



LIPÍDIOS NA DIETA DE RUMINANTES

Mayara Mitiko Yoshihara Carneiro¹, Maria da Graça Morais², Rafael Henrique de Tonissi e Buschinelli de Goes³, Érico Celso Carneiro Filho⁴, Tereza Gabriela da Costa⁵, Rafael de Souza Batista⁵, Lívia Lopes Duarte⁵, Andréa Roberto Duarte Lopes Souza⁶

¹Doutoranda em Ciência Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Email: mayara_mitiko@hotmail.com

²Professora da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Email: morais.mariazinha@ufms.br

³Professor da Faculdade de Ciências Agrárias – Universidade Federal da Grande Dourados. Email: rafaelgoes@ufgd.edu.br

⁴Graduando do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária – Universidade Estácio de Sá. Email: erico.c._@hotmail.com

⁵Graduando do Curso de Zootecnia, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Email: terezagabrielacosta@gmail.com; rafataylor80@gmail.com; livialopesduarte@hotmail.com

⁶Pesquisadora do Programa de Desenvolvimento Científico Regional – DCR/CNPq - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Email: andreardl_dagher@yahoo.com.br

Resumo: O estudo sobre a suplementação lipídica na dieta de ruminantes vem merecendo cada vez mais atenção devido às vantagens oferecidas pela inclusão na alimentação, como aumento na densidade energética da dieta, mudanças benéficas no perfil dos ácidos graxos da carne e leite, como redução na concentração dos ácidos graxos saturados e aumento dos insaturados e melhorias na eficiência reprodutiva, como aumento da taxa de prenhes e melhorias na qualidade dos óvulos. A inclusão de lipídios é uma forma eficaz para atender às demandas energéticas e sua utilização pelo organismo do animal envolve um processo fisiológico complexo que define o nível adequado de suplementação e seus efeitos depende da fonte utilizada. Dessa forma, o conhecimento sobre as características químicas, biohidrogenação ruminal, digestão e absorção intestinais dos lipídios é fundamental para definir os padrões de recomendação de suplementação e evitar os efeitos negativos que o excesso de gordura da dieta pode acarretar no organismo de animais ruminantes. Existem diversas fontes que podem ser utilizadas na dieta de ruminantes, como grãos de oleaginosas, óleos e gordura protegida, porém é importante se atentar aos níveis de inclusão nas dietas para evitar transtornos no rúmen e intestinos, que pode resultar em redução do consumo e digestibilidade da dieta. Estudos demonstraram que os resultados podem ser positivos no desempenho animal se for respeitado o nível de inclusão de até 7% de extrato etéreo na dieta.

Palavras-chave: biohidrogenação, desempenho, digestibilidade, perfil de ácidos graxos

LIPIDS IN DIET OF RUMINANTS

Abstract: The study on lipid supplementation in the ruminant diet has received increasing attention due to the advantages offered by inclusion in the diet, as an increase in the energy density of the diet, beneficial changes in the fatty acid profile of the meat and milk, such as reduction in the saturated fatty acids concentration and increase of the unsaturated fatty acids and improvements in reproductive efficiency, such as increased pregnancy rate and improvements in ovules quality. The inclusion of lipids is an effective way to meet energetic demands and its use by the animal's organism involves a complex physiological process, which define the appropriate level of supplementation and its effects depend on the source used. Therefore, knowledge about the chemical characteristics, ruminal biohydrogenation, intestinal digestion and absorption of lipids is fundamental to define the standards of supplementation recommendation and avoid the negative effects that excess fat from the diet can cause in the organism of ruminant animals. There are several sources that can be used in the diet of ruminants, like grains of oilseeds, oils and protected fat, however it is important to consider the levels of inclusion in the diets to avoid rumen disorders and intestine, which may be result in reduced of intake and digestibility of the diet. Studies have shown that the results may be positive in animal performance if is respected the level of inclusion of up to 7% of ethereal extract in the diet.

Keywords: biohydrogenation, digestibility, fatty acid profile, performance



INTRODUÇÃO

O estudo da digestão dos lipídios em ruminantes vem merecendo cada vez mais atenção, especialmente devido às vantagens da inclusão de fontes de gordura na alimentação de animais confinados, como aumento da densidade energética e eficiência alimentar dos animais (Souza et al., 2009). Geralmente em uma dieta com uso exclusivo de forragens, o percentual de lipídios é na ordem de 1 a 4% (Van Soest 1994), representados principalmente por galactolipídios. Níveis mais altos são obtidos pela adição de gordura ou de sementes oleaginosas nas dietas (Kozloski, 2002). No entanto, a fermentação ruminal pode ser inibida se o conteúdo de lipídios for superior a 7% da matéria seca da dieta (Kozloski, 2011).

O crescente interesse pela utilização de suplementação lipídica como fonte de energia nas rações de ruminantes tem estimulado o desenvolvimento de pesquisas de ampla variedade de fontes de gordura, com o objetivo de conhecer seus efeitos sobre a fermentação ruminal e absorção desses nutrientes para redução dos teores de ácidos graxos saturados (AGS) e aumento dos insaturados (AGI) na carne e no leite. Estas pesquisas têm apontado os ácidos graxos (AG) complexados com cálcio, também chamados de gordura protegida, como a fonte lipídica, tem apresentado os melhores resultados quanto a estes aspectos e, por isso, tem sido bastante recomendada (Jaeger et al., 2004). No entanto, o custo pode se tornar um fator limitante na sua utilização. Para redução dos custos associados a aquisição de gordura protegida, fontes de oleaginosas na forma de grãos ou óleos também estão disponíveis e são amplamente utilizadas na produção de ruminantes.

Alterar o perfil de ácidos graxos da carne por meio da dieta dos animais e obter uma redução da proporção de ácidos graxos saturados é uma forma importante para produzir uma carne mais saudável para o consumidor. No entanto, a melhor fonte lipídica utilizada para conseguir alterar o perfil da gordura da carne ou leite depende dos diferentes mecanismos que cada uma tem sobre a população microbiana e a fermentação ruminal. Por isso a teoria do efeito antimicrobiano e a teoria do revestimento da partícula de alimento pelos lipídios têm recebido maior atenção dos pesquisadores nos últimos anos (Moraes et al., 2006), pois são os principais fatores que afetam o desempenho animal. Assim, objetivou-se com esta revisão abordar a utilização de lipídeos no organismo do animal e seus efeitos no desempenho, perfil de ácidos graxos da carne e leite e reprodução de ruminantes.

DESENVOLVIMENTO

Caracterização dos lipídios

Os lipídios biológicos constituem um grupo de compostos que apesar de quimicamente diferentes entre si, têm como característica comum o fato de serem insolúveis em água. Exercem diversas funções biológicas, como constituintes de membranas celulares, isolantes térmicos, cofatores enzimáticos, fonte de AG essenciais, auxilia na absorção de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K), reserva de energia, precursores das moléculas regulatórias (prostaglandinas, tromboxanas, leucotrienos) (Palmquist & Mattos, 2006). Reduz a poeira em rações, facilita a peletização de ingredientes da ração, serve como palatabilizante e aumenta a vida útil do misturador.

São compostos de estrutura orgânica originados na sua maioria pela união de três AG e um poliálcool chamado glicerol, formando uma estrutura conhecida como triglicerídeo, que compõe aproximadamente 98% da gordura dos alimentos. Os lipídios são compostos de AG pertencentes a dois grupos: AGS e AGI. O estado de saturação é uma importante característica química, bem como nutricional. Quimicamente, os AGS são aqueles sem duplas ligações na sua estrutura e os AGI são aqueles com duplas ligações (Lehninger, 2000). Podem ser classificados nutricionalmente em lipídios de reserva (triglicerídios de grão e sementes, por exemplo), lipídios das folhas (galactolipídios e fosfolipídios) e outras estruturas moleculares (ceras, carotenoides, clorofila, entre outros) (Kozloski, 2002).

O tipo de AG pode variar, a maioria dos lipídios dos vegetais, como presentes em pastagens, é altamente insaturado. Em cereais e na maioria das sementes oleaginosas, como caroço de algodão e grão de soja, há predominância de ácido linoleico (C 18:2), enquanto em forragens o ácido graxo mais comum é o alfa-linolênico (C18:3). Algumas exceções importantes incluem o óleo de palma (alto teor de 16:0), óleo de canola (alto teor de 18:3 n-3) (Palmquist & Mattos, 2006). Na dieta de ruminantes os lipídeos estão presentes na forma esterificada como mono e digalactoglicerídios em forragens e como triacilgliceróis em alimentos concentrados (Oliveira et al., 2004).



Os lipídios também podem ser oferecidos aos animais na forma de gordura protegida ou inerte, assim chamados por não interferirem na atividade microbiana do rúmen (Palmquist & Mattos, 2006). Neste caso, o objetivo é proteger as estruturas dos ácidos graxos da biohidrogenação, que será discutida a seguir, aumentando o fluxo de ácidos graxos insaturados para o intestino delgado (Aferri et al., 2005), a sua digestibilidade e disponibilidade para absorção e deposição nos tecidos ou leite. A gordura protegida é composta basicamente pelos ácidos graxos linolênico e linoleico (Theurer, 2002) e as concentrações variam entre 42% e 3% respectivamente de acordo com o fabricante (Gonçalves & Domingues, 2007).

A gordura protegida mais usada atualmente é o sal de cálcio de ácidos graxos, obtidos a partir de ácidos graxos de cadeia longa. Esses ácidos graxos reagem com os sais de cálcio e ficam unidos na forma de um sal também são chamados de sabões de cálcio. Os sabões de cálcio ou gordura protegida apresentam aproximadamente 6,52 Mcal/kg de energia, valor três vezes maior que a energia do milho, fato que explica a utilização deste insumo ser feita em níveis baixos e de forma estratégica (Franco, 2007).

Digestão e absorção dos lipídios

Os efeitos dos lipídios sobre a digestão ruminal são de difícil predição e altamente variáveis, pois dependem de vários fatores como a natureza, concentração, quantidade de forragens, concentrados e minerais (principalmente cálcio) na dieta (Jenkins & McGuire, 2006). Uma elevada ingestão de ácidos graxos insaturados pode exceder a capacidade dos microrganismos do rúmen em biohidrogenar, o que aumenta a absorção intestinal de ácidos graxos insaturados (Rule & Beitz, 1986). No entanto, somente com adição de grandes quantidades de ácidos graxos na dieta não garante a alteração do perfil lipídico produzido (Huerta-Leidenz et al., 1991) nas carcaças e/ou leite.

Quando em excesso, a adsorção dos ácidos graxos livres a partículas de alimento inibe o contato direto das células microbianas ao substrato ou a ligação das celulases bacterianas à celulose, com isso pode ocorrer a uma redução na digestão dos nutrientes e a um decréscimo no crescimento microbiano. O contato físico direto do microrganismo às partículas de alimento é fundamental para a digestão, principalmente da celulose no rúmen (Morais et al., 2006). Logo após, ingeridos pelo animal, os galactolipídios e os demais lipídios esterificados chegam ao rúmen e são hidrolizados pelas enzimas: lipases, fosfolipases e galactolipases associadas à membrana celular bacteriana, liberando glicerol, galactose, ácidos graxos saturados e ácidos graxos insaturados em pequenas quantidades (Kozloski, 2011).

O glicerol e a galactose entram na célula bacteriana e são prontamente metabolizados. A extensão da lipólise depende também da natureza do lipídio ingerido, por exemplo, os óleos de plantas (óleo de linhaça, por exemplo) são quase que totalmente hidrolizados (Oliveira et al., 2004), devido a maior parte dos ácidos graxos das plantas forrageiras e dos óleos vegetais serem insaturados (geralmente mais de 70%) e representada principalmente pelo linoleico (18:2) e linolênico (18:3) (Kozloski, 2011).

Uma vez hidrolizados, os AGI passam por um processo conhecido como biohidrogenação, que consiste na adição de hidrogênio nas duplas ligações, aumentando o grau de saturação destes. Os ácidos graxos polinsaturados, principalmente os ácidos linoleico e linolênico, liberados pela quebra da ligação éster são hidrogenados pelas bactérias (Figura 2), tendo como produto final o ácido esteárico (18:0) (Maia et al., 2011).

O processo de biohidrogenação do ácido linoleico (C18:2) é dividido em três etapas: isomerização da dupla ligação cis-12 à configuração trans-11, que consiste na mudança de orientação da dupla ligação da molécula do ácido graxo, convertendo os isômeros nativos *cis* em isômeros *trans*, mudando a localização da dupla ligação na cadeia de carbono (Holanda et al., 2011); uma reação de redução da dupla ligação cis-9, formando o ácido vacênico (C18:1, trans-11), e uma segunda reação de redução, catalisada por microrganismos secundários, que hidrogenizam a ligação trans-11 do ácido vacênico, formando o ácido esteárico (C18:0) (Costa et al., 2009; Gouvêa et al., 2012).

Durante o processo de biohidrogenação do ácido linoleico, destaca-se a formação do ácido linoleico conjugado cis-9, trans-11 (CLA), assim como outros isômeros formados em menor proporção, como o trans-10, cis-12, que está envolvido em vários processos fisiológicos que incluem efeitos benéficos (Kozloski, 2011). Vale lembrar que o ácido cis-9, trans-11 (18:2) (conhecido como ácido rumênico) não é intermediário na biohidrogenação do ácido linolênico (Palmquist & Mattos, 2006).

O CLA é um ácido graxo poli-insaturado natural, encontrado nos produtos da alimentação diária, principalmente em produtos lácteos e carnes bovinas. O CLA pode ser produzido no organismo de animais ou de maneira sintética, sendo que no organismo pode ser formado no rúmen, pela fermentação conjunta de vários microrganismos, especialmente pela atuação da *Butyrovibrio fibrisolvent*, como



intermediário da biohidrogenação incompleta dos ácidos graxos poliinsaturados presentes na alimentação ou, endogenamente, através da dessaturação do ácido graxo vacênico (trans-11 C18:1) pela enzima denominada esteroil-CoA dessaturase ou Delta-9-dessaturase (Hastenpflug & Wommer, 2012; Oliveira et al., 2008; Bomfim et al., 2011).

A reação de dessaturação catalisada pela enzima Delta-9-dessaturase envolve a introdução da ligação dupla (cis) entre os carbonos nas posições 9 e 10 (Miyazaki & Ntambi, 2003). A via de fluxo de elétrons inclui o NADH, que fornece equivalentes de redução, o citocromo b5 e a flavoproteína citocromo b5 redutase, que funcionam como carreadores de elétrons (Ntambi, 1999) (Figura 4). A remoção do átomo de hidrogênio na posição C-9 seguido pela remoção do átomo de hidrogênio posição C-10, permite a formação da dupla ligação entre os carbonos (Paton & Ntambi, 2009).

Tanto a biohidrogenação de linoleico como o do linolênico produzem, como intermediário, ácido vacênico, e foi observado que a taxa de conversão desses ácidos graxos poliinsaturados para vacênico é mais rápida que a conversão de vacênico para esteárico. E como o ácido vacênico é produzido principalmente através da biohidrogenação ruminal, este processo é o grande responsável pelo fato de que as maiores fontes de CLA são os produtos derivados de ruminantes (Schimid et al., 2006; Martins et al., 2007). Os dois principais isômeros de CLA, cis-9, trans-11 e trans-10, cis-12, são naturalmente encontrados em produtos lácteos e carnes de ruminantes, com cis-9, trans-11 CLA, sendo o isômero mais abundante (aproximadamente 75 a 90% de cis-9, trans-11 CLA, 10 a 25% de trans-10, cis-12 CLA). Nos tecidos a maioria de cis-9, trans-11 CLA também pode ser sintetizada para deposição pela delta-9-dessaturase no rúmen (Kim et al., 2009).

O processo de biohidrogenação é dependente do pH no rúmen, sendo que, à medida que o pH torna-se ácido, diminui o percentual de ácidos graxos biohidrogenados e dependente da natureza e grau de insaturação do ácido graxo, sendo maior quando aumenta a insaturação. Além disso, os ácidos graxos devem estar na forma não esterificada para que ocorra a biohidrogenação (Palmquist & Mattos, 2006).

Ainda não está bem elucidada até o momento a função exata do processo de biohidrogenação, mas a função mais aceita é detoxificante, para proteger os microorganismos ruminais do efeito deletério dos ácidos graxos insaturados, uma vez que estes são tóxicos a muitas bactérias ruminais (Valadares Filho et al., 2002; Kozloski, 2011), principalmente às bactérias Gram-positivas. Por este motivo, há grande diferença na concentração entre os AG ingeridos, os encontrados no conteúdo digestivo e o que é depositado na gordura intramuscular (marmorização). Muitas das espécies de microrganismos associada à biohidrogenação parece ser do gênero *Butyrivibrio* ou outras produtoras do ácido butírico, uma vez que a alta produção de butirato é associada com o processo de biohidrogenação (Palmquist & Mattos, 2006), e ainda suplementação lipídica também tem sido associada com a redução na população de protozoários (Ivan et al., 2001).

Os lipídios que chegam ao intestino delgado representam soma daqueles lipídios do alimento mais o de origem microbiana, portanto a quantidade de lipídios que chegam ao duodeno é geralmente maior que a quantidade ingerida pelos animais (Kozloski, 2011).

Diferenças na absorção de AG ocorrem em todos os animais, que geralmente é maior em ordem crescente em ácidos poliinsaturados, monoinsaturados, palmítico e esteárico. Dessa forma, a digestibilidade de lipídios em ruminantes tende a diminuir quando a ingestão de ácidos graxos é aumentada e são biohidrogenados a ácido esteárico. A biohidrogenação, sendo eficiente, o ácido esteárico representa entre 50 a 60% do total de ácidos graxos intestinais (Palmquist & Mattos, 2006).

Os lipídios estão presentes na digesta duodenal em duas fases: uma adsorvida às partículas fibrosas da digesta e outra dissolvida na forma de glóbulos microscópicos, denominados de micelas. As micelas são formadas em função da propriedade anfipática de moléculas, como os ácidos graxos livres, os fosfolipídios, o colesterol, os sais biliares, entre outros. Essas moléculas são caracterizadas por possuírem uma parte polar que interage com a água, a qual fica exposta na face externa das micelas, e outra parte que é apolar e fica confinada no interior do glóbulo (Kozloski, 2011).

A absorção se inicia quando as micelas se aproximam da superfície dos enterócitos e os diversos elementos lipídicos se difundem através do glicocálix para a membrana apical por proteínas ligadoras de ácidos graxos. Outros elementos micelares simplesmente se difundem pela membrana apical, como os monoglicerídeos, colesterol e vitaminas lipossolúveis. A membrana apical, como as outras membranas celulares, é composta principalmente de fosfolipídios. Os produtos altamente hidrofóbicos da digestão lipídica são solúveis na matriz fosfolipídica da membrana e podem, dessa maneira, difundir-se livremente através da membrana apical para a célula. Todos os componentes da micela difundem-se nos enterócitos, exceto os ácidos biliares, que atingem o íleo onde são reabsorvidos por co-transporte de sódio. Após a



absorção, os ácidos biliares são transportados diretamente de volta ao fígado pelo sistema porta-hepático. O fígado extrai eficientemente os ácidos biliares do sangue porta, de modo que a quantidade dos ácidos biliares na circulação sistêmica é pequena, portanto os ácidos biliares são extraídos pelo fígado e reciclados para a bile, esse processo de reciclagem ocorre constantemente (Furlan et al., 2006).

Depois de absorvidos no intestino delgado, os lipídios esterificados são transportados pelas lipoproteínas sintetizadas nos enterócitos, as quais são lançadas, inicialmente, na linfa e, posteriormente, na circulação sanguínea. As lipoproteínas são glóbulos com estrutura e propriedades similares às micelas, mas são maiores, mais ricas em triglicerídeos e ésteres de colesterol e, entre as moléculas anfipáticas, incluem também proteínas. Além de transportar ácidos graxos, as lipoproteínas também carregam o colesterol que em ruminantes, é formado principalmente no intestino delgado e nas células adiposas (Engle & Spears, 2001; Kozloski, 2011).

Várias lipoproteínas diferentes estão presentes na circulação, as quais se diferenciam de acordo com vários fatores, como: densidade, tamanho, forma, composição química e função. A entrada dos lipídios absorvidos na circulação ocorre, principalmente, na forma de lipoproteínas de muita baixa densidade (VLDL). A participação dos quilomícrons no transporte de lipídios no sangue dos ruminantes normalmente é pequena, sendo mais importante somente quando o teor de gordura da dieta e a absorção intestinal de ácidos graxos aumentam grandemente (Kozloski, 2011).

Depois de transportados aos tecidos periféricos, os ácidos graxos podem ser depositados intactos ou sofrerem alterações pelos processos de dessaturação da cadeia carbônica, mediadas pelas enzimas dessaturases, que oxidam dois carbonos da cadeia, originando uma dupla ligação (Martin et al., 2006). Os tecidos dos ruminantes, particularmente o fígado, o tecido adiposo e a glândula mamária, possuem a enzima Delta-9-dessaturase, que converte o ácido vacênico em CLA.

Fontes de lipídios e seu fornecimento na dieta de ruminantes

Os lipídios têm sido utilizados na dieta de ruminantes para aumentar a ingestão de energia, uma vez que contêm 2,25 vezes mais conteúdo energético que os carboidratos (Reddy et al., 1994), principalmente nos casos em que o consumo de matéria seca (MS) não seja suficiente para atender a as exigências nutricionais dos animais. Os lipídios fornecidos na dieta são modificados pelos microrganismos ruminais e alteram o perfil de ácidos graxos da carne ou do leite.

Os resultados de estudos de desempenho que utilizaram fontes de gordura na dieta de ruminantes apresentam resultados bastante variados e alguns têm focado principalmente na manipulação de eventos físico-químicos no rúmen em dois aspectos: avaliação e controle de efeitos negativos causados pela adição de ácidos graxos, evitando que haja prejuízo da fermentação e digestão; e aumento no fluxo de ácidos graxos insaturados para o intestino delgado, com o uso de gordura protegida, visando melhorar o desempenho animal e reduzir o nível de saturação da gordura da carne e do leite (Jenkins, 1993).

A sua inclusão na dieta como forma de permitir um alto consumo de energia deve ser realizada com cautela, uma vez que altos níveis de gordura podem reduzir a digestão da matéria seca no rúmen, provocando, conseqüentemente, uma menor disponibilidade de energia (Huang et al., 2009). Desta forma a inclusão dos lipídios na dieta deve se no limite até 7% em base de matéria seca da dieta (NRC, 2001) a fim de não prejudicar o desempenho animal. Acima deste limite a degradação da fibra pode ser reduzida e acredita-se que o principal efeito seria por recobrimento das partículas de alimento que dificultaria a colonização pelas bactérias do rúmen, principalmente as celulolíticas (Maczulak et al., 1981).

Outro efeito negativo de elevados níveis de gordura na dieta de ruminantes está relacionado ao seu efeito citotóxico nos microrganismos do rúmen. Se a capacidade de biohidrogenação dos microrganismos é excedida, os ácidos graxos insaturados podem-se acumular no rúmen e interferir potencialmente na fermentação (Viñoles et al., 2009; Gressler & Souza). A toxicidade parece estar associada com a alta solubilidade desses ácidos graxos nas membranas celulares, podendo acarretar no rompimento da estrutura das membranas (Palmquist & Mattos, 2011). O teor de ácidos graxos encontrados na maioria da dieta animal é relativamente baixo (1 a 4% em pastagens), enquanto varia de 18 a 40% em sementes de oleaginosas que podem ser usadas como suplementos (Palmquist & Mattos, 2006).

Os grãos de oleaginosas são menos prejudiciais na digestão da fibra que a gordura ou óleos livres, pois propiciam o fornecimento de lipídios através da liberação lenta da fração lipídica, devido à regurgitação e ruminação das sementes (Geron et al., 2012). A gordura protegida também pode reduzir os efeitos indesejáveis dos ácidos graxos sobre a biohidrogenação ruminal por ser envolvida por uma camada de proteína que age como uma capa protetora, tornando-se um composto altamente estável no rúmen, sendo somente em meio ácido. No rúmen o pH é básico (6,5 a 7), sendo assim não há digestão da



gordura protegida. A digestão ocorrerá apenas no abomaso, que possui pH ácido (2 a 3), o que aumenta a densidade energética da dieta sem afetar a degradação da forragem. Após a quebra dos triglicerídios no intestino delgado, ocorre liberação dos ácidos graxos e íons de cálcio para o intestino onde os mesmos serão absorvidos (Nobre et al., 2013). Outro efeito desejado com o uso de gorduras protegidas em ruminantes é a possibilidade de modificar favoravelmente a composição lipídica dos produtos alimentícios resultantes como a carne e o leite.

Desse modo, quando se deseja fornecer lipídios na dieta de ruminantes, é importante avaliar as fontes de gordura e seus efeitos sobre a ingestão, fermentação, digestão e absorção dos nutrientes, de modo a não prejudicar o aporte de energia necessário para a produção desejada (Jenkins & McGuire, 2006). O fornecimento de lipídios insaturados em quantidades adequadas na ração de ruminantes pode proporcionar benefícios no desempenho animal.

Souza et al. (2009) avaliaram dois níveis de extrato etéreo com grão de soja (3 e 7 % de extrato etéreo) na dieta de tourinhos Nelore e cruzados em confinamento e observaram redução do consumo de matéria seca e melhorias na eficiência alimentar, sem prejuízo ao ganho de peso animal. Santos & Godoy quando forneceram gordura protegida para ovelhas em pastejo não observaram diferenças significativas entre o ganho médio diário, assim como Possamai et al. (2015) quando suplementaram novilhas Nelore a pasto. Madruga et al. (2008) estudaram o efeito de dietas com níveis crescentes de caroço de algodão integral sobre a composição química e o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros Santa Inês e não observaram diferenças no ganho médio diário com a inclusão de até 7% de EE na dieta, porém constataram redução da concentração de ácido graxo palmítico (C16:0) e aumento do linolênico (C18:3) na carne.

Jenkins & McGuire (2006) comparam publicações em que foram usadas fontes de gorduras protegidas e dietas controle, mostrando no leite produzido com gordura protegida, maior teor de ácidos oleico e linoleico. Viela et al., (2002) avaliaram a utilização de gordura protegida durante o terço inicial da lactação de vacas leiteiras em pastagem de coast cross, utilizando 700 g/vaca/dia de gordura protegida com os seguintes níveis de concentrado 9, 6, 3 Kg/vaca/dia no terço inicial (até 90 dias), médio (91 a 180 dias) e final (181 a 273 dias), respectivamente e observaram que o fornecimento de concentrado com fonte de gordura protegida aumentou a densidade energética do alimento suplementar e a produção de leite por vaca e por hectare. Avaliando a infusão de 12,5 g/dia do ácido graxo vacênico (C18:1 trans 11) no abomaso de vacas em lactação, Corl et al. (2000) observaram um aumento de 40% do conteúdo de CLA na gordura do leite, indicando que as vacas foram capazes de sintetizar endogenamente o CLA. Eles estimaram que cerca de 78% do CLA na gordura do leite teria como origem a ação da Delta-9-dessaturase.

Outro efeito dos AG na suplementação de ruminantes está relacionado aos efeitos metabólicos sobre a reprodução animal. A alimentação de vacas com fontes de gordura ricas em AGI n-6 durante o final da gestação e lactação inicial aumenta o crescimento folicular, a secreção de prostaglandina uterina, a taxa de prenhes e a qualidade dos embriões, enquanto a suplementação com AGI n-3, em vacas durante a lactação suprime a liberação de prostaglandinas uterinas e melhora a qualidade embrionária e a manutenção da prenhes (Santos et al., 2008). Vacas no início da lactação tendem a obter menores respostas produtivas à suplementação com gordura, provavelmente devido à produção de leite ser prioridade nessa fase e o uso de reservas corporais para suprir essa demanda energética esconde um possível resultado. Sendo assim, vacas em início de lactação recebendo suplementação lipídica podem não responder em produção de leite, mas por outro lado, podem amenizar a perda de peso e escore de condição corporal, comum nessa fase, devido ao balanço energético negativo (Weiss & Pinos-Rodríguez, 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de lipídios apresenta-se como umas das principais fontes energéticas na alimentação de ruminantes, porém é importante se atentar aos níveis de inclusão nas dietas para evitar transtornos no rúmen e intestinos, que pode resultar em redução do consumo e digestibilidade da dieta. A inclusão de lipídios é uma forma eficaz para atender às demandas energéticas e sua utilização pelo organismo do animal envolve um processo fisiológico complexo que define o nível adequado de suplementação e seus efeitos depende da fonte utilizada. Quando os lipídios estão na forma protegida em sais de cálcio contendo ácidos graxos de cadeia longa, aumentam sua potencial absorção intestinal e deposição na carne ou leite.



LITERATURA CITADA

- AFERRI, G.; LEME, P.R.; SILVA, S.L. et al., Desempenho e características de carcaça de novilhos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. R. Bras. Zootec., v.34, n.5, p.1651-1658, 2005.
- BOMFIM, M. A. D.; QUEIROGA, R. C. E.; AGUILA, M. B. et al. Abordagem multidisciplinar de P, D&I para o desenvolvimento de produto lácteo caprino com alto teor de CLA e alegação de propriedade funcional. R.Bras. Zootec., v.40, p.98-106, 2011.
- CORL, B.A.; BAUMGARD, L.H.; DWYER, D.A. et al. The role of delta-9-desaturase in the production of cis-9, trans-11 CLA and other delta-9 desaturase fatty acids in milk fat. J. Dairy Sci., v.83, p.164, 2000.
- COSTA, R.G.; QUEIROGA, R.C.R.E.; PEREIRA, R.A.G. Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. R. Bras. Zootec., v.38, p.307-321, 2009.
- ENGLE, T. E.; SPEARS, J. W. Performance, carcass characteristics and lipid metabolism in growing and finishing Simmental steers fed varying concentrations of copper. J. Anim. Sci., v.79, n.1, p.2920-2925, 2001.
- FURLAN, R.L.; MACARI, M.; FARIA FILHO, D.E. Anatomia e fisiologia do trato gastrointestinal. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Nutrição de ruminantes. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p.287-310.
- GERON, L.J.V.; MEXIA, A.A.; GARCIA, J. et al. Suplementação concentrada para cordeiros terminados a pasto sobre custo de produção no período da seca. Rev. Semin., v.33, n.2, p.797-808, 2012.
- GONÇALVES, A.; DOMINGUES, J.D. Uso de gordura protegida na dieta de ruminantes. Rev. Nut., v.4, n.5, p.475-486, 2007.
- GOUVÊA, M.M; FRANCO, C.F.J.; MARQUES, F.F.C. et al. Ácidos Linoleicos Conjugados (ALC) – Os Benefícios que Exercem sobre a Saúde Humana e as Principais metodologias Analíticas Aplicadas para a sua Determinação em Leites. Rev. Quim.,v.4, n.6, p.653-669, 2012.
- GRESSLER, M.A.L.; SOUZA, M.I.L. Efeitos da suplementação com gordura protegida sobre a foliculogênese ovariana de ruminantes. Rev. Vet. Zootec., v.3, n.2, p.70-79, 2009.
- HASTENPFLUG, M.; WOMMER, T. P. Ácido linoleico conjugado no leite e carne de ovinos: uma breve revisão. Rev. Agrogeo.,v.4, n.3, 2012.
- HUERTA-LEIDENZ, N.O.; CROSS, H.R.; LUNT, D.K. et al. Growth, carcass traits and fatty acid profiles of adipose from steers fed whole cottonseed. J. Anim. Sci., v.69, p.3665-3672, 1991.
- IVAN, M.; MIR, P.S.; KOENNG, K.M. et al. Effects of dietary sunflower seed oil on rumen protozoa population and tissue concentration of conjugated linoleic acid in sheep. Smal. Rum. Res.,v. 41, p. 215-227, 2001.
- JAEGER, S.M.P.L.; DUTRA, A.R.; PEREIRA, J.C. et al. Características da Carcaça de Bovinos de Quatro Grupos Genéticos Submetidos a Dietas com ou sem Adição de Gordura Protegida. R.Bras. Zootec., v.33, n.6, p.1876-1887, 2004.
- JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. J. Dairy Sci., v.79, n.12, p.3851-3863, 1993.
- JENKINS, T.C.; MCGUIRE, M.A. Major advances in nutrition: impact on milk composition. J. Dairy Sci., v.89, p.1302-1310, 2006.
- KIM, E. J. HUWS; S. A. LEE; M. R. F.; SCOLLAN, N. D. Dietary Transformation of Lipid in the Rumen Microbial Ecosystem. J. Anim. Sci., v.22, n.9, p.1341-1350, 2009.
- KOZLOSKI, G.V. Bioquímica dos ruminantes. 3.ed. Santa Maria: UFSM, 2011, 216p.
- KOZLOSKI, G.V. Bioquímica dos ruminantes. Santa Maria: UFSM, 2002. 140p.
- LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. The biosynthesis of lipids. In: LEHNINGER, A.L. (Ed). Principles of biochemistry. 3. ed. New York: Worth Publishers, 2000. p.770-817.
- MACZULAK, A. E.; DEHORITY, B.A.; PALMQUIST, D.L. et al. Effects of long-chain fatty acids on growth of rumen bacteria. App. and Envi. Microb., v.42, p.856-863, 1981.
- MADRUGA, M. S.; VIEIRA, T. R. L.; CUNHA, M. G. G. et al. efeito de dietas com níveis crescentes de caroço de algodão integral sobre a composição química e o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros Santa Inês. R. Bras. Zootec., v.37, n.8, p.1496-1502, 2008
- MARTINS, S.V.; LOPES, P.A.; ALFAIA, C.M.; RIBEIRO, V.S. et al. Contents of conjugated linoleic acid isomers in ruminant-derived foods and estimation of their contribution to daily intake in Portugal. British J. Nut., v.98, n.6, p.1206-1213, 2007.



- MIYAZAKI, M.; NTAMBI, J.M. Role of stearoyl-coenzyme A desaturase in lipid metabolism. *Prost., Leuk. and E. A. G.*, v.68, n.2, p.113-121, 2003.
- MORAIS, J.A.S.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A.; Aditivos. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p.539-570.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. Washington: National Academy of Science, 2001. 254p.
- NOBRE, I.S.; de SOUZA, B.B.; MARQUES, B.A.A.; BATISTA, N.L. Efeito de diferentes níveis de concentrado e inclusão de gordura protegida na dieta sobre o desempenho produtivo e termorregulação de ovinos. *A. C. S. A.*, v.9, n.2, p.14-20, 2013.
- NTAMBI, J.M. Regulation of stearoyl-CoA desaturase by polyunsaturated fatty acids and cholesterol. *J. Lip. Res.*, v.40, p.1549-1558, 1999.
- OLIVEIRA, R. L.; LADEIRA, M. M.; BARBOSA, M. A. A. F. et al. Ácido linoleico conjugado e perfil de ácidos graxos no músculo e na capa de gordura de novilhos bubalinos alimentados com diferentes fontes de lipídios. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.60, n.1, p.169-178, 2008.
- OLIVEIRA, S. G.; SIMAS, J. M. C.; SANTOS, F. A. P. Principais aspectos relacionados às alterações no perfil de ácidos graxos na gordura do leite de ruminantes. *Arch. Vet. Sci.*, v. 9, n. 1, p. 73-80, 2004.
- PALMQUIST, D. L.; MATTOS, W. R. S. Metabolismo de lipídeos. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p.287-310.
- PALMQUIST, D.L.; MATTOS, W.R.S. Metabolismo de lipídios. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) *Nutrição de Ruminantes*. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2011. p.299-322.
- PATON, C. M.; NTAMBI, J.M. Biochemical and physiological function of stearoyl-CoA desaturase. *J. Phys. End. Met.*, v.297, p.28-37, 2009.
- POSSAMAI, M. C.F.; Narciso, L. C. R.; LIPPI, H. J. et al. Fontes de gordura protegida para novilhas Nelore a pasto. *Rev. Acadêm. Ciênc. Anim.*, v. 13, 2015.
- REDDY, P.V.; MORRIL, J.L.; NAGARAJA, T.G. Release of fatty acids from raw or processed soybeans and subsequent effects on fiber digestibilities. *J. Dairy Sci.*, v.77, p.341-346, 1994.
- RULE, D. C.; D. C. BEITZ. Fatty acids of adipose tissue, plasma, muscle and duodenal ingesta of steers fed extruded soybeans. *J. Am. Oil Chem.*, v. 63, p.1429-1435, 1986.
- SANTOS, J.E.; BILBY, T.R.; THATCHER, W.W. et al. Long chain fatty acids of diet as factors influencing reproduction in cattle. *Reprod. Domest. Anim.*, v.43, p.23-30, 2008.
- SANTOS, M. P.; GODOY, M. M. Desempenho de ovelhas Santa Inês manejadas a pasto e suplementadas com gordura protegida no pós-parto. *Rev. Ciên. Agrovet.*, v. 16, n. 2, 2017.
- SCHIMID, A.; COLLOMB, M.; SIEBER, R.; BEE, G. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: a review. *Meat Sci.*, v.73, p. 29-41, 2006.
- SOUZA, A. R. D.L.; MEDEIROS, S. R.; MORAIS, M. G. et al. Dieta com alto teor de gordura e desempenho de tourinhos de grupos genéticos diferentes em confinamento. *Pesq. Agro. Bras.*, v.44, n.7, 2000.
- THEURER, M.L.; MCGUIRE, M.A.; SANCHEZ, W.K. Sais de cálcio de ácidos Graxos poliinsaturados fornecem mais EFA para vacas em lactação. *Pacific Northwest Nutrition, Conference*, 2002.
- VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; CAPPELLE, E.R. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 297f.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VIÑALES, C.; MEIKLE, A.; MARTIN, G.B. Short-term nutritional treatments grazing legumes or feeding concentrates increase prolificacy in Corriedale ewes. *Anim. Reprod. Sci.*, v.113, n.1-4, p.82-92, 2009.
- WEISS, W. P.; PINOS-RODRÍGUEZ, J. M. Production responses of dairy cows when fed supplemental fat in low-and high-forage diets. *J. Dairy Sci.*, v.92, p.6144-6155, 2009.