

SUPLEMENTAÇÃO LIPÍDICA E USO DE LISOFOSFOLIPÍDIOS NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES

Marco Túlio Santos Siqueira¹;

¹Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Jaboticabal, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/2171869569188113>

Rodolfo Henrique Silva Pereira²;

²Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/8694705056685438>

Marcela Rodrigues de Oliveira³;

³Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/2986844726429159>

Lucas Eduardo Gonçalves Vilaça⁴;

⁴Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais.

<http://lattes.cnpq.br/3084652122841929>

Nathália de Lima Mendes⁵;

⁵Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/2630000990581090>

Bianca Izabelly Pereira Gomes⁶;

⁶Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/8954741213693952>

Isabella Mariano Machado⁷;

⁷Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/0243984456814707>

Marcos Borges Santa Rosa⁸;

⁸Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, Minas Gerais.

<https://lattes.cnpq.br/6920158650548124>

Camila Raineri⁹.

⁹Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, Minas Gerais.

<http://lattes.cnpq.br/0752824652408153>

RESUMO: A suplementação lipídica constitui uma estratégia nutricional utilizada para aumentar a densidade energética das dietas de ruminantes, porém sua eficiência depende das características da fonte lipídica e dos processos de digestão e absorção dos ácidos graxos (AG). Este capítulo objetiva apresentar e discutir os principais aspectos relacionados à suplementação lipídica e ao uso de lisofosfolipídios na nutrição de ovinos, abordando o metabolismo, a digestão e a absorção dos lipídeos e os mecanismos de ação dos lisofosfolipídios. Foi realizada pesquisa bibliográfica de abordagem qualitativa, natureza básica e caráter exploratório e descritivo, utilizando artigos científicos disponíveis

nas bases *Web of Science*, *Scopus*, *SciELO*, *ScienceDirect* e *Google Scholar*. Foram priorizados estudos publicados nos últimos dez anos, complementados por trabalhos clássicos relevantes. A literatura demonstra que fontes lipídicas ruminalmente inertes podem aumentar o aporte energético com menor interferência sobre a fermentação ruminal, embora seu aproveitamento dependa da digestibilidade intestinal dos AG. Nesse contexto, os lisofosfolipídios apresentam potencial para favorecer a emulsificação, a formação de micelas e a utilização intestinal dos lipídeos. Entretanto, as respostas são variáveis e dependem da fonte lipídica, do perfil de AG's, da composição e dose do emulsificante e da categoria animal.

PALAVRAS-CHAVE: Emulsificantes. Lipídeos. Lisolecitina.

LIPID SUPPLEMENTATION AND THE USE OF LYSOPHOSPHOLIPIDS IN SHEEP NUTRITION

ABSTRACT: Lipid supplementation is a nutritional strategy used to increase the energy density of ruminant diets; however, its efficiency depends on the characteristics of the lipid source and the processes involved in fatty acid (FA) digestion and absorption. This chapter aims to present and discuss the main aspects related to lipid supplementation and the use of lysophospholipids in sheep nutrition, addressing lipid metabolism, digestion and absorption, as well as the mechanisms of action of lysophospholipids. A qualitative bibliographic review of a basic, exploratory, and descriptive nature was conducted using scientific articles available in the Web of Science, Scopus, SciELO, ScienceDirect, PubMed, and Google Scholar databases. Studies published in the last ten years were prioritized and complemented by relevant classic studies. The literature indicates that rumen-inert lipid sources can increase energy supply with less interference with ruminal fermentation, although their utilization depends on the intestinal digestibility of FA. In this context, lysophospholipids have the potential to enhance emulsification, micelle formation, and intestinal lipid utilization. However, responses vary according to the lipid source, FA profile, emulsifier composition and dose, and animal category.

KEYWORDS: Emulsifiers. Lipids. Lysolecithin.

INTRODUÇÃO

A suplementação lipídica constitui uma importante estratégia nutricional para aumentar a densidade energética das dietas de ruminantes e pode contribuir para o desempenho produtivo e para a modulação da composição dos produtos de origem animal. Entretanto, os efeitos da inclusão de lipídeos dependem de fatores como nível de suplementação, perfil de ácidos graxos (AG) e forma de fornecimento, uma vez que determinadas fontes, especialmente aquelas ricas em AG insaturados (AGI), podem interferir na microbiota e na fermentação ruminal (Ponnampalam et al., 2024).

Nesse contexto, fontes lipídicas consideradas ruminalmente inertes têm sido

utilizadas com o objetivo de fornecer energia e AG com menor interferência sobre o ambiente ruminal. Entre elas, destacam-se produtos derivados do óleo de palma, caracterizados principalmente pela presença de ácido palmítico (C16:0) e, dependendo de sua composição e processamento, ácido oleico (C18:1 cis-9) (Dos Santos Neto; de Souza; Lock, 2021). Apesar das vantagens da suplementação lipídica, a utilização dos AG também depende de sua digestão e absorção intestinal, processos influenciados por características como comprimento da cadeia, grau de insaturação, fluxo intestinal e formação de micelas (Doreau; Ferlay, 1994).

Dessa forma, emulsificantes como os lisofosfolipídios têm despertado interesse na nutrição de ruminantes por suas propriedades anfifílicas e potencial para favorecer a emulsificação, formação de micelas e utilização intestinal dos lipídeos (Huo et al., 2019). A lisolecitina, obtida a partir da hidrólise enzimática da lecitina, contém diferentes lisofosfolipídios capazes de modificar as propriedades físico-químicas da fase lipídica e, potencialmente, aumentar a digestibilidade dos AG e a eficiência de utilização da energia da dieta (Huo et al., 2019; Porter et al., 2024). Entretanto, as respostas à suplementação são variáveis e dependem da composição da dieta, da fonte lipídica, da categoria animal e das características do emulsificante utilizado (HUO et al., 2019). O estudo de Huo et al. (2019), realizado com cordeiros, demonstrou que a suplementação com lisofosfolipídios alterou a digestibilidade dos nutrientes e a fermentação ruminal, mas não promoveu respostas consistentemente positivas sobre o desempenho.

Assim, compreender o metabolismo dos lipídeos e os fatores que limitam sua utilização pelos ruminantes é fundamental para avaliar o potencial dos lisofosfolipídios como estratégia nutricional (Doreau; Ferlay, 1994). A associação entre fontes lipídicas ruminalmente inertes e emulsificantes representa uma abordagem de interesse para otimizar a utilização dos AG e, conseqüentemente, a eficiência nutricional e o desempenho de ovinos (Dos Santos Neto; de Souza; Lock, 2021; Huo et al., 2019).

OBJETIVO

Apresentar e discutir os principais aspectos relacionados à suplementação lipídica e ao uso de lisofosfolipídios na nutrição de ovinos, abordando o metabolismo, a digestão e a absorção dos lipídeos, as particularidades das fontes lipídicas ruminalmente inertes e os mecanismos de ação dos lisofosfolipídios, bem como seus potenciais efeitos sobre a digestibilidade dos nutrientes, a eficiência de utilização da dieta e o desempenho animal.

METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem qualitativa, de natureza básica, com objetivos exploratório e descritivo, desenvolvida por meio de pesquisa bibliográfica. A pesquisa foi realizada por meio da consulta a artigos científicos publicados em periódicos de reconhecida relevância nas áreas de Ciência Animal, Nutrição de Ruminantes e Metabolismo Animal. As buscas foram conduzidas nas bases de dados

Web of Science, Scopus, SciELO, ScienceDirect e Google Scholar, utilizando combinações de descritores em português e inglês, como: “suplementação lipídica”, “gordura protegida”, “gordura inerte”, “digestão de lipídeos”, “digestibilidade de ácidos graxos”, “lisolecitina”, “lisofosfolipídios”, “emulsificantes”, “ovinos”, “ruminantes”, “*fat supplementation*”, “*rumen-inert fat*”, “*rumen-protected fat*”, “*lipid digestion*”, “*fatty acid digestibility*”, “*lysolecithin*”, “*lysophospholipids*”, “*emulsifiers*”, “*sheep*” e “*ruminants*”, nos meses de julho e agosto de 2026.

Foram priorizados artigos científicos publicados, preferencialmente, nos últimos dez anos, sem excluir trabalhos clássicos considerados fundamentais para a compreensão do metabolismo, digestão e absorção de lipídeos em ruminantes. Os estudos foram selecionados considerando sua qualidade científica, pertinência ao tema e contribuição para a compreensão dos efeitos das fontes lipídicas e dos lisofosfolipídios sobre o metabolismo, a digestibilidade dos nutrientes, a eficiência de utilização da dieta e o desempenho animal, com ênfase em estudos realizados com ovinos.

As informações obtidas foram organizadas e analisadas de forma descritiva e interpretativa, buscando identificar convergências, divergências e lacunas na literatura, com o propósito de sintetizar o conhecimento científico disponível sobre a suplementação lipídica e o uso de lisofosfolipídios na nutrição de ovinos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Suplementação lipídica na alimentação de ruminantes

Os lipídeos apresentam elevada densidade energética e sua inclusão nas dietas de ruminantes constitui uma estratégia para aumentar o aporte de energia sem a necessidade de elevar proporcionalmente a participação de carboidratos rapidamente fermentáveis. Além da contribuição energética, a suplementação lipídica pode modificar o perfil de ácidos graxos absorvidos, influenciar o metabolismo animal e alterar a composição lipídica da carne e do leite. Entretanto, seus efeitos dependem da quantidade fornecida, da composição em ácidos graxos e das características físico-químicas da fonte utilizada (Palmquist; Jenkins, 2017; Dos Santos Neto; de Souza; Lock, 2021).

A utilização de fontes lipídicas convencionais apresenta limitações relacionadas principalmente aos efeitos dos ácidos graxos livres sobre o ambiente ruminal. Após a ingestão, os lipídeos dietéticos são submetidos à lipólise microbiana, liberando ácidos graxos, especialmente insaturados, que podem exercer efeitos inibitórios sobre determinadas populações de microrganismos ruminais. Em níveis elevados de suplementação, essas alterações podem comprometer a digestão da fibra, modificar o padrão de fermentação e reduzir o consumo de matéria seca, limitando os benefícios decorrentes do aumento da densidade energética da dieta (Doreau; Ferlay, 1994; Jenkins, 1993; Rodrigues et al., 2019).

Nesse contexto, diferentes estratégias têm sido desenvolvidas para reduzir a interação dos lipídeos suplementares com a microbiota ruminal. As fontes denominadas

ruminalmente inertes ou protegidas são formuladas para apresentar menor reatividade no rúmen e permitir maior fluxo de ácidos graxos para o intestino. Entre elas encontram-se os sais de cálcio de ácidos graxos, obtidos pela associação dos grupos carboxila dos ácidos graxos com íons cálcio. Sua estabilidade depende das condições ruminiais, especialmente do pH e da composição dos ácidos graxos, razão pela qual o termo “inerte” não deve ser interpretado como ausência completa de dissociação ou metabolismo no rúmen (Sukhija; Palmquist, 1990; Dos Santos Neto; De Souza; Lock, 2021).

Fontes derivadas do óleo de palma são frequentemente utilizadas na formulação desses suplementos devido à elevada participação de ácidos graxos de cadeia longa, particularmente o ácido palmítico (C16:0), embora sua composição varie conforme a matéria-prima e o processamento. O fornecimento dessas fontes pode aumentar o aporte de ácidos graxos ao intestino e reduzir alguns dos efeitos negativos associados à suplementação com óleos livres. Entretanto, a maior quantidade de lipídeos que alcança o intestino não implica necessariamente maior aproveitamento pelo animal, pois a digestibilidade intestinal varia entre os diferentes ácidos graxos (Dos Santos Neto; De Souza; Lock, 2021; Boerman; Lock, 2014).

De modo geral, a digestibilidade tende a ser influenciada pelo comprimento da cadeia carbônica, grau de insaturação, quantidade total de ácidos graxos que chega ao intestino e proporção entre ácidos graxos saturados e insaturados. Ácidos graxos saturados de cadeia longa apresentam menor solubilidade no ambiente intestinal e podem apresentar menor digestibilidade, particularmente quando fornecidos em maiores quantidades. Assim, estratégias destinadas a proteger os lipídeos dos efeitos ruminiais devem considerar também a eficiência com que esses compostos serão posteriormente solubilizados e absorvidos no intestino (Andrews; Lewis, 1970; Boerman; Lock, 2014).

A resposta produtiva à suplementação lipídica é, portanto, resultado do equilíbrio entre o aumento da densidade energética da dieta, os efeitos da fonte lipídica sobre a fermentação ruminal e a capacidade de digestão e absorção dos ácidos graxos no intestino (Doreau; Ferlay, 1994; Palmquist; Jenkins, 2017). Essa última etapa assume especial importância quando são utilizadas fontes ricas em ácidos graxos saturados, constituindo um dos fundamentos para o emprego de emulsificantes com o objetivo de aumentar a eficiência de utilização dos lipídeos dietéticos (Boerman; Lock, 2014; Huo et al., 2019).

Metabolismo, digestão e absorção de lipídeos em ruminantes

A utilização dos lipídeos dietéticos pelos ruminantes envolve uma sequência de transformações que se inicia no rúmen e prossegue no intestino delgado. Diferentemente dos monogástricos, grande parte dos lipídeos ingeridos sofre intensa modificação pela microbiota ruminal antes de alcançar o intestino. Assim, a quantidade e o perfil dos ácidos graxos disponíveis para absorção podem diferir consideravelmente daqueles originalmente presentes na dieta (Jenkins, 1993; Doreau; Ferlay, 1994; Lourenço; Ramos-Morales; Wallace, 2010).

No rúmen, os lipídeos, predominantemente triacilgliceróis, glicolipídeos e fosfolipídios, são inicialmente submetidos à lipólise por enzimas microbianas. Esse processo promove a hidrólise das ligações éster e a liberação de ácidos graxos livres e glicerol ou outros componentes da fração polar. Os ácidos graxos insaturados liberados tornam-se substratos para a biohidrogenação ruminal, mecanismo pelo qual os microrganismos convertem parte das ligações insaturadas em ligações saturadas. Como consequência, embora as dietas possam conter proporções consideráveis de ácidos graxos insaturados, o fluxo que alcança o duodeno é caracterizado por elevada participação de ácidos graxos saturados, especialmente o ácido esteárico (C18:0) (Jenkins, 1993; Lourenço; Ramos-Morales; Wallace, 2010).

A biohidrogenação ocorre por meio de diferentes vias e envolve a formação de intermediários, cuja composição depende do perfil lipídico da dieta e das condições do ambiente ruminal. Além de reduzir a exposição dos microrganismos aos efeitos potencialmente tóxicos dos ácidos graxos insaturados, essas transformações modificam o perfil de ácidos graxos disponível para absorção e posterior incorporação aos tecidos e produtos de origem animal. Alterações no pH, na relação volumoso:concentrado e na quantidade e no tipo de lipídeo fornecido podem modificar essas vias e a extensão da biohidrogenação (Jenkins, 1993; Lourenço; Ramos-Morales; Wallace, 2010).

Ao deixarem o rúmen, os ácidos graxos encontram-se predominantemente na forma não esterificada e associados às partículas alimentares e aos microrganismos. No intestino delgado, sua absorção exige inicialmente a transferência da fase insolúvel para uma fase aquosa capaz de aproximá-los da superfície dos enterócitos. Esse processo representa um desafio particularmente importante para ácidos graxos saturados de cadeia longa devido à sua baixa solubilidade no meio intestinal (Bauchart, 1993; Doreau; Ferlay, 1994).

A bile desempenha papel fundamental nessa etapa. Os sais biliares e fosfolipídios presentes nas secreções biliares possuem propriedades anfifílicas e participam da emulsificação e solubilização dos produtos da digestão lipídica. A fosfatidilcolina, um dos principais fosfolipídios da bile, pode ser hidrolisada pela fosfolipase A₂ pancreática, originando lisofosfatidilcolina e ácido graxo livre. A lisofosfatidilcolina apresenta elevada capacidade de associação com os produtos da digestão lipídica e participa da formação de micelas mistas (BAUCHART, 1993).

As micelas permitem a incorporação de ácidos graxos e outros compostos lipossolúveis em estruturas compatíveis com o ambiente aquoso do lúmen intestinal, facilitando seu transporte através da camada de água adjacente à mucosa. Os componentes lipídicos são então disponibilizados aos enterócitos para absorção. Dessa forma, a eficiência da formação e estabilidade das micelas constitui uma etapa determinante da digestibilidade intestinal dos ácidos graxos (Bauchart, 1993; Doreau; Ferlay, 1994).

A digestibilidade dos lipídeos em ruminantes é influenciada por diversos fatores. Em geral, o aumento do grau de insaturação favorece a solubilização e a digestibilidade intestinal, enquanto ácidos graxos saturados de cadeia longa apresentam maior dificuldade

de incorporação às micelas. Além disso, o aumento do fluxo total de ácidos graxos para o intestino pode reduzir sua digestibilidade aparente, indicando que a capacidade de solubilização e absorção não aumenta necessariamente na mesma proporção que a oferta (Boerman et al., 2015).

Essas particularidades são especialmente relevantes quando fontes lipídicas ricas em ácido palmítico ou outros ácidos graxos saturados são utilizadas na dieta. Embora a proteção ou inertividade ruminal possa favorecer o fornecimento de lipídeos sem comprometer significativamente a fermentação, o benefício nutricional final depende da eficiência com que os ácidos graxos que alcançam o intestino são incorporados às micelas e absorvidos. Assim, a transferência dos lipídeos da fase insolúvel para a fase micelar pode representar um ponto limitante para sua utilização, constituindo a principal justificativa fisiológica para o emprego de emulsificantes exógenos na alimentação de ruminantes (BAUCHART, 1993; BOERMAN et al., 2015).

Lisofosfolipídios como estratégia para aumentar a utilização de lipídeos em ruminantes

A eficiência de utilização dos lipídeos dietéticos depende não apenas da quantidade de ácidos graxos que alcança o intestino, mas também de sua capacidade de dispersão no meio aquoso, incorporação às micelas e posterior absorção pelos enterócitos. Nesse contexto, emulsificantes exógenos têm sido estudados como estratégia nutricional para favorecer a digestão e a absorção intestinal de lipídeos, especialmente em dietas com maior concentração de gordura ou contendo fontes ricas em ácidos graxos saturados (Bauchart, 1993; Porter et al., 2024).

Entre os emulsificantes utilizados na alimentação animal destacam-se os derivados da lecitina. A lecitina corresponde a uma mistura de fosfolipídios, constituída principalmente por fosfatidilcolina, além de fosfatidiletanolamina, fosfatidilinositol e outros componentes. Por apresentarem regiões hidrofílicas e hidrofóbicas em sua estrutura, esses compostos possuem caráter anfifílico e podem atuar na interface entre as fases aquosa e lipídica, favorecendo a dispersão dos lipídeos no meio digestivo (Van Nieuwenhuyzen; Tomás, 2008).

A hidrólise enzimática dos fosfolipídios da lecitina, geralmente pela ação da fosfolipase A_2 , promove a remoção de um dos ácidos graxos esterificados ao glicerol e origina os respectivos lisofosfolipídios. Entre eles estão a lisofosfatidilcolina, lisofosfatidiletanolamina, lisofosfatidilinositol e lisofosfatidilserina. A mistura resultante desse processo é frequentemente denominada liolecitina e apresenta características físico-químicas distintas da lecitina original. A presença de apenas uma cadeia acila aumenta o caráter hidrofílico de diversos lisofosfolipídios, favorecendo sua atuação como surfactantes e sua participação na formação de estruturas micelares (Van Nieuwenhuyzen; Tomás, 2008).

No intestino delgado, os lisofosfolipídios podem favorecer a emulsificação e a incorporação dos produtos da digestão lipídica às micelas mistas, aumentando sua dispersão no conteúdo intestinal e facilitando o contato com a superfície absorviva. Esse mecanismo

é particularmente relevante para ácidos graxos saturados de cadeia longa, cuja baixa solubilidade pode limitar sua incorporação à fase micelar. Dessa forma, a suplementação com lisofosfolipídios tem sido proposta como estratégia para aumentar a digestibilidade dos lipídeos e, conseqüentemente, a eficiência de utilização da energia da dieta (Bauchart, 1993; Porter et al., 2024).

Além dos efeitos físico-químicos sobre emulsificação e formação de micelas, têm sido propostos efeitos dos lisofosfolipídios sobre a interface intestinal e o transporte de nutrientes. Entretanto, esses mecanismos são mais complexos e não devem ser interpretados simplesmente como um aumento generalizado da permeabilidade intestinal. A magnitude e a relevância desses efeitos dependem da composição do produto, da dose utilizada, da dieta e das condições fisiológicas do animal. Assim, a melhora da utilização dos lipídeos provavelmente resulta da combinação de diferentes mecanismos, com destaque para a solubilização e o transporte dos produtos da digestão lipídica (Van Nieuwenhuyzen; Tomás, 2008; Huo et al., 2019).

Em ruminantes, entretanto, a atuação dos lisofosfolipídios apresenta particularidades em relação aos animais monogástricos. Antes de alcançar o intestino, o aditivo pode interagir com o ambiente ruminal e com os componentes da dieta, enquanto o perfil de ácidos graxos que chega ao duodeno já foi profundamente modificado pela lipólise e biohidrogenação. Conseqüentemente, os efeitos observados dependem não somente da capacidade emulsificante do produto, mas também da fonte e do nível de gordura suplementada, do perfil de ácidos graxos que alcança o intestino e da própria estabilidade do aditivo ao longo do trato gastrointestinal (Huo et al., 2019; Porter et al., 2024).

Os resultados experimentais em ruminantes demonstram, por isso, respostas variáveis. A suplementação com lisofosfolipídios ou outros biossurfactantes pode aumentar a digestibilidade do extrato etéreo e, em determinadas condições, favorecer a digestibilidade de outros componentes da dieta e o desempenho animal. Entretanto, também são relatados estudos nos quais a suplementação não modifica o consumo, o ganho de peso, a eficiência alimentar ou parâmetros de fermentação ruminal. Essa variabilidade indica que os benefícios desses aditivos não são universais e dependem das condições em que são empregados (Huo et al., 2019; Porter et al., 2024).

A interação com a fonte lipídica merece especial atenção. Em dietas contendo fontes com elevada proporção de ácidos graxos saturados, como determinados produtos derivados do óleo de palma, a menor solubilidade intestinal desses compostos fornece uma justificativa fisiológica para o uso de emulsificantes. Entretanto, a resposta depende da quantidade de gordura que efetivamente alcança o intestino e da composição do suplemento. Assim, a associação entre fontes lipídicas ruminalmente inertes e lisofosfolipídios pode ser nutricionalmente interessante, mas sua eficácia deve ser avaliada considerando conjuntamente a digestibilidade dos ácidos graxos, o consumo e a resposta produtiva dos animais (Huo et al., 2019; Porter et al., 2024).

Nesse sentido, os lisofosfolipídios devem ser compreendidos como moduladores

potenciais da eficiência de utilização dos lipídeos, e não como aditivos capazes de promover invariavelmente melhorias no desempenho. A caracterização da fonte lipídica, do perfil de ácidos graxos, da composição e dose do emulsificante e da categoria animal é fundamental para interpretar as respostas à suplementação. Em ovinos, a disponibilidade ainda limitada e a heterogeneidade dos estudos reforçam a necessidade de compreender em quais condições a associação entre fontes lipídicas e lisofosfolipídios pode efetivamente aumentar a digestibilidade e converter o maior aporte energético da dieta em benefícios produtivos (Huo et al., 2019; Porter et al., 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A suplementação lipídica constitui uma estratégia relevante para aumentar a densidade energética das dietas de ruminantes, porém sua eficiência depende das características da fonte utilizada e das transformações sofridas pelos lipídeos ao longo do trato gastrointestinal. Embora fontes ruminalmente inertes possam reduzir a interação dos ácidos graxos com a microbiota ruminal, o aproveitamento energético final permanece condicionado à eficiência de digestão e absorção intestinal, especialmente para ácidos graxos saturados de cadeia longa.

Nesse contexto, os lisofosfolipídios apresentam potencial para favorecer a utilização dos lipídeos por suas propriedades emulsificantes e participação nos processos de solubilização e formação de micelas. Entretanto, as respostas observadas em ruminantes são variáveis e dependem de fatores como composição e nível da fonte lipídica, perfil de ácidos graxos, características e dose do emulsificante e categoria animal. Assim, a associação entre fontes lipídicas ruminalmente inertes e lisofosfolipídios constitui uma estratégia nutricional promissora, mas seus benefícios devem ser avaliados considerando as condições específicas de utilização e seus efeitos sobre a digestibilidade, eficiência de utilização dos nutrientes e desempenho dos animais.

REFERÊNCIAS

- ANDREWS, R. J.; LEWIS, D. The utilization of dietary fats by ruminants: II. The effect of fatty acid chain length and unsaturation on digestibility. **The Journal of Agricultural Science**, v. 75, n. 1, p. 45–51, 1970.
- BAUCHART, D. Lipid absorption and transport in ruminants. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 12, p. 3864–3881, 1993. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(93)77728-0.
- BOERMAN, J. P.; FIRKINS, J. L.; ST-PIERRE, N. R.; LOCK, A. L. Intestinal digestibility of long-chain fatty acids in lactating dairy cows: a meta-analysis and meta-regression. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 12, p. 8889–8903, 2015. DOI: 10.3168/jds.2015-9592.
- BOERMAN, J. P.; LOCK, A. L. Intestinal digestibility of long-chain fatty acids in lactating dairy cows: a meta-analysis and meta-regression. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 11, p. 6537–6550, 2014. DOI: 10.3168/jds.2014-8172.
- DOREAU, M.; FERLAY, A. Digestion and utilisation of fatty acids by ruminants. **Animal**

Feed Science and Technology, v. 45, n. 3–4, p. 379–396, 1994. DOI: 10.1016/0377-8401(94)90039-6.

DOS SANTOS NETO, J. M.; DE SOUZA, J.; LOCK, A. L. Effects of calcium salts of palm fatty acids on nutrient digestibility and production responses of lactating dairy cows: a meta-analysis and meta-regression. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 9, p. 9752–9768, 2021. DOI: 10.3168/jds.2020-19936.

HUO, Q. et al. Dietary supplementation of lysophospholipids affects feed digestion in lambs. **Animals**, v. 9, n. 10, p. 805, 2019. DOI: 10.3390/ani9100805.

JENKINS, T. C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 12, p. 3851–3863, 1993. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(93)77727-9.

LOURENÇO, M.; RAMOS-MORALES, E.; WALLACE, R. J. The role of microbes in rumen lipolysis and biohydrogenation and their manipulation. **Animal**, v. 4, n. 7, p. 1008–1023, 2010. DOI: 10.1017/S175173111000042X.

PALMQUIST, D. L.; JENKINS, T. C. A 100-year review: fat feeding of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 12, p. 10016–10050, 2017. DOI: 10.3168/jds.2017-12924.

PORTER, N. H. et al. Effects of saturated fatty acids with lysophospholipids on production and nutrient digestibility in lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v. 107, n. 7, p. 4524–4536, 2024. DOI: 10.3168/jds.2023-24457.

RODRIGUES, J. P. P. et al. Effects of soybean oil supplementation on performance, digestion and metabolism of early lactation dairy cows fed sugarcane-based diets. **Animal**, v. 13, n. 6, p. 1198–1207, 2019. DOI: 10.1017/S1751731118002781.

SUKHIJA, P. S.; PALMQUIST, D. L. Dissociation of calcium soaps of long-chain fatty acids in rumen fluid. **Journal of Dairy Science**, v. 73, n. 7, p. 1784–1787, 1990. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(90)78858-3.

VAN NIEUWENHUYZEN, W.; TOMÁS, M. C. Update on vegetable lecithin and phospholipid technologies. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 110, n. 5, p. 472–486, 2008. DOI: 10.1002/ejlt.200800041.