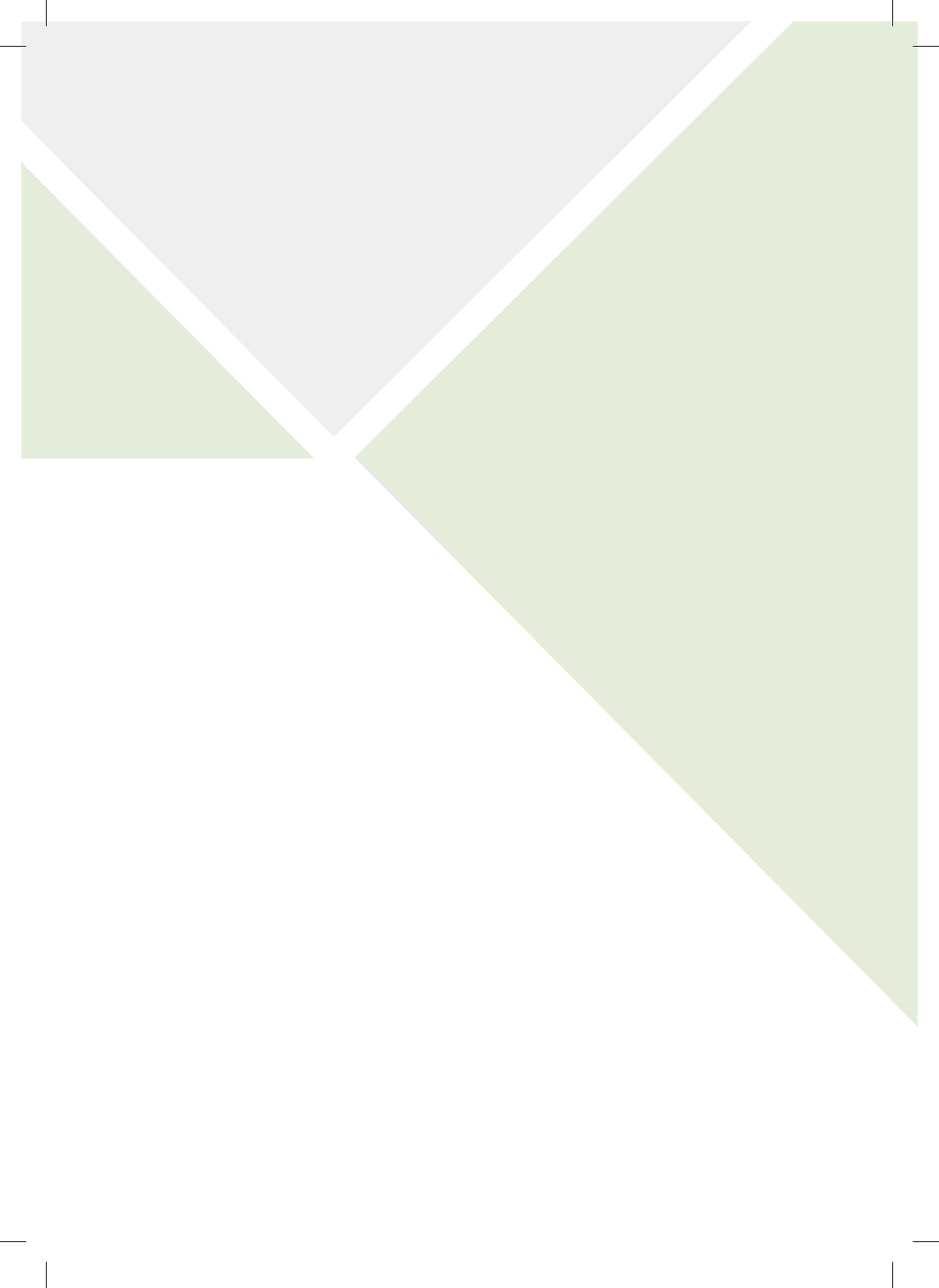


# 5

CAPÍTULO

## Lipídios na nutrição de ruminantes

*Sérgio Raposo de Medeiros  
Tiago Zanett Albertini  
Carolina Tobias Marino*



## ▶ INTRODUÇÃO

Apesar da necessária moderação no seu uso em dietas para ruminantes, em função dos seus potenciais efeitos negativos na fermentação ruminal, os lipídeos são componentes essenciais à vida. A gordura é importante para os ruminantes, pois:

- É a principal forma de *reserva de energia*. Há um sistema muito eficiente em acumular a energia como triglicerídeos nas épocas em que sua ingestão ultrapassa as necessidades e que, nas épocas de déficit energético, mobiliza essa reserva;
- Os depósitos subcutâneos de gordura auxiliam a *manutenção da temperatura corporal* dos animais;
- A gordura é *veículo* para as *vitaminas* lipossolúveis: A, D, E e K;
- Há ácidos graxos que estão envolvidos em processos regulatórios da bioquímica animal, como, por exemplo, a própria síntese de gordura ou o controle da ingestão. Portanto, é *envolvida* em importantes efeitos *metabólicos*.
- O tecido adiposo também tem função endócrina, produzindo importantes hormônios para o metabolismo do animal.

A inclusão de gordura na dieta, por sua vez, pode ser interessante, pois:

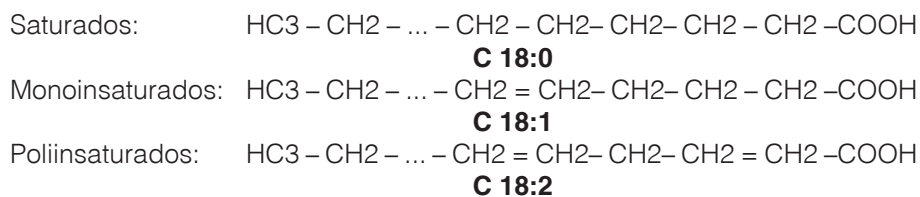
- É uma fonte densa de energia, pois enquanto carboidratos têm cerca de 4 Mcal/kg, a gordura tem 9 Mcal/kg. Essa é a razão do fator 2,25 que multiplica o EE digestível na equação conceitual de nutrientes digestíveis totais (NDT);
- É fonte de ácidos graxos essenciais;
- Melhora a absorção de vitaminas lipossolúveis;
- Melhora a eficiência energética das dietas;
- Reduz o fino (pó) das rações.

## ▶ CLASSIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICA FÍSICO-QUÍMICAS DE LIPÍDEOS

Gorduras, ou lipídeos, são todas as substâncias insolúveis em água, mas solúveis em solventes orgânicos. Isso inclui muitas substâncias, mas para a nutrição animal, a principal classe de interesse são os ácidos graxos, que correspondem a 90% dos triglicerídeos, a principal forma de armazenamento de lipídeos, tanto para plantas, como para animais. Os triglicerídeos são formados por uma molécula de glicerol ao qual se ligam três ácidos graxos.



Quanto à presença de duplas ligações (insaturações), os ácidos graxos são classificados em três grupos:



Os ácidos graxos que não têm nenhuma dupla ligação em suas cadeias são chamados ácidos graxos saturados. Os monoinsaturados e os poli-insaturados seriam aqueles com uma e com duas ou mais insaturações, respectivamente. Na Tabela 5.1, abaixo, está descrita a lista dos principais ácidos graxos.

Na Tabela 5.2 é apresentado o comportamento do ponto de fusão em relação ao tamanho da cadeia de C, o número de insaturações e a geometria CIS-TRANS. Esta última corresponde a moléculas de ácidos graxos que tenham a mesma composição química, mas que diferem quanto à posição dos átomos de H no plano horizontal da dupla ligação. Quando ficam do mesmo lado, chama-se CIS, se em lados opostos, TRANS.

**TABELA 5.1. Nome comum, comprimento da cadeia : número de insaturações, tipo de ácido graxo**

NOME COMUM	COMPRIMENTO DA CADEIA: NÚMERO DE INSATURAÇÕES	TIPO DE ÁCIDO GRAXO
Ácido Capríco	6:0	Saturado
Ácido Caprílico	8:0	Saturado
Ácido Capríco	10:0	Saturado
Ácido Láurico	12:0	Saturado
Ácido Mirístico	14:0	Saturado
Ácido Palmítico	16:0	Saturado
Ácido Palmitoléico	16:1	Monoinsaturado
Ácido Esteárico	18:0	Saturado
Ácido Oleico	18:1	Monoinsaturado
Ácido Linoleico	18:2	Poli-insaturado
Ácido Linolênico	18:3	Poli-insaturado
Araquidônico	C 20:4 n-3	Poli-insaturado
EPA	C 20:5 n-3	Poli-insaturado
DHA	C 22:6 n-3	Poli-insaturado

**TABELA 5.2.** Descrição de ácidos graxos usuais em alimentos de ruminantes e ponto de fusão correspondente.

ÁCIDO GRAXOS	ESQUELETO CARBÔNICO	CADEIA COM:	PONTO DE FUSÃO °C
Mirístico	14:0	14 C e sem insaturação	53,9
Estearico	18:0	18 C e sem insaturação	69,6
Oleico	18:1 c,9	18 C e uma insaturação no C9 na forma cis	13,4
Vacênico	18:1 t,11	18 C e uma insaturação no C11 na forma trans	40,0
Linoleico	18:2, c9,c12	18 C e insaturações no C9 e C12, ambas na forma cis	-5,0

Interessante observar na Tabela 5.2 que:

- Quanto maior a cadeia de ácidos graxos com o mesmo número de insaturações, mais o ponto de fusão aumenta (comparação entre o mirístico e o estearico), ou seja, quanto maior a cadeia, maior o ponto de fusão;
- A insaturação reduz o ponto de fusão (comparação entre estearico, oleico e linoleico);
- A geometria da ligação trans aumenta a estabilidade e, portanto, o ponto de fusão (comparação entre o oleico e o vacênico).

A característica ponto de fusão é importante do ponto de vista nutricional, como será detalhado a seguir.

## METABOLISMO DE LIPÍDEOS

### Metabolismo ruminal

Um aspecto muito importante no metabolismo de ácidos graxos no rúmen, é que ele não contribui para o crescimento de proteína microbiana ruminal. Dessa forma, deve-se considerar isso na adequação entre energia e proteína.

Apesar de não fornecerem energia para a síntese de proteína microbiana, há síntese e incorporação de ácidos graxos pela microbiota ruminal e até a 17% da gordura passando para o duodeno pode ser de origem microbiana.

O fornecimento de lipídeos aos ruminantes teria efeito semelhante aos ionóforos. O sistema CNCPS (5.0) em dietas com inclusão de fontes de gordura desconsidera o efeito do ionóforos, mas se isso é de fato assim, ainda está aberto à comprovação (Fox et al, 2000). É necessário que se determine se há interação entre lipídeos e ionóforos para saber se o efeito é substitutivo, conforme o CNCPS assume, ou se pode ser aditivo (aumentaria ainda mais o benefício) ou sinérgico (precisaria, por exemplo, meia dose do ionóforo para ter o benefício da dose cheia).

Em função disso, a gordura teria potencial para uso em propostas de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), por diminuir a emissão de gases do efeito estufa (GEE). Conforme já comentado, as bactérias metanogênicas também são mais sensíveis aos ácidos graxos, o que abre a possibilidade de usar a suplementação com gordura para obtenção de uma fermentação ruminal mais eficiente, com maior produção de ácido propiônico e conseqüente maior retenção de carbono. Já Hess et al. (2008) alertam que em dietas em que o óleo de soja suplementar a dieta em 30 g/kg de MS, a redução da relação acetato:propionato estaria mais relacionada ao milho presente na dieta do que ao próprio óleo em si, havendo também contribuição da fermentação do glicerol que resulta em produção de propionato. Há, portanto, um confundimento de efeitos difíceis de serem isolados.

Esse confundimento se estende a quanto o efeito é por alteração qualitativa da fermentação ruminal (rotas metabólicas alternativas mais eficientes como discutido acima) ou, além disso, por um efeito decorrente da menor atividade fermentativa, que pode reduzir o desempenho. Beauchemin et al., (2008), agregando o resultado de trabalhos com inclusão de gordura de várias fontes em diversas situações, estimaram que o metano (g CH<sub>4</sub>/kg IMS) seria reduzido em 5,6% para cada 1% de adição de gordura a mais na dieta (1% = 10 g de gordura suplementar/kg de MS).

### **Efeito negativo na fermentação ruminal**

Os lipídeos não costumam ocorrer em grandes quantidades em dietas de ruminantes. Esses animais tiveram sua evolução vinculada ao consumo de forragens, que naturalmente têm valores baixos deste nutriente, próximos a 3% na MS (30 g de lipídeos para cada kg de MS). Naturalmente, portanto, esse nutriente tem limitações na sua inclusão nas dietas, não devendo ultrapassar os 6% da MS ingerida (60 g de lipídeos para cada kg de MS). O principal motivo seria uma influência negativa da gordura na degradabilidade da fibra. Existem duas hipóteses (não excludentes) para esse efeito:

- 1) **Químico:** Toxicidade dos ácidos graxos, especialmente insaturados para as bactérias celulolíticas;
- 2) **Físico:** Um efeito de recobrimento das partículas de alimento pela gordura, dificultando a adesão das bactérias celulolíticas a elas.

Há evidências apontando o efeito químico como preponderante e, quanto mais insaturada a gordura, mais tóxica ela é para os microrganismos ruminais devido à maior solubilidade dos AGPI. O efeito depende, também, da forma como a gordura é oferecida.

Óleos vegetais são mais inibitórios que gordura de origem animal (sebo) por serem mais insaturados. Grãos de oleaginosas seriam ainda menos em função de o grão servir como uma proteção natural para a gordura nele contida, atuando como barreira física e evitando o contato de parte desta com o conteúdo ruminal.

Apesar do principal efeito inibitório dos ácidos graxos incidir sobre a população de bactérias digestoras de fibra, dietas com altos teores de forragem tendem a reduzir os efeitos da gordura na fermentação ruminal porque

os ácidos graxos ficam adsorvidos às partículas de forragem, reduzindo a quantidade que tem contato com as bactérias. Além disso, por causa da manutenção do pH do rúmen em valores que favorecem a biohidrogenação, reduz-se a quantidade de ácidos graxos insaturados.

Em dietas com maior relação volumoso:concentrado, pode ocorrer redução da taxa de passagem pela mais lenta redução do tamanho das partículas de fibra.

Já em dietas ricas em concentrado, a explicação mais lógica para menor ingestão de matéria seca (IMS) recai sobre o controle quimiostático de regulação de consumo. Neste controle, a maior quantidade de ácidos graxos na corrente sanguínea reprime no sistema nervoso central o desejo de ingestão.

Seja qual for a razão da redução de IMS, o maior tempo de permanência no trato digestivo pode compensar a menor taxa de digestão ruminal (que ocorre especialmente na fração fibrosa) com o efeito final sendo um aumento na digestibilidade da dieta. Essa pode ser uma das explicações para melhoria da eficiência alimentar com uso de dietas ricas em gordura.

## Biohidrogenação

Os ruminantes consomem ácidos graxos, principalmente como galactolípídeos e triglicerídeos, que, em seguida, são extensamente hidrolisados por enzimas lipolíticas que liberam os ácidos graxos. Livres, os ácidos graxos ficam suscetíveis à ação das bactérias ruminais. Estas colocam hidrogênios nas ligações insaturadas (duplas ligações), tornando-as ligações saturadas (simples). Esse processo é chamado de biohidrogenação.

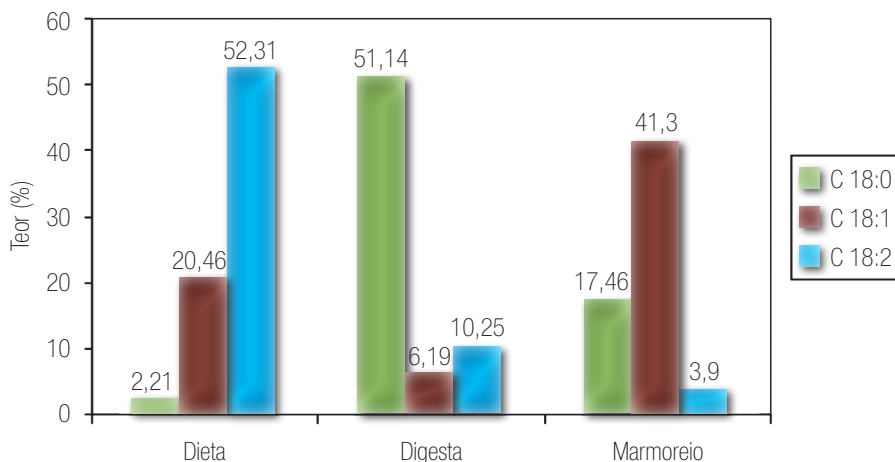
Acredita-se que a biohidrogenação seja uma evolução adaptativa das bactérias ruminais para reduzirem os ácidos graxos insaturados que seriam mais tóxicos. A biohidrogenação das duplas ligações é extensa e, em geral, apenas 10-35% dos ácidos graxos insaturados escapam da biohidrogenação.

Portanto, o efeito transformador da biohidrogenação ruminal nos ácidos graxos diminui a digestibilidade, especialmente das fontes vegetais que são ricas em ácidos graxos insaturados.

Assim, apesar dos ácidos linoleico (18:2) e linolênico (18:3) serem os principais AGPI na dieta de ruminantes, a biohidrogenação faz com que o principal ácido graxo que saia do rúmen seja o esteárico (C18:0). Esse é o motivo pelo qual a gordura da carne do ruminante é mais saturada do que a do monogástrico (Figura 5.1).

## Limites da biohidrogenação

Quando a ingestão de ácidos graxos insaturados é muito grande, a capacidade dos microrganismos do rúmen em biohidrogenar pode ser excedida, ocorrendo uma maior absorção intestinal de ácidos graxos insaturados. Essa seria a explicação para a sazonalidade encontrada na relação AGS:AGI no tecido adiposo de bovinos e ovinos em países de clima temperado, uma vez que as pastagens temperadas no início da primavera têm quantidades muito grandes de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI).



**FIGURA 5.1.**

Teores dos ácidos graxos em 3 situações: antes da ingestão, no duodeno (digesta) e o marmoreio resultante (Duckett, 2000).

Uma maneira de tentar fazer os ácidos graxos serem menos expostos à biohidrogenação no rúmen seria através da própria proteção pela planta (ou parte da planta) que os contêm.

Independente de haver ou não proteção, um fato que ajuda no enriquecimento de AGPI é a inibição na taxa de biohidrogenação com o aumento na concentração de ácidos graxos na dieta. O uso de ionóforos e a redução do pH ruminal também reduzem a biohidrogenação.

## Métodos de proteção contra a biohidrogenação

Há várias formas de proteção de ácidos graxos, mas a saponificação dos ácidos graxos para formar sais de cálcio tem sido a maneira mais comum. Ela funciona bastante satisfatoriamente com óleo de palma, rico em palmítico (16:0), tendo os sais de cálcio menos de 1% de dissociação em pH 6,5, e chegando a menos de 10% em pH 5,5 *in vitro* (Jenkins e Palmquist, 1984).

Neste mesmo trabalho, o sal de cálcio produzido com óleo de soja, com cerca de 50% de ácido linoleico (18:2), apresentou valores de 80% de dissociação, em função do menor pKa dos ácidos graxos insaturados (AGI), sendo que pKa é o valor de pH no qual há um equilíbrio entre as formas ionizadas e protonadas dos ácidos graxos.

Outra forma de proteção é a reação de ácidos graxos com aminas primárias para produzir amino-acil graxos que resistem à biohidrogenação e aumentam a quantidade de AGPI na gordura do leite (Jenkins et al., 1996).

Gulati et al. (1996) protegeram suplementos lipídicos com 60% de CLA (CLA-60) usando uma mistura com caseína e protegendo com formaldeído e a biohidrogenação dos 18:2 e CLA, que era de 70-90%, passou para cerca de 30%.



Um dos grandes desafios da tecnologia de alimentos para ruminantes é a busca por sistemas que, além de eficazes na proteção dos lipídeos, sejam economicamente viáveis.

## ▶ METABOLISMO PÓS-ABSORTIVO

A melhora da eficiência energética de ruminantes com o aumento da quantidade lipídeos até o limite recomendado de inclusão ocorre, pois:

- O uso pelo animal de ácidos graxos pré-formados dispensa a síntese *de novo* a partir do acetato e, conseqüentemente, evita a parte do incremento calórico (perda de energia como calor) associado a esta rota metabólica;
- A geração de energia por oxidação de ácidos graxos de cadeia longa é cerca de 10% mais eficiente que a oxidação de acetato.

## ▶ SÍNTESE DE GORDURA PELO RUMINANTE

Na questão da síntese de gordura em ruminantes, há duas diferenças principais em relação aos monogástricos:

- 1) O acetato proveniente da fermentação ruminal é o principal precursor dos ácidos graxos na maioria dos depósitos de gordura, em vez da glicose;
- 2) O tecido adiposo é o principal local de síntese da gordura, e não o fígado.

Essas foram adaptações evolutivas para economizar glicose, nutriente geralmente pouco disponível para os ruminantes.

Além dos efeitos pré-absortivos, outras atividades alteram a composição de ácidos graxos depositadas no animal. Na Figura 5.1, são apresentadas as alterações dos três principais ácidos graxos na dieta, na digesta e no marmoreio:

É interessante observar a grande alteração causada pela biohidrogenação ruminal, pois o esteárico era pouco mais de 2% na dieta, mas passou a ser mais da metade dos ácidos graxos chegando ao duodeno. Todavia, na deposição dos ácidos graxos na gordura intramuscular (marmoreio), o oleico passa a ser o predominante. Portanto, na manipulação da composição de ácidos graxos em bovinos, temos que levar em conta essas forças transformadoras pré-absortivas (biohidrogenação) e pós-absortivas (mecanismos fisiológicos), além da própria absorção diferencial de ácidos graxos.

Na absorção, há seletividade, pois os ácidos graxos insaturados (AGI) são preferencialmente esterificados com ésteres de colesterol e fosfolipídeos, que não são hidrolisados pela lipoproteína lipase, portanto não ficando disponível para o tecido adiposo. Os AGI são depositados, preferencialmente nas membranas celulares. Está é uma estratégia de economia de ácidos graxos essenciais (ver próximo item) que seriam mais preservados, pois os ácidos graxos do tecido adiposo são mobilizados todas as vezes que o animal fica em balanço energético negativo.

Ácidos graxos de cadeia menor do que 12 C são normalmente alongados antes de serem incorporados ao tecido, motivo pelo qual, uma alta ingestão de láurico (12:0), pode elevar os teores de mirístico (14:0) e palmítico (16:0). Uma vez absorvidos pelos tecidos, há ácidos graxos que podem afetar o metabolismo lipídico, estimulando ou inibindo a síntese e a dessaturação.

Um dos fatores pós-absortivos mais importantes seria a produção de ácidos graxos no tecido adiposo a partir de acetato e butirato decorrentes da fermentação ruminal, a chamada síntese *de novo*. A prova de que a síntese *de novo* no tecido adiposo de bovinos é determinante na composição lipídica, advém do fato de que o perfil de ácidos graxos recém-produzidos em incubações de curto período de tecido adiposo ser semelhante ao perfil do tecido adiposo em dietas usuais de ruminantes, com baixos teores de gordura (~3% MS).

Na síntese *de novo* no tecido adiposo, o palmítico (C16:0) é sintetizado, podendo ser alongado a esteárico (C18:0) e, este, dessaturado a oleico (C18:1). A Delta-9-dessaturase está presente nos tecidos animais e sua ação explica porque o oleico é o principal ácido graxo da gordura intramuscular.

## ▶ ÁCIDOS GRAXOS ESSENCIAIS

Há ácidos graxos que não são produzidos pelos mamíferos, mas que são fundamentais para a vida e que precisam ser ingeridos pelos animais e, portanto, são chamados como ácidos graxos essenciais.

Não ocorrem dessaturações acima do carbono 9 pois, nos vertebrados, esse sistema enzimático está ausente. Portanto, ácidos graxos com insaturações acima do C9 são provenientes da gordura ingerida pela dieta e/ou da mobilização de reservas. Por esse motivo, os ácidos linoleico (ALO) e linolênico (ALN) são considerados ácidos graxos essenciais.

Os fosfolípeos da membrana celular podem ter diversas composições em ácidos graxos, mas o perfil desta pode interferir em sua funcionalidade fisiológica. Por esse motivo, existe um controle bastante intenso do organismo na incorporação dos ácidos graxos, de maneira que a composição dos fosfolípeos não comprometa a viabilidade da célula. Especialmente a quantidade de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) é estritamente controlada por um sistema de elongases e dessaturases que, à partir do ALO e do ALN, que produzem, respectivamente, ácidos graxos de cadeia longa da série ômega-3 (n-3) e ômega-6 (n-6).

## ▶ ABSORÇÃO DE LIPÍDEOS

No intestino entra uma emulsão grosseira que vem do estômago e se mistura com o *suco biliar* e o *suco pancreático*. A lipólise ocorre por ação das lipases do *suco pancreático* sobre os triglicerídeos (TAG) produzindo diacilgliceróis (DAG), monoacilgliceróis (MAG) e ácidos graxos livres (AGL).

Os DAG, MAG e AGL tornam-se microemulsões pela ação dos ácidos biliares. MAG e AGL também absorvidos por simples difusão. Os MAG e os AGL, uma vez dentro da célula da mucosa intestinal, vão até o retículo endoplasmático e são novamente incorporados em triglicérides e emulsionados em quilomícrons que se desprendem em pequenas vesículas que se encaminham para a membrana e liberam os quilomícrons nos vasos linfáticos, em um processo chamado de exocitose.

Os sais biliares não absorvidos juntos com os lipídeos, mas no óleo por transporte ativo. Já o glicerol é rapidamente absorvido pelas células do intestino por difusão passiva.

O colesterol é absorvido apenas na forma livre. Hidrolases pancreáticas ou da borda em escova degradam os ésteres de colesterol, produzindo colesterol livre que é reesterificado após a absorção, voltando a ésteres de colesterol.

## VALOR ENERGÉTICO DAS GORDURAS

O valor da contribuição da gordura como combustível fisiológico (energia metabolizável) é de 9 Mcal para cada quilograma, mas isso desde que seja absorvida e fique a disposição para ser metabolizada pelas células. Portanto, a quantidade da energia disponível varia em função da sua digestibilidade.

A digestibilidade da gordura do alimento, por sua vez, é altamente dependente da sua composição em ácidos graxos. A composição dos ácidos graxos influi na digestibilidade da gordura em função da solubilidade nas fases aquosas ou lipídicas e a maior ou menor solubilidade está relacionada com o ponto de fusão dos ácidos graxos.

Tamanho da cadeia (número de carbonos), número de insaturações (número de ligações duplas) e tipo de geometria na ligação dupla (trans ou cis) interferem bastante com ponto de fusão e solubilidade (Tabela 5.2). Na Tabela 5.3, abaixo, são apresentadas digestibilidades dos ácidos graxos e o NDT de várias fontes de gordura calculado pela fórmula do NRC (2001) e o dado do NRC (1996).

No caso da fonte de gordura composta por ácidos graxos e glicerol, considera-se que o glicerol representa 10% e que ele seria 100% digestível. Os 90% restantes seriam ácidos graxos, sendo que cada fonte teria sua própria digestibilidade. As digestibilidades foram determinadas indiretamente em experimentos com gordura suplementar, baseando-se na premissa de que a contribuição endógena e a digestibilidade da dieta basal não são afetadas com a suplementação.

## SUPLEMENTAÇÃO LIPÍDICA

O uso de grãos de oleaginosas em dietas de confinamento tem sido frequente nas condições de Brasil Central, pois eles têm uma relação de custo-energia favorável e bons teores de proteína, o que favorece a participação em dietas de custo mínimo.

**TABELA 5.3. Algumas fontes de gordura, sua composição, digestibilidade dos ácidos graxos e valores resultantes do cálculo com fórmulas do NRC (2001) e da tabela do NRC (1996).**

FORNTE DA GORDURA	TIPO	DIGESTIBILIDADE (%)	EXTRATO ETÉREO (%)	NDT (%) NRC, 2001 CÁLCULO <sup>1</sup>	NDT (%) NRC, 1996 TABELA
Óleo Vegetal	Ácidos Graxos + Glicerol	86	100	184,0	177
Sais de cálcio de ácidos graxos	Ácidos Graxos	86	85	163,5	ND
Ácidos graxos de Sebo hidrolisado	Ácidos Graxos	79	100	178	ND
Sebo	Ácidos Graxos + Glicerol	68	100	147,4	177
Sebo parcialmente hidrogenado	Ácidos Graxos + Glicerol	43	100	97	177

Adaptado de NRC (2001); <sup>1</sup>Cálculo com as fórmulas: NDT, % = (EE X 0,1) + (Digestibilidade dos ácidos graxos X (EE X 0,9) X 2,25), para fontes com ácidos graxos + glicerol; NDT, % = (Digestibilidade dos ácidos graxos X EE X 2,25), para fontes com ácidos graxos.

Outra vantagem do uso de gordura nas dietas, especialmente em regiões quentes, seria seu menor incremento calórico, responsável, também, por uma melhor conversão alimentar.

É comum o uso de a suplementação lipídica ser restringida por atingir o valor máximo de extrato etéreo, por volta de 6% da MS da dieta. Quando ultrapassamos o nível crítico de gordura na dieta, ocorrem efeitos negativos em eficiência alimentar, desempenho e atributos de carcaça.

A composição lipídica basal da dieta também pode ser importante. No caso dos países tropicais, por exemplo, seria lógico esperar uma maior margem de segurança, uma vez que as forragens tropicais seriam menos insaturadas.

Outra situação que pode explicar o uso bem sucedido de valores acima do nível crítico seria o fato do extrato etéreo incluir outros compostos que não os ácidos graxos (compostos fenólicos, ceras, pigmentos etc.) sem efeito negativo aparente para os microrganismos ruminais.

O valor crítico de inclusão de gordura não leva em consideração a fonte de gordura, nem a forma de apresentação, sendo que ambas influem neste efeito. No caso dos grãos de oleaginosas, o perfil altamente insaturado, mais deletério, pode ser aliviado pelo fornecimento dos grãos inteiros, uma vez que o óleo fica, em parte, isolado do ambiente ruminal. A extensão da proteção depende da taxa de digestão ruminal, taxa de passagem, grau de processamento antes do fornecimento e depois da mastigação.

## SEMENTES DE OLEAGINOSAS

### Caroço de algodão

Excelente opção por aliar alta energia e alta proteína, contendo 20-23% de gordura. Nele todo o gossipol está na forma livre e os valores médios encontrados ficam entre 1,3 – 1,4% da MS, o que permite o uso mesmo para categorias mais sensíveis a ele, desde que respeitado o limite de 0,5-1,0 g/kg da MS da dieta.

Ele tem proteína de alta degradabilidade ruminal (72-77%) e com bom valor biológico. O caroço de algodão sem línter tem 5 a 10% menos fibra.

### Soja

Da mesma maneira que o caroço de algodão, também alia alta proteína com alta energia. Não precisa ser tostada, pois ruminantes são tolerantes aos fatores anti-nutricionais (anti-tripsina, lecitinas).

Todavia, se crua, tem alta atividade da urease e deve-se evitar misturar com ureia, especialmente se usando altos teores de ureia no concentrado. Eventualmente, pode-se fazer a mistura para uso diário ou pelo número de dias que ela ainda não apresente cheiro de amônia que, além de indicar perda de N, não é consumido pelos animais.

Tem alta degradabilidade proteica, entre 75-80%, e valor biológico um pouco melhor do que o caroço de algodão. Se feita tostagem, para reduzir a degradabilidade proteica, é preciso cuidado para não degradar aminoácidos e indisponibilizar PB (PIDA).

### Óleos vegetais

O uso de óleos vegetais na dieta de ruminantes é bem menos comum do que o uso de sementes de oleaginosas, por ser caro e de manejo mais complicado. O fornecimento na sua forma livre é a forma mais desafiante para os microrganismos ruminais, pois, além de estar prontamente disponível para as lipases do fluido ruminal, os óleos vegetais têm altas proporções de AGPI.

Os efeitos podem ser bastante interessantes em baixas doses (< 5%), mas pequenas dosagens adicionais podem afetar grandemente a fermentação ruminal, levando a baixa produção.

### Gordura e modulação fisiológica

Recentemente tem sido identificado que os ácidos graxos estão envolvidos em aspectos de regulação do funcionamento do organismo animal. Uma das descobertas mais interessante foi a de que o tecido adiposo pode ser considerado a “maior glândula do animal”, uma vez que é nele que o hormônio leptina é produzido.

A leptina tem ação em várias atividades do organismo, mas a que primeiro chamou atenção foi seu grande efeito no controle da ingestão de alimento

e do controle de peso do animal. Ela é secretada por adipócitos maduros e, portanto, tem níveis elevados em obesos. A ideia é que, aumentando o tecido adiposo, aumenta-se o nível de leptina que estimularia o hipotálamo a reduzir uma substância, chamada neuropeptídeo Y, o que reduziria o consumo, evitando que o animal engordasse ainda mais. Opostamente, com o tecido adiposo em pequena quantidade, a baixa leptina plasmática sinalizaria para o hipotálamo uma maior necessidade de neuropeptídeo Y que faria aumentar o consumo. Isso ajudaria a explicar, por exemplo, a maior IMS de animais em ganho compensatório.

Outro exemplo bastante contundente da ação de lipídeos no metabolismo animal é o CLA (Ácido Linoleico Conjugado). Esse ácido graxo tem sido reconhecido como anticancerígeno e, por conta disso, está sendo muito pesquisado. Em uma das pesquisas para aumentar seu teor no leite na qual era usada uma mistura de CLAs protegida, notou-se que o leite produzido pelos animais que recebiam essa mistura tinha, visivelmente, menos nata do que os animais controle.

Foi identificado que um dos isômeros dessa mistura (CLA trans-10, cis-12) tem efeito de reduzir a lipogênese. O CLA, por essas ações está sendo ativamente estudado e ele ainda pode ser usado para melhorar a reprodução, reduzir perdas por catabolismo autoimune e ter ação anti-inflamatória.

Outras proteínas com ação metabólica tem controle devido a ácidos graxos: TNF-alfa, ASP, etc. (sistema imune) e angiotensinogênio e PAI-I (função vascular).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Apesar da sua limitação existente para sua inclusão em dietas para ruminantes, os lipídios apresentam importantes propriedades nutricionais, não só como fonte energética, mas também como um modulador do metabolismo. A medida do possível, tais características devem ser exploradas a fim de se obter melhores resultados de desempenho animal.