

Suplementação lipídica para vacas leiteiras

Susana Ester López¹ e Jorge López²

Resumo - A deficiência de energia nas dietas de vacas leiteiras no terço inicial da lactação resulta em declínio da produção e perda de peso. Para aumentar a densidade energética sem causar transtornos ao animal, atenção tem sido direcionada à suplementação lipídica e alimentos com altas concentrações de lipídeos. Várias fontes de lipídeos podem ser utilizadas como o sebo animal, as sementes de oleaginosas e a gordura protegida. O objetivo desta revisão foi estudar os efeitos da utilização de dietas com suplementação de diferentes fontes de gordura na lactação de vacas em produção.

Palavras-chave: gordura protegida, grãos de soja, sebo, vacas em lactação.

Fat supplementation for milking cows

Abstract - Energy deficiency in diets of milking cows at the first third of lactation will result in a decrease in production and weight. In order to increase the energetic density of the diet without raising troubles to the animal, attention has been directed to fat supplementation and feeds with high levels of ether extract. Several sources of fats may be utilized such as tallow, oleaginous seeds and the “by pass” fat. The objective of this review was to check the effects of utilizing diets supplemented with different sources of fats during lactation of milking cows.

Key words: “by pass” fat, milking cows, soybean grains, tallow.

¹ Engenheira Agrônoma, Dr., e-mail: slopezrs@yahoo.com.br

² Engenheiro Agrônomo, Ph.D., professor do Departamento de Zootecnia da UFRGS, Bolsista do CNPq.
Recebido para publicação em 03/01/2005.

Introdução

Em anos mais recentes nutricionistas têm procurado formular dietas que supram as exigências energéticas de vacas leiteiras no início da lactação. Isto porque há uma preocupação constante em evitar que no início da lactação ocorra um déficit energético, pois neste período o animal não consegue consumir a quantidade necessária de energia para suprir suas exigências de manutenção, produção e, muitas vezes para o crescimento. O pico de produção de leite está em torno dos 30 a 45 dias de lactação, enquanto o pico de consumo de matéria seca (MS) ocorre entre 70 a 100 dias pós-parto (NRC, 1989). Assim, nesse período, o animal mobiliza de suas reservas corporais uma parte dos nutrientes necessários à síntese do leite, podendo ocorrer desordens metabólicas, como acetonemia e fígado gorduroso e ainda problemas reprodutivos, quando a perda corporal for excessiva.

Se os volumosos são de baixa qualidade, o uso excessivo de concentrados provoca redução no consumo do volumoso, acarretando diminuição no pH ruminal, modificação na microbiota do rúmen levando, conseqüentemente, a alterações metabólicas, como acidose, além de redução na digestibilidade da fibra e no teor de gordura no leite (PALMQUIST, 1993). Portanto, nas primeiras semanas pós-parto ocorrem desafios nutricionais especialmente na vaca de alta produção de leite, os quais demandam estratégias alimentares. Neste sentido, a gordura dietética tem sido comumente oferecida a vacas leiteiras no sentido de minimizar o balanço energético negativo, desordens metabólicas, melhorar o desempenho na lactação, além de recuperar a condição corporal (NRC, 1989).

Na utilização de gorduras, várias fontes vêm sendo utilizadas, o sebo animal, as sementes de oleaginosas tais como o algodão, o girassol e a soja e, mais recentemente, a gordura protegida.

O objetivo desta revisão foi estudar os efeitos da utilização de dietas com suplementação de diferentes fontes de gordura na lactação de vacas de alta produção.

Revisão bibliográfica

A – Aspectos nutricionais da vaca de alta produção de leite

A vaca de leite é uma das maquinarias metabólicas mais eficientes existentes na natureza que consegue transformar os nutrientes contidos em alimentos de baixo valor nutritivo em leite, um produto de elevado valor nutricional para humanos. A eficiência do processo de transformação de alimentos em leite é determinada por fatores relacionados com o animal (potencial genético, estágio de lactação e condição corporal) e com a dieta por ele consumida (qualidade e quantidade do volumoso e suplemento consumidos). Destes fatores aqueles relacionados com a dieta consumida pelo animal são os que

apresentam maiores possibilidades de serem manipulados visando a obtenção de resultados produtivos no curto prazo (OSPINA et al., 2000).

Animais de maior potencial produtivo, além de precisar consumir uma maior quantidade de alimento, precisam de dietas com maior concentração de nutrientes, principalmente, de energia (OSPINA et al., 2000). Desse modo, vacas de alta produção (acima de 10 000 L) vem demandando a suplementação com alimentos energéticos, e os níveis antes comuns de, apenas, 3 a 4 % de gordura na MS vem sendo dobrados com o uso controlado de gordura vegetal e/ou animal e de produtos especiais, como a chamada gordura inerte no rúmen, ou “by pass” (sabões de cálcio) (MÜHLBACH et al., 2000).

B - Metabolismo dos lipídeos nos ruminantes

Os lipídeos ou gorduras são compostos orgânicos insolúveis em água, mas solúveis em solventes orgânicos e que desempenham importantes funções bioquímicas e fisiológicas nos tecidos animais e vegetais (CHURCH e POND, 1977).

As funções dos lipídeos consistem na formação de depósitos de reserva de energia e no fornecimento desta para uma manutenção e produção normais, fonte de ácidos graxos essenciais e como carreadoras de vitaminas lipossolúveis (CHURCH e POND, 1988). As gorduras por conter 2,25 vezes mais energia por unidade de peso em relação aos carboidratos e proteínas (valores dos combustíveis fisiológicos estabelecidos por Atwater, conforme DAVIS, 1993), são mais energéticas.

Os mais importantes constituintes dos lipídeos na nutrição animal incluem ácidos graxos; glicerol; mono-, di- e triglicerídeos (ésteres de glicerol ou glicerina e ácidos graxos) e fosfolipídeos (CHURCH e POND, 1988).

A composição de lipídeos das forrageiras é muito variável incluindo lipídeos simples, fosfolipídeos, galactolipídeos e pigmentos. A percentagem de ácidos graxos das forrageiras verdes pode alcançar em torno de 3% da MS, observando-se valores mínimos (0,5% da MS) no espigamento e durante o verão pleno. As silagens obtidas destas plantas apresentam valores similares aos materiais frescos. Os grãos oleaginosos (colza, soja, girassol) são ricos em lipídeos (20-40% da MS), com elevado conteúdo de triglicerídeos (99%). O conteúdo de lipídeos nos grãos de cereais varia entre 2,1% (trigo) a 7,1% (aveia) (GAGLIOSTRO e CHILLIARD, 1992).

As gorduras corporais de animais ruminantes são duras e firmes, em relação às de não ruminantes. Nestes, a dieta pode alterar profundamente a característica da gordura corporal, mas nos ruminantes, independentemente da alimentação, predominará em suas carcaças o ácido esteárico; isto porque o rúmen tem grande capacidade de hidrogenar as gorduras presentes. Por sua vez, a gordura do leite é totalmente diferente daquela dos depósitos de reserva do corpo; lipídeos de cadeias curtas estão presentes na manteiga e ausentes nas carcaças (LUCCI, 1997).

Ao contrário do que ocorre com os não ruminantes, os isômeros trans e cis de ácidos graxos insaturados estão presentes na gordura de depósito dos ruminantes, apresentando cadeia com número ímpar de átomos de carbono e ramificada de ácidos graxos, todos refletindo a síntese microbiana e modificação no rúmen.

O primeiro processo que ocorre quando a gordura da dieta chega ao rúmen-retículo é a hidrólise pelas lipases, galactosidases e fosfolipases microbianas liberando ácidos graxos livres e glicerol. O glicerol é fermentado rapidamente, produzindo ácido propiônico como principal produto final (JENKINS, 1993). Nem todas as bactérias tem atividade lipolítica, enquanto os protozoários não têm essa atividade (BYERS e SCHELLING, 1988). Os ácidos graxos insaturados são hidrogenados e metabolizados por certas cepas de bactérias e, embora, permaneçam algumas duplas ligações, as suas posições são alteradas na cadeia de átomos de carbono, sendo distribuídas ao longo desta cadeia. Estes ácidos geralmente são convertidos para a forma mais estável trans, que é mais difícil de ser hidrogenada que a posição cis e daí ocorrer um acúmulo dos primeiros no rúmen. Como os ácidos graxos insaturados trans têm maior ponto de fusão e são transportados e absorvidos pelo animal nesta forma, eles contribuem decisivamente para a gordura do ruminante ter ponto de fusão mais elevado (VAN SOEST, 1994; LUCCI, 1997).

A síntese microbiana de ácidos graxos de cadeia ramificada e com número ímpar de átomos de carbono também ocorre no rúmen e estes estão presentes nos lipídeos da carcaça e do leite. Ácidos graxos de cadeia ramificada surgem a partir da substituição do acetato pelo isobutirato, isovalerato e 2-metil-butirato na síntese microbiana de ácidos graxos. Do mesmo modo, ácidos graxos de cadeia ímpar são derivados de compostos semelhantes a eles, ou seja, o propionato e valerato, como precursores da síntese de ácidos graxos (KENNELLY et al., 2000).

O ácido esteárico é o principal ácido graxo que alcança o intestino, refletindo a saturação ruminal dos ácidos oléico, linoléico e linolênico da dieta. Os ácidos graxos saturados chegando ao duodeno, tal como o C18:0, são sujeitos, em parte, a uma desaturação pela atividade da desaturase intestinal e pela desaturase mamária na glândula, antes de sua absorção. Como consequência, a relação C18:0 e C18:1 é menor no leite em relação à digesta intestinal, refletindo o mecanismo usado pelo ruminante para preservar a fluidez da gordura do leite. O jejuno é o principal local de absorção de ácidos graxos de cadeia longa, podendo esta também ocorrer no duodeno e íleo. Os ácidos graxos alcançando o intestino delgado interagem com os sais biliares e o suco pancreático formando micelas, que são absorvidas para dentro das células intestinais e, após, reesterificadas e transportadas via VLDL (lipoproteínas de muito baixa densidade) ou quilomícrons pelo sistema linfático. Ácidos graxos cuja cadeia contém até 14 átomos de carbono, podem ser absorvidos direta-

mente sem a necessidade de formar quilomícrons. Estes ácidos graxos são transportados para o fígado onde são oxidados (KENNELLY et al., 2000). Quilomícrons são transportados para o fígado e tecidos periféricos, onde os triglicerídeos são liberados através da ação da lipoproteína lipase (CHRISTIE et al., 1986).

Os ácidos graxos do leite são derivados, em parte, de ácidos graxos de cadeia longa da dieta, síntese microbiana de ácidos graxos no rúmen ou mobilização de reservas corporais de gordura, sendo o restante sintetizado a partir de ácidos graxos de cadeia curta (principalmente acetato e β -hidroxi-butirato) originados da digestão microbiana de carboidratos no rúmen (KENNELLY et al., 2000). Deste modo, aproximadamente 50% dos ácidos graxos do leite são sintetizados na glândula mamária, 40 a 45% são de origem dietética e o restante é proveniente do tecido adiposo (PALMQUIST e JENKINS, 1980).

C - Suplementação de vacas leiteiras com gorduras

O estudo da suplementação de gordura na dieta de ruminantes não é recente. Keller (1907), citado por Palmquist e Jenkins (1980), revisou trabalhos desenvolvidos em dez estações experimentais europeias e não constatou benefício na sua utilização. Posteriormente, Lucas e Loosli (1944) observaram aumentos na produção de leite. Após este período, a gordura foi praticamente esquecida até a década de 70, quando a idéia foi reativada, com o objetivo de obter produtos de origem animal com menores teores de gordura saturada, devido à hipótese da associação desta presente na dieta humana com problemas cardíacos (NÖRNBERG, 2003).

Coppock e Wilks (1991) observaram as seguintes vantagens na suplementação de gordura em dietas para vacas em lactação: 1) A densidade energética dos lipídeos é maior do que a dos ingredientes que substituíram. Isto permite um maior consumo de energia por vacas no início do período pós-parto, quando a capacidade física de consumo de MS não é adequada para atender as exigências energéticas; 2) Ácidos graxos de cadeia longa (C16 a C22) são usados com alta eficiência para a lactação, porque eles podem ser diretamente transferidos para a gordura do leite poupando energia para outras funções produtivas da glândula mamária. Esta maior eficiência é duplamente benéfica para vacas sob condições de alta temperatura, pois isto resulta em menor quantidade de calor metabólico a ser dissipado; e 3) Outras funções identificadas com o uso de suplementação lipídica são a manutenção do consumo da fibra, enquanto aumenta a densidade energética, a melhoria no desempenho reprodutivo e promoção de uma maior persistência na produção leiteira, além de uma menor incidência de acetonemia e poeira nos alimentos não peletizados. Ainda, segundo Jimenez (1986), a gordura auxilia na produção de uma dieta totalmente misturada mais uniforme, mantendo os ingredientes mais leves

perfeitamente misturados, com separação mínima das frações grosseiras.

Segundo Coppock e Wilks (1991), sob algumas condições podem ocorrer efeitos negativos relacionados ao uso de grandes quantidades de gordura: 1) Microrganismos ruminais são inibidos por alguns ácidos graxos liberados no ambiente ruminal, especialmente aqueles que são parcialmente solúveis no meio aquoso do fluido ruminal, particularmente os ácidos graxos de C8 a C14 e os ácidos graxos insaturados de cadeia longa. Esta inibição da função microbiana pode reduzir a digestão da fibra, alterar a proporção de ácidos graxos no líquido ruminal e diminuir a percentagem de gordura no leite (NRC, 2001); 2) A capacidade do intestino delgado em absorver ácidos graxos e a capacidade em secretar fluidos digestivos suficientes pode ser excedida; 3) O consumo total de alimentos pode ser reduzido, especialmente se a quantidade de gordura dietética necessária para a síntese de gordura no leite é excedida; e 4) Em alguns casos, a suplementação de gordura diminui a percentagem de proteína no leite, sendo esta maior vulnerabilidade atribuída a um balanço nitrogenado negativo na fase inicial da produção de leite (DePETERS e CANT, 1992).

Existem muitas maneiras de classificar os suplementos lipídicos, mas sob o ponto de vista nutricional, uma classificação comumente utilizada é baseada em como eles afetam a fermentação ruminal e a digestão da fibra. Um grupo inclui gorduras que são apontadas como não promotoras de problemas de digestibilidade, como sais cálcicos de ácidos graxos e gorduras hidrogenadas. Estas estão disponíveis comercialmente e possuem a vantagem adicional de serem secas, sendo facilmente transportadas e misturadas com outros ingredientes da dieta. Este grupo é melhor referido como “gorduras inertes no rúmen”, enfatizando o fato de que se elas tiverem algum efeito negativo sobre a digestão da fibra no rúmen, este será pequeno. No segundo grupo de gorduras suplementadas estão incluídos os extratos inalterados de fontes vegetais ou animais que podem causar problemas digestivos em vacas leiteiras em grau variado. Incluídos neste grupo estão gorduras de origem animal (sebo, graxa, etc.), óleos vegetais (soja, canola, etc.), grãos oleaginosos inteiros (caroço de algodão, grão de soja, etc.) e subprodutos com alto teor de lipídeos tais como resíduos das indústrias processadoras de alimentos. Estas são referidas como “gorduras não protegidas”, a fim de identificar seu potencial em causar problemas sérios na digestão no rúmen. A distinção entre os dois grupos não está sempre clara. Em níveis normais de suplementação, alguns lipídeos não protegidos, tais como o sebo, são consumidos por vacas leiteiras sem evidência de problemas consistentes com a digestão da fibra (JENKINS, 1997).

As recomendações de suplementação propostas por Palmquist (1993) são apresentadas na Tabela 1.

Existe ainda alguma controvérsia entre os autores a respeito da época mais adequada para a suplementação de

lipídeos em dietas para vacas de alta produção. Palmquist (1993) sugere que a suplementação deve ser baseada na condição corporal do animal, ou seja, ela deve ser mantida até que se consiga a pontuação 3, em uma escala de 1 a 5 (1=muito magra; 5=muito gorda). Ainda segundo este autor, os lipídeos devem ser fornecidos com moderação (0,25 a 0,5 kg/dia) a partir do segundo mês de lactação, para depois aumentar os níveis para 0,5 a 1,0 kg/dia.

C.1 – Uso do sebo bovino

O sebo bovino é considerado uma fonte energética não convencional. Em geral, apresenta-se como alimento barato e de fácil manuseio, sem problemas de palatabilidade, tendo boa digestibilidade da sua fração lipídica (MALAFAIA et al., 1996b). Esse produto é oriundo da limpeza de carcaças de bovinos durante o abate, ou na limpeza de cortes. Um fato a ser considerado é que com a epidemiologia da Encefalopatia Espongiforme Bovina - EEB e a necessidade de manutenção da situação sanitária do Brasil em relação a essa doença, o Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA, através da Instrução Normativa n° 8, de 25/03/2004, proibiu em todo o território nacional a produção, a comercialização e a utilização de produtos destinados à alimentação de ruminantes que contenham em sua composição proteínas e gorduras de origem animal. Foram incluídos nesta proibição a cama de aviário, os resíduos da criação de suínos, como também qualquer produto que contenha proteínas e gorduras de origem animal. Desse modo, no momento está proibida a utilização do sebo no Brasil.

Gorduras saturadas são preferidas em relação às insaturadas já que têm pequeno ou nenhum impacto na fermentação ruminal. Entretanto, gorduras saturadas são de mais difícil manuseio e mistura em rações porque são sólidas à temperatura ambiente. Alguns métodos de aquecimento se tornam, então, necessários (LINN, 1993).

Storry et al. (1973), fornecendo níveis crescentes

Tabela 1 - Combinações de lipídeos que podem ser usadas em dietas para gado leiteiro

Seqüência de Adição	Fonte de Lipídeo	Lipídeo na Dieta Total	
		% de MS	kg/dia
1	Ingredientes basais	3	0,5-0,8
	Milho		
	Feno		0,5
	Silagem Sub-produtos		
2	“Lipídeos convencionais”	2-3	0,5-0,8
	Sebo		
	Mistura animal-vegetal		
	Semente integral de algodão Semente integral de soja		
3	“Lipídeos inertes”	2-3	0,5-0,8
	Total	7-8	1,5-2,5

de sebo (0, 2, 4, 7 e 10% no concentrado) verificaram que não houve efeito significativo sobre a produção de leite e percentagem e produção de gordura no leite. Em termos de composição de ácidos graxos na gordura do leite houve uma diminuição progressiva na proporção de ácidos graxos de cadeia curta e média e aumento na fração de ácidos graxos de cadeia longa (ácidos esteárico e oléico) à medida em que a quantidade de sebo na dieta aumentou (houve também um ligeiro aumento no ácido butírico). Isto pode ser uma resposta ao aumento na síntese de butirato por rotas que são independentes da formação da malonil-CoA, ou seja, originado a partir do β -hidroxi-butírico e, também através da condensação de unidades acetila (PALMQUIST e JENKINS, 1980; PALMQUIST et al., 1993), sendo que nenhuma destas rotas é sujeita à inibição por ácidos graxos de cadeia longa (BEAULIEU e PALMQUIST, 1995). Segundo Storry et al. (1973) e Palmquist e Jenkins (1980), o consumo de lipídeos pode alterar a fermentação ruminal levando à diminuição no fornecimento de acetato e β -hidroxi-butirato para a síntese de novo de ácidos graxos e também causar uma redução na produção de ácidos graxos de cadeia curta e média resultante do efeito direto de ácidos graxos de cadeia longa na inibição da atividade da acetil-CoA carboxilase na síntese de novo na glândula mamária. A síntese, catalizada pela acetil-CoA carboxilase, envolve o alongamento da cadeia pela adição de unidades de dois carbonos derivados do acetato (BEAULIEU e PALMQUIST, 1995). O aumento observado no ácido oléico provavelmente se deve mais ao aumento na atividade da desaturase mamária sobre o ácido esteárico formado através da hidrogenação no rúmen do que propriamente à sua transferência direta do sangue (PALMQUIST, 1984).

Drackley e Elliott (1993), usando 4 vacas Holandês, procuraram determinar os efeitos do aumento nas quantidades de sebo parcialmente hidrogenado de origem comercial na dieta. A produção de leite (31,1; 31,7; 34,6 e 32,8 kg/dia), conteúdo de gordura no leite (3,09; 2,97; 2,94 e 2,90%) e consumo de MS (21,2; 20,8; 22,2 e 21,5 kg/dia) não foram diferentes entre as dietas suplementadas com 0, 2, 4 ou 6% de sebo (na MS da dieta total), respectivamente. No entanto, a suplementação de gordura reduziu os conteúdos de PB (3,02; 2,82; 2,86 e 2,85%) e sólidos não gordurosos (7,97; 7,79; 7,74 e 7,70%) no leite e aumentou a produção de NNP no leite (11,1; 12,3; 12,2 e 12,7 g/dia), respectivamente.

Conduzindo um experimento com o objetivo de investigar os efeitos da inclusão de 0, 4, 7 e 10% de sebo bovino (na base da matéria natural) ao concentrado, Malafaia et al. (1996a) mediram diferentes parâmetros em vacas mestiças, paridas há aproximadamente 30 dias, com produção média diária de 25 kg de leite. Os animais receberam silagem de milho como único volumoso numa relação fixa de 45% de concentrado para 55% de volumoso. Os consumos voluntários diários de MS, MO, PB, FDN, CHO totais, NDT, Ca e P e a produção de

leite corrigida para 3,5% de gordura não diferiram entre si. Houve aumento para o consumo de EE e a produção de leite não corrigida em função dos níveis de sebo nas rações concentradas. Os dados de composição protéica e lipídica do leite também não foram diferentes entre os tratamentos.

C.2 – Uso da gordura protegida ou “by pass”

O termo proteção envolve dois aspectos: 1) A proteção dos ácidos graxos dos lipídeos contra a biohidrogenação ruminal, sendo que esta proteção é efetiva somente se for capaz de resistir aos efeitos mecânicos da mastigação e ruminação; e 2) A proteção das bactérias do rúmen contra a ação depressora dos lipídeos sobre a degradação dos carboidratos (GAGLIOSTRO e CHILLIARD, 1992).

Segundo trabalhos de revisão de Gagliostro e Chilliard (1992) e Gagliostro (1997a), existem diferentes técnicas industriais de proteção aos lipídeos no sentido de reduzir os efeitos negativos sobre a fermentação ruminal: 1) Lipídeos protegidos - Consiste em encapsular partículas lipídicas com proteínas tratadas com aldeído fórmico (formaldeído). Este processo é aplicado a gorduras animais ricas em ácidos graxos saturados e aos óleos vegetais ricos em ácidos graxos insaturados. O complexo gordura-formaldeído é resistente à proteólise microbiana no rúmen, mas não é resistente à acidez presente no abomaso e os ácidos graxos protegidos são liberados para sua absorção no intestino delgado; 2) Adsorção das gorduras sobre um suporte inerte como a vermiculita e/ou bentonita; 3) Cristalização a frio de ácidos graxos (“fat prills”) ou gorduras saturadas. Existem poucos resultados experimentais sobre os efeitos destes lipídeos na digestão ruminal que estaria sendo pouco afetada; e 4) Fornecimento de ácidos graxos de cadeia longa sob a forma de sais cálcicos (AG-Ca), inertes à flora ruminal. Corresponde a uma proteção por insolubilidade no rúmen. Utiliza a capacidade dos ácidos graxos para combinar-se com cátions bivalentes como o cálcio, que formam sais insolúveis em pH ruminal (6,0-6,5). Em condições de maior acidez (trato pós-ruminal) os ácidos graxos liberam cálcio e se tornam disponíveis para a absorção intestinal. Os AG-Ca constituem a fonte de lipídeos protegidos mais utilizada atualmente na suplementação de vacas leiteiras. Não produzem um efeito negativo sobre a digestão da parede celular da forrageira mesmo em dietas ricas em amido como a silagem de milho.

A utilização de lipídeos protegidos seria uma alternativa de suplementação a levar em consideração fundamentalmente em vacas leiteiras de altas exigências e dependerá do objetivo de produção buscado: alta produção de leite e de gordura ou uma adequada percentagem de proteína (GAGLIOSTRO e CHILLIARD, 1992). Segundo os mesmos autores, um aporte importante de lipídeos protegidos, provavelmente superior aos 500 g/dia, permitiria aumentar a produção de leite e gordura. Se a percentagem de proteína é o objetivo a maximizar,

somente um moderado aporte de lipídeos no suplemento será aconselhável e a queda na percentagem de proteína do leite resultará menos importante durante o início da lactação (dois primeiros meses), estágio fisiológico durante o qual se espera o maior benefício de uma suplementação com lipídeos. O efeito negativo dos lipídeos sobre a percentagem de proteína seria consequência de um efeito de diluição, com pouca variação na quantidade total de proteínas secretadas.

O aumento da percentagem de gordura no leite de vacas suplementadas com lipídeos protegidos é um efeito bem conhecido e se deve, fundamentalmente, a um aumento na captação dos triglicerídeos plasmáticos contidos nos quilomícrons e/ou lipoproteínas de muito baixa densidade de origem intestinal por parte da glândula mamária (GAGLIOSTRO e CHILLIARD, 1992).

Trabalhando com nove animais em lactação, Visser et al. (1982) estudaram os efeitos da adição ou não de gordura à dieta. Para isso, utilizaram a técnica de adsorção ou não (proteção ou não) da gordura, no caso, 11% de sebo e 1% de óleo de palma adsorvidos sobre um suporte inerte (vermiculita). Os autores observaram que, enquanto o teor de gordura no leite foi reduzido no tratamento com gordura não protegida (3,18%), os animais que receberam gordura protegida apresentaram pequeno aumento (3,91%) neste parâmetro. Por sua vez, o teor de proteína do leite foi reduzido para os tratamentos com gordura não protegida (3,07%) e protegida (3,08%) e a produção de leite aumentou (23,5 e 22,7 kg/dia, respectivamente), em relação ao grupo controle, sem suplementação (21,4 kg/dia).

Trabalhando com vacas da raça Jersey, López (2001) observou que a suplementação de gordura na dieta na forma de gordura protegida, grãos de soja triturados e sebo aumentou a produção de leite corrigida e melhorou a eficiência alimentar, não tendo, entretanto, efeito nas concentrações de gordura, proteína, lactose e uréia do leite.

Nörnberg (2003), testando diferentes fontes de gordura, ou seja, gordura protegida, farelo de arroz integral mais óleo de arroz e farelo de arroz integral mais sebo bovino, constatou que estas não afetaram o consumo voluntário de MS, MO e PB e proporcionaram maior produção de leite. O autor também verificou que a gordura protegida possibilitou maior produção de leite corrigida e melhor eficiência alimentar.

A suplementação com lipídeos protegidos permite também modificar a composição dos ácidos graxos da gordura do leite e, portanto, sua qualidade dietética e/ou tecnológica. Observa-se: a) um aumento da percentagem e da quantidade secretada dos ácidos graxos pertencentes ao suplemento (16 a 18 átomos de carbono no caso de gorduras saturadas protegidas; 18 átomos de carbono no caso de óleos). O aumento dos ácidos graxos insaturados (C18:1, C18:2 e C18:3) melhora a qualidade do leite destinado à fabricação de manteiga pois diminui o seu ponto de fusão e como consequência, uma maior untabilidade em baixas

temperaturas (GAGLIOSTRO, 1997a); b) um aumento na produção de homólogos mono-insaturados (C16:1, e principalmente C18:1) no caso do fornecimento dos ácidos palmítico e esteárico, devido à ação da desaturase mamária sobre eles e de ácidos graxos poli-insaturados (C18:2 e C18:3) no caso dos óleos insaturados protegidos; c) uma diminuição no conteúdo de ácidos graxos de cadeia média (C12 a C16) e, as vezes, curta (C4 a C10), devido a uma inibição na síntese de novo mamária (GAGLIOSTRO e CHILLIARD, 1992).

Beaulieu e Palmquist (1995) estudaram os efeitos do aumento do consumo dietético de sais cálcicos de ácidos graxos de palma destilados (0; 0,25; 0,50 e 0,75 kg/dia) na produção de leite e composição da gordura láctea por vacas Jersey e Holandês. Os pesquisadores verificaram que o aumento da gordura na dieta reduziu o consumo de MS, mas não influenciou a produção de leite e seus conteúdos de gordura e proteína e produção de gordura. As concentrações e as produções de gordura do leite das vacas Jersey foram 3,86; 3,95; 3,83 e 4,31% e 0,96; 0,94; 0,95 e 0,97 kg/dia para os níveis crescentes de adição de gordura. Todavia, com poucas exceções, a suplementação alterou as proporções de ácidos graxos do leite das duas raças leiteiras de modo paralelo. Exceto para o butirato, onde os efeitos foram inconsistentes e palmitato que aumentou, a gordura adicionada à dieta inibiu a síntese de novo de ácidos graxos do leite. Esta inibição aumentou à medida em que o comprimento da cadeia cresceu. A gordura do leite das vacas Jersey apresentou maior proporção de ácidos graxos de cadeia curta e média e menor proporção dos ácidos palmítico e oléico do que a gordura do leite das vacas Holandês. A suplementação aumentou a relação C18:1 : C18:0 em vacas Holandês, mas não alterou esta medida na outra raça.

Trabalhos que envolvam a suplementação lipídica de animais em condições de pastejo são muito escassos.

Gagliostro (1997b) avaliou o efeito da suplementação de energia sob a forma de lipídeos sobre a resposta produtiva e o metabolismo de 32 vacas multíparas da raça Holando-Argentina, com média de 127 dias pós-parto, em pastejo constituído por alfafa. O grupo controle consumiu 4 kg/dia de um concentrado a base de grãos de milho e farelo de trigo; as vacas suplementadas com lipídeos consumiram igual quantidade de concentrado mais 0,4 kg/vaca/dia de sais cálcicos de ácidos graxos de óleo de palma. Os resultados obtidos indicaram um efeito positivo da suplementação com estes sais sobre a produção de leite (+9%) e sobre a quantidade de gordura produzida (+8%). Não foi observada diminuição no teor protéico do leite nem alteração na relação gordura/proteína devido à suplementação de gordura protegida a vacas na fase final da lactação. A diferença na produção de proteína láctea (+4,8% a favor das vacas suplementadas com a gordura) não foi significativa. Um menor ganho de peso, uma tendência de diminuição na espessura da gordura dorsal

subcutânea e maior teor plasmático de ácidos graxos não esterificados nas vacas suplementadas sugerem uma orientação do metabolismo direcionado a favorecer a produção de leite em detrimento da fixação de energia corporal. A ausência de aumentos no teor de gordura do leite sugere que uma importante quantidade de energia sob a forma de sais cálcicos de ácidos graxos pode ter sido utilizada para atender a demanda energética dos animais frente à maior produção de leite.

C.3 – Uso de grãos de soja

A soja, planta da família das leguminosas, cujo nome científico é *Glycine max* (L.) Merrill, é nativa da Ásia, sendo considerada uma das culturas mais antigas daquela área.

Além de rico em proteína, com valores compreendidos entre 38 a 45% e de elevada qualidade, o grão apresenta significativo teor em óleo, 18 a 19% e contém pouca fibra, aproximadamente 7%. É pobre em cálcio (0,25%) e apresenta 0,59% de fósforo. Apresenta pouco caroteno e é também deficiente em vitamina D. Os níveis de B1 e B2 são pouco superiores àqueles dos cereais. Possui regular teor em ácido nicotínico (ANDRIGUETTO et al., 1981). O aminoácido limitante é a metionina; porém, os demais apresentam-se em proporções adequadas para a maioria das espécies domésticas (SILVA, 1993).

A cobertura fibrosa natural da casca da semente envolvendo os grãos oleaginosos inteiros pode alterar potencialmente a taxa de passagem ruminal ou a liberação de óleo para dentro do rúmen (RAFALOWSKI e PARK, 1982); portanto, algumas das diferenças entre suplementos, tais como sebo e sementes inteiras de girassol, podem estar relacionadas à proteção da gordura na semente.

Os grãos de soja podem ser fornecidos para vacas leiteiras na forma crua, tostada ou extrusada; inteira, moída grosseiramente ou quebrada. A tostagem pode atuar no sentido de diminuir as taxas de digestão da MS, secundariamente reduzindo a degradabilidade da proteína, tornando mais lenta a velocidade de liberação do óleo para dentro do rúmen (SCOTT et al., 1991). A extrusão, processo em que o grão é expandido pelo calor e pressão (SILVA, 1993) causando o rompimento das micelas de gordura dentro do grão de soja, pode permitir uma mais rápida liberação de óleo para dentro do rúmen resultando na diminuição do teor de gordura do leite (MOHAMED et al., 1988). A trituração aumenta a área superficial para a degradação microbiana o que pode permitir uma mais rápida liberação de óleo no rúmen, resultando na redução do teor de gordura do leite (HUTJENS e SCHULTZ, 1971) e no consumo de MS (STEELE, 1985). Contudo, a diminuição no consumo de MS pode ser mais uma função do aumento da densidade energética da dieta do que a não aceitação dos grãos de soja triturados (SCOTT et al., 1991). Vargas et al. (2002), estudando o efeito do grão de soja moído ou óleo de soja ao nível de 4% na

dieta de vacas da raça Holandês com 30 dias pós-parto, verificaram uma redução de 20% no consumo de MS, mas sem alteração na produção e composição do leite.

O efeito da suplementação com soja na forma de farelo, grãos tostados pelo calor e grãos crus sobre a produção e composição do leite foi avaliada por Mielke e Schingoethe (1981). Para isto, utilizaram 12 vacas com 7 semanas, em média, pós-parto. As produções de leite não corrigida ou corrigida não apresentaram diferenças entre os tratamentos, indicando que não foram afetadas pela solubilidade da proteína (grãos tratados pelo calor versus não tratados) ou pelo conteúdo de gordura da dieta (farelo versus grãos). As percentagens de gordura, sólidos totais e sólidos não gordurosos do leite foram também semelhantes entre os tratamentos. A adição de grãos, ao contrário, reduziu as concentrações de proteína no leite (3,00; 2,92 e 2,93%) e de amônia ruminal, um indicador das taxas de degradação ruminal (4,3; 2,8 e 3,2 mg/100 mL) para os tratamentos controle, com grãos de soja tratados e não tratados pelo calor, respectivamente, indicando estes últimos dados que os grãos tratados pelo calor foram mais resistentes à degradação ruminal. A composição em ácidos graxos da gordura do leite foi afetada pelo conteúdo de gordura da dieta. Em geral, os ácidos graxos de cadeia longa aumentaram e os ácidos graxos de cadeia curta diminuíram para os tratamentos com grãos. Especificamente, as concentrações dos ácidos graxos com 6 a 14 átomos de carbono diminuíram e a redução foi maior em ácidos graxos com 8, 10 e 14 átomos de carbono nos tratamentos com os grãos nas formas tostada ou crua. Os ácidos oléico, linoléico e esteárico aumentaram com a adição de gordura, enquanto os ácidos butírico, palmítico e palmitoléico não apresentaram diferença entre os tratamentos.

Foi conduzido um experimento por Derez et al. (1996) com o objetivo de estudar os efeitos da inclusão de níveis crescentes de grãos de soja crus e triturados grosseiramente (0, 20 e 40% na base da matéria natural) no concentrado para vacas em lactação. Os autores verificaram que a inclusão dos grãos de soja no concentrado não influenciou na produção corrigida ou não para 3,5% de gordura e composição do leite (gordura, proteína, extrato seco total e extrato seco desengordurado); entretanto, foi observada tendência de redução no teor de proteína do leite com o uso dos grãos. Verificou-se redução no ganho de peso das vacas alimentadas com soja crua, sendo que os animais sem suplementação lipídica, ganharam, em média, 0,55 kg/dia e os suplementados, 0,14 kg/dia. O menor consumo de MS do volumoso por parte dos animais que receberam grãos de soja observado neste experimento, tem sido atribuído à redução na fermentação ruminal e digestibilidade da fibra que algumas fontes de gordura produzem, e por sua vez, aumentando o tempo de permanência dos alimentos no rúmen-retículo (NRC, 2001). O real mecanismo pelo qual as gorduras interferem na fermentação microbiana não é totalmente conhecido. Sugere-se a possibilidade de que a fonte lipídica iniba a

fermentação da fibra devido a um efeito tóxico de ácidos graxos de cadeia longa sobre as bactérias ruminais (HENDERSON, 1973), principalmente sobre as celulolíticas e metanogênicas em determinados níveis de gordura disponível ruminalmente (PALMQUIST, 1991) e também pela capacidade de formar uma capa sobre as partículas dos alimentos prejudicando assim, a aderência dos microrganismos, com a conseqüente diminuição na sua digestão (DEVENDRA e LEWIS, 1974). A fibra é uma fonte importante de energia para a produção de leite, sendo que quando a gordura inibe a sua fermentação, a energia presente é perdida nas fezes (NÖRNBERG, 2003). Outro fator relevante neste experimento, é que o concentrado sem grãos de soja apresentava teor mais elevado de carboidratos não estruturais, que poderia ter proporcionado um maior suprimento de propionato, o que por sua vez, poderia ter levado à maior liberação de insulina e, conseqüentemente, a uma alteração na partição de nutrientes em favor dos tecidos muscular e adiposo.

Trabalhando com 16 vacas leiteiras mestiças recém-paridas, durante as primeiras 14 semanas da lactação, Pereira et al. (1998a; 1998b) avaliaram o uso de dois níveis (0 e 30% na base da matéria natural) de grãos de soja moídos em rações concentradas isoprotéicas (23,5% de PB na MS). Os autores observaram que a inclusão do grão reduziu o consumo diário de MS (16,15 e 13,38 kg), de MO (15,47 e 12,76 kg), de PB (2,68 e 2,16 kg) e de FDN (6,13 e 5,05 kg) para a dieta controle e com adição de soja, respectivamente, enquanto o consumo de EE aumentou (0,35 e 0,59 kg/dia, respectivamente). Esta redução no consumo de MS, segundo os mesmos pesquisadores, possivelmente possa ser atribuída à maior densidade energética da ração proporcionada pelo elevado teor de óleo dos grãos de soja, mesmo tendo sido usada uma proporção de 3 : 1 de volumoso e concentrado. Em relação às produções de leite corrigidas para 3,5%

de gordura (24,8 e 18,3 kg/dia) e não corrigida (24,8 e 19,6 kg/dia) houve redução quando as rações fornecidas continham 30% de grãos de soja moídos; entretanto, os teores de gordura, proteína, extrato seco desengordurado e extrato seco total do leite não foram influenciados pela inclusão de grãos de soja moídos nas rações concentradas (PEREIRA et al., 1998b).

Conclusões

A inclusão de fontes de gordura na dieta de vacas leiteiras pode aumentar a produção de leite especialmente durante a fase inicial da lactação, quando o consumo de matéria seca não é suficiente para atender as exigências nutricionais de animais de alto mérito genético. Entretanto, a utilização de gordura na dieta e o seu aproveitamento pelo animal tem apresentado respostas variáveis, por vezes contraditórias, principalmente em razão do tipo de gordura empregada.

O mecanismo pelo qual as gorduras interferem com a fermentação microbiana não está totalmente claro, sendo necessários mais estudos nesta área.

Referências

- PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. Research Papers. Fat in Lactation Rations: Review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 63, n. 1, p. 1-14, 1980.
- PEREIRA, C.M. de A.; SILVA, J.F.C. da; VALADARES FILHO, S. de C. et al. Grão de Soja Moído na Ração de Vacas em Lactação. 1. Consumo e Digestibilidade dos Nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1218-1224, 1998a.
- PEREIRA, C.M. de A.; SILVA, J.F.C. da; VALADARES FILHO, S. de C. et al. Grão de Soja Moído na Ração de Vacas em Lactação. 2. Produção e Composição do Leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1225-1233, 1998b.
- RAFALOWSKI, W.; PARK, C.S. Whole Sunflower Seed as a Fat Supplement for Lactating Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 65, n. 8, p. 1484-1492, 1982.
- SCOTT, T.A.; COMBS, D.K.; GRUMMER, R.R. Effects of Roasting, Extrusion, and Particle Size on the Feeding Value of Soybeans for Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 8, p. 2555-2562, 1991.
- SILVA, A.G. da. Soja na Alimentação de Bovinos Leiteiros. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C. de; FARIA V.P. de. (Ed.). **Nutrição de**
- ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I. et al. **Nutrição Animal: As Bases e os Fundamentos da Nutrição Animal, Os Alimentos**. 5.ed. São Paulo : Nobel, 1981. v. 1, 395p.
- BEAULIEU, A.D.; PALMQUIST, D.L. Differential Effects of High Fat Diets on Fatty Acid Composition in Milk of Jersey and Holstein Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 78, n. 6, p. 1336-1344, 1995.
- BYERS, F.M.; SCHELLING, G.T. Lipids in Ruminant Nutrition. In: CHURCH, D.C. (Coord.) **The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition**. New Jersey : Prentice Hall, 1988. p. 298-312.
- CHRISTIE, W.W.; NOBLE, R.C.; CLEGG, R.A. The Hydrolysis of Very Low Density Lipoproteins and Chylomicrons of Intestinal Origin by Lipoprotein Lipase in Ruminants. **Lipids**, Champaign, v. 21, n. 3, p. 252-253, 1986.
- Bovinos: Conceitos Básicos e Aplicados**. Piracicaba : FEALQ, 1993. v. 7, p. 339-358.
- STEELE, W. High-Oil, High-Protein Diets and Milk Secretion by Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 68, n. 6, p. 1409-1415, 1985.
- STORRY, J.E.; HALL, A.J.; JOHNSON, V.W. The Effects of Increasing Amounts of Dietary Tallow on Milk-Fat Secretion in the Cow. **Journal of Dairy Research**, London, v. 40, n. 2, p. 293-299, 1973.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2. ed. Cornell: Ithaca, 1994. 476p.
- VARGAS, L.N.; LANA, R.P.; JHAM, G.N. et al. Adição de Lipídeos na Ração de Vacas Leiteiras: Parâmetros Fermentativos Ruminais, Produção e Composição do Leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, (supl. 1), p. 522-529, 2002.
- VISSER, H. de; TAMMINGA, S.; GILS, L.G.M. van. Further Studies on the Effect of Fat Supplementation of Concentrates Fed to Lactating Dairy Cows. 1. Effect on Feed Intake, Feed Intake Pattern and Milk

- CHURCH, D.C.; POND, W.G. **Bases Científicas para la Nutricion y Alimentacion de los Animales Domesticos**. Zaragoza : Acribia, 1977. 462p.
- CHURCH, D.C.; POND, W.G. **Basic Animal Nutrition and Feeding**. 3. ed. New York : J. Wiley, 1988. 472p.
- COPPOCK, C.E.; WILKS, D.L. Supplemental Fat in High-Energy Rations for Lactating Cows: Effects on Intake, Digestion, Milk Yield, and Composition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 9, p. 3826-3837, 1991.
- DAVIS, C.L. **Alimentación de la Vaca Lechera Alta Productora**. Illinois : Milk Specialties Company, 1993. 60p.
- DePETERS, E.J.; CANT, J.P. Nutritional Factors Influencing the Nitrogen Composition of Bovine Milk: A Review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 8, p. 2043-2070, 1992.
- DERESZ, F.; FERNANDES, A.M.; MATOS, L.L. de.; TEIXEIRA, J.C. Utilização da Soja-Grão Crua na Alimentação de Vacas Leiteiras de Alta Produção. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 113-124, 1996.
- DEVENDRA, C.; LEWIS, D. The Interaction between Dietary Lipids and Fibre in the Sheep. **Animal Production**, Edinburgh, v. 19, n. 1, p.67-76, 1974.
- DRACKLEY, J.K.; ELLIOTT, J.P. Milk Composition, Ruminant Characteristics, and Nutrient Utilization in Dairy Cows Fed Partially Hydrogenated Tallow. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 1, p. 183-196, 1993.
- GAGLIOSTRO, G. Lípidos by Pass. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO PROFESIONAL: **Alimentacion y Enfermedades de la Nutricion en Vacas Lecheras**, 3., 1997, Buenos Aires, Valdés : INTA : UNLP : CREA, 1997a. p. 51-65.
- GAGLIOSTRO, G.A. Suplementacion con Sales de Calcio de Acidos Grasos en Vacas Lecheras em Lactancia Media en Condiciones de Pastoreo. **Revista Argentina de Produccion Animal**, Buenos Aires, v. 17, n. 2, p. 83-96, 1997b.
- GAGLIOSTRO, G.A.; CHILLIARD, Y. Utilizacion de Lipidos Protegidos en la Nutricion de Vacas Lecheras. I. Efectos sobre la Producción y la Composición de la Leche, y sobre la Ingestión de Materia Seca y Energía. **Revista Argentina de Produccion Animal**, Buenos Aires, v. 12, n.1, p. 1-15, 1992.
- HENDERSON, C. The Effects of fatty Acid on Pure Cultures of Rumen Bacteria. **Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 81, n. 1, p. 107-112, 1973.
- HUTJENS, M.F.; SCHULTZ, L.H. Addition of Soybeans or Methionine Analog to High-Concentrate Rations for Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 54, n. 11, p. 1637-1644, 1971.
- JENKINS, T.C. Lipid Metabolism in the Rumen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 12, p. 3851-3863, 1993. Symposium Advances in Ruminant Lipid Metabolism.
- JENKINS, T. Success of Fat in Dairy Rations Depends on the Amount. **Feedstuffs**, Minnetonka, Jan., 13, p. 11-12, 1997.
- JIMENEZ, A.A. High-Producing Dairy Cows Benefit from Feeding of Fat. **Feedstuffs**, Minnetonka, Aug., 18, p. 14, 16-17, 1986.
- KENNELLY, J.J.; GLIMM, D.R.; OZIMEK, L. Potential to Alter the Composition of Milk Explored. **Feedstuffs**, Minnetonka, Jan., 10, p. 11-17; 27, 2000.
- LINN, J.G. **Adding fat to dairy rations-general consideration**. Minnesota, USA, 1993. Disponível em: <<http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/Agr>>. Acesso em 2 nov. 2004.
- LÓPEZ, S.E. **Suplementação com Diferentes Fontes de Gordura para Vacas Jersey de Alta Produção na Fase Inicial de Lactação**. Porto Alegre : UFRGS, 2001. 242p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Produção Animal, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 2001.
- LUCAS, H.; LOOSLI, J. The Effect of Fat Upon the Digestion of Nutrients by Dairy Cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 3, n. 1, p. 3-21, 1944.
- LUCCI, C. de S. **Nutrição e Manejo de Bovinos Leiteiros**. São Paulo : Manole, 1997. 169p.
- MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S. de C.; SILVA, J.F.C. da et al. Sebo Bovino em Rações para Vacas em Lactação. 1. Consumo dos Nutrientes, Produção e Composição do Leite. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 153-163, 1996a.
- MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S. de C.; SILVA, J.F.C. da et al. Sebo Bovino em Rações para Vacas Lactantes. 2. Digestão Total e Parcial dos Nutrientes. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 164-176, 1996b.
- MIELKE, C.D.; SCHINGOETHE, D.J. Heat-Treated Soybeans for Lactating Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 64, n. 7, p. 1579-1585, 1981.
- MOHAMED, O.E.; SATTER, L.D.; GRUMMER, R.R.; EHLE, F.R. Influence of Dietary Cottonseed and Soybean on Milk Production and Composition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 71, n. 10, p. 2677-2688, 1988.
- MÜHLBACH, P.R.F.; OSPINA, H.; PRATES, E.R.; BARCELLOS, J.O.J. Aspectos Nutricionais que Interferem na Qualidade do Leite. In: ENCONTRO ANUAL DA UFRGS SOBRE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 2000, Porto Alegre. [Anais] : Novos desafios para a produção leiteira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre : Departamento de Zootecnia da UFRGS, 2000. p. 73-102.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 6. ed. Washington, DC. : National Academy of Sciences, 1989. 157p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7. ed. Washington, DC. : National Academy of Sciences, 2001. 381p.
- NÖRNBERG, J.L. **Efeito de Diferentes Fontes de Gordura na Dieta de Vacas Jersey na Fase Inicial de Lactação**. Porto Alegre : UFRGS, 2003. 200p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Produção Animal, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 2003.
- OSPINA, H.; MÜHLBACH, P.R.F.; PRATES, E.R.; BARCELLOS, J.O.J.; SILVEIRA, A.L.F. da. Por Que e Como Otimizar o Consumo de Vacas em Lactação. In: ENCONTRO ANUAL DA UFRGS SOBRE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 2000, Porto Alegre. [Anais] : Novos desafios para a produção leiteira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre : Departamento de Zootecnia da UFRGS, 2000. p. 37-72.
- PALMQUIST, D.L. Use of Fats in Diets for Lactating Dairy Cows. In: WISEMAN, J. (Coord.). **Fats in Animal Nutrition**. London : Butterworths, 1984. p. 357-381.
- PALMQUIST, D.L. Influence of Source and Amount of Dietary Fat on Digestibility in Lactating Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 4, p. 1354-1360, 1991.
- PALMQUIST, D.L. Suplementação de Lipídios para Vacas em Lactação. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C. de; FARIA V.P. de. (Ed.). **Nutrição de Bovinos: Conceitos Básicos e Aplicados**. Piracicaba : FEALQ, 1993. p. 321-337. (Série Atualização em Zootecnia, 7).
- PALMQUIST, D.L.; BEAULIEU, A.D.; BARBANO, D.M. ADSA Foundation Symposium: Milk Fat Synthesis and Modification. Feed and Animal Factors Influencing Milk Fat Composition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 6, p. 1753-1771, 1993.

Production and Composition. **Netherland Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 30, n. 5, p. 347-352, 1982.