

Efeitos das fontes de lipídios na composição do leite: revisão

Ácidos graxos, CLA, qualidade.

Juliana dos Santos Rodrigues Barbosa^{1*}
Natalia Lívia de Oliveira Fonteles²
Nielyson Junio Marcos Batista³
Mayara Silva de Araújo³

¹ Doutoranda do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, UFC. *E-mail: jullyzootecnia@gmail.com.

² Doutoranda do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, Universidade Federal da Paraíba, UFPB.

³ Mestrandos do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, UFC.

RESUMO

Pesquisas que visam utilizar lipídios em dietas para ruminantes vem sendo realizadas com o intuito de manipular o perfil de ácidos graxos da gordura do leite dos animais leiteiros, no caso bovinos e caprinos, visando o aumento do teor de ácidos graxos insaturados em virtude da nova exigência dos consumidores, haja vista que alguns ácidos graxos tem características nutraceuticas. Diversas fontes de lipídios, como o sebo, as sementes de oleaginosas (algodão, soja, girassol etc.) e as gorduras protegidas, que podem ser adicionadas em dietas para ruminantes e que a sua utilização está relacionada ao fornecimento de grandes quantidades de energia para a síntese de leite. Com isso a suplementação lipídica tem o intuito de melhorar a utilização dos nutrientes pelos ruminantes, favorecendo assim a participação de alguns ácidos graxos na composição do leite.

Palavras-chave: ácidos graxos, CLA, qualidade.



Nutri·Time

Revista Eletrônica

Vol. 12, Nº 06, nov/dez de 2015

ISSN: 1983-9006

www.nutritime.com.br

A Revista Eletrônica Nutritime é uma publicação bimensal da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos e também resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>.

ABSTRACT

Research aimed using lipids in ruminant diets have been conducted in order to manipulate the fatty acid composition of milk fat in dairy animals, in this case cattle and goats, in order to increase the content of unsaturated fatty acids due to the new requirement consumers, given that some fatty acids have nutraceutical characteristics. Several fat sources such as tallow, oil seeds (cotton, soybean, sunflower, etc.) and protected fats that may be added in ruminant diets and their use is related to providing large amounts of energy for milk synthesis. With that lipid supplementation is intended to improve the utilization of nutrients by ruminants, favoring the participation of some fatty acids in milk composition.

Keywords: CLA, fatty acids, quality.

INTRODUÇÃO

A suplementação lipídica em dietas para ruminantes visa aumentar sua densidade energética, melhorar a utilização de nutrientes e favorecer a participação de determinados ácidos graxos na composição do leite (EL-FERT et al., 2006). Além disso, a utilização de lipídeos contribui na redução da metanogênese e do incremento calórico. Entretanto, por interferir negativamente na digestão da fibra, a adição de lipídeos tem sido limitada a aproximadamente 5% ou menos da matéria seca do total dietético (PALMQUIST & JENKINS, 1980).

De acordo com Palmquist et al. (1993), o teor e a composição de gordura do leite podem ser mais afetados pela quantidade e pelo tipo de gordura da dieta, principalmente aquelas fontes com elevado teor de ácidos graxos insaturados, pelo seu efeito inibitório sobre os microrganismos gram-positivos (VAN NEVEL & DEMEYER, 1988).

Existem várias fontes de lipídeos, como o sebo, as sementes de oleaginosas (algodão, soja, girassol etc.) e as gorduras protegidas, que podem ser adicionadas em dietas para ruminantes e que a sua utilização está relacionada ao fornecimento de grandes quantidades de energia para a síntese de leite.

Nos últimos anos pesquisas vem sendo realizadas mediante a inclusão de diferentes fontes de lipídios em dieta de ruminantes com a finalidade de manipular o perfil dos ácidos graxos da gordura do leite, visando o aumento dos ácidos graxos insaturados em virtude da nova exigência dos consumidores, haja vista que alguns ácidos graxos são considerados anticarcinogênicos como é o caso do ácido linoleico conjugado.

Dessa forma, o objetivo desta revisão é abordar os principais aspectos relacionados ao efeito das fontes de lipídios sobre a composição de leite.

FONTES DE LIPÍDIOS

A suplementação lipídica é utilizada para aumentar a densidade energética da dieta de ruminantes na tentativa de reduzir o balanço negativo de energia, evitando a manifestação de distúrbios metabólicos, melhorando o desempenho da lactação e reprodução, além de facilitar a restituição corporal. De acordo com Palmquist (1989), existem inúmeras fontes de lipídeos que podem

ser adicionadas em dietas para ruminantes, tais como sementes inteiras de oleaginosas (soja, girassol, algodão, canola, etc.), óleos e gorduras livres (óleos vegetais, sebo, óleo reciclado de cozinha, óleos de peixes, misturas de óleos vegetais e animais) e gorduras especiais “protegidas” (sais de cálcio de ácidos graxos).

Algumas fontes de lipídeos podem ser classificadas como ácidos graxos insaturados e ácidos graxos saturados de acordo com o número de ligações duplas presentes nas cadeias de carbono. Assim as fontes como os grãos de oleaginosas são considerados altamente insaturados, e o sebo como moderadamente insaturado. O grau de insaturação pode influenciar no metabolismo microbiano no rúmen e, conseqüentemente, no perfil de ácidos graxos do leite. A Tabela 1 demonstra a composição de ácidos graxos presente em diferentes fontes de lipídeos.

SEMENTES INTEIRAS DE OLEAGINOSAS

As sementes de oleaginosas, de um modo geral, apresentam alto conteúdo de ácidos graxos insaturados (75% em média), como os ácidos oleico, linoleico e linolênico. Esses ácidos graxos são os principais precursores do ácido linoleico conjugado (CLA) na glândula mamária. O fornecimento de sementes de oleaginosas à ração na forma integral, apesar de conterem alto teor de ácidos graxos insaturados, apresenta poucos riscos à microbiota ruminal se respeitando os limites de uso (DHIMAN et al., 2005).

ÓLEOS E GORDURAS LIVRES

Os óleos vegetais são líquidos a temperatura ambiente e são constituídos de triglicerídeos com grande proporção de ácidos graxos insaturados, já as gorduras são sólidas a temperatura ambiente (LEHNINGER, 2005). Os óleos, na maioria são de origem vegetal, porém também existe óleo de origem marinha, o óleo de peixe. As fontes mais comuns de óleos vegetais são: o de milho, algodão, soja, oliva, girassol, canola, amendoim e arroz. As fontes de gorduras, a maioria é de origem animal, sendo que as mais comuns são: sebo, banha e gordura de aves.

A utilização de óleos ou gorduras em dieta para ruminantes tem como objetivo complementar o fornecimento energético das dietas. Entretanto, o seu uso pode resultar em efeitos negativos ao ambiente

TABELA 1. Principais ácidos graxos contidos em algumas fontes de lipídeos (adaptado de Kennelly, 1996)

Fonte de Lipídeo	Ácido Graxo				
	C16:0 Palmítico	C18:0 Esteárico	C18:1 Oleico	C18:2 Linoleico	C18:3 Linolênico
Sebo	26	19	40	5	1
Gordura amarela	21	11	44	14	3
Graxa branca ¹	24	11	48	12	1
Booster Fat ²	25	22	45	2	-
Megalac; EnerG-II ²	51	4	35	8	-
Óleo de canola	4	2	52	25	13
Óleo de algodão	25	3	17	54	-
Óleo de linhaça	5	3	20	16	55
Óleo de cártamo	7	2	9	80	<1
Óleo de soja	8	3	24	58	8
Óleo de girassol	6	4	20	66	<1
Óleo de peixe (Menhaden) ³	17	5	7	1	1

¹ Onetti et al., 2001. ² Fontes comerciais de gordura, parcialmente inertes no rúmen (Church e Dwight Co., Virtus Nutrition). ³ Também contém ~10% C16:1, ~11% C20:5 e 12% C22:6.

ruminal, como redução da digestibilidade da fibra e toxidez as bactérias ruminais (MAIA et al., 2010). Segundo Van Soest (1994), as bactérias ruminais não são tolerantes aos lipídios, principalmente aos ácidos graxos insaturados. Kozloski (2002) ressalta ainda que problemas na degradação da fibra podem ocorrer devido a diminuição da capacidade de aderência das bactérias ruminais à partícula, pois a degradação de qualquer componente da dieta está associada à capacidade de aderência das células bacterianas ao produto de degradação e que estes mecanismos de aderência envolvem a participação de moléculas de natureza proteica e lipídica presentes na superfície externa da célula bacteriana.

SAIS DE CÁLCIO DE ÁCIDOS GRAXOS

Os ácidos graxos complexos com cálcio, também chamados de gordura protegida, consiste em uma fonte de ácidos graxos insaturados (ácidos linoleico e linolênico protegidos), que ao serem ingeridos pelos ruminantes passam intactos pelo rumen e são metabolizados no intestino, onde há melhor aproveitamento de suas características particulares (CERVONI, 2007). Sua utilização em dietas para ruminantes visa diminuir a biohidrogenação ruminal de ácidos graxos insaturados.

Uma importante fonte comercial de gordura protegida é o Megalac®, Magnapac®, sais de cálcio de CLA, um sal de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa

com alta densidade energética, que contém altas concentrações de ácido linoleico (42,0%) e ácido linolênico (3,0%), e sua utilização em dietas para ruminantes visa atender às necessidades nutricionais para lactação e ganho de peso condizente com alto padrão genético dos animais (JENKINS, 1993).

Um efeito desejável do uso de gorduras protegidas em dietas para ruminantes é a possibilidade de modificar a composição lipídica dos produtos alimentícios resultantes como a carne e o leite. Nesse sentido, Jenkins e McGuire (2006), compararam publicações em que foram utilizadas fontes de gorduras protegidas e dieta controle, mostrando no leite produzido com gordura protegida, maior teor de ácidos oléico e linoleico.

TABELA 2. Resumo fatores dietéticos que afetam a concentração de ácido linoleico conjugado (CLA) no leite

Fatores Dietéticos	Conteúdo de CLA na gordura do leite
Óleo de Plantas	Aumenta
Sais de Cálcio	Aumenta
Grão de milho rico em óleo	Efeito mínimo
Óleo de peixe	Aumenta
Sementes sem processamento	Não possui efeito
Sementes processadas	Aumenta

Fonte: Adaptado Griinari et al. (1999).

BIOHIDROGENAÇÃO E SÍNTESE DE CLA

A composição dos ácidos graxos presentes na circulação, que são destinados à glândula mamária, segundo Leite & Lanna (2009) sofre influência do processo de biohidrogenação (Figura 1), que é realizado por algumas bactérias presentes no rúmen. Este processo se torna uma barreira ao fornecimento de ácidos graxos insaturados para a deposição tecidual ou incorporação no leite, pela glândula mamária. No caso de fornecimento de dietas tradicionais, praticamente todo C 18:2 e C 18:3 são biohidrogenados no rúmen. Segundo Fellner et al. (1995) 80% do ácido graxo linoleico (C18:2n-6) e 92% do α -linolênico (C18:3n-3) passam pelo processo de biohidrogenação, tornando assim, ácidos graxos saturados.

Agordura proveniente da dieta é rapidamente transformada pelos microrganismos ruminais a partir de dois processos: a lipólise e biohidrogenação (JENKINS et al., 2008). Segundo Palmquist e Jenkins (1980), as bactérias celulolíticas são as mais afetadas pela suplementação lipídica. A lipólise consiste no início do processo de metabolismo dos lipídios no rúmen, é realizada por lipases microbianas extracelulares, consiste na hidrólise dos lipídeos da dieta em ácidos graxos livres e glicerol (HARFOOT; HAZLEWOOD, 1988). Esses ácidos graxos resultantes do processo de lipólise, passam por um processo conhecido como biohidrogenação que consiste na adição de hidrogênio nas ligações duplas, aumentando o grau de saturação destes. Este processo é realizado pelas bactérias ruminais principalmente pela *Butyrovibrio fibrosolvens*, transformando os ácidos graxos insaturados livres em ácidos graxos saturados (KEPLER et al., 1966).

A manipulação da biohidrogenação ruminal pela suplementação de fontes de óleo vegetal ricos em ácidos graxos insaturados na dieta (C 18:2) é uma estratégia alimentar que favorece um maior escape de intermediários (CLA e ácido vacênico) antes que a conversão a ácido esteárico seja completada (Bomfim 2011; Bauman et al., 1999). A etapa inicial da ação desses microrganismos sobre os lipídios poliinsaturados (C 18:2 *cis*-9, *trans*-12) inicia-se pela isomerização *cis*-9, *trans*-12 para *cis*-9, *trans*-11 e posterior redução para C18: 1 *trans*-11(ácido vacênico). A partir dessa etapa as bactérias do grupo B

realização a ação de hidrogenar o C 18:1 *trans*-11 no ácido esteárico (C 18:0) (DEMEYER & DOREAU, 1999). Portanto, quando ocorre um aumento do acúmulo desse isômero (*trans*-11), essa etapa de hidrogenação começa a ficar ineficiente, favorecendo um maior escape de *trans*-11. O ácido vacênico (C18:1 *trans*-11) serve como substrato para síntese endógena de CLA (*cis*-9, *trans*-11) na glândula mamária pela ação da enzima delta-9 desaturase sobre o *trans*-11 advindo da biohidrogenação incompleta (GRIINARI et al., 2000; CORL et al., 2001).

O ácido linoléico conjugado refere-se a uma combinação de isômeros geométricos (*cis*, *cis*; *cis*, *trans*; *trans*, *cis* e *trans*, *trans*) e posicionais (*cis*-8, *cis*-10; *cis*-9, *cis* - 11; *cis*-10, *cis*-12 e *cis*-11, *cis*-13) do ácido linoléico conjugado (18:2) com duas duplas ligações conjugadas, ou seja, separadas por ligações simples carbono – carbono, enquanto que o ácido linoléico (C18: 2 *cis*-9, *cis*-12) apresenta as duplas ligações separadas por um grupo metileno (BESSA et al., 2000; LEE et al., 2005; HUR et al., 2006).

Dentre os isômeros de CLA o isômero C18:2 *cis* 9 *trans* 11 é o que apresenta maior destaque de funcionalidade pela sua atividade anticarcinogênica em modelo animal reduzindo a incidência de tumor (IP et al., 1991). Na gordura do leite ele contribui com cerca de 80% do total de CLA na gordura do leite (BOMFIM et al., 2006).

De acordo com Silva et al. (2007) e Neves et al. (2009) a biohidrogenação ruminal pode ser evitada com o uso de métodos de proteção dos ácidos graxos no rúmen, sendo as principais formas: o fornecimento de grãos inteiros de oleaginosas com lenta liberação da gordura, uso sais de cálcio de ácidos graxos (gordura protegida), aplicação de técnicas de processamentos térmicos ou ainda a utilização de ionóforos, que modifica a microbiota ruminal.

A quantidade de ácido linoleico conjugado presente na gordura do leite de vacas pode ser afetada por alguns fatores, dentre eles: a razão volumoso: concentrado (GRIINARI et al., 1998), ingestão de alimentos ricos em ácido linoleico e o próprio consumo animal (MCGUIRE et al., 1996; GRIINARI et al., 1998; KELLY et al., 1998).

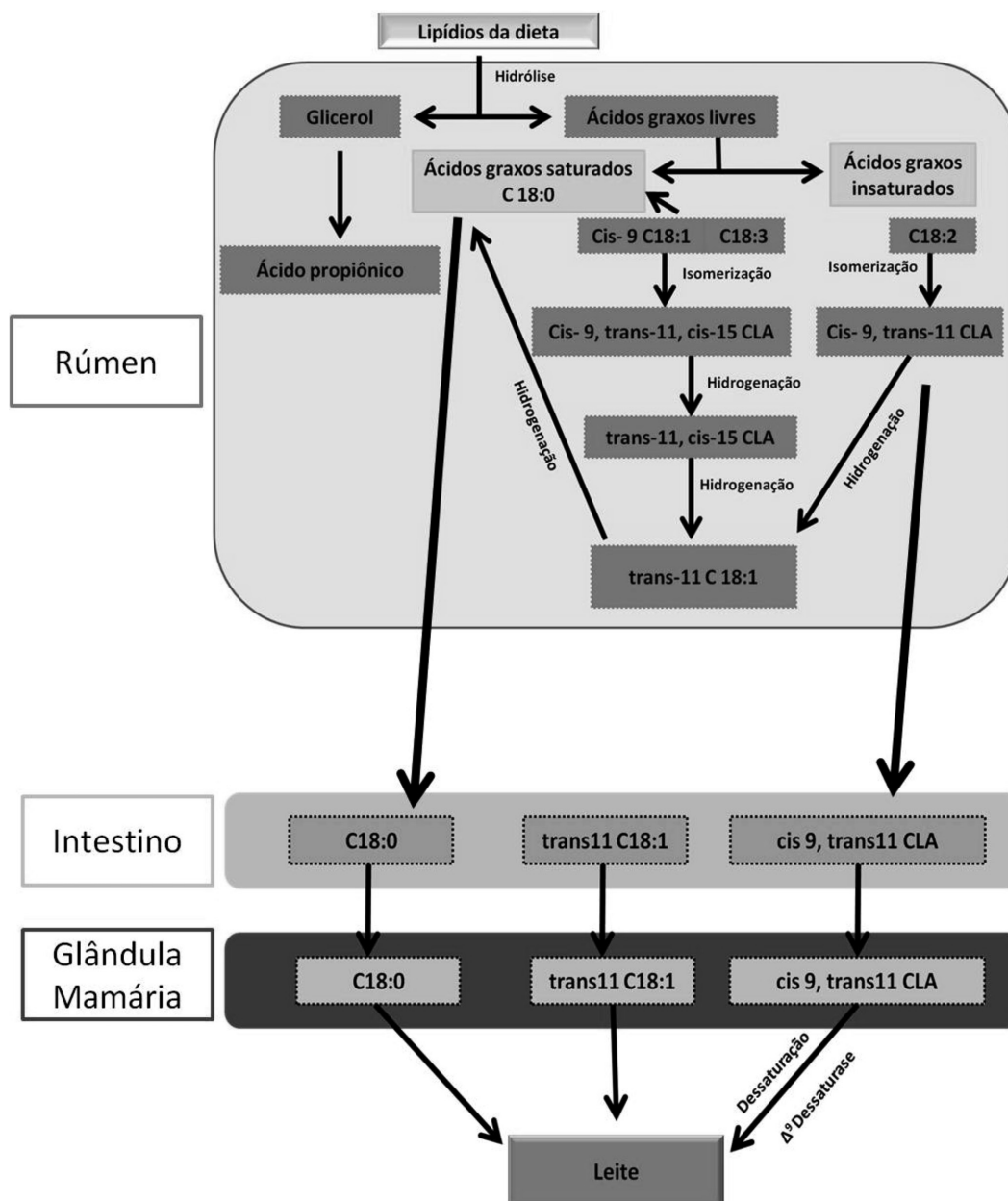


FIGURA 1. Metabolismo dos lipídios e origem do ácido linoleico conjugado no leite. Fonte: Adaptado de Tanaka (2005).

EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO LIPÍDICA SOBRE A COMPOSIÇÃO DO LEITE

As respostas à suplementação lipídica são diferentes de acordo com a espécie: para as cabras e ovelhas a secreção de gordura aumenta enquanto nas vacas pode aumentar ou ainda, haver diminuição (CHILLIARD et al., 2003).

Essas diferenças podem estar ligadas ao complexo digestivo e a interações metabólicas (observada em vacas), a dieta basal (natureza e proporção entre volumoso: concentrado), a suplementação lipídica (natureza e quantidades) e as características do animal (espécie, raça, estágio de lactação) (BAUMAN &

GRIINARI, 2001). Para essas diferenças foi sugerido que a taxa de passagem é maior em cabras que em vacas, podendo diminuir em cabras o efeito ruminal sobre os lipídios e reduzir a lipogênese mamária em vacas (CHILLIARD et al., 2003).

COMPOSIÇÃO DO LEITE DE VACAS

Algumas fontes de gorduras podem alterar a composição e as características físico-químicas do leite, como no caso daquelas com elevado teor de ácidos graxos insaturados. De acordo com Palmquist et al. (1993), a quantidade de gordura da dieta que é transferida diretamente para a gordura do leite pode ser influenciada por três fatores: biohidrogenação rumi-

nal, absorção (digestibilidade) e deposição de tecido adiposo. Vários estudos demonstram que ocorre uma redução na concentração de proteína no leite com a suplementação de gordura na dieta (ROMO et al., 2000; DELBECCHI et al., 2000; WU et al.; 1994; WU et al., 1993). Essa redução da proteína do leite tem sido explicada pela redução da síntese microbiana, uma vez que lipídios não são fontes de energia para o crescimento microbiano (SNIFFEN et al., 1992), ou pela diminuição da disponibilidade de aminoácidos na glândula mamária (WU e HUBER, 1994).

Segundo Cant et al. (1993) e Harrison et al. (1995) ao se suplementar a ração de vacas lactantes com gordura, esses autores observaram que além de reduzir a proteína do leite, a suplementação com lipídio, reduziu o fluxo sanguíneo mamário, diminuindo a concentração arterial de aminoácidos no sangue, inibindo a atividade da insulina. O lipídio aumentou a eficiência energética para a síntese do leite, sem aumentar a extração de aminoácidos pela glândula mamária, resultando em depressão do conteúdo da proteína do leite. Este resultado sugere que decréscimos na concentração da proteína do leite com adição de gordura pode ser resultado de insuficiente suprimento de aminoácidos para a glândula mamária realizar maior síntese de proteína do leite, necessária para acompanhar o aumento da produção de leite, estimulado pela suplementação com gordura. No entanto, este mecanismo pode não estar necessariamente relacionado ao efeito de diluição da síntese do leite e da proteína.

A redução de proteína pode, ainda, ser atribuída à diminuição do crescimento microbiano. Segundo Maiga e Schingoethe (1997), o crescimento microbiano no rúmen é desejável e fornece aminoácidos para as células mamárias, que são necessários para a síntese de proteínas do leite. As bactérias ruminais durante a fermentação geram compostos nitrogenados e carbonados que abastecem a maior parte dos aminoácidos usados pelas vacas na síntese de proteína do leite. Em adição, a produção de ácido propiônico durante fermentação ruminal também é uma forma de contribuir para a síntese proteica do leite.

De acordo com Gaynor et al. (1994), que demonstraram que a infusão abomasal de ácidos graxos oléicos trans reduz a percentagem de gordura do leite, devido

à diminuição na síntese de outros ácidos graxos e reduzida atividade da enzima acyl transferase no tecido mamário, reduzindo assim a síntese de triglicerídeos. Outra razão pode ser o efeito inibitório dos lipídios sobre a digestibilidade da matéria seca da dieta e diminuição da relação acetato/propionato (produto final de degradação da celulose) no rúmen, contribuindo para a redução do suprimento de ácido acético, precursor de 50% da gordura do leite, principalmente dos ácidos graxos de cadeia curta (CHALUPA et al., 1986; PALMQUIST, 1989).

Santos et al., (2001), quando estudaram o efeito de fontes de lipídeos (óleo de soja e soja integral moída) sobre o perfil de ácidos graxos da gordura do leite, principalmente sobre a concentração de CLA, observaram que a suplementação com óleo de soja aumentou o percentual de CLA, comparada a suplementação com grão de soja. Isto ocorreu, provavelmente, devido ao fato de os ácidos linoleico e linolênico estarem mais disponíveis para ser biohidrogenados e, assim, formarem o CLA durante a fase de isomerização. Isso demonstra que a adição de óleo não protegido à dieta aumenta o teor de CLA conforme observado por Mcguire et al. (1996) e Griinari et al. (1996). Enquanto a adição do óleo presente no grão das sementes oleaginosas, mesmo estando na forma de grão moído e não tostado, não aumenta o teor de CLA, já que possuem os lipídios presos na matriz proteica da semente, conforme observado por Jiang et al. (1996) e Stanton et al. (1997). Esse comportamento pode ser observado na Figura 2.

Eifert et al (2006), observaram que a inclusão de óleo de soja na dieta de vacas leiteiras foi responsável pelo aumento de 229% do *trans*-C18:1 e dentre os isômeros *trans*, o ácido vacênico *trans*-11C18:1 foi o teve maior acréscimo. Deste modo, contribuindo para o aumento do CLA (cis -9 *trans* -11 C18 : 2) no leite por ser o substrato da síntese endógena na glândula mamária.

Dhiman et al. 1999, verificaram uma modificação no perfil dos ácidos graxos no leite de vacas alimentadas com óleo de soja. A biohidrogenação incompleta dos ácidos graxos insaturado favoreceu um maior escape de trans -11 aumentando a síntese endógena de CLA no leite.

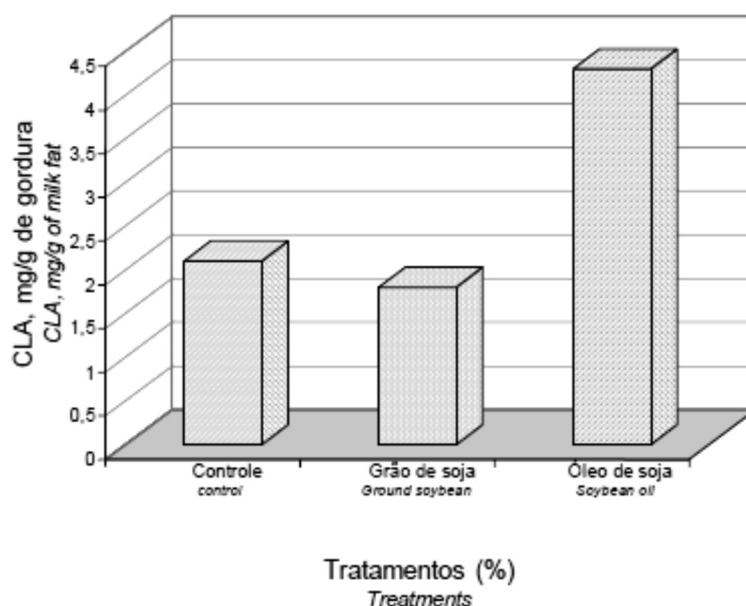


FIGURA 2. Efeito da suplementação de lipídios sobre o nível de CLA no leite. Fonte: Adaptado Santos et al. (2001).

Em concordância, Santos et al.(2000) demonstraram que o óleo de soja favoreceu um aumento de CLA no leite quando comparada ao grão de soja, como mostra a gráfico abaixo. Os óleos vegetais também são mais eficientes que sementes extrusadas para aumentar CLA no conteúdo de leite (CHILLIARD et al., 2000).

COMPOSIÇÃO DE LEITE DE CABRAS

A composição lipídica do leite de cabra é uma característica de maior importância na determinação de sua qualidade nutricional e comercial, pois esses componentes estão envolvidos tanto na produção como na qualidade de queijos e estão diretamente relacionados à coloração e ao sabor de produtos lácteos (DE-LACROIX-BUCHET & LAMBERET, 2000).

A vantagem nutricional do leite de cabra em relação ao de vaca consiste no menor tamanho dos glóbulos de gordura, que resulta em produtos mais facilmente digestíveis. Além disso, aproximadamente 20% dos ácidos graxos do leite de cabras são de cadeia curta (C4:0 – C12:0) e são de rápida digestão (JENNESS, 1980).

Ao estudar o efeito da adição de 9 e 12% de gordura protegida rica em PUFAs, Sanz Sampelayo et al. (2002), verificaram uma diminuição na proporção total de ácidos graxos saturados. Esses autores ainda relataram um aumento significativo nas proporções de

C14:1, C16:1, C18:2, C18:3, C20:2 e decréscimo de C18:0. Os resultados indicaram que a atividade ruminal não foi afetada pelo nível de adição de gordura, uma vez que não houve diminuição na proporção dos ácidos graxos até 14 átomos de carbono, que são provenientes da síntese de novo e, portanto, da concentração molar do acetato resultado da digestão das fibras no rúmen. Assim, presume-se que é possível, a partir da utilização de suplementos concentrados formulados com óleos que apresentem conteúdo elevado de ácido linoleico, obter teores elevados de ácidos graxos poliinsaturados, especialmente o CLA na gordura do leite caprino.

Bernard et al. (2009) em estudo avaliando o efeito de dietas com óleos vegetais concluíram que os óleos vegetais na dieta realçam a síntese da gordura de leite, alteram a composição de ácido graxo do leite e inibem especificamente a atividade mamária de estearoil-CoA desaturase na cabra. Além disso, o regulamento do lipogênese mamária em resposta aos óleos vegetais parece está relacionado aos fatores da expressão mamária alterada do gene ou do potencial da atividade de enzimática.

De mesma forma, Pereira (2009) observou efeito da adição de óleos nas dietas de cabras, verificando que suplementação com o óleo de licuri ou mamona foi efetiva em promover as alterações no leite caprino com a influência no perfil de ácidos graxos em que, a inclu-

são do óleo de mamona elevou o teor de ácidos graxos poliinsaturados, benéficos à saúde humana. Por sua vez, o emprego do óleo de licuri causa variação negativa pelo incremento na concentração dos ácidos graxos saturados, ressaltando que esta característica pode ser relevante para a indústria de laticínios, devido à estabilidade que pode ser conferida ao leite.

Fernandes et al. (2008), também relataram influência na utilização de óleos de algodão ou girassol, observando que a adição na dieta diminuiu a quantidade de ácidos graxos de cadeia curta, como mirístico, que pode proporcionar sérios problemas à saúde. Já o óleo de girassol a 5% na MS aumentou a concentração de ácidos graxos poliinsaturados, principalmente o linolênico, que pode tornar o leite um produto melhor para o consumo humano, tendo em vista o provável efeito deste ácido graxo na prevenção de problemas cardiovasculares.

Maia et al. (2006), quando incluíram óleos de arroz, soja e canola em dietas para cabras lactantes, verificaram uma redução nos ácidos graxos de cadeia curta, entre eles, o ácido láurico e o mirístico, que tornam o leite de fácil digestão, em razão da ação mais eficaz das lipases ésteres dos triglicérides desses ácidos graxos (PARK, 1994). Esses referidos autores observaram ainda que quanto maior a concentração do C 18:2 na dieta, maiores são as chances de elevar a concentração de CLA na gordura do leite. Pode

ser observar esse comportamento na Figura 3, pois o óleo de soja foi a fonte mais rica em ácido linolênico, seguido dos óleos de arroz e de canola.

Silva et al. (2006), que trabalharam com fontes lipídicas protegidas e não protegidas em dietas de cabras, verificaram uma redução na quantidade do C12:0 e do C14:0 em relação à dieta sem óleo. Mesquita et al. (2006) avaliaram a inclusão de feno de maniçoba (*Manihot glaziovii* Muel. arg.) na dieta de cabras mestiças Moxotó e encontraram diferença ($P < 0,05$) na concentração do C14:0 (7,85%) quando fornecida a dieta com relação volumoso:concentrado 60:40, o que indica também que a relação volumoso:concentrado pode alterar o perfil lipídico do leite de cabras.

Bomfim et al. (2006), trabalhando com duas fontes de óleo (soja e palmiste) na dieta de cabras Saanen em lactação, observaram um aumento no teor do ácido linolênico conjugado para ambas as suplementações.

Segundo Gulati et al. (1997), a quantidade de ácidos graxos transferidos da dieta para a gordura do leite está diretamente relacionada ao nível de proteção implementado à fonte suplementar de óleo e ao tipo de suplemento empregado. Portanto, a manipulação da dieta de cabras leiteiras, dependendo do objetivo proposto para o produto final, pode ser uma forma de controlar as características nutricionais e/ou físico-químicas da gordura do leite.

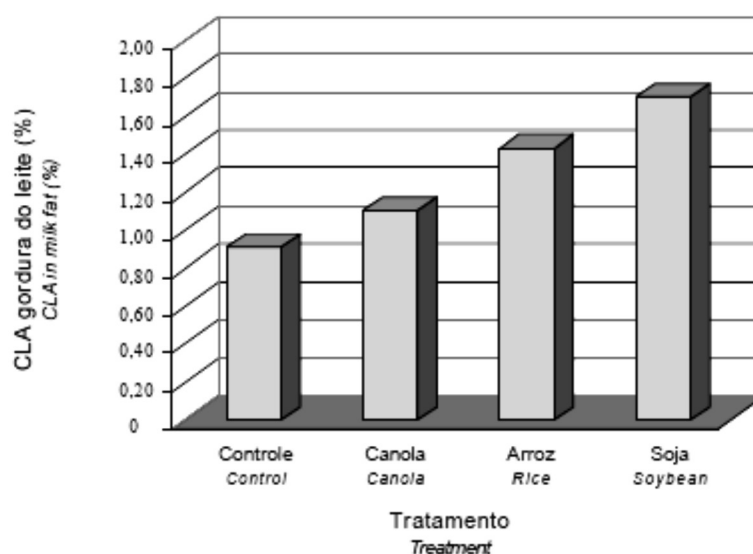


FIGURA 3. Efeito da suplementação com fontes de óleos vegetais sobre a concentração de CLA na gordura do leite de cabras Saanen. (Adaptado de MAIA et al., 2006)

Para cadeia produtiva da caprinocultura leiteira a modificação do perfil dos ácidos graxos e, em especial aumento do CLA (cis-9,trans-11) molécula considerada com potencial funcional, pode ser uma estratégia utilizada para ampliar as oportunidades do mercado do leite e derivados pela agregação de valor diante ao novo consumidor preocupado com a saúde e em consumir alimentos saudáveis. Haja vista, que no Brasil o leite de cabra e seus derivados são comercializados a um valor superior ao leite de vaca quando comparado a outros países. Tal diferença pode chegar até 220% (CORDEIRO & CORDEIRO, 2009). Este é um dos aspectos que reduz a competitividade deste produto e as oportunidades de ampliação de mercado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de lipídios na dieta de ruminantes representa uma forma de atender as demandas energéticas, bem como uma estratégia de manipular o perfil de ácidos graxos do leite, aumentando a participação dos ácidos poliinsaturados e reduzidos os ácidos graxos saturados.

Diversas fontes de lipídios estão sendo utilizadas nas dietas para ruminantes, sob forma de óleo vegetal, gordura protegidas ou inertes e sementes de oleaginosas, favorecendo assim o maior aporte de ácidos graxos poliinsaturados (linoleico e linolênico) na melhoria do perfil lipídico do leite. A modificação desse perfil lipídico se dar pelo aumento do CLA (cis – 9, trans- 11), reconhecido pelos seus efeitos anticarcinogênicos e antiaterogênicos, o que torna o consumo de leite vantajoso para o consumidor pelos seus benefícios a saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARD, L.; SHINGFIELD, K.J.; ROUEL, J. et al. Effect of plant oils in the diet on performance and milk fatty acid composition in goats fed diets based on grass hay or maize silage. **British Journal of Nutrition**, v.101, p.213- 224, 2009.
- BESSA, R.J.B.; SANTOS-SILVA, J.; RIBEIRO, J.M.R.; PORTUGAL, A.V. Reticulo-rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers. **Livestock Production Science** 63 (2000) 201–211
- BOMFIM, M. A. D.; QUEIROGA, R.C.E.; AGUILA, M.B.; MEDEIROS, M, C.; FISBERG, M.; RODRIGUES, M. T.; SANTOS, K. M. O.; LANNA, D. P. D. Abordagem multidisciplinar de P, D&I para o desenvolvimento de produto lácteo caprino com alto teor de CLA e alegação de propriedade funcional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.98-106, 2011 (supl. especial).
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, D.P.D.; FACO, O.; RODRIGUES, M.T.; GOMES, M.F.; PEREIRA, L.P.S. Efeito da manipulação dos teores de ácidos graxos sobre o potencial funcional da gordura do leite de cabra para a nutrição e saúde humanas. In: CONGRESSO PANAMERICANO DO LEITE, 9. **Tendências e avanços do Agronegócio de leite nas américas: mais leite = mais saúde**. Ed. Carlos Eugênio Martins et al. Porto Alegre-RS, 2006
- CANT, J.P., PETERS, E.J., BALDWIN, R.L. 1993. Mammary uptake of energy metabolites in dairy cows fed fat and relationship to milk protein depression. **Journal Dairy Science**, 76:2254.
- CHALUPA, W., VECCIARELLI, B., ELSER, E. et al. 1986. Ruminant fermentation “in vitro” of long chain fatty acids. **Journal Dairy Science**, 69(5):1293-1303.
- CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; MANSBRIDGE, R. M.; DOREAU, M. Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. **Ann. Zootech.** 49 (2000) 181–205.
- CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; ROUEL, J.; LAMBERET, G. A Review of Nutritional and Physiological Factors Affecting Goat Milk Lipid Synthesis and Lipolysis. **Journal Dairy Science**. 86:1751–1770 2003.
- CORDEIRO, P.R.C.; CORDEIRO, A.G.P.C. Mercado do leite de cabra e de seus derivados. In: FONSECA, J.F.; BRUSCHI, J.H. (Eds.). **Produção de caprinos na região da Mata Atlântica**. Juiz de Fora: Embrapa Caprinos e Ovinos/Gado de Leite, 2009. p.49-58.
- CORL, B. A.; BAUMGARD, L. H.; DWYER, D. A.; GRINARI, J. M.; PHILLIPS, B. S.; BAUMAN, D. E. The role of D9-desaturase in the production of cis-9, trans-11 CLA. **Journal of Nutritional Biochemistry**. 12 (2001) 622–630, 2001.
- DELBECCHI, L.; AHNADI, C.E.; KENNELLY, J.J.; LACASSE, P. Milk fatty acid composition and mammary lipid metabolism in Holstein cows fed protected or unprotected canola seeds. **Journal of Dairy Science**, v.84, n.6, p.1375-1381, 2001.

- DEMEYER, D.; DOREAU, M. Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. **Proceedings of the Nutrition Society**, Wallingford, v.58, p.593-607, 1999.
- DHIMAN, T.R., NAM, S.H., URE, A.L. Factors affecting conjugated linoleic acid content in milk and meat. **Critical Reviews in Feed Science and Nutrition**. v.45, pp 463-482, 2005.
- EIFERT, E.C.; LANA P.R.; LANNA, D.P.D.; LEOPOLDINO, W.M.; DE OLIVEIRA, M.V.M.; ARCURI, P.B.; CAMPOS, J.M.S.; LEÃO, M.I.; VALADARES FILHO, S.C. Consumo, produção e composição do leite de vacas alimentadas com óleo de soja e diferentes fontes de carboidratos na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.211-218, 2006.
- FERNANDES, M.F.; QUEIROGA, R.C.R.E.; MEDEIROS, A.M. et al. Physico-chemical characteristics and fatty acid profile of Milk of crossbred Moxotó goats supplemented with cottonseed or sunflower oil. **Brazilian Journal of Animal Science**, v.37, n.4, p.703-710, 2008.
- GAYNOR, P.J., ERDMAN, R.A., TETER, B.B. 1994. Milk fat yield and composition during abomasal infusion of cis or trans octadecenoates in holstein cows. **Journal Dairy Science**, 77(1):157-165.
- GRIINARI, J. M.; CORL, B. A.; LACY, S. H.; CHOUINARD, P. Y.; NURMELA, K.V.V.; Bauman, D. E. Conjugated Linoleic Acid Is Synthesized Endogenously in Lactating Dairy Cows by D9-Desaturase, **Journal of Nutritional**. 130:2285–2291, 2000.
- GRIINARI, J.M. et al. Variation of milk fat concentration of conjugated linoleic acid and milk fat percentage is associated with a change in ruminal biohydrogenation. **Journal Animal Science**, Savoy, v.77 (Suppl. 1), p.117 - 118 (Abstr.), 1999.
- GRIINARI, J.M., DWYER, D.A., MCGUIRE, M.A. et al. Partially hydrogenated fatty acid and milk fat depression. **Journal Animal Science**, 79 (Suppl. 1):177. 1996.
- GULATI, S.K.; BYERS, E.B.; BYERS, Y.G. Effect of feeding different fat supplements on the fatty acid composition of goat milk. **Animal Feed Science Technology**, v.66, p. 159-164, 1997.
- HARFOOT, C.G.; HAZLEWOOD, G.P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P.N. **The rumen microbial ecosystem**. New York: Elsevier, 1988. P. 285-322.
- HARRISON, J.H., KINCAID, R.L., MCNAMARA, J.P. 1995. Effect os fat from whole cottonseeds and calcium salts of long chain fatty acids on performance of lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**, 78(1):181-193.
- HUR, S. J.; PARK, G. B.; JOO, S. T. Biological activities of conjugated linoleic acid (CLA) and effects of CLA on animal products. **Livestock Science**. 110 (2007) 221–229, 2006.
- IP, C.; CHIN, S.F.; SCIMECA, J. A.; PARIZA, M.W. Mammary cancer prevention by conjugated dienolic derivative of linoleic acid. **Cancer Res**. 51:6118–6124, 1991.
- JENKINS, R.C; WALLACE, R.J.; MOATE, P.J.; MOSLEY, E.E. Board-invited review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.86, p.397-412, 2008.
- JENKINS, T. C. Lipid metabolism en the rumen. Symposium: Advances in ruminant lipid metabolism. **Journal of Dairy Science**, 79 (12): 3851 3863, 1993.
- JENNESS, R. Composition and characteristics of goats milk: review 1968-1979. **Journal of Dairy Science**, v.79, p.438-445, 1980.
- JIANG, J., BJOERCK, L., FONDEN, R. et al. Occurrence of conjugated cis-9, trans-11-octadecadienoic acid in bovine milk: effects of feed and dietary regimen. **Journal Animal Science**, 79:438-445. 1996.
- KELLY, M.L.; BERRY, J.R.; DWYER, D.A. et al. Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. **Journal of Nutrition**, v.128, p.881-885, 1998.
- KENNELLY, J.J. The fatty acid composition of milk fat as influenced by feeding oilseeds. **Animal Feed Science Techonology**. 60:137-152. 1996.
- KEPLER, C.R.; HIRONS, K.P.; McNEILL, H.J.J.; TOVE, S.B. Intermediates and products of the biohydrogenation of linoleic acid by *Butyrivibrio Fibri-solves*. **The Journal of Biologia Chemistry**. Vol. 241, No 6, 1966.
- KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: Imprensa Universitária, p.139, 2002.
- LEE, J. H.; GOVIND, K.; BROU, K. Concentration and distribution of conjugated linoleic acids and TRANS – fatty acids in small ruminant milk and meat lipids. **Journal of Food Lipids**. 13 (2006) 100–11, 2005.

- LEHNINGER, A.L. **Princípios de Bioquímica**. São Paulo: Savier, 2002. 280 p. Capítulo 11.
- LEITE, L.C.; LANNA, D.P.D. Avanços no estudo do metabolismo de lipídios: perfil da gordura depositada na carne ou secretada no leite de ruminantes. In: PRADA e SILVA, L.F.; RENNÓ, F.P. (Ed.) II Simpósio Internacional Avanços em Técnicas de Pesquisa em Nutrição de Ruminantes. Pirassununga: Editora 5D, 2009. p.147-164. (ISBN 978-85-60014-05-7).
- MAIA, F.J.; BRANCO, A.F.; MOURO, G.F. et al. Inclusão de fontes de óleo na dieta de cabras em lactação: produção, composição e perfil dos ácidos graxos do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1496- 1503, 2006.
- MAIA, M. RG.; CHAUDHARY, L. C.; BESTWICK, C.S.; RICHARDSON, A. J.; 1, MCKAIN, N.; LARSON, T.R.; 3, GRAHAM, I. A.; WALLACE, R. J. Toxicity of unsaturated fatty acids to the biohydrogenating ruminal bacterium, *Butyrivibrio fibrisolvens*. *BMC Microbiology*. 10:52. 2010.
- MAIGA, H.A., SCHINGOETHE, D.J. 1997. Optimizing the utilization of animal fat and ruminal bypass proteins in the diets of lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**, 808(2):343-352.
- MCGUIRE, M.A., MCGUIRE, M.K., GUY, M.A. et al. Effect of dietary lipid concentration on content of conjugated linoleic acid (CLA) in milk from dairy cattle. **Journal Animal Science**, 74 (Suppl. 1):266. 1996.
- MESQUITA, I.V.U.; COSTA, R.G.; QUEIROGA, R.C.R.E. et al. Composição química do leite de cabras da raça Moxotó alimentadas com diferentes níveis de silagem de maniçoba (*Manihot glaziovii* Muel. arg.). In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. (CD-ROM)
- NEVES, C.A.; SANTOS, W.B.R.; SANTOS, G.T., et al. Production performance and milk composition of dairy cows fed extruded canola seeds treated with or without lignosulfonate. **Animal Feed Science and Technology**, v. 154, p. 83-92, 2009.
- PALMQUIST, D.L. Suplementação de lipídios para vacas em lactação. In: Simpósio Sobre Nutrição De Ruminantes, 6, 1989, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1989. p.11-25. 1989.
- PALMQUIST, D.L.; BEAULIEU, A.D. Feed and animal factors influencing milk fat composition. ASDA Foundation Symposium: Milk fat synthesis and modification. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.6, p.1753-1771, 1993.
- PALMQUIST, D.L.; BEAULIEU, D.; BARBANO, D.M. Feed and animal factors affecting milk fat composition. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.1753-1771, 1993.
- PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. Fat in lactation rations: Review. **Journal of Dairy Science**, v.63, n.1, p.1, 1980.
- PARK, Y. W. Hypo-allergenic and therapeutic significance of goat milk. **Small Ruminant Research**, v.14, p.151-159, 1994.
- PEREIRA, R.A.G. **Impacto de dietas contendo óleo de licuri ou mamona nas características físico-químicas, sensoriais e aromáticas do leite de cabra**. 2009. 111f. Tese (Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.
- ROMO, G.A.; ERDMAN, R.A.; TETER, B.B.; SAMPUGNA, J.; CASPER, D.P. Milk composition and apparent digestibilities of dietary fatty acids in lactating dairy cows abomasally infused with cis or trans fatty acids. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.11, p.2609-2619, 2000.
- SANTOS, F.L.; SILVA, M.T.C.; LANA, R.P.; BRANDÃO, S.C.C.; VARGAS, L.H.; ABREU, L.R. Efeito da suplementação de lipídios na ração sobre a produção de ácido linoleico conjugado (CLA) e a composição da gordura do leite de vacas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Vol. 30, 1931-1938, 2001.
- SANZ SAMPELAYO, M.R.S.; PÉREZ, L.; ALONSO, M.J.J. et al. Effects of concentrates with different contents of protected fat rich PUFAs on the performance of lactating Granadina goats. Part II. Milk production and composition. **Small Ruminant Research**, v.43, p.141-148, 2002.
- SILVA, M. M.C.; RODRIGUES, M.T.; SILVA, M.T.C.S. et al. Perfil de ácidos graxos do leite de cabras recebendo suplementos de lipídios na dieta. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. (CD-ROM)
- SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, D.J., VAN SOEST, P.J. et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: Carbohydrate and

- protein availability. **Journal Animal Science**, 70(11):3562-3577.
- STANTON, C., LAWLESS, F., KJELLMER, G. et al. Dietary influences on bovine milk cis-9, trans-11-conjugated linoleic acid content. **Journal Food Science**, 62:1083-1086. 1997.
- TANAKA, K. Occurrence of conjugated linoleic acid in ruminant products and its physiological functions. **Animal Science Journal**, v.76, n.4, p.291-303, 2005.
- Van NEVEL, C.J.; DEMEYER, D.I. Manipulation of ruminal fermentation. In: HOBSON, P.N. (Ed.) The rumen microbial ecosystem. Essex: **Elsevier Science Publishers**, 1988. p.387-443.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- WU, Z., HUBER, J.T. Relationship between dietary fat supplementation and milk protein concentration in lactating cows: a review. **Livestock Production Science**, 39(2):141-155. 1994.
- WU, Z.; HUBER, J.T.; CHAN, S.C.; SIMAS, J.M.; CHEN, K.H.; VARELA, J.G.; SANTOS, F.; FONTES, C.; YU, P. Effect of source and amount of supplemental fat on lactation and digestion in cows. **Journal of Dairy Science**, v.77, n.6, p.1644-1651, 1994.
- WU, Z.; HUBER, J.T.; SLEIMAN, F.T.; SIMAS, J.M.; CHEN, K.H.; CHAN, S.C.; FONTES, C. Effect of three supplemental fat sources on lactation and digestion in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.11, p.3562-3570, 1993.