. Em vacas lactantes, o consumo de dietas com alta fibra pode ser limitada pelo enchimento ruminal e pela incapacidade de degradação dessa fibra para que haja alta taxa de passagem e abra espaço para mais alimento, estimulando o consumo.

É necessário que a fibra seja efetiva para estimular a ruminação (MERTENS, 1997). A medição da efetividade da fibra pode ser feita através das peneiras (*Penn State Forage Separator* ou *Wisconsin Forages Screens*), sendo considerada efetiva aquela fibra retida nas duas primeiras peneiras, ou ainda pela mastigação por kg de MS e porcentagem de gordura no leite.

A digestibilidade da fibra é a proporção de fibra ingerida que não é excretada pelas fezes. O processo de digestão da fibra consiste na hidrólise dos polissacarídeos e conversão em AGV, gases de fermentação e calor. A taxa de hidrólise é limitada pela ação de enzimas

lignina-polissacarídeos, que degradam a parede celular (CHESSON; FORSBERG, 1988). A fibra mais digestível pode estimular o consumo, pelo aumento na taxa de passagem.

Dietas com alto CNF interferem negativamente na digestibilidade da fibra pela redução do pH ruminal através da sobreposição das bactérias amilolíticas em relação às celulolíticas (HOOVER, 1986).

2.1.10.5 Ionóforos

Os ionóforos são compostos produzidos a partir de várias espécies de *Streptomyces* sp. O mais conhecido deles é a monensina sódica, que forma complexos lipossolúveis com cátions na membrana celular dos microrganismos. A monensina altera a flora agindo principalmente em bactérias gram-positivas em virtude de sua parede celular, pois facilita a troca de sódio e potássio entre o citosol bacteriano e o líquido ruminal, havendo entrada do íon hidrogênio para o citoplasma, levando a uma acidose intracelular. A bactéria reage expelindo o excesso. A alteração no padrão de fermentação ruminal resulta em uma maior produção de propionato e uma menor produção de acetato, butirato e metano, e, o que aumenta a densidade energética da dieta em 3 a 4% e melhora o aporte de glicose.

Vários autores tem sugerido a inclusão de ionóforos na dieta de vacas no período de transição para melhorar o metabolismo energético (GRUMMER, 1995; HUTJENS, 1991) através do aumento da síntese de ácido propiônico e por reduzir os riscos de acidose ruminal pelo controle da população de bactérias amilolíticas produtoras de ácido láctico (*Streptococcus bovis*, *Lactobacillus spp.*) (OETZEL, 1997). Um estudo conduzido por Duffield (1997) com 1100 vacas em 25 fazendas de leite utilizando monensina sódica com cápsulas ruminais de liberação lenta, em que cada cápsula continha 32g de monensina com uma liberação diária de 335mg por 95 dias. 597 vacas receberam placebo (cápsula sem monensina) e 503 vacas receberam cápsulas com monensina por três semanas antes do parto previsto. Concluiu-se que o uso de monensina em rebanhos com baixa incidência de cetose subclínica não afetou a produção de leite, mas aumentou significativamente ($p < 0.01$) a produção de leite em rebanhos com maior risco de cetose subclínica. Os níveis plasmáticos de BHB foram estatisticamente reduzidos e nenhum efeito foi observado nos parâmetros reprodutivos.

Duffield et al. (2008) conduziu uma meta-análise de 59 estudos tratando de suplementação de vacas leiteiras em produção com monensina. Em todos os estudos, a

monensina diminui os níveis sanguíneos de BHB, de AGNE e de acetoacetato, aumentou a concentração sanguínea de glicose e ureia e não teve efeito sobre os níveis plasmáticos de colesterol, de cálcio, de insulina e de ureia no leite.

Os autores acima justificam a redução dos corpos cetônicos e aumento da glicose pelo aumento do aporte de ácido propriônico para o fígado. Quanto à ureia, os autores sugerem que esse efeito pode ser reflexo do aumento no fluxo de proteína, a partir da PNDR, que irão para o intestino, pois a monensina diminui as concentrações de amônia ruminal por inibir seletivamente bactérias que desaminam proteínas. Alguns estudos sugeriram que um maior fornecimento de AA pode levar a um aumento na desaminação e nas concentrações de ureia (DUFFIELD et al., 1998)

Portanto, o uso de ionóforos, especialmente durante o período de transição, melhora os parâmetros metabólicos reduzindo os níveis de corpos cetônicos e AGL séricos e aumentando os de glicose, além do potencial de reduzir a incidência de acidose ruminal subclínica durante o pós-parto.

2.1.10.7 *Direct-fed microbials* (DFMs)

Os aditivos alimentares microbianos (*direct-fed microbials* – DFMs) são utilizados na dieta de vacas leiteiras com o objetivo de aumentar a digestibilidade da fibra e estabilizar a fermentação. São definidos como fonte de microrganismos viáveis e incluem bactérias, fungos e leveduras, dos quais os mais importantes e comumente utilizados são os fungos e as leveduras, destacando *Aspergillus oryzae*, como extrato fúngico, e *Saccharomyces cerevisiae*, como cultura de levedura (WALLACE; NEWBOLD, 1995). Para Wallace (1994) o uso da cultura de *A. oryzae* e *S. cerevisiae*, ou dos seus respectivos extratos, podem contribuir para o aumento da produção leiteira, pelo aumento da IMS.

Alguns autores tem pesquisado sobre o uso conjunto de *A. oryzae* e *S. cerevisiae* na dieta de ruminantes (WIEDMEIER; ARAMBEL; WALTERS, 1987). Nesse experimento, foram utilizados quatro tratamentos em vacas holandesas, sendo (1) o controle (C) com dieta com 50% de concentrado; (2) C + 90g de *S. cerevisiae*; (3) C + 2,63g de *A. oryzae*; (4) C+ 90g de mistura de *S. cerevisiae* e *A. oryzae*. Houve um aumento no número de bactérias celulolíticas no tratamento (4), aumento na digestibilidade da MS, PB e hemicelulose em todos os tratamentos com aditivos, sendo que o aumento na digestibilidade dos carboidratos fibrosos foi proporcional ao aumento no número de bactérias celulolíticas. Não ocorreu alteração de pH, AGV e nitrogênio ruminal.

2.1.10.7.1 *Saccharomyces cerevisiae*

Culturas de leveduras derivados do *Saccharomyces cerevisiae* tem sido adicionados às dietas de vacas leiteiras, principalmente no período de transição, com o objetivo de melhorar a fermentação ruminal, o consumo de matéria seca e a produção de leite (YUAN et al., 2015). Alguns produtos utilizam células vivas de levedura e o seu meio de crescimento, desidratado de modo que possa ser mantida a ação fermentativa desses microrganismos (Association of American Feed Control Officials, 1997). Já outros produtos, utilizam extrato de levedura que é originado da autólise da parede celular através de enzimas presentes na célula ou ácidos (DAWSON, 2002).

As leveduras não crescem em ambiente ruminal, mas retém sua atividade metabólica e viabilidade (NISBET; MARTIN, 1991).

Segundo Chaucheyras-Durand et al., (2008), são três os principais efeitos da suplementação com levedura: melhora da digestibilidade ruminal por restabelecer a microbiota do rúmen, manter a estabilidade do pH ruminal e das interações com bactérias que metabolizam o lactato, e aumento da degradabilidade da fibra e das interações com a degradação da parede celular das plantas.

Com relação à estabilidade da microbiota ruminal, Wallace e Newbold (1992) afirmam que a atividade das leveduras permite a remoção do O₂ presente no rúmen, que é carregado com o consumo dos alimentos, ruminação ou ingestão de água, elevando o número de bactérias anaeróbicas, principalmente as celulolíticas. Além disso, Nisbet e Martín (1991) propõe que leveduras poderiam secretar compostos químicos no fluido ou pela presença dos mesmos no meio de cultivo e por processos industriais, como ácidos orgânicos, principalmente malato, vitamínicos e aminoácidos que atuam como fatores de crescimento para a microbiota ruminal. O malato é um intermediário da rota do ácido decarboxílico, que converte piruvato em ácido propiônico, presente na *Selenomonas ruminatum* (RUSSELL, 2002). A *S. ruminatum* é uma bactéria gram negativa, habitante natural do rúmen, que cresce sob condições dietéticas diversas e pode fermentar diferentes tipos de carboidratos solúveis. O estímulo do crescimento da *S. ruminatum* poderia prevenir acidose láctica, pois essa bactéria é capaz de fermentar lactato. (HUNGATE, 1966).

S. cerevisiae não é capaz de fermentar lactato, mas a suplementação de leveduras parece ser capaz de reduzir a concentração de ácido láctico no rúmen (WILLIAMS et al.,

1991). Segundo Chaucheyras et al. (1996) isso ocorreria pela estimulação de crescimento de bactérias utilizadoras de lactato ou por limitar a produção de ácido láctico por bactérias produtoras, por competição pelo substrato.

Quanto à estabilidade no pH ruminal, Wallace e Newbold (1992) propõe que o efeito da suplementação com leveduras é pequeno ou não ocorre. Por outro lado, Martin e Nisbet (1992) postulam que leveduras atuariam mantendo o pH ruminal mais estável ao longo do dia. Acredita-se que diferenças entre dietas e manejo alimentar dos animais seriam a explicação para as variações na literatura.

O aumento da degradabilidade da fibra pode ser explicado pelo aumento nas bactérias celulolíticas (WALLACE; NEWBOLD, 1992) e pela degradação da lignina pelos fungos, através da enzima lignina peroxidase (WAN; LI, 2012)

Tem sido observada resposta positiva na produção de leite e sobre o consumo de matéria seca à suplementação com *S. cerevisiae* (BITENCOURT et al., 2008; DANN et al., 2000). Dann et al (2000) observaram que a suplementação de 60 g por dia de levedura no período de 21 dias pré-parto até 140 dias pós-parto aumentou a IMS entre os sete dias pré-parto e nos primeiros 42 dias de lactação em vacas Jersey. Além disso, essas vacas alcançaram o pico de produção mais cedo, mas não apresentaram maior produção de leite em 140 dias de lactação.

Desnoyers et al (2009) realizou uma meta-análise utilizando 157 experimentos e observou que a suplementação com *S. cerevisiae* aumentou o pH ruminal, a ingestão de matéria seca e a produção de leite.

Tem sido sugerido uma atuação das leveduras sobre o sistema imune através dos componentes da parede celular. Segundo Lipke e Ovalle (1998) a parede celular da *Saccharomyces cerevisiae* é composta por glucanos, sendo 50% de β 1,3-glucano e 10% de β 1,6-glucano, por mananoligossacarídeos (40%) e por quitina (1 a 3%). Os glucanos são polímeros de glicose localizados no interior da parede celular, enquanto que os mananoligossacarídeos são polímeros de manose e são encontradas na parte externa da parede celular. Diversos autores tem descrito as possíveis ações de imunomodulação causadas pelos β -glucanos que incluem a ativação de macrófagos, estimulação de células-T, ativação de células *natural killer* (NK), ativação de vias clássicas e alternativas do sistema complemento e aumento da produção de anticorpos, pela interação do β -glucano com receptores na membrana nos macrófagos, neutrófilos e células NK (CZOP, 1986; DILUZIO, 1983; BOHN; BEMILLER, 1995).

A suplementação com leveduras além de promover saúde ruminal, atua sobre sistema imune, sendo uma boa estratégia durante o período de transição. As pesquisas com esses produtos no Brasil ainda são escassas que esclareçam os mecanismos fisiológicos e as exigências para os microorganismos, podendo favorecer a manipulação microbiana em animais em diferentes regimes alimentares.

2.1.10.8 Niacina

A niacina, ácido nicotínico ou vitamin B₃, possui função envolvida no metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídios, como componentes de coenzimas, como nicotinamida adenosina dinucleotídeo (NAD) e nicotinamida adenosina dinucleotídeo fosfato (NADP) no citoplasma celular (MAYES, 1993). Durante a fermentação ruminal, os microorganismos sintetizam a niacina (HUTJENS, 1991). Quando usada como aditivo, tem a função de reduzir a mobilização de gordura corporal durante o final da gestação e o início da lactação e melhorar o BEN (SANTOS, 2006).

Em estudo com animais de laboratório, a niacina reduziu o fluxo de AGL para o sangue, pela inibição da enzima lipase sensível a hormônio pela niacina, e a síntese de colesterol via lipoproteínas (MAYES, 1993).

Hutjens (1991) analisou 24 estudos em que a niacina foi utilizada como aditivo de vacas em lactação na dose de 6 a 12 g por vaca/dia. Em 19 estudos onde dietas não foram suplementadas com gordura, a niacina aumentou a produção de leite e a produção e porcentagem de gordura e proteína do leite. Já em 5 estudos com dietas onde foi adicionada gordura, apenas a proteína do leite foi aumentada.

Suplementação com 6 a 12 g/dia de niacina durante esse período pode auxiliar na prevenção de cetose e esteatose hepática. Deve ser fornecida na forma encapsulada, protegida, pois se não será degradada pela flora ruminal (SANTOS, 2006).

2.1.10.9 Colina

A colina possui um efeito lipotrópico, evitando o acúmulo de gordura (ZEOULA; GERON, 2006). A deficiência de colina pode afetar a síntese de fosfolipídios necessários para a estrutura de lipoproteínas, como a VLDL (*very low density lipoprotein*) no fígado, o que

compromete a capacidade dos hepatócitos em secretar triglicerídeos acumulados no fígado e favorece a esteatose hepática (SANTOS, 2006).

Durante o período de transição, a IMS está diminuída, ocorre um BEN e as reservas de TG são mobilizadas, resultando em um aumento dos AGNE no sangue. Esses AGNE serão utilizados pela glândula mamária para produção de leite, serão oxidados no fígado ou serão esterificados a TG no fígado (DRACKLEY, 1999). Em espécies não-ruminantes, o TG pode ser retirado do fígado como VLDL, mas esse mecanismo é limitado em ruminantes (GRUMMER, 1993).

Erdman (1992) sintetizou estudos em que a colina foi fornecida por infusão duodenal em diferentes quantidades no pós-parto em vacas leiteiras. A infusão de colina a níveis iguais ou maiores que 31 g/dia aumentou a produção de leite em 1,2 kg/d e a produção de leite corrigido para gordura em 1,8 kg/d.

A forma da vitamina deve ser protegida da degradação ruminal, pois estima-se que 80 a 98% da colina ingerida passa por fermentação no rúmen (ATKINS et al., 1988; SHARMA; ERDMAN, 1989). Segundo SANTOS (2006), a suplementação de 15 a 20 g/dia de colina na forma de cloreto de colina protegida no final da gestação e início da lactação, reduz as concentrações de AGL, CC e o acúmulo de TG no fígado.

2.1.10.10 Cromo

O principal papel do cromo está relacionado com a sua capacidade em reforçar a ação da insulina por meio da sua participação no fator de tolerância à glicose, facilitando a interação entre a insulina e os seus receptores nos tecidos adiposo e muscular (MCDOWELL, 1992).

O cromo dietético pode ser exigido para o metabolismo de lipídios, para ativação de enzimas e estabilização de proteínas (MCDOWELL, 1992). Em animais de laboratório, a deficiência resulta em alterações no metabolismo da glicose e resistência à insulina em alguns tecidos (MAYES, 1993).

Em um estudo conduzido por Besong et al. (1996), foi adicionado, à dieta de vacas leiteiras, picolinato de cromo (0.8 ppm) 30 dias pré-parto até 60 dias pós-parto. O uso dessa suplementação aumentou a IMS e a produção leiteira, mas não afetou a composição do leite, os níveis sanguíneos de glicose, de AGL e de insulina. Porém, o picolinato de cromo reduziu

os níveis de corpos cetônicos no sangue e as concentrações de TG no fígado no dia 30 após o parto.

As exigências para cromo em vacas leiteiras não foram definidos pelo NRC (2001).

Há indícios que a suplementação com cromo na dieta de vacas leiteiras possa reduzir o fenômeno de resistência à insulina e melhorar o metabolismo energético.

2.1.10.11 Diferença catiônica-aniônica da dieta (DCAD)

O conceito de balanço cátion-ânionico vem sendo estudado e usado em dietas durante as últimas semanas pré-parto devido à influência que esse balanço causa nos níveis de cálcio antes e depois do parto e no desempenho de vacas leiteiras.

O balanço cátion-ânionico é a relação entre cátions (minerais com cargas positivas) e ânions (minerais com cargas negativas). Quando as concentrações de ânions ultrapassam as de cátions, acontecerá uma acidose metabólica no animal. Os principais ânions são o enxofre (S) e o cloro (Cl) e os principais cátions são o sódio (Na⁺) e o potássio (K⁺) (SANTOS; SANTOS, 1998).

Block (1984) demonstrou que o desequilíbrio entre a disponibilidade e a demanda de cálcio durante a lactação tem sido apontado como causa da ocorrência da paresia do parto (febre do leite) em vacas leiteiras. Segundo Goff e Horst (1993), o cálcio do fluido extracelular entra no metabolismo da glândula mamária mais rápido do que sua reposição, que deriva da reabsorção óssea ou absorção intestinal de cálcio. A ocorrência de febre do leite é maior em vacas com idade avançada, pois os osteoclastos estão diminuídos, o que afeta a resposta ao hormônio, levando a uma diminuição na capacidade de disponibilizar cálcio para o plasma (MCDOWELL, 2001).

É sugerido que, nas dietas pré-parto, os níveis de cálcio devem estar baixos e os de fósforo adequados à exigência, para prevenir essas alterações (MCDOWELL, 2001). Com isso, há um aumento plasmático do hormônio da paratireoide (PTH) e calcitriol (1,25-(OH)₂D₃) durante o pré-parto, que proporcionarão adaptação do intestino e dos ossos aos mecanismos homeostáticos do cálcio ao parto.

Além disso, a incidência de febre do leite pode estar influenciada pelo equilíbrio entre os cátions e ânions (acidez ou alcalinidade) da dieta no pré-parto (DEL CLARO et al., 2002; PEHRSON et al., 1999; VAGNON; OETZEL, 1998). Quando os níveis de ânions (Cl e S) estão altos, previne-se a febre do leite, já quando os cátions (Na e K) é que estão elevados, há

uma tendência a indução de febre do leite. Esse conceito tem sido conhecido como diferença catiônica-aniônica dietética (DCAD). Segundo Horst et al. (1997), a adição de ânions a uma dieta pré-parto induz uma acidose metabólica que facilita a absorção intestinal e a reabsorção óssea de cálcio. Esse processo fisiológico é controlado pelo PTH, que tem sua resposta desfavorecida em situações de alcalose metabólica por afetar o metabolismo dos receptores de PTH dos tecidos (MCDOWELL, 2001).

O aumento na capacidade dos tecidos em responderem ao estímulo do PTH é o principal efeito das dietas acidogênicas. A dieta com baixa DCAD resulta em absorção de ânions fortes (Cl^-) em troca de bicarbonato (HCO_3^-) que reduz a concentração de H^+ , reduzindo o pH sanguíneo, alterando a conformação do receptor do PTH. O aumento da afinidade pelo receptor estimula os osteoclastos a mobilizar sais de cálcio dos ossos que ajuda a tamponar o sangue (SANTOS, 2006)

Horst et al. (1997) cita que sais aniônicos não são palatáveis e, se adicionados em grandes quantidades, podem reduzir a IMS. Portanto, a adição desses sais deve ser a mínima possível para não agravar essa queda no consumo durante as últimas semanas pré-parto.

Para formular dietas com sais aniônicos, precisa-se escolher alimentos que possuem baixos níveis de sódio e potássio. A análise da composição mineral de todos os ingredientes da dieta faz-se necessária, pois valores de tabela não são confiáveis, visto que os minerais são altamente variáveis (SANTOS; SANTOS, 1998). McDowell (2001) ressalta que ao avaliar a DCAD, a concentração dos minerais das plantas forrageiras deve ser previamente analisada, pois variam dependendo da espécie e das características do solo. Este autor destaca que a maioria das leguminosas forrageiras possuem altos níveis de potássio que proporciona dietas alcalinas. O uso de ingredientes ricos em sódio (bicarbonato de sódio) é contra-indicado, pois tornará a dieta alcalina, que se torna um erro durante a utilização da DCAD.

Os principais sais aniônicos utilizados na formulação de dietas DCAD são os sulfatos e cloretos de cálcio, amônio e magnésio (BEEDE, 1992).

Após um a dois dias da inclusão da dieta, haverá diminuição do pH urinário que deve ser mensurado. De acordo com Goff (2009), o pH da urina deve estar entre 6.2 e 6.8, para vacas Holandesas, e entre 5.8 e 6.3 para vacas Jersey. Valores menores que 5.8 indicam consumo acima do previsto. Del Claro et al. (2002) relataram em seus estudos que a DCAD deve ser de -100 a -200 meq/kg de MS para prevenir a febre do leite com eficiência.

Para calcular a DCAD, deve-se considerar como cátions o sódio e o potássio e os ânions o cloro e o enxofre, sendo $\text{DCAD} = [(\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{S}^{2-})]$ (PEDREIRA; BERCHIELLI, 2006).

3 CONCLUSÃO

O manejo nutricional da vaca leiteira durante o período de transição é essencial para um bom aproveitamento desse período que será decisivo para as futuras lactações. Além da nutrição, o manejo em geral deve ser levado em conta, como o conforto, as instalações, o manejo de lotes e o bem-estar animal.

A alimentação do rebanho é o item mais representativo no custo de produção de leite e, portanto deve ter viabilidade. O balanceamento adequado, assim como a estimativa do desempenho a partir das dietas balanceadas, requer o conhecimento sobre as exigências em cada etapa do ciclo de produção da vaca leiteira.

O conhecimento acerca da nutrição de ruminantes tem evoluído consideravelmente, mas ainda há muito a se descobrir. Investimentos em pesquisas, principalmente com animais em pastejo, se torna importante para a realidade no Brasil.

As medidas de prevenção devem sempre estar acima das curativas para tornar o sistema rentável e, também, para produzir produtos de qualidade. As doenças são multifatoriais e é necessário o conhecimento prévio das mesmas, dos seus sinais clínicos e dos seus fatores pré-disponíveis, para que a atuação com métodos preventivos seja efetiva.

4 REFERÊNCIAS

Agricultural Research Council, **The nutrient requirements of farm livestock**, n. 2. Ruminants, London, 1965

ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 83, n. 7, p. 1598-1630, Jul. 2000.

ALLEN, M. S. Fiber requirements for dairy cattle. How low can you go ? In : **California Nutrition Conference**. Davis, CA. p. 12-18, 1996

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS. Official Publication 1997. **Association of American feed control officials**. 1997. P. 185.

ATKINS, K. B.; ERDMAN, R. A.; VANDERSALL J. H. Dietary Choline effects on milk yield and duodenal choline flow in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 71, p. 109-116, 1988.

BEEDE, D. K. The DCAD concept: transition rations for pregnant cows. **Feedstuffs**, n. 26, p. 12-19, 1992

BESONG, S. et al., D. Effects of supplemental chromium picolinate on liver triglycerides, blood metabolites, milk yield and milk composition in early lactation cows. **Journal of Dairy Science**. Lancaster, v. 19, p. 197, 1996

BITENCOURT, L. L., et al. Response of lactating cows to the supplementation with live yeast. **Journal of Dairy Science**, Lancater, v. 91, p. 264, 2008

BLOCK, E. Manipulating dietary anions and cations for parturient dairy cows to reduce incidence of milk fever, **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 67, p. 2939, Dec. 1984

BOHN, J. A. ; BEMILLER, J. N. (1-3)- β -D-glucans as biological response modifiers : A review of structure-functional activity relationships, **Carbohydrate Polymers**, v. 28, p. 3-14, 1995.

BORBA, L. R. O. Níveis crescentes de gordura na dieta de vacas leiteiras de alta produção. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 1, p. 87-92, 2006.

BUTLER W. R., et al., The relationships between energy balance, milk production and ovulation in postpartum Holstein cows, **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 53, p. 742, 1981

BUTLER, W. R. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. **Livestock Production Science**, v. 83, p. 211-218, 2003

BUTLER, W. R. Review: Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 81, p. 2533-2539, 1998

CANFIELD, R. W. et al. Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 73, p. 2342-2349, Sept. 1990

CAO, J. et al. Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic zinc sources for poultry and ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, n. 8, p. 2039-2054, Aug. 2000

CARDOSO F. C. et al. Prepartum nutritional strategy affects reproductive performance in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 96, p. 5859-5871, Jun. 2013.

CARSON, V. M. et al. Interactions of prepartum and postpartum feeding of rumen inert amino acids on lactational performance in Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 81, p. 295, 1998

CARVALHO, F. A. N.; BARBOSA, F. A.; MCDOWELL, L. R. **Nutrição de Bovinos a Pasto**. 2. ed. Belo Horizonte: Papelform, 2005. 425 p

CHAPINAL, N. et al. Herd-level associations of serum metabolites in the transition period with disease, milk production, and early lactation reproductive performance. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 95, p. 5676–5682, 2012

CHAUCHEYRAS, F. et al. Effects of a strain of *Saccharomyces cerevisiae* (Levucell SC), a microbial additive for ruminants on lactate metabolism *in vitro*. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 42, p. 927-933, 1996.

CHAUCHEYRAS-DURAND, F; WALKER, N. D.; BACH, A. Effects of active dry yeasts on the rumen microbial ecosystem: past, present and future. **Animal Feed Science and Technology**, v. 145, p. 5-26, 2008

CHESSON A.; FORSBERG, C. W. Polysaccharide degradation by rumen microorganisms. In: HOBSON, P. N. **The rumen microbial system**. New York: Elsevier Applied Science, 1988, p. 251-284

CONTRERAS, G. A.; SORDILLO, L. M. Lipid mobilization and inflammatory responses during the transition period of dairy cows. **Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases**, v. 34, p. 281–289, 2011

CUNHA FILHO, L. F. C. et al. Avaliação da produção de leite e contagem de células somáticas em bovinos leiteiros suplementados com *Saccharomyces cerevisiae* como fonte de zinco orgânico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 4, p. 685-694, 2007

CZOP, J. K. The role of β -glucan receptors on blood and tissue leukocytes in phagocytosis and metabolic-activation. **Pathology and Immunopathology Research**. v. 5, p. 286-296, 1986.

DANN, H. M., et al. Effects of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on prepartum intake and postpartum intake and milk production of Jersey cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 83, p. 123-127, 2000

DANN, H. M. et al. Diets during far-off and close-up dry periods affect periparturient metabolism and lactation in multiparous cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 89, p. 3563-3577, 2006

DANN, H. M.; NELSON, B. H. Early lactation diets for dairy cattle – focus on starch. In: **Department of Animal Science at the New York State College of Agriculture and Life Sciences**. Cornell University, p. 46, 2011

DAWSON, K. Not just bread and beer: new applications for yeast and yeast products in human health In: LYONS, T. P. and JACQUES, K. A. (ed.). Proceedings of the **18TH Annual Symposium. Alltech Biotechnology**: Nottingham University Press, Nottingham, UK, p. 225-232, 2002

DEL CLARO, G. R. et al., Influência da dieta aniônica no balanço macromineral em novilhos holandeses, **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 54, p. 283, 2002

DENNIS, R. J.; HEMKEN, R. W.; JACOBSON, D. R. Effect of dietary potassium percent for lactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**. Lancaster, v. 59, p. 324-328, Feb. 1976

DEHORITY, B. A. Pectin-fermenting bacteria isolated from the bovine rumen. **Journal of Bacteriology**, v. 99, p. 189-196, 1969

DESNOYERS, M. et al. Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of Jersey cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 92, p. 1620-1632, 2009

DILUZIO, N. R. Immunopharmacology of glucan – a broad-spectrum enhancer of host defense mechanisms. **Trends in Pharmacological Sciences**, v. 4, p. 344-347, 1983

DIRKSEN, G. U. et al., Adaptative changes of the ruminal mucosa and their functional and clinical significance. **Bovine Practice**. v. 20, p. 116. 1985

DOMECQ J. J. et al., Relationship between body condition scores and milk yield in a large dairy herd of high yielding Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 80, p. 113, 1995

DONKIN, S. S. Glicerol from biodiesel production: the new corn for dairy cattle. **Brazilian Journal of Animal Science**, v. 37, p. 280-286, 2008

DOREAU, M.; CHILLIARD, Y. Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. **British Journal of Nutrition**, v. 78, p. 15-35, 1997.

DOUGLAS, G. N. et al. Prepartal plane of nutrition, regardless of dietary energy source, affects periparturient metabolism and dry matter intake in Holstein cows. **Journal of Dairy Science**. Lancaster, v. 89, n. 6, p. 2141-2157, 2006

DRACKLEY, J. K. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 82, p. 2259-2273, 1999

DRACKLEY J. K. et al. Adaptations of glucose and long-chain fatty acid metabolism in liver of dairy cows during the periparturient period. **Journal of Dairy Science**, Lancaster v. 84, p. 100-112, 2001.

DRACKLEY J. K. et al. Physiological and pathological adaptations in dairy cows that may increase susceptibility to periparturient diseases and disorders. **Italian Journal of Animal Science**, v. 4, p. 323-344, 2005

DRACKLEY, J. K.; DANN, H. M. A scientific approach to feeding dry cows. In **Recent Advances in Animal Nutrition**. Nottingham University Press, Nottingham, UK, 2007

DRACKLEY, J. K.; JANOVICK-GURETZY, N. A.; DANN, H. M. New approaches to feeding dry cows. In: **Tri-State Dairy Nutrition Conference**. Fort Wayne, Indiana, 2007

DRACKLEY, J. K.; CARDOSO, F. C. Parturition and postpartum nutritional management to optimize fertility in high-yielding dairy cows in confined TMR systems. **Animal**, v. 8, p. 5-14, 2014

DRACKLEY, J. K. et al. Visceral adipose tissue mass in nonlactating dairy cows fed diets differing in energy density. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 97, p. 3420-3430, Feb. 2014

DUFFIELD, T. A field study on the efficacy of the Rumensin® controlled release capsule (CRC) administered prepartum on the prevention of subclinical ketosis in lactating dairy cattle. In: **A Symposium Held**. Guelph, Ontario, p. 94, 1997

DUFFIELD, T. F. K. E.; et al. Effect of prepartum administration of monensin in a controlled-release capsule on milk production and milk components in early lactation. **Journal of Dairy Science**, Lancaster v. 82, p. 272-279, 1998

DUFFIELD, T. F.; RABIEE, A. R.; LEAN, I. J. A meta-analysis of the impact of monensin in lactating dairy cattle. Part 1. Metabolic effects. **Journal of Dairy Science**. Lancaster, v. 91, n 4, p 1334-1346, May. 2008.

ELLENBERGER, H.; NEWLANDER, J.; JONES, C. H. Calcium and phosphorus requirements of dairy cows: weekly balances through lactation and gestation periods. **Vermont Agricultural Experiment Station**. Bulletin, v. 10, p. 245-260, 1931

ERDMAN, R. A. Vitamins. **Large Dairy Herd Management**. American Dairy Science Association. Champaign, IL. p. 297, 1992.

ERDMAN, R. A.; HEMKEN, R. W.; BULL, L. S. Effects of dietary calcium and sodium on potassium requirement for lactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 63, p. 538-544, Apr. 1980

FARIA, V. P.; GHELFI FILHO, H. Manejo e alimentação de bovinos jovens em confinamento. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. **Bovinocultura leiteira: Fundamentos da exploração racional**, ed. 3, Piracicaba: FEALQ, p. 247-264, 2000

FAY, J. P. et al. Esterase activity of pure cultures of rumen bacteria as expressed by the hydrolysis of p-nitrophenylpalmitate. **Canadian Journal Microbial**, v. 17, n. 12, p. 36585, 1990

FERGUSON, J. D. et al., Managing body condition in dairy cows. **Proceedings Cornell Nutrition Conference for Feed Manufactures**. Syracuse, NY. p. 75, 1989

FORBES J. M. Interrelationships between physical and metabolic control of voluntary food intake in fattening, pregnant, and lactating mature sheep. **Animal Production**, v. 24, p. 91-101, 1997

FRENCH P. D. et al., Dry matter intake prediction equation for nonlactating Jersey cows in late gestation and breed dry matter intake differences in late gestation. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, suppl 1, p.44, , 2002

FRIGGENS N. C. et al. Priming the dairy cow for lactation: a review of dry cow feeding strategies. **Animal Research**, v. 53, p. 453-473, 2004

GARNSWORTHY, P. C. et al., The effect of body condition of dairy cows at calving on their food intake and performance when given complete diets. **Animal Production**, v. 35, p. 113-119, 1982

GOFF, J. P. Phosphorus deficiency. **Current Veterinary Therapy 4: Food Animal Practice**. Philadelphia: W. B. Saunders, 1998, p. 218-220

GOFF, J. P.; HORST, R. L. Oral administration of calcium salts for treatment of hypocalcemia in cattle, **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 76, p. 101, 1993

GOFF, J. P.; HORST, R. L. Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 80, p. 1260-1268, 1997

GOFF, J. P. Transition cow immune function and interaction with metabolic disease. In: **Tri-State Dairy Nutrition Conference**, Fort Wayne, Indiana, Apr. 2008

GOFF, J. P. Como controlar a febre do leite e outras desordens metabólicas relacionadas a macrominerais em vacas de leite. In: **Curso Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos**, Uberlândia, MG, p. 267-284, 2009

GONZÁLEZ, F. H. D; SILVA, S. C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. Porto Alegre, UFRGS, 2 ed. 2006.

GRAUGNARD D. E. et al. Blood immunometabolic indices and polymorphonuclear leukocyte function in peripartum dairy cows are altered by level of dietary energy prepartum. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 95, p. 1749-1758, 2012.

GRUMMER, R. R. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 76, p. 3882-3896, 1993

GRUMMER, R. R. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. **Journal of Dairy Science**. Lancaster, v. 73, p. 2820–2833, Sept. 1995.

- GRUMMER, R. R.; MASHEK, D. G.; HAYIRLI, A. Dry matter intake and energy balance in the transition period. **Veterinary Clinics Food Animal Practice**, v. 20, p. 447-470, 2004
- HALL, M. B. Pectin: the structural non structural carbohydrate. **Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers**, p. 28-36, 1994
- HANSARD, S.; CROWLER, H.; LYKE, W. A. The biological availability of calcium in feeds for cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 16, p. 437-443, 1957
- HIBBS, J. W.; CONRAD, H. R. The relationship of calcium and phosphorus intake and digestion and the effects of vitamin D feeding on the utilization of calcium and phosphorus by lactating dairy cows. **Research Bulletin**, Ohio State University Wooster, Ohio, 1983
- HIGGINS, J.J. et al. An oral gel of calcium propionate plus propylene glycol is effective in elevating calcium and glucose levels in periparturient dairy cows. **Journal of Dairy Science**. Lancaster, v. 79, p.130, 1996
- HOGAN, J. S.; WEISS, W. P.; SMITH, K. L. Role of vitamin E and selenium in host defense against mastitis. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 76, p. 2795, 1993
- HOLDEN et al. Effect of corn silage supplementation on intake and milk production in cows grazing grass pasture. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 78, p. 154-160, Jan. 1995
- HOOVER, W. H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 69, p. 2755, 1986
- HORST R. L. Strategies for preventing milk fever in dairy cattle, **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 80, p. 1269, 1997
- HOUDIJK, J. G. H.; JESSOP, N. S.; KYRUZAKIS, I. Nutrient partitioning between reproductive and immune functions in animals. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 60, p. 515-525, 2001
- HOUSE, W. A.; BELL, A. W. Mineral accretion in the fetus and adnexa during late gestation in Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 76, p. 2999-3010, Oct. 1993
- HUNGATE, R. E. **The rumen and its microbes**. Academic Press, New York. 1966. p. 533
- HURLEY, W. L.; DOANE, R. M. Recent developments in the roles of vitamins and minerals in reproduction, **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 76, p. 1405, 1989
- HUTJENS, M. **Feeding Guide**. 3rd ed. Fort Atkinson WI: Hoard's Dairyman, 2008. 87 p.
- HUTJENS, M. **Feed additives**. Food Animal Practice, v. 7, p. 525, 1991
- INGVARTSEN, K. L.; MOYES, K. Nutrition, immune function and health of dairy cattle. **Animal**, v. 7, p. 112-122, 2013

ISHLER V. A. et al., **From feed to milk: Understanding rumen function**. Pennsylvania State University, College of Agricultural Sciences v. 422, p. 27, 1997

JENKINS, T. C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 76, p. 3851-3863, 1993.

JI P. et al. Overfeeding a moderate energy diet prepartum does not impair bovine subcutaneous adipose tissue insulin transduction and induces marked changes in peripartal gene network expression. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 95, p. 4333-4351, 2012

KEHRLI, M. E. JR.; NONNECKE, B. J.; ROTH, J. A. Alterations in bovine lymphocyte function during the periparturient period. **American Journal of Veterinary Research**, Schaumburg, v. 50, p. 215-220, 1989.

KIM, I. H.; SUH, G. H. Effect of the amount of body condition loss from the dry to near calving periods on the subsequent body condition change, occurrence of postpartum diseases, metabolic parameters and reproductive performance in Holstein dairy cows. **Theriogenology**, v. 60, p. 1445–1456, 2003

KIMURA, K.; GOFF, J.P.; KEHRLI, M. E. Jr. Effects of the presence of the mammary gland on expression of neutrophil adhesion molecules and myeloperoxidase activity in periparturient dairy cows. **Journal of Dairy Science**. Lancaster, v. 82, p. 2385-2392, 1999

KIMURA, K.; REINHARDT T. A.; GOFF, J. P. Parturition and hypocalcemia blunts calcium signals in immune cells of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. Lancaster, v. 89, p. 2588-2595, 2006

KOZLOSKI G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria : Editora UFSM, 139p., 2002

KRONFELD, D. S. et al. Metabolic effects of feeding protected tallow to dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 63, n. 4, p. 545-552, 1980

LAPIERRE, H. et al. What is the true supply of amino acids for dairy cow ? **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 89, e1-e14, 2006

LEE J. et al., Trace-element and vitamin nutrition of grazing sheep. **Sheep Nutrition**, p. 285-311, 2002

LIPKE,P. N.; OVALLE, R. Cell wall architecture in yeast: new structure and new challenges. **Journal of Bacteriology**, v. 180, p. 3735-3740, 1998.

LUCY, M. C. Mechanisms linking nutrition and reproduction in post-partum cows, **Reproduction**, Cambridge, v. 63, p. 415, 2003

MAENG, W. et al. The role of carbohydrate supplementation in microbial protein synthesis in the rumen. In: Rumen microbes and digestive physiology in ruminants, **Japan Science Society**, Tokyo, p. 107-119, 1997

MARQUARDT J. P. et al. Effect of parity on dry matter intake at parturition in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 60, p. 929-934, 1977.

MARTIN, S. A.; NISBET, D. Effect of direct-fed microbials on rumen microbial fermentation. **Journal of Dairy Science**. Lancaster, v.75, n.7, p.1736- 1744, 1992

MARTINEZ et al. Evaluation of peripartal calcium status, energetic profile and neutrophil function in dairy cows at low or high risk of developing uterine disease. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 95, p. 7158-7172, Sept. 2012

MATHISON G. W., Effects of processing on the utilization of grain by cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v. 58, p. 113, 1996

MAYES, P. A. Structure and function of the water-soluble vitamins. **Harper's Biochemistry**. 23th Ed., p. 573, 1993

MCCORMICK, M. E. et al. Crude protein and rumen undegradable protein effects on reproduction and lactation performance of Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 82, p. 2697-2708, 1999

MCDONALD, P. et al. **Animal Nutrition**, 7th ed. England: Pearson Education Limited, 2011. 692 p.

MCDOWELL L. R. **Minerals in Animal and Human Nutrition**. Academic Press, San Diego, CA, 1992, 524 p.

MCDOWELL L. R., **Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais enfatizando o Brasil**. Gainesville : University of Florida, p. 93, 1999

MCDOWELL, L. R. **Minerals in animal and human nutrition**. 2th ed. Netherlands: Elsevier Science, 2003. 644 p.

MCDOWELL, L. R. Recent advances in minerals and vitamins on nutrition of lactation cows. **Simpósio Internacional em Bovinocultura de Leite**, Lavras, UFLA-FAEPE, p. 51-76, 2001

MCDOWELL, L. R. Vitamins in Animal Nutrition: comparative aspects to human nutrition. **Academic Press**, San Diego, CA, 1989, p. 486

MCNAMARA, S. et al. Effect of offering rumen protected fat supplements on fertility performance in spring-calving Holstein-Friesian cows. **Animal Reproduction Science**, v. 79, p. 45-56, 2003

MEDEIROS, S.R.; Uso de lipídios na dieta de ruminantes. Informe Técnico, **Macal Nutrição Animal**, Campo Grande, 2007.

MERTENS D. Nonstructural and structural carbohydrates. **Large Dairy Herd Management**. American Dairy Science Association, Champaign, p. 219-235, 1992

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster v. 80, p. 1463, 1997.

- MERTENS, D. R. Physically effective NDF and its use in dairy explored. **Feedstuffs**, v. 10, p. 11, 2000.
- MERTENS, D. R. Physical effective NDF and its use in formulating dairy rations. In : **Simpósio Internacional em Bovinos de Leite**. Lavras : UFLA-FAEPE, p. 25-36, 2001
- MILLER J. K. et al., Elementos vestigiales. **Fisiología digestiva y nutrición de los ruminantes**. Zaragoza: Acribia, p. 391-457, 1993
- MILNE, J.S.; WHITELAW, F.G.; PRICE, J. et al. The effect of supplementary nickel on urea metabolism in sheep given a low protein diet. **Animal Production**, v.50, p.507-512, 1990
- MINSON, D. J. Forage in ruminant nutrition. **Academic Press**, California, USA, p. 483, 1990.
- MORAIS, J. A S.; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A. Aditivos. In: **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal SP: Funep, 2006. 616 p.
- MURRAY, R. K. et al. **Harper's illustrated biochemistry**. 26th ed. New York: McGraw Hill, 2003, 693 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7th ed. Washington: National Academy Press, 1996, 242 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington : National Academy Press, 2001, 333p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. 6th Ed. Washington: National Academy Press, 1989
- NEWTON, G. L. et al. Effects of high dietary potassium intake on the metabolism of magnesium by sheep. **Journal of Animal Science**, Lancaster, v. 35, p.440-445, Aug. 1972
- NICODEMO M. L. F.; LAURA, V. A. **Elementos minerais em forrageiras: formas químicas, distribuição e biodisponibilidade**. Campo Grande: Embrapa/CNPGC, Documento Técnico, n. 115, p. 39, 2001
- NISBET, D. J.; MARTIN, S. A. Effect of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on lactate utilization by the ruminal bacterium *Selenomonas ruminatium*. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 4628-4633, 1991.
- NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; LIMA, M. L. M. Metabolismo de carboidratos estruturais. **In: Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal SP: Funep, 2006. 616 p.
- OBA, M. Review: Effects of feeding sugars on productivity of lactating dairy cows **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, p. 37-46, 2001
- OETZEL, G. R. Challenges to fulfill the requirements of dairy cows in transition. In: **A Symposium Held**, Guelph, Ontario, p. 1-12, 1997

- OSPINA, P. A. et al. Association between the proportion of sampled transition cows with increased nonesterified fatty acids and β -hydroxybutyrate and disease incidence, pregnancy rate, and milk production at the herd level. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 93, p. 3595–3601, 2010
- OVERTON, T. R.; EMMERT L. S.; CLARK, J. H. Effects of source of carbohydrate and protein and rumen-protected methionine on performance of cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 81, n. 1, p. 221-228, 1998
- PALMQUIST, D. L.; MATTOS, W. R. S. Metabolismo de lipídeos. In: **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006, p. 287-310
- PARK A. F. et al. Changes in rumen capacity during the periparturient period in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 84, p.82, 2001.
- PEDREIRA, M. S.; BERCHIELLI, T. T. Minerais. In: **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal SP: Funep, 2006. 616 p.
- PEHRSON, G. et al., The influence of acidic diets on acid-base balance of dry cows and the effect of fertilization on the mineral content of grass, **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 82, p. 1310, 1999
- PIRES, A. V.; RIBEIRO, C. V. M.; MENDES, C. Q. Aspectos nutricionais relacionados à reprodução In: **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal SP: Funep, 2006. 616 p
- PULLEN, D.L., PALMQUIST, D.L., EMERY, R.S. Effect on days of lactation and methionine hydroxy analog on incorporation of plasma fatty acids into plasma triglycerides. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 72, p. 49-58, 1989
- RADOSTITS, O. M.; DONE, S. H. **Veterinary medicine: textbook of the disease of cattle, horses, sheep, pigs, goats**. 10th ed., Elsevier Saunders, New York, 2156 p., 2007
- RAMBERG, C. F. Jr. Kinetic analysis of calcium metabolism in the cow. **Federation Proceedings**. v. 33, p. 183-187, 1974
- REYNOLDS, C. K. et al. 2003. Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation. **Journal of Dairy Science**. Lancaster. v. 86, p. 961-971, 2003
- ROCHE, J. R. et al. Nutritional management of the transition cow in the 21st century – a paradigm shift in thinking. **Animal Production Science**, v. 53, p. 1000-1023, 2013
- RULQUIN, H.; DELABY, L. Effects of the energy balance of dairy cows on lactational responses to rumen-protected methionine. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 80, n. 10, p. 2513-2522, 1997
- RUSSELL, J. B. **Rumen microbiology and its role in ruminant nutrition**. 1st Ed. Ithaca, New York, 2002, p. 119

SANTOS, F. A. P.; PEDROSO, A. M. Metabolismo de proteínas. **In: Nutrição de ruminantes**: 2. ed. Jaboticabal SP: Funep, 2006. 616 p.

SANTOS, J. E. P. Distúrbios Metabólicos. **In: Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal SP: Funep, 2006. 616 p.

SANTOS, J. E. P. **Effect of degree of fatness prepartum on lactation performance and ovarian activity of early postpartum dairy cows**. 1996, 120f. Tese (PhD) Department of Animal Sciences, University of Arizona, Tucson, AZ

SANTOS, J. E. P.; SANTOS, F. A. P. **Novas estratégias no manejo e alimentação de vacas pré-parto**. X Simpósio de Produção Animal, Piracicaba, USP, SP, p.165-214, 1998.

SATTER, L. D. Protein supply from undegraded dietary protein. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 69, p. 2734-2749, Oct. 1986

SCALETTI, R. W. et al. Role of dietary copper in enhancing resistance to *Escherichia coli* mastitis. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 86, p. 1240-1249, 2003

SCHWAB, C. G. et al. Amino acid limitation and flow to the duodenum at four stages of lactation. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 75, p. 3486-3502, Dec. 1992

SCHWAB, C. G. Protected proteins and amino acids for ruminants. **In: Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding**. Germany, p.115-141, 1995

SHARMA, B. K.; ERDMAN, R. A. Effects of dietary and abomasally infused choline on milk production responses of lactating dairy cows. **Journal of Nutrition**, v. 119, p. 248-254, 1989

SUTTON, J. D. et al. Rates of production of acetate, propionate and butyrate in the rumen of lactating dairy cows given normal and low-roughage diets. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 86, p. 3620-3633, 2003

THATCHER, W. W. et al. Efeitos biológicos dos lipídeos em parâmetros reprodutivos de vacas leiteiras em lactação. **In: Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos**, Uberlândia, UNESP-BOTUCATU, p. 115-132, 2004.

TORRE, P. M. *et al.* Mild dietary copper insufficiency depresses blood neutrophil function in dairy cattle. **Journal of Nutritional Immunology**, v. 4, p. 3-24, 1996

TREACHER R.J. et al. Effect of body condition at calving on the health and performance of dairy cows. **Animal Production** v. 43, p. 1-6, 1986

UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, N. **The mineral nutrition of livestock**. 3rd ed. Wallingford Oxon: CABI Publishing, 1999, 624 p.

VAGNON D. G.; OETZEL G. R. Effects of dietary cation-anion difference on acid-base balance of dry cows, **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 81, p. 1643, 1998

- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nd Ed. Ithaca : Cornell University Press, p.476. 1994
- VANSAUN, R. J.; IDLEMAN, S. C.; SNIFFEN, C. J. Effect of undegradable protein amount fed prepartum on postpartum production in first lactation Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 76, p. 236-244, 1993
- VANSUAN, R. J.; IDLEMAN, S. C.; SNIFFEN, C. J. Effect of undegradable protein amount fed prepartum on postpartum production in first lactation Holstein cows. **Journal of Dairy Science**. Lancaster, v. 76, p. 236-244, Jan. 1993
- VARGA, G. A. Fiber in the ration : How effective should be ? In : **Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers**, Ithaca, NY : Cornell University, p. 117, 1997
- VARGA, G. A.; KONONOFF, P. Dairy rationing using structural and nonstructural carbohydrates: from theory to practice. In: **Southwest Nutrition and Management Conference**, Arizona, University of Arizona, p. 77-90, 1999
- VAZQUEZ-ANON, M. et al. Changes in adipose tissue responsiveness to insulin and estradiol-17 beta in periparturient dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. Lancaster v. 79, p. 168, 1996
- VILELA, D. et al. Utilização da gordura protegida durante o terço inicial da lactação de vacas leiteiras em pastagem de coast-cross. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1503-1509, out. 2002
- WALLACE, R. J. Ruminal microbial metabolism of peptides and amino acids. **Journal of Nutrition**, v. 126, p. 1326-1334, 1996
- WALLACE, R. J. Ruminal microbiology, biotechnology, and ruminant nutrition: progress and problems. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 11, p. 2992-3003, 1994
- WALLACE, R. J.; NEWBOLD, C. J. **Microbial feed additives for ruminants**. 2nd Ed. London: Chapman and Hall, p. 101–125, 1992.
- WALLACE, R.J., NEWBOLD, C.J. Microbial feed additives for ruminants. in:R. Fuller, P.J. Heidt, V. Rusch, D. Van Der Waaij **Probiotics: Prospects of Use in Opportunistic Infections**. Institute for Microbiology and Biochemistry, Herborn-Dill, Alemanha; p.101–125, 1995
- WAN, C.; LI, Y. Fungal pretreatment of lignocellulosic biomass. **Biotechnology Advances**, Elsevier, v. 30, p. 1447-1457, 2012.
- WANG, T. L.; BROGACHEVA, T. Y.; HEDLEY, C. L. Starch: as simple as A, B, C? **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 49, p. 481-502, 1998
- WEISS, W.P.; HOGAN, J.S.; SMITH, K.L. et al. Relationship among selenium, vitamin E and mammary gland health in commercial dairy herds. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.73, p.381-390, 1990

WEISS, W. P.; HOGAN, J. S.; SMITH, K. L. Micronutrients and udder health. In: **Southwest Nutrition and Management Conference**. Departament Animal Science, University of Arizona. Tucson, AZ. p. 85, 1995

WEISS, W. P. Requeriments of fat-soluble vitamins for dairy cows: A review. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 81, p. 2493-2501, 1998

WEISS, W. P.; SPEARS, J. W. Vitamin and trace mineral effects on immune function of ruminants. In: **Ruminant Phisiology**, Wageningen Academic Publishers, Utrecht, The Netherlands, p. 473-496, 2006.

WIEDMEIER, R.; ARAMBEL, M. J.; WALTERS, J. L. Effects of yeast culture and *Aspergillus oryzae* fermentation extracts on ruminal characteristics and nutrient digestibility. **Journal of Dairy Science**. Lancaster, v. 70, n.10, p. 2063-2068,1987.

WILLIAMS, P. E. V. et al., Effects of the inclusion of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae* plus growth medium) in the diet of dairy cows on milk yield and forage degradation and fermentation patterns in the rumen of steers, **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 3016, 1991

YUAN, K. et al. Yeast product supplementation modulated feeding behavior and metabolism in transition dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 98, n. 1, p. 532–540, 2015.

ZEOULA, L. M.; GERON, L. J. V. Vitaminas. In: **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal SP: Funep, 2006. 616 p.