

# Suplementação Lipídica para Vacas Leiteiras

*Alexandre M. Pedroso<sup>1</sup>*

*Fernanda Lopes Macedo<sup>2</sup>*

## INTRODUÇÃO

Do ponto de vista nutricional, o principal limitante à produção de vacas leiteiras é a ingestão de energia. Isso é importante não só no período de pico de produção, mas também para garantir a reposição da condição corporal ao longo da lactação. Para aumentar a densidade energética das rações de vacas leiteiras o suplemento mais utilizado é os grãos de cereais, principalmente milho, e também subprodutos da agroindústria à base de pectina ou fibra de alta digestibilidade, como a polpa cítrica, casca de soja e farelo de glúten-21.

A utilização de fontes de amido como suplemento energético é limitada para vacas de alta produção, que consomem acima de 18-20 kg de matéria seca (MS) ao dia, sob pena de prejudicar a digestibilidade da forragem e, por conseqüência, o desempenho dos animais. Quando se utiliza resíduos fibrosos como alternativa para a suplementação energética esse problema é menos crítico, mas à medida que a produção média dos rebanhos aumenta, o uso de grãos de cereais é intensificado, o que pode resultar em diversos problemas decorrentes da queda excessiva do pH ruminal, menor digestibilidade da fração fibrosa, maior risco de acidose, e prejuízo à produção e composição do leite.

Neste cenário tem crescido bastante o interesse pela utilização de fontes de gordura na dieta de vacas em lactação, principalmente fontes de baixa degradabilidade ruminal, uma vez que os microrganismos do rúmen são bastante sensíveis à presença de lipídios insaturados. A suplementação de vacas leiteiras com fontes de gordura pode ter as seguintes vantagens:

- Aumentar a densidade energética das dietas, uma vez que as gorduras contêm 2,25 vezes mais energia que os carboidratos;

---

<sup>1</sup> Pesquisador – EMBRAPA Pecuária Sudeste – [ampedroso@cnpse.embrapa.br](mailto:ampedroso@cnpse.embrapa.br)

<sup>2</sup> Mestranda do Depto. de Zootecnia – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

- Melhorar a eficiência energética pela redução na emissão de metano e no incremento calórico, uma vez que grande parte dos lipídios suplementares não é metabolizada no rúmen;
- Menor risco de acidose ruminal, pela menor inclusão de carboidratos rapidamente fermentescíveis nas dietas.

Dessa forma, o interesse pelo uso de fontes de gordura suplementar na dieta de vacas leiteiras tem aumentado bastante nos últimos anos. Dentre as razões que motivam esse interesse podem ser destacados:

- Aumento da disponibilidade de fontes de gordura de alta qualidade, a um preço competitivo;
- Aumento do potencial produtivo dos animais, exigindo assim dietas com maior percentual de energia metabolizável;
- Maior disponibilidade de dados mostrando respostas produtivas e reprodutivas positivas de vacas suplementadas com gordura;
- Reconhecimento da maior eficiência quando se utiliza energia com níveis ótimos de gordura na dieta.

## **BENEFÍCIOS E LIMITAÇÕES DO USO DE GORDURA NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS**

Os benefícios da suplementação de vacas leiteiras com fontes de gordura sobre a produção de leite são amplamente conhecidos. Principalmente vacas em início de lactação, que apresentam consumo deprimido e necessitam mobilizar reservas corporais para atender à demanda produtiva, podem se beneficiar bastante do aumento na densidade energética das dietas proporcionado pela inclusão de lipídios suplementares.

Uma meta-análise realizada recentemente por pesquisadores canadenses (Eugène et. al., 2008) mostrou que de maneira geral a suplementação com lipídios melhora a eficiência alimentar (kg de leite corrigido para 4% de gordura/kg de matéria seca ingerida) de vacas em lactação em 7%, além de reduzir em 9% a produção de metano (CH<sub>4</sub>) desses animais. Diversos estudos também mostram claramente os benefícios da suplementação lipídica sobre o desempenho

reprodutivo de vacas leiteiras (Grimard et al., 1995; Santos & Sá Filho, 2006; Sartori & Guardieiro, 2010)

No entanto, apesar da sua ação positiva no aumento da densidade energética e na reprodução, a adição excessiva de lipídeos à dieta pode causar efeitos negativos na fermentação ruminal (inclusão acima de 5-6% da MS). Nessa condição, especialmente se o suplemento gorduroso for rico em ácidos graxos poliinsaturados (AGPI), a degradação de carboidratos estruturais pode ser drasticamente reduzida, em até mais de 50%, mesmo que a dieta contenha menos de 10% de gordura suplementar (Jenkins, 1993). Via de regra, essa redução na digestão de fibra é acompanhada de menor produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), especialmente acetato, além de metano e hidrogênio, o que pode resultar num grande desbalanço nutricional para os animais.

Dessa forma, a recomendação é não formular dietas para vacas leiteiras com mais de 6% de gordura, medida como teor de extrato etéreo (EE), pois acima desse patamar aumentam as chances de haver prejuízo à fermentação ruminal. Quando se trabalha com fontes de gordura protegidas da degradação ruminal é possível ir um pouco além desses 6%, mas o limite é bastante estreito.

Segundo Palmquist & Mattos (2006), a suplementação lipídica acima de 5% da matéria seca compromete o consumo, seja por mecanismos regulatórios que controlam a ingestão de alimentos, seja pela capacidade limitada dos ruminantes em oxidar os AG. Os autores afirmam que a quantidade mais adequada de AG a ser incluída nas rações de vacas leiteiras deve ser equivalente à quantidade de AG secretados no leite.

Essa recomendação tem como base dados da literatura que mostram digestibilidade média dos AG de 80%, sendo que 75% dos AG absorvidos são incorporados à gordura do leite. Dessa forma, pode-se concluir que cerca de 60% dos AG da dieta acabam fazendo parte da gordura do leite. Logicamente a questão do perfil dos AG da dieta deve ser considerada, face aos efeitos negativos dos AGPI sobre a fermentação ruminal

## **PRINCIPAIS FONTES DE GORDURA SUPLEMENTAR**

Devido à impossibilidade de utilização de fontes de gordura animal na alimentação de ruminantes em nosso país, há uma grande limitação na disponibilidade de suplementos lipídicos para vacas leiteiras. Os principais são as

sementes de oleaginosas, como a soja, algodão, girassol e linhaça, na forma integral ou processada, e as gorduras modificadas para reduzir a degradabilidade ruminal, como os sabões de cálcio.

A Tabela 1 mostra a composição em ácidos graxos de alguns dos principais suplementos lipídicos utilizados na alimentação de vacas leiteiras.

Tab. 1. Perfil de ácidos graxos de diversos suplementos lipídicos utilizados na alimentação de vacas leiteiras – composição percentual.

Suplemento	Ácido graxo						
	C14:0 Mirístico	C16:0 Palmítico	C16:1 Palmitoleico	C18:0 Esteárico	C18:1 Oleico	C18:2 Linoleico	C18:3 Linolênico
Óleo de Soja	<1	11	<1	4	23	54	8
Óleo de Algodão	1	23	1	3	18	54	1
Óleo de Girassol	<1	7	<1	5	19	68	1
Óleo de Canola	<1	4	<1	2	63	19	9
Megalac-E	<1	17	<1	6	26	42	4
Energizer <sup>(1)</sup>	---	>85	---	<2	---	---	---

(1) Informação do fabricante

O teor de AG da maioria dos grãos de cereais e das forragens geralmente fica entre 1 e 3% da MS total, em sua maior parte de AG insaturados, principalmente oléico, linoléico e linolênico (Jenkins, 2010). Nas forragens o AG insaturado predominante é o linolênico, seguido pelo linoléico. Nos grãos de cereais predomina o linoléico, seguido pelo oléico.

As sementes de oleaginosas são fontes tradicionais de lipídios para vacas leiteiras, e normalmente são utilizadas na forma integral ou quebradas. Em nosso país, as mais utilizadas em fazendas leiteiras são a soja e o algodão. Além destes, utiliza-se com grande frequência nas fazendas brasileiras as fontes de gordura protegidas da degradação ruminal, como os sabões de cálcio e outras.

### ***Caroço de algodão***

O caroço de algodão (CA) é um alimento especial, pois fornece simultaneamente energia, proteína e fibra em concentrações elevadas,

constituindo-se numa excelente opção para dietas de vacas leiteiras. Pouquíssimos alimentos reúnem alto teor energético e fibra de alta efetividade como o CA. Esta fração fibrosa estimula a ruminção e a manutenção do funcionamento ruminal, apresentando uma alta digestibilidade, o que torna o CA um alimento preferencial para uso em rações de vacas leiteiras de produção mais elevada.

Para animais de alta produção, as capacidades de ingestão de matéria seca, energia e fibra normalmente se opõem, dificultando muito a formulação de dietas, já que todos os três requerimentos precisam ser atendidos simultaneamente para maximizar o desempenho dos animais. Como o CA fornece energia e fibra em concentrações relativamente altas, muitas vezes só ele permite o balanceamento de algumas dietas.

Via de regra, bovinos alimentados com caroço de algodão apresentaram diferentes resultados daqueles apresentados por animais recebendo os seus componentes, gordura, farelo e casca, separadamente (Garcia, 2005). Uma das razões para este fato pode ser a liberação lenta da gordura no rúmen, ou o fato de parte da gordura do CA atingir o intestino, o que pode explicar o aumento da produção de gordura do leite observado em vacas recebendo CA.

Baseado nos dados da literatura nacional e internacional, talvez se possa recomendar que, em dietas onde a silagem de milho é o único volume, o ideal seria que não se trabalhasse com mais de 8% a 10% de CA na MS da dieta. Isto equivaleria a um máximo de 1,5 a 2,0 kg de caroço de algodão por vaca/dia. No entanto, talvez as silagens de milho tropical, que possuem nível de fibra mais elevado que as produzidas nas regiões temperadas, permitam a utilização de valores maiores. Já em dietas onde pelo menos 25% da MS da dieta é composta por feno ou silagem de alfafa ou outras gramíneas com maior teor de fibra, a participação do CA poderia ser aumentada para 12 a 15% da MS da dieta, o que equivaleria a 2 a 3 kg de caroço de algodão por vaca/dia.

Segundo Garcia (2005) encontra-se resultados bastante diversos sobre os efeitos do CA sobre a composição do leite. Coppock et al (1987), analisaram os resultados de 18 experimentos, e observaram que a inclusão do CA às dietas de vacas em lactação resultou em aumento no teor de gordura do leite e frequentemente aumentou a quantidade de leite corrigido para o teor de gordura, embora em apenas 4 experimentos esta última variável tenha sido significativamente diferente do controle. Cerca de metade dos experimentos avaliados também mostrou depressão no teor de proteína do leite. Este efeito não é específico do CA, isso normalmente ocorre quando se fornece outros tipos de

gordura, para vacas leiteiras. Uma possível explicação para esta depressão estaria relacionada à excessiva degradabilidade ruminal da proteína no caroço de algodão (DePeters e Cant, 1992, citados por Arieli, 1998), mas o mais provável é haver um efeito de diluição associado ao aumento no volume de produção.

A adição de gordura em dietas de ruminantes parece também deprimir a digestão da fibra (Palmquist e Jenkins, 1980, citados por Coppock et al., 1987). Existem várias teorias para explicar este efeito, sendo que o principal motivo sugerido é a inibição da atividade microbiana ruminal, especialmente dos microorganismos que digerem fibra. Isto parece ser minimizado no caroço de algodão pelo fato da gordura estar "naturalmente protegida" dentro do grão, que requer sua regurgitação e ruminação para que a gordura seja liberada, o que acaba ocorrendo lentamente. Mesmo assim, algum efeito associativo negativo desta gordura com a digestão da fibra da dieta parece ser possível.

Segundo Harris (1992), geralmente acredita-se que o uso do caroço de algodão sempre irá aumentar a produção de leite, o teor de gordura ou ambos. Todavia, as pesquisas sugerem que a resposta depende do volumoso principal da dieta, podendo ser negativa quando se utiliza silagem de milho como forragem exclusiva, especialmente no que se refere ao teor de gordura do leite.

Smith e Harris (1992), citados por Harris (1992), concluíram que em nove experimentos onde a silagem de milho era a única forragem, a média de produção de leite não foi alterada e o teor de gordura caiu de 3,58 para 3,37%, enquanto que o teor de proteína não foi alterado, com a adição de uma média de 16,2% da matéria seca da dieta na forma de CA. Eles afirmam que em dietas a base de silagem de milho, o valor energético do CA é superestimado. Já quando o CA foi usado em dietas onde o principal volumoso era o feno de alfafa (seis experimentos), foram observados aumentos no teor de gordura e na produção de leite corrigida para gordura, enquanto que o teor de proteína do leite caiu de 3,17 para 3,08%.

Firkins et al. (2002) não observaram diferenças, nem na produção, nem na composição do leite quando, o CA foi adicionado à dieta de vacas leiteiras de alta produção (inclusão de 15% na MS total). Neste trabalho as vacas recebiam dietas com silagem de milho e silagem de alfafa. Harvatine et al. (2002) também não encontraram diferenças na produção e composição do leite quando o CA substituiu parte da forragem (silagem de alfafa) de dietas de vacas leiteiras no terço médio de lactação.

A substituição de parte da forragem é uma possibilidade interessante para emprego do CA em sistemas de produção de leite. Peres (2002) relata que quando comparado com alfafa picada de forma grosseira (média de 11,4 mm), o CA teve 50% da capacidade desta em estimular a ruminação. Quando comparado com alfafa picada de forma mais fina (média de 5,8 mm), ele teve 124% da capacidade de estimulação da alfafa. Vários trabalhos já demonstraram a "efetividade" da fibra do caroço de algodão. Acredita-se que o "enchimento" provocado pelo caroço de algodão acaba diminuindo a taxa de passagem dos alimentos pelo rúmen, o que estimula a ruminação.

Os diversos estudos revisados sugerem que a depressão no teor de gordura, na produção de leite, ou ambos, observada com a inclusão de CA em dietas a base de silagem de milho, deve estar relacionada com o tamanho das partículas do volumoso. Isso pode ser contornado pela substituição de parte da matéria seca da silagem de milho por uma fonte de fibra mais longa, como feno de gramíneas ou leguminosas. De qualquer forma, o produtor que esperar grande resposta do CA em dietas em que o volumoso principal é silagem de milho poderá ficar desapontado.

Uma possível explicação para estas observações foi dada por Jenkins, 1993. Estudando o efeito da adição de diferentes tipos de gordura em dietas de vacas leiteiras o autor identificou que a concentração de ácidos graxos insaturados na dieta explicava boa parte da resposta em produção de leite. Todavia, a correlação era melhor quando a produção de leite era relacionada com a quantidade de ácidos graxos insaturados fornecidos por unidade de FDA da dieta. Segundo este estudo, não há efeito da fonte de gordura até que o nível de ácidos graxos insaturados suplementares atinja 0,06% da matéria seca da dieta por unidade de FDA. Por exemplo: se a dieta contém 20% de FDA, não deveria ser fornecido mais de 1,2% de ácidos graxos insaturados suplementares. Na gordura do CA cerca de 70% dos ácidos graxos são insaturados, ou seja, 1,7% de gordura de CA seria o valor teoricamente máximo numa dieta com 20% de ADF. Isto equivale a aproximadamente 8,5% da matéria seca da dieta na forma de caroço de algodão (assumindo CA com 20% de gordura).

Baseado nos dados da literatura nacional e internacional, talvez se possa recomendar que, em dietas onde a silagem de milho é o único volume, o ideal seria que não se trabalhasse com mais de 8% a 10% de CA na MS da dieta. Isto equivaleria a um máximo de 1,5 a 2,0 kg de caroço de algodão por vaca/dia. No entanto, talvez as silagens de milho tropical, que possuem nível de fibra mais elevado que as produzidas nas regiões temperadas, permitam a utilização de

valores maiores. Já em dietas onde pelo menos 25% da MS da dieta é composta por feno ou silagem de alfafa ou outras gramíneas com maior teor de fibra, a participação do CA poderia ser aumentada para 12 a 15% da MS da dieta, o que equivaleria a 2 a 3 kg de caroço de algodão por vaca/dia.

### ***O problema do gossipol***

O gossipol é um composto alcalóide polifenólico, tóxico para animais monogástricos. Atua reduzindo a capacidade de transporte de oxigênio do sangue, resultando em respiração mais curta e edema dos pulmões. Como é de conhecimento geral, o gossipol causa problemas de infertilidade em machos, de forma que seu fornecimento para machos pode ser um problema considerável.

No algodão, o gossipol encontra-se em pequenas glândulas de pigmento amarelo, encontradas por toda a planta, mas encontram-se especialmente concentradas no caroço (Blasi & Droulliard, 2002). Quando o caroço é floculado e aquecido como parte do processo de extração do óleo, estas glândulas se rompem liberando o gossipol que pode se ligar a outros componentes do caroço. Esta é a razão de se falar em termos de gossipol livre e "ligado". No CA não processado o gossipol encontra-se principalmente na forma livre. Durante o processamento, o gossipol livre pode se ligar à proteína, indisponibilizando tanto o gossipol quanto parte dos aminoácidos. A lisina parece ser o principal aminoácido envolvido no processo. Na forma "ligada" o gossipol não oferece risco aos ruminantes, pois não pode ser absorvido pelo trato digestivo (Mena, et al., 2004).

Embora os ruminantes possam ser intoxicados pelo gossipol administrado por via intravenosa, ele não parece ser problema quando ingerido através dos subprodutos do algodão, desde que utilizados nos níveis recomendados. Isto ocorre por que os microorganismos do rúmen parecem atuar anulando seu efeito tóxico. Estudos com carneiros com rúmen completamente desenvolvido (Martin, 1990, citado por Harris, 1992), demonstraram que o efeito tóxico do gossipol foi mínimo quando o teor de gossipol na dieta foi de 0,08% da matéria seca. Mena, et al. (2004) observaram elevação na concentração plasmática de gossipol em vacas leiteiras recebendo CA ou mesmo farelo de algodão, sendo que o CA causou elevação bem maior.

O teor de gossipol livre no CA parece estar entre 0,47 e 0,63% (média 0,55%) e no farelo de algodão de 0,08 a 0,30% na matéria original. Usando estes valores como exemplo, se o CA tiver 0,55% de gossipol livre, e for fornecido na



proporção de 15% da matéria seca da dieta, a concentração segura seria igual a  $0,15 \times 0,55 = 0,08\%$  de gossipol livre. Com base nos valores mencionados para o farelo, a quantidade segura seria ainda maior. Sendo assim, a menos que se tenha caroço com concentração muito superior, é pouco provável uma intoxicação.

Segundo Machado (2004), os níveis tóxicos de gossipol dificilmente serão atingidos, pois o CA contém apenas 6g de gossipol por kg. Já o farelo de algodão tem conteúdo variável dependendo do processamento, podendo variar de 0,7 a 3 g/kg, níveis muito baixos independente do método de extração de óleo empregado. O autor afirma que resultados de diversas pesquisas provaram que uma vaca adulta pode ser alimentada com até 24 g de gossipol por dia não apresentando problemas. Em touros o limite máximo ficou estabelecido em 30 mg gossipol total por kg de peso vivo, o que significa que deve-se estabelecer um limite máximo de fornecimento, em função do PV do animal.

### ***Soja integral***

O produto principal da soja na alimentação animal é o farelo de soja, embora a soja seja muito versátil e possa ser utilizada como grãos *in natura*, grãos tostados, grãos extrusados, grãos floculados, forragem, sobra de colheita, farelos, silagem, feno, casca de soja e óleos (Garcia, 2005). A soja grão (SG) é uma excelente fonte de proteína, e devido ao seu alto teor de lípideos, é também uma ótima fonte de energia. Dentre as sementes de oleaginosas, o grão de soja é o mais empregado nos países desenvolvidos, com o objetivo de suprir lípideos em rações de vacas de alta produção (Ruegsegger & Schultz, 1985).

A utilização da soja e seus subprodutos na alimentação de ruminantes é uma prática rotineira, mas a inclusão de grãos de soja *in natura* na dieta de vacas leiteiras é bem mais incomum. A soja é uma excelente fonte de aminoácidos essenciais e de energia. No entanto em função do seu teor de óleo, rico em ácidos graxos poliinsaturados, o nível de inclusão em dietas de vacas leiteiras é relativamente baixo, não ultrapassando os 10% da matéria seca ingerida ou níveis inferiores a 2,5 kg por animal dia (Teixeira & Garcia, 2004).

Uma das vantagens do uso de grãos de soja como fonte de gordura para vacas leiteiras é a lenta liberação dos lipídios no rúmen, em taxa que via de regra não supera a capacidade dos microrganismos ruminais em promover a biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados, o que é importante para minimizar o risco de prejuízo à digestão de fibras (Freitas Jr., 2008). Nas sementes de

oleaginosas, grande parte dos lipídios encontra-se no germe dos grãos, e para que haja hidrólise dessas gorduras é necessário degradar a parede celular. Após a quebra dessa barreira, os triglicerídeos são liberados no rúmen e hidrolisados, com liberação dos ácidos graxos e fermentação do glicerol (Palmquist & Mattos, 2006).

Segundo Garcia (2005), a soja adequadamente tratada pelo calor pode propiciar quantidades adequadas de proteína não degradada no rúmen e gordura. Existem vários tipos de processamento por calor de grãos, porém os principais são a extrusão e a tostagem. No sistema de tostagem, os grãos de soja são aquecidos a uma temperatura de 150° C em um tostador, o que constitui uma maneira bastante prática de processamento para a utilização da soja em níveis de até 18%, lembrando sempre que o processamento dos grãos podem influenciar na composição do leite.

O tratamento térmico também é usado para destruir fatores antinutricionais termo lábeis que estão presentes na soja crua. Esses fatores incluem inibidores de tripsina, urease, hemaglutininas, antivitaminas e fitatos. Inibidores de tripsina parecem reduzir a digestão de proteínas no intestino delgado, mas grande parte deles é destruída ainda no rúmen.

A urease é uma enzima que está presente na soja crua (1,0 a 2,3%) e é responsável pela transformação da uréia em amônia. A presença da urease inviabiliza o uso de uréia em rações que contenham soja crua. A dosagem desta enzima na soja tratada é utilizada para avaliar o resultado do tratamento térmico, visto que a quantidade de calor necessária para desativar a urease é suficiente para destruir os outros fatores antinutricionais termo lábeis.

No processo de tostagem, as células permanecem intactas e o conteúdo de gordura permanece no seu interior. Já no processo de extrusão, pelo fato da alta pressão a que é submetido o grão, as células vegetais se rompem, tornando a gordura "livre", o que pode ser prejudicial para animais ruminantes, especialmente o que se refere ao teor de gordura do leite. Pedroso (2006) utilizou soja extrusada na dieta de vacas em lactação confinadas em inclusão média de 9% da matéria seca total e observou teor médio de gordura no leite de 2,68%.

Os fatores que podem influenciar na resposta das vacas ao consumo de soja tratada com calor são: nível e tipo de tratamento térmico, tamanho de partícula da soja, aminoácidos e teor de PNDR da dieta, foragem usada na dieta e o estado fisiológico do animal. Experimentos mostraram maior produção de leite de vacas que consumiram soja extrusada em relação à soja crua. A soja tratada pode ser

oferecida de forma inteira, quebrada ou moída. A redução do tamanho da partícula aumenta a superfície de contato, mas isso pode ter um efeito negativo, em função do aumento na degradação ruminal do óleo e da fração protéica. Por outro lado, a redução no tamanho das partículas pode ser benéfica, já que há um aumento na digestão pós ruminal das proteínas.

Vargas et al. (2002) avaliaram a inclusão de diferentes fontes de gordura em rações para vacas em início de lactação, incluindo SG a base de 23,5% da MS total, mas não encontraram diferenças em relação ao tratamento controle. Lopez et al. (2007) também não observaram resposta à inclusão de SG na dieta de vacas Jersey em início de lactação. Duarte et al. (2005), também trabalhando com vacas Jersey, compararam diferentes fontes de gordura para animais em início de lactação e observaram que o tratamento com SG não diferiu do tratamento controle (sem gordura suplementar) com relação a produção de leite, produção de leite corrigido para 4% de gordura e eficiência alimentar, mas foi inferior ao tratamento contendo gordura inerte, em relação aos mesmos parâmetros.

Segundo Freitas Jr. (2008), uma questão importante em trabalhos que avaliaram a utilização de fontes de gordura na dieta de vacas leiteiras é a aceitabilidade das rações contendo SG, o que pode comprometer o consumo, fato que recorrente em diversos trabalhos publicados na literatura internacional.

### ***Fontes de gordura protegida da degradação ruminal***

Em função dos efeitos nocivos dos AG sobre a fermentação ruminal, especialmente sobre a digestibilidade da fração fibrosa da dieta de vacas leiteiras, passou-se a buscar alternativas para utilização de suplementos lipídicos numa forma que não interferisse, ou interferisse pouco, com os microrganismos do rúmen. A alternativa mais simples era a utilização de gordura saturada de origem animal, como sebo, mas o uso de produtos comerciais ganhou bastante espaço no mercado da nutrição de bovinos leiteiros.

Gorduras parcialmente hidrogenadas foram a primeira geração de lipídios inertes no rúmen (Loften & Cornelius, 2004). Trata-se de produtos obtidos pela hidrogenação de sebo ou óleos vegetais, a fim de aumentar o ponto de fusão do produto final. Esse processo reduz os efeitos negativos dos AG sobre a fermentação ruminal, mas também reduz drasticamente a digestibilidade do produto, o que limita bastante o seu uso em dietas de vacas leiteiras.

A segunda geração de gorduras inertes no rúmen foi os Sabões de Cálcio (SC) , produtos obtidos a partir da hidrólise de diferentes óleos vegetais (palma, soja, etc.) e posterior combinação com cálcio (Ca) formando sais, o que também eleva o ponto de fusão do produto final (Loften & Cornelius, 2004). Alguns SC são estáveis no rúmen até pH 6,5, mas outros dissociam-se com mais facilidade.

Sukhija & Palmquist (1990) mostraram que a estabilidade dos SC no rúmen depende diretamente da fonte de AG e do grau de insaturação dos mesmos, sendo que quanto mais insaturados forem os AG da fonte lipídica, menor a estabilidade dos produtos no ambiente ruminal. SC à base de ácido palmítico (C16:0), um AG saturado, mostrou-se estável mesmo em pH de 5,5, enquanto o produto à base de óleo de soja, com perfil mais insaturado, dissociou-se a partir de pH 6,5. Wu & Palmquist (1991) observaram que até 55% dos SC podem ser biohidrogenados no rúmen, o que dá uma medida da sua estabilidade bastante variável nessas condições.

Os Ácidos Graxos Livres Inertes (AGLI) são a terceira geração de suplementos lipídicos inertes no rúmen, para alimentação de ruminantes. São produtos pré-hidrolizados, hidrogenados e purificados (Loften & Cornelius, 2004). Essa forma de gordura inerte dispensa qualquer modificação química antes de ser digerida pelos ruminantes. Os AGLI via de regra apresentam ponto de fusão mais baixo do que as gorduras parcialmente hidrogenadas e que os SC e tendem a ser menos solúveis no rúmen do que os suplementos ricos em AG insaturados. Também apresentam menos efeitos negativos sobre a fermentação ruminal em comparação a fontes ricas em AG poliinsaturados (Chalupa et al., 1984; Schneider et al., 1988).

Alguns trabalhos de pesquisa revisados por Loften & Cornelius (2004), que compararam diretamente os efeitos dos AGLI e dos SC sobre o consumo e desempenho produtivo de vacas leiteiras, mostram que as diferenças são muito sutis, conforme ilustrado na tabela 2.

Tab. 2. Efeitos do fornecimento de ácidos graxos livres insaturados (AGLI) ou sabões de cálcio (SC) para vacas leiteiras sobre a produção de leite, produção de leite corrigido para 4% de gordura (LCG 4%), e teores de gordura e proteína do leite. As médias apresentadas são a diferença entre AGLI e SC (AGLI – SC).

Referência	Num. de vacas	Leite, kg/d	LCG4%, kg/d	CMS, kg/d	Gordura, %	Proteína, %
Grummer (1998)	4	-2,80	-2,30	0,00	0,24	0,18
Schauff & Clark (1989)	4	-0,70	-0,80	0,20	-0,07	0,07
Schauff & Clark (1989)	6	-0,90	-1,20	-0,90	-0,04	0,03
Wu et al. (1993)	24	1,27	1,09	1,41	0,02	0,04
Elliot et al. (1996)	5	1,49	2,77	1,50	0,19	0,16
Harvatine & Allen (2002)	32	-0,68	-0,41	0,73	0,04	0,05
Harvatine & Allen (2003)	8	2,91	2,54	1,35	0,03	0,15
<b>Médias ponderadas</b>	<b>83*</b>	<b>0,22</b>	<b>0,31</b>	<b>0,85</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>

*Adaptada de Loften & Cornelius (2004)*

\* Total de vacas avaliadas nos diferentes estudos

No Brasil há no mercado diversas opções de SC para utilização em rebanhos leiteiros, mas a disponibilidade de fontes de AGLI ainda é bastante restrita. A principal aplicação desses suplementos é para aumentar a densidade energética das dietas de vacas em lactação, principalmente animais de alta produção em início de lactação. Mais recentemente tem aumentado o uso de fontes de gordura inerte em rebanhos leiteiros para melhorar o desempenho reprodutivo das vacas, em função dos efeitos benéficos do aporte energético e de diversos AG sobre a fisiologia reprodutiva.

## **EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO LIPÍDICA SOBRE A REPRODUÇÃO**

O estado nutricional do animal exerce efeito direto sobre sua fisiologia reprodutiva. Fatores como o balanço energético negativo, excesso de energia ou de compostos nitrogenados, ou ainda a deficiência de minerais ou vitaminas podem afetar negativamente a fertilidade de vacas leiteiras (Arechiga et al., 1998; Lopez-Gatius et al., 2002; Rhoads et al., 2006; Santos et al., 2008, citados por Sartori & Guardieiro, 2010). Dessa forma, a nutrição pode ser utilizada como uma

ferramenta para melhorar os índices reprodutivos de um rebanho, desde que aplicada de maneira correta.

Após o parto, as vacas freqüentemente encontram-se em estado de balanço energético negativo (BEN), que consiste no período em que o consumo de matéria seca (CMS) é menor do que a exigência energética do animal necessária para suportar do início até o pico da lactação, direcionando essa energia para os processos essenciais e os reduzíveis (Figura 1). Para suprir tal exigência, ocorre mobilização das reservas corporais, resultando em perda de peso ou condição corporal. Após o pico da lactação ocorre o pico do CMS e a situação de déficit energético é anulada. Neste cenário, a utilização de gordura, seja na forma de sementes de oleaginosas ou de fontes inertes torna-se uma ferramenta muito útil para aumentar a densidade energética da dieta e minimizar os efeitos do BEN.

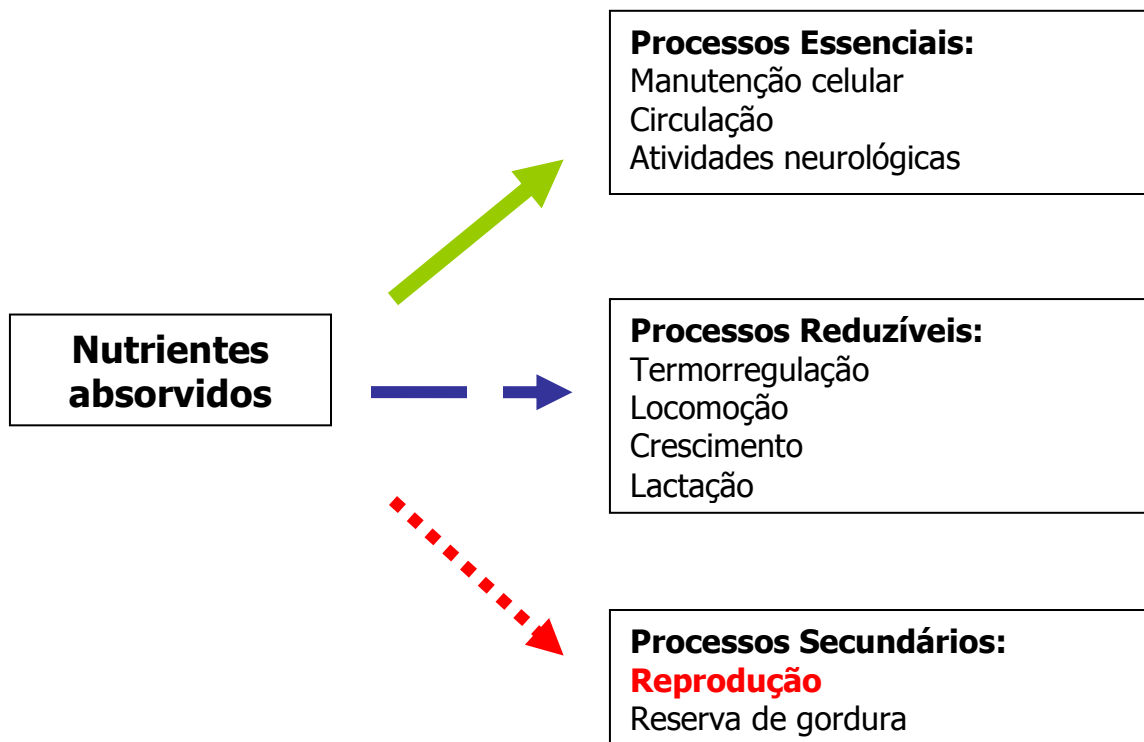


Fig. 1: Distribuição dos nutrientes de acordo com as prioridades.  
*Adaptado de Wade e Jones, 2004.*

No início da lactação e durante o estado de BEN, ocorre uma série de mudanças hormonais e de outros componentes circulantes no sangue, como aumento na concentração sanguínea de ácidos graxos não esterificados (AGNE),  $\beta$ -hidroxibutirato e uréia, ao mesmo tempo em que se observa diminuição do Fator de Crescimento I semelhante à insulina (IGF-I), glicose e insulina. Estas alterações geralmente estão associadas ao comprometimento da função ovariana e fertilidade pós-parto (Sartori & Guardieiro, 2010). Além disso, também podem ser prejudiciais ao desenvolvimento embrionário (Leroy et al., 2005; Velazquez et al., 2005; Leroy et al., 2008). IGF-I, insulina e glicose afetam diretamente a frequência de pulsos do hormônio Luteinizante (LH), que é responsável pela ovulação e formação do corpo lúteo, o que poderá comprometer o crescimento folicular (Grimard et al., 1995; Santos & Sá Filho, 2006). Portanto, a diminuição nesta frequência tem como consequência os atrasos na ovulação observados no pós-parto. Outros fatores também estão associados à diminuição na frequência de pulsação do LH, como perda excessiva de peso após o parto e amamentação do bezerro (Sartori & Guardieiro, 2010). Nos casos de BEN muito severo, fornecimento de dietas desbalanceadas ou ainda escassez de alimento, o tempo para retornar à ciclicidade será maior (Sartori & Guardieiro, 2010).

Quando a ingestão de energia por vacas lactantes aumenta, também são observadas mudanças na duração e intensidade do cio (Sartori & Guardieiro, 2010). Em trabalho comparando vacas produzindo mais que 39,5 ou menos que 39,5 kg leite/dia, foram relatados maior número de montas e duração de estros no grupo com menor produção leiteira, ou seja, com menor ingestão de energia (Lopez et al., 2004 citado por Sartori & Guardieiro, 2010). O comprometimento no ciclo estral e também na qualidade do embrião gerado, ambos sob condições de alta ingestão de energia, estão associados ao aumento na concentração sanguínea de insulina e IGF-I, de acordo com o mecanismo já mencionado, reduzindo a fertilidade dos animais.

Os efeitos positivos na reprodução ocorrem devido à natureza dos AG, sendo os AGPI os que reconhecidamente apresentam esse benefício, com destaque para o linoleico (n-3) e linolênico (n-6), (Santos & Sá Filho, 2006; Sartori & Guardieiro, 2010). Estes AGPI são precursores de hormônios que atuam diretamente nas funções reprodutivas. O linolênico pode ser convertido a ácido araquidônico, precursor da prostaglandina  $PGF-2\alpha$ . Já o linoleico pode ser convertido a ácido eicosapentaenóico, precursor da  $PGF-3\alpha$ . (Sartori & Guardieiro, 2010).

A presença destes AGPI na gordura fornecida aos animais pode melhorar a reprodução por atuação nos ovários e na qualidade embrionária. Nos ovários, estudos mostram aumentos na quantidade e no tamanho dos folículos ovarianos, tamanho do corpo lúteo e da qualidade do ovócito (Lucy et al., 1991; Kim et al., 2001; Robinson et al., 2002; Zeron et al., 2002; Raes et al., 2004; Bilby et al., 2006;). Os folículos maiores apresentam maior capacidade ovulatória (Santos & Filho, 2006); já a quantidade é importante principalmente quando se utilizam protocolos hormonais para superovulação visando a coleta para produção de embriões, os quais terão melhor qualidade. Como a PGF é produzida pelo corpo lúteo, se estes forem maiores, maior será a produção deste hormônio, que é responsável pela manutenção da gestação.

Durante os primeiros estágios da gestação, o embrião recém-formado sinaliza bioquimicamente que ele está presente no útero ao redor dos dias 16 ou 17 do ciclo estral (Thatcher et al., 1997). Este sinal evita que o útero libere PGF-2 $\alpha$ , o que mantém o corpo lúteo ativo. O fornecimento de AG que inibem a liberação de PGF-2 $\alpha$  pelo útero, o que pode melhorar o mecanismo de preservação embrionária e, por sua vez, beneficiar as taxas de concepção do rebanho.

Melhora na qualidade dos embriões e aumentos na quantidade de hormônios esteróides circulantes como a PGF também são relatados na literatura (Ryan et al., 1992; Kojima et al., 1997; Thomas et al., 1997; Petit et al., 2002; Childs et al., 2008a; Childs et al., 2008b; Cerri et al., 2009; Guardieiro et al., 2010). Ainda não está bem esclarecido se os AGPI atuam nos embriões ou na sua implantação, mas a certeza é que sua presença resulta em melhora no desenvolvimento embrionário, redução na morte embrionária e estabelecimento da prenhez de vacas leiteiras e de corte suplementadas com AGP (Petit et al., 2008; Binelli et al., 2001; Mattos et al., 2004; Childs et al., 2008a; Thangavelu et al., 2007; Cerri et al., 2009), embora alguns trabalhos disponíveis na literatura não relataram efeito positivo da suplementação com gordura para vacas de corte (Ryan et al., 1992; Sartori & Guardieiro, 2010).

## **EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO LIPÍDICA SOBRE A COMPOSIÇÃO DO LEITE.**

A gordura é o principal componente energético do leite, sendo responsável por muitas das suas propriedades físicas, características industriais e qualidades organolépticas (Mattos & Pedroso, 2005). A gordura do leite é composta



predominantemente por triglicerídios (95 a 98%) sendo o restante composto por fosfolipídios, colesterol, ácidos graxos livres e monoglicerídios (Kennely, 1996). O teor de gordura do leite varia amplamente entre espécies animais, e grandes variações são ainda observadas dentro da mesma espécie, sendo a magnitude destas variações muito superiores às observadas para os demais componentes do leite (lactose, proteína e outros compostos presentes em menores quantidades). Por exemplo, é comum verificar-se, num mesmo rebanho, teores de gordura variando de 2,0 a 4,0%.

As fontes de gordura suplementar podem alterar de forma variável o teor de gordura do leite. Fontes de lipídios insaturados podem provocar reduções significativas no teor de gordura do leite, pois alguns isômeros *trans* do ácido linoléico conjugado (CLA) são inibidores específicos da síntese de ácidos graxos na glândula mamária (Bauman & Griinari, 2001; Maxin et al. 2010).

Isômeros *trans* de alguns AG insaturados estão presentes normalmente entre a fração lipídica dos alimentos, especialmente nas sementes de oleaginosas, e também são intermediários formados durante o processo de biohidrogenação dos AG insaturados oriundos da digestão ruminal. A possibilidade do envolvimento desses compostos na redução da síntese de gordura do leite tem sido discutida há mais de 30 anos. Em uma série de trabalhos desenvolvidos pela equipe da Universidade de Cornell nos EUA (Griinari et al., 2004), descobriu-se que a redução no teor de gordura do leite está relacionada a um aumento na concentração do isômero *trans*-10 do ácido linoleico (C<sub>18:1</sub>), e que o aumento no teor desse isômero na gordura do leite normalmente está associado a dietas que levam à redução no teor de gordura do leite.

BAUMAN & GRIINARI (2001) propuseram uma teoria para explicar essa ação do *trans*-10 C<sub>18:1</sub>, baseada na adoção de rotas alternativas no processo de biohidrogenação ruminal, sob condições dietéticas específicas, conforme ilustrado na Figura 2.

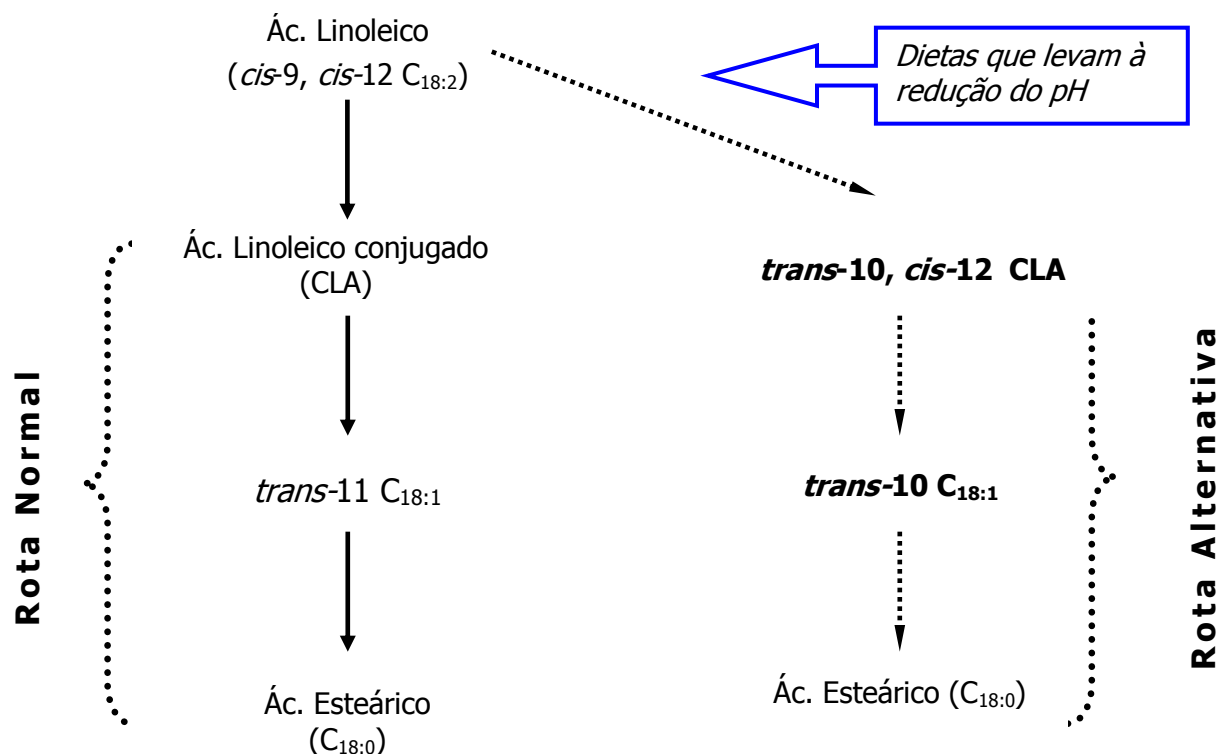


Fig. 2. Rotas da biohidrogenação ruminal do ácido linoleico  
 Adaptada de BAUMAN & GRIINARI (2003)

Nessas situações algumas rotas bioquímicas da biohidrogenação ruminal seriam alteradas, produzindo AG intermediários específicos, alguns dos quais seriam potentes inibidores da síntese de gordura do leite. A queda no pH ruminal (proporcionado pelo fornecimento de dietas com pouca fibra ou de baixa efetividade física) altera as rotas de biohidrogenação ruminal, produzindo um ácido graxo específico (CLA *trans*-10 *cis*-12), cuja concentração aumenta significativamente no leite de vacas com teor reduzido de gordura, conforme mostra a tabela 3.

Tab. 3. Concentração de isômeros de CLA na gordura do leite de vacas com gordura do leite reduzida em função da dieta.

	<b>Dieta normal</b>	<b>Dieta pouca fibra</b>	<b>EPM <sup>(1)</sup></b>	<b>P</b>
<b>Gordura no leite, %</b>	<b>3,28</b>	<b>1,88</b>	<b>0,09</b>	<b>&lt;0,001</b>
<b><i>Isômeros de CLA</i></b>	<b><i>g/100 g CLA</i></b>			
<i>trans-7, cis-9</i>	7,8	23,4	1,66	<0,001
<i>cis-8, trans-10</i>	1,5	1,8	0,06	<0,01
<i>cis-9, trans-11</i>	79,7	56,7	1,23	<0,001
<b>trans-10, cis-12</b>	<b>1,0</b>	<b>10,1</b>	<b>0,49</b>	<b>&lt;0,001</b>
<i>cis-11, trans-13</i>	0,2	0,1	0,05	NS
<i>trans-11, cis-13</i>	0,7	0,2	0,05	<0,001
<i>cis-12, trans-14</i>	0,7	0,7	1,19	NS
CLA total	0,56	0,95	0,11	<0,001

*Adaptada de Piperova et al. (2000)*

*(1) = Erro padrão da média*

Outros estudos conseguiram mostrar com clareza que o *trans-10, cis-12* CLA é um potente inibidor da síntese de gordura na GM. Trabalhos onde este isômero de CLA foi sintetizado industrialmente e infundido no abomaso de vacas em lactação, comprovaram sua grande capacidade de reduzir a secreção de gordura do leite (Gama & Almeida, 2004), o que fica evidente na figura 3.

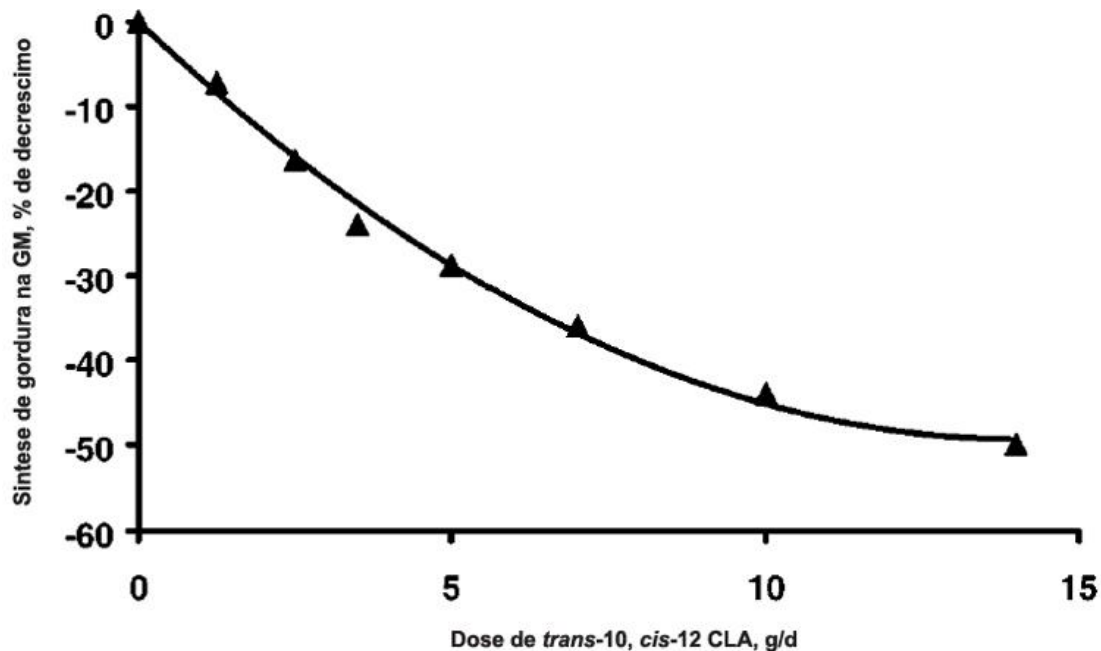


Fig. 3. Relação entre a dose de *trans-10, cis-12* CLA infundida no rúmen e a queda percentual na síntese de gordura do leite.

Fonte: BAUMAN & GRINARI (2003)

Conforme afirmam os autores, ao contrário do efeito da insulina, a redução no teor de gordura do leite neste caso é resultante, principalmente, de uma ampla redução da secreção de ácidos graxos de cadeias curta e média, provenientes da síntese *de novo* de ácidos graxos. Outro estudo recente demonstrou que a formação do CLA *trans-10 cis-12* no rúmen só ocorre quando duas condições estão presentes: baixo pH ruminal (ex.: dietas com pouca fibra) e presença de lipídios poliinsaturados na dieta (ex.: dietas suplementadas com grãos de oleaginosas inteiros, óleo de milho, etc). A ausência de qualquer uma das condições não resultará em redução no teor de gordura do leite.

Com relação aos efeitos sobre a síntese de proteína do leite, de maneira geral a utilização de suplementos lipídicos aumenta a produção de leite, mas causa redução no teor de proteína. Wu & Huber (1994) compilaram resultados de 49 ensaios, envolvendo 83 comparações entre adição ou não de fontes de gordura a dietas típicas de vacas leiteiras, e concluíram que, em parte, a redução no teor de proteína é função de efeito de diluição por causa do aumento na produção total de leite, mas a principal razão estaria ligada à menor disponibilidade de aminoácidos para a glândula mamária.

Com o fornecimento suplementar de lipídios, a síntese de ácidos graxos na glândula mamária diminui, em função da incorporação direta de ácidos graxos da dieta no leite. Isso vai levar à menor necessidade de acetato, e aumento na disponibilidade de glicose para síntese de lactose, o que está intimamente relacionado ao aumento na produção de leite, ou eficiência de produção de leite, resultando em menor fluxo sanguíneo para a glândula mamária. Animais que produzem leite com maior eficiência, precisam de menores quantidades de sangue por kg de leite produzido. Esse menor fluxo de sangue acaba reduzindo a disponibilidade de aminoácidos para a glândula mamária, o que leva à menor síntese de proteína do leite.

Schroeder et al., 2004 apresentaram outros aspectos importantes relativos ao assunto, concluindo que a suplementação com gordura tem efeito positivo sobre a produção de leite de vacas consumindo pastagens de alta qualidade, mas que as respostas aos suplementos eram altamente dependentes do tipo de gordura e do estágio de lactação das vacas.

As maiores respostas em produção de leite foram obtidas com fontes de gordura saturada e vacas no meio da lactação, em relação a vacas em início de lactação. O ganho em produção parece mais relacionado à eficiência de utilização da energia do que ao maior consumo de energia obtido com a suplementação com gordura. O teor de gordura do leite aumentou com o fornecimento de fontes de lipídios ricas em ácidos graxos saturados, mas foi reduzido com a utilização de fontes de gordura insaturada, provavelmente devido à inibição da síntese de ácidos graxos na glândula mamária. O teor de proteína do leite foi reduzido com a suplementação de gordura, apesar de esse efeito parecer estar mais associado à diluição, em função da maior produção de leite.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A utilização de lipídios na nutrição de ruminantes é um tema da maior relevância. O volume de trabalhos científicos dedicados ao estudo dos efeitos das fontes de gordura, e de ácidos graxos específicos, sobre o desempenho produtivo e reprodutivo de vacas leiteiras, e também de matrizes de corte, tem aumentado ano a ano, o que dá uma medida do interesse pelo assunto.

Nos últimos anos é evidente o movimento em direção à intensificação dos sistemas de produção de leite no Brasil. Isso invariavelmente passa pelo aumento na produção média dos rebanhos, e, por conseguinte, da maior exigência nutricional das vacas leiteiras. Considerando que o maior limitante nutricional à produção de leite é a disponibilidade de energia, há um interesse crescente pelo uso de fontes de gordura suplementar na alimentação dos animais, e esse tema precisa ser cada vez mais estudado para que nutricionistas e produtores tenham cada vez mais segurança para usar essa excepcional alternativa na alimentação de rebanhos leiteiros.

## REFERÊNCIAS

ARÉCHIGA, C.F.; VAZQUEZ-FLORES, S.; ORTIZ, O. et al. Effect of injection of beta-carotene or vitamin E and selenium on fertility of lactating dairy cows. *Theriogenology*, v.50, p.65-76, 1998.

ARIELI, A. Whole cottonseed in dairy cattle feeding: a review. ***Animal Feed Science and Technology***, v.72, p.97-100, 1998.

BAUMAN, D. E.; GRIINARI, J. M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. ***Livestock Science***, v.70, n.1-2, p.15-29, 2001.

BAUMAN, D. E.; GRIINARI, J. M. Nutritional regulation of milk fat synthesis. ***Annual Reviews of Nutrition*** v.23, p.203-227, 2003.

BILBY, T.R.; BLOCK, J.; DO AMARAL, B.C. et al. Effects of dietary unsaturated fatty acids on oocyte quality and follicular development in lactating dairy cows in summer. ***Journal of Dairy Science***, v.89, p.3891-3903, 2006.

BINELLI, M.; THATCHER, W.W.; MATTOS, R. et al. Antiluteolytic strategies to improve fertility in cattle. ***Theriogenology***, v.56, p.1451-1463, 2001.

BLASI, D.; DROUILLARD, J. **Composition and feeding value of cottonseed feed products for beef cattle**. Kansas State University Agricultural Experimental Station and Cooperative Extension Service, Bull. MF-2538, 20 p. 2002.

CERRI, R.L.A.; JUCHEM, S.O.; CHEBEL, R.C. et al. Effect of fat source differing in fatty acid profile on metabolic parameters, fertilization, and embryo quality in high-producing dairy cows. ***Journal of Dairy Science***, v.92, p.1520-1531, 2009.

CHALUPA, W.; RICKABAUGH, B.; KRONFELD, D. S.; SKLAN, D. Ruminant fermentation In vitro as influenced by long chain fatty acids. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.7, p.1439-1444, 1984.

CHILDS, S.; CARTER, F.; LYNCH, C.O. et al. Embryo yield and quality following dietary supplementation of beef heifers with n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA). **Theriogenology**, v.70, p.992-1003, 2008a.

CHILDS, S.; LYNCH, C.O.; HENNESSY, A.A. et al. Effect of dietary enrichment with either n-3 or n-6 fatty acids on systemic metabolite and hormone concentration and ovarian function in heifers. **Animal**, v.2, p.883-893, 2008b.

COPPOCK, C.E., J.K. LANHAM; J.I. HORNER. A Review of the Nutritive Value and Utilization of Whole Cottonseed, Cottonseed Meal and Associated By-Products by Dairy Cattle. **Animal Feed Science and Technology** v.18, p.89-129, 1987.

DUARTE, L. M. D.; STUMPF JR., W.; FISCHER, V.; SALLA, L. E. Efeito de Diferentes Fontes de Gordura na Dieta de Vacas Jersey sobre o Consumo, a Produção e a Composição do Leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2020-2028, 2005.

ÈUGENE, M.; MASSÉ, D.; CHIQUETTE, J.; BENCHAAAR, C. Meta-analysis on the effects of lipid supplementation on methane production in lactating dairy cows. **Canadian Journal of Animal Sciences**, v.88, p.331-334, 2008.

FIRKINS, J. L.; HARVATINE, D. I.; SYLVESTER, J. T.; EASTRIDGE, M. L. Lactation Performance by Dairy Cows Fed Wet Brewers Grains or Whole Cottonseed to Replace Forage. **Journal of Dairy Science**, v.85: p.2662-2668, 2002.

FREITAS JR., J. E. **Utilização de fontes de gordura em rações de vacas leiteiras**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, 2008. 93p.

HARVATINE, D. I. ; FIRKINS, J. L.; EASTRIDGE, M. L. Whole Linted Cottonseed as a Forage Substitute Fed with Ground or Steam-flaked Corn: Digestibility and Performance. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.1976-1987, 2002.

GARCIA, W. R. **Processamento da soja grão e do caroço de algodão em dietas de vacas leiteiras**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005. 91p.

GRIINARI, J. M.; BAUMAN, D. E.; CASTAÑEDA-GUTIERREZ, E. New concepts regarding milk fat manipulation. In: 1º Congresso Brasileiro de Qualidade do Leite. Passo Fundo, RS, 2004. **Anais...** – CD/ROM.

GRIMARD, B.; HUMBLLOT, P.; PONTER, A.A. et al. Influence of postpartum energy restriction on energy status, plasma LH and oestradiol secretion and follicular development in suckled beef cows. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.104, p.173- 179, 1995.

GUARDIEIRO, M.M.; MACHADO, G.M.; BASTOS, M.R. et al. Post cryopreservation viability of embryos from Nellore heifers supplemented with rumen-protected fat. **Reproduction, Fertility and Development**, v.22, p.205-206, 2010. (abstr.).

HARRIS JR., B. Purchasing, Storing and Using Commodity Feedstuffs. In: Van Horn, H. H. & Wilcox, C. J. eds., **Large Dairy Herd Management**. Cap. 38, p 373-381.

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

JENKINS, T. C. Where do all these fatty acids come from and what do they do to my cow? In: 4 State Dairy Nutrition Conference, **Proceedings...** Dubuque, 2010, p. 15-20. Disponível em <http://www.uwex.edu/ces/dairynutrition/> Acessado em 10/02/2011.

KIM, M.; KINOSHITA, J.Y. Lipid and fatty acid analysis of fresh and frozen-thawed immature and *in vitro* matured bovine oocytes. **Reproduction**, v.122, p.131-138, 2001.

KOJIMA, T.; ZENIYA, Y.; AOYAMA, T. et al. Dietary administration of fatty acids-enriched mold dried cell containing  $\alpha$ -linolenic acid to female pigs improves ovulation rate and embryo quality in summer. **Journal of Reproduction and Development**, v.43, n.2, p.121-127, 1997.

LEROY, J.L.; VANHOLDER, T.; MATEUSEN, B. et al. Nonesterified fatty acids in follicular fluid of dairy cows and their effect on developmental capacity of bovine oocytes *in vitro*. **Reproduction**, v.130, p.485-495, 2005.

LEROY, J.L.; OPSOMER, G.; VAN SOOM, A. et al. Reduced fertility in high-yielding dairy cows: are the oocyte and embryo in danger? Part I. The importance of negative energy balance and altered corpus luteum function to the reduction of oocyte and embryo quality in high-yielding dairy cows. **Reproduction in Domestic Animals**, v.43, p.612-622, 2008.

LOFTEN, J. R.; CORNELIUS, S. G. Responses of Supplementary Dry, Rumen-Inert Fat Sources in Lactating Dairy Cow Diets. **The Professional Animal Scientist**, v.20, n.6, p.461-469, 2004.



LÓPEZ-GATIUS, F.; SANTOLARIA, P.; YANIZ, J. et al. Factors affecting pregnancy loss from gestation Day 38 to 90 in lactating dairy cows from a single herd. **Theriogenology**, v.57, p.1251-1261, 2002.

LOPEZ, H.; SATTER, L.D.; WILTBANK, M.C. Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. **Animal Reproduction Science**, v.81, p.209-223, 2004.

LÓPEZ, S.; LÓPEZ, J.; STUMPF JR., W. Produção e composição do leite e eficiência alimentar de vacas da raça Jersey suplementadas com fontes lipídicas. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.15, n.1, p.1-9, 2007.

LUCY, M.C.; STAPLES, C.R.; MICHEL, F.M. et al. Effect of feeding calcium soaps to early postpartum dairy cows on plasma prostaglandin F<sub>2α</sub>, luteinizing hormone, and follicular growth. *Journal of Dairy Science*, v.74, p.483-489, 1991.

MACHADO, R. S. **O Carço de Algodão e Seu Touro**. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/?noticiaID=20410&actA=7&areaID=50&secaoID=12>  
2 Acessado em 17/02/1011

MATTOS, R.; STAPLES, C.R.; ARTECH, A. et al. The effects of feeding fish oil on uterine secretion of PGF<sub>2α</sub>, milk composition, and metabolic status of periparturient Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.87, p.921-932, 2004.

MATTOS, W. R. S.; PEDROSO, A. M.; Efeitos da nutrição sobre a composição de sólidos totais no leite. In: SANTOS, F. A. P.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. eds., **Visão Técnica e Econômica da Produção Leiteira**. – Anais do 5º Simpósio sobre Bovinocultura Leiteira. Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", Piracicaba/SP, 2005. p. 103 a 128.

MAXIN, G.; GLASSER, F.; RULQUIN, H. Additive effects of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid and propionic acid on milk fat content and composition in dairy cows. **Journal of Dairy Research**, v.77, p.295-301, 2010

MENA, H.; SANTOS, J. E. P. ; HUBER, J. T.; TARAZON, M.; CALHOUN, M. C.; The Effects of Varying Gossypol Intake from Whole Cottonseed and Cottonseed Meal on Lactation and Blood Parameters in Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**. 87:2506-2518, 2004.

PALMQUIST, D. L.; MATTOS, W. R. S. **Metabolismo de lipídeos**. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G., eds. *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p.287-310.

PEDROSO, A. M. **Substituição do milho em grãos por subprodutos da agroindústria na ração de vacas leiteiras em confinamento.** Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2006. 119p.

PETIT, H.V.; DEWHURST, R.J.; SCOLLAN, N.D. et al. Milk production and composition, ovarian function and prostaglandin secretion of dairy cows fed omega-3 fats. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.889-899, 2002.

PETIT, H.V.; CAVALIERI, F.B.; SANTOS, G.T.D. et al. Quality of embryos produced from dairy cows fed whole flaxseed. **Journal of Dairy Science**, v.91, p.1786-1790, 2008.

PIPEROVA, L. S.; TETER, B. B.; BRUCKENTAL, I.; SAMPUGNA, J.; MILLS, S. E.; YURAWECZ, M. P.; FRITSCHKE, J.; KU, K.; ERDMAN, R. A. Mammary lipogenic enzyme activity, trans fatty acids and conjugated linoleic acids are altered in lactation dairy cows fed a milk fat - depressing diet. **Journal of Nutrition**, 130(10):2568-2574, 2000.

RAES, K.; DE SMET, S.; DEMEYER, D. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v.113, p.199- 221, 2004.

ROBINSON, R.S.; PUSHPAKUMARA, P.G.A.; CHENG, Z. et al. Effects of dietary polyunsaturated fatty acids on ovarian and uterine function in lactating dairy cows. **Reproduction**, v.124, p.119-131, 2002.

RHOADS, M.L.; RHOADS, R.P.; GILBERT, R.O. et al. Detrimental effects of high plasma urea nitrogen levels on viability of embryos from lactating dairy cows. **Animal Reproduction Science**, v.91, p.1-10, 2006.

RYAN, D.P., R.A. SPOON E G.L. WILLIAMS. Ovarian follicular characteristics, embryo recovery, and embryo viability in heifers fed high fat diets and treated with follicle-stimulating hormone. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3505-3513, 1992.

SANTOS, J. E. P.; SÁ FILHO, M. F. Nutrição e reprodução em bovinos. In: Simpósio Internacional de Reprodução Animal Aplicada, 2. 2006, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL/USP, 2006. p.30-54.

SANTOS, J.E.P.; CERRI, R.L.A.; SARTORI, R. Nutritional management of the donor cow. **Theriogenology**, v.69, p.88- 97, 2008.

SARTORI, R.; GUARDIEIRO, M.M. Fatores nutricionais associados à reprodução da fêmea bovina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.422-432, 2010 (supl. especial).

SCHNEIDER, P.; SKLAN, D.; CHALUPA, W.; KRONFELD, D. S. Feeding Calcium Salts of Fatty Acids to Lactating Cows. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.8, p.2143-2150, 1988.

SCHROEDER, G. F.; GAGLIOSTRO, G. A.; BARGO, F.; DELAHOY, J. E.; MULLER, L. . Effects of fat supplementation on milk production and composition by dairy cows on pasture: a review. **Livestock Science**, v.86, n.1, p.1-18, 2004.

SUKHIJA, P. S.; PALMQUIST, D. L. Dissociation of Calcium Soaps of Long-Chain Fatty Acids in Rumen Fluid. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.1784-1787. 1990.

TEIXEIRA, J. C.; GARCIA, W. R. Utilização de soja crua e subprodutos do processamento na alimentação de bovinos. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE, 6., 2004, Goiânia. **Anais...Goiânia: CBNA**, 2004. 321 p.

THANGAVELU, G.M.; COLAZO, G.; AMBROSE, D.J. et al. Diets enriched in unsaturated fatty acids enhance early embryonic development in lactating Holstein cows. **Theriogenology**, v.68, p.949-957, 2007.

THATCHER, W.W., M. BINELLI, J. BURKE, C.R. STAPLES, J.D. AMBROSE E S. COELHO. Antiluteolytic signals between the conceptus and endometrium. **Theriogenology** v.47, p.131-140, 1997.

THOMAS, M.G.; BAO, B.; WILLIAM, G.L. Dietary fats varying in their fatty acid composition differentially influence follicular growth in cows fed isoenergetic diets. **Journal of Animal Science**, v.75, p.2512-2519, 1997.

VELAZQUEZ, M.A.; NEWMAN, M.; CHRISTIE, M.F. et al. The usefulness of a single measurement of insulin-like growth factor- 1 as a predictor of embryo yield and pregnancy rates in a bovine MOET program. **Theriogenology**, v.64, p.1977-1994, 2005.

WADE, G.N., AND J.J. JONES. Neuroendocrinology of nutritional infertility. **American Journal of Physiology – Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v.287, p.R1277-R1296, 2004.

WU, Z.; HUBER, J.T. Relationship between dietary fat supplementation and milk protein concentration in lactating cows: a review. **Livestock Science**. v.39, n.2, p.141-155, 1994.

WU, Z.; PALMQUIST, D. L. Synthesis and Biohydrogenation of Fatty Acids by Ruminal Microorganisms In Vitro. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.9, p.3035-3046, 1991.

ZERON, Y.; SKLAN, D.; ARAV, A. Effect of polyunsaturated fatty acid supplementation on biophysical parameters and chilling sensitivity of ewe oocytes. **Molecular Reproduction and Development**, v.61, p.271-278, 2002.