



Revista
Técnico-Científica



SUPLEMENTAÇÃO DE FONTES DE GORDURA NA DIETA DE VACAS LEITEIRAS

Rodrigo Garavaglia Chesini¹, Patrícia Pinto da Rosa², Luiza Padilha Nunes³, Amanda Azambuja da Silva Xavier², Dérick Cantarelli RÖSLER⁴, Juliana da Silva Camacho⁵, Allan Patrick Timm de Oliveira³, Matheus Ramos Faria³

¹Mestrando do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, ²Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (UFPEL), ³Mestrando(a) do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (UFPEL), ⁴Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Universidade de Santa Maria, ⁵Bacharel em Zootecnia UFPEL.

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho apontar as principais fontes de inclusão de gordura na dieta de vacas leiteiras e seus efeitos a níveis metabólicos no animal. Vacas de alto potencial genético, com alta produção de leite diária, tem uma exigência nutricional elevada. Uma dieta com adição de gordura (lipídios), mostra-se como uma possibilidade para aumentar seu nível de energia, mas sem que eleve a ingestão de carboidratos não estruturais e nem diminua a ingestão de fibra, onde seu uso pode ser justificado primeiramente pelos efeitos positivos sobre a composição do leite, manutenção da saúde e o aumento da produtividade. A inclusão de gorduras na dieta, depende do seu tipo de fonte e pode influenciar diretamente na digestibilidade da matéria seca dos nutrientes, na fermentação ruminal, refletindo no balanço energético e desempenho produtivo do rebanho e nos teores dos constituintes do leite. A suplementação de gorduras na forma de óleos vegetais, demonstra ser uma importante ferramenta nutricional quando se pretende aumentar a concentração de ácidos graxos monoinsaturados, poliinsaturados e ácido linoleico conjugado (CLA), no entanto, torna-se imprescindível à correta formulação da dieta, a fim de suprir as quantidades necessárias de fibra, mantendo uma relação volumoso concentrado ideal do rebanho em lactação.

Palavras-chave: ácidos graxos, gordura protegida, lactação, oleaginosas

SUPPLEMENTATION OF FAT SOURCES IN THE DAIRY COW DIET

ABSTRACT: *The objective of this work was to identify the main sources of fat inclusion in the diet of dairy cows and their effects at metabolic levels in the animal. Cows of high genetic potential, with high daily milk production, have a high nutritional requirement. A diet with added fat (lipids) is shown as a possibility to increase its energy level, but without raising the intake of non-structural carbohydrates or reducing the intake of fiber, where its use may be justified primarily by the effects positive effects on milk composition, health maintenance and increased productivity. The inclusion of*

fats in the diet depends on their type of source and can directly influence the digestibility of the dry matter of the nutrients in the ruminal fermentation, reflecting in the energetic balance and the productive performance of the herd and in the contents of the milk constituents. The supplementation of fats in the form of vegetable oils, proves to be an important nutritional tool when increasing the concentration of monounsaturated fatty acids, polyunsaturates and conjugated linoleic acid (CLA). However, it is essential to the correct formulation of the diet, to supply the necessary amounts of fiber while maintaining an ideal concentrated bulk ratio of the lactating herd.

Keywords: fatty acids, lactation, oilseeds, protected fat

INTRODUÇÃO

Com o avanço do melhoramento genético em rebanhos leiteiros, o requerimento energético destes animais, vem aumentando cada vez mais em relação aos recursos disponíveis para uma adequada ingestão de nutrientes.

Vacas de alto potencial genético, com alta produção de leite diária, tem uma exigência nutricional elevada (MULLINS et al., 2010). A formulação da dieta se complica pela exigência em fornecer um teor mínimo de fibra de 21% fibra em detergente ácido (FDA) ou 28% de fibra em detergente neutro (FDN), para que nas primeira 10 a 12 semanas após a parição, se garanta bom funcionamento ruminal destes animais, aliado a um menor nível de ingestão total (NRC, 2001; WEISS e PINOS-RODRÍGUEZ, 2009 ; PIANTONI et al., 2015).

No início da lactação, estes animais de alta produção não ingerem alimento suficiente para atender todas as suas necessidades energéticas, pois a produção máxima de leite ocorre entre a quarta e a oitava semana após o parto, onde o consumo máximo de alimento ocorrerá entre a décima e décima quarta semana. Este acontecimento causa um transtorno chamado de balanço energético negativo (BEN) no animal, onde o mesmo vai mobilizar gordura dos tecidos, acarretando em perda de peso e de condição corporal (NRC, 1989; GAGLIOSTRO; CHILLIARD, 1992). Este fato é responsável por baixar o desempenho produtivo e reprodutivo pós-parto e aumentar a incidência de transtornos metabólicos em vacas de leite e susceptibilidade a doenças (WILDMAN et al.,1982; RUEGG; MILTON, 1995).

Aumentar a proporção de alimentos concentrados, é uma alternativa para elevar a densidade energética da dieta. No entanto, o fornecimento máximo de concentrado deve ser limitado, prezando sempre pela necessidade de um mínimo de

fibra para o bom funcionamento ruminal e a manutenção dos teores de gordura do leite (GRUMMER, 1992). Ajustes inferiores na relação volumoso: concentrado de 40:60, tem como resultado, efeitos negativos sobre a fermentação ruminal, digestão de nutrientes e principalmente da fração fibrosa, por alterar a microbiota ruminal e diminuir o percentual de gordura do leite, sem ganho verdadeiro de energia líquida (COPPOCK; WILKS, 1991).

Nesse contexto, uma dieta com adição de gordura (lipídios), mostra-se como uma possibilidade para aumentar seu nível de energia, mas sem que eleve a ingestão de carboidratos não estruturais e nem diminua a ingestão de fibra, levando o animal a uma acidose ruminal (GRIINARI et al., 2004; ONETTI; GRUMMER, 2004). Segundo Palmquist (1994), a substituição de cereais por gordura é uma ferramenta para promover a densidade energética sem comprometer o conteúdo da fibra. Entretanto para vacas de leite de alta produção, a inclusão de gordura na dieta, pode resultar em aumento da produção de leite (CHILLIARD, 1993).

As fontes de gordura utilizadas na dieta de ruminantes, são nutricionalmente classificadas em dois grandes grupos, sendo as prontamente disponíveis no rúmen (gorduras livres), e as gorduras rúmen-inertes ou *by pass* (sobre passantes) podendo estas ser protegidas artificialmente na forma de sais de cálcio de ácidos graxos, ou provir de fontes potencialmente protegidas como nas sementes oleaginosas (NÖRNBERG, 2003). É importante lembrar que por força de legislação, Instrução Normativa nº 8, de 25/03/2004 (BRASIL, 2004), é expressamente proibida a utilização de fontes de gordura animal na nutrição de ruminantes.

A gordura suplementar é frequentemente adicionada à ração de vacas leiteiras para aumentar a densidade energética da dieta e afetar positivamente a produção de leite e o rendimento dos componentes; no entanto, as respostas à gordura dietética são heterogêneas, aparentemente dependendo do tipo de gordura suplementada e das características da dieta geral (RABIEE et al., 2012).

A inclusão de fontes adicionais de gordura nas rações de ruminantes pode causar alterações no metabolismo basal, especialmente o metabolismo ruminal, podendo modificar a flora microbiana, a digestibilidade e o aproveitamento de nutrientes e conseqüentemente, alterar a produção de proteína microbiana e o desempenho dos animais (PALMQUIST, 1991; JENKINS, 1993). Devido a seu efeito inibidor na atividade microbiana do rúmen, tem sido utilizada em quantidades

limitadas, sobretudo os ricos em ácidos graxos insaturados. Em uma escala de inibição de consumo, os ácidos graxos poliinsaturados e os de forma não esterificada, são os inibidores mais potentes, seguidos dos ácidos graxos monoinsaturados e esterificados (BENSON et al., 2001).

A quantidade de gordura adicionada a dieta pode ser em até 3 % da ração total, sendo 5 % um limite benéfico para rebanhos de alta produção (SCHAUFF et al., 2011). A inclusão de níveis muito elevados de óleo nas rações, acima de 7 % de extrato etéreo na MS, podem apresentar efeitos negativos e inibitórios na fermentação ruminal (KOZLOSKI, 2012), comprometendo o consumo (PALMQUIST; MATTOS, 2006), a digestibilidade de alguns nutrientes, principalmente da fração fibrosa (NRC, 2001; VARGAS et al., 2002), e mudanças da população celulolítica (COSTA, 2008).

Segundo Bauman et al. (2011), o uso de gordura nas rações de vacas leiteiras, pode ser justificado primeiramente pelos efeitos positivos sobre a produção de leite, manutenção da saúde e o aumento da produtividade. Em um segundo momento se justifica por mudanças na composição do leite, em que ácidos graxos em produtos oriundos de ruminantes apresentam especificidade e potenciais efeitos nutracêuticos pela presença de ácido graxo linolênico conjugado (CLA), trazendo benefícios a saúde humana.

O objetivo desta revisão é de apontar as principais fontes de inclusão de gordura na dieta de vacas leiteiras e seus efeitos a níveis metabólicos no animal.

GORDURAS (LIPÍDIOS)

O termo gordura consiste em definição genérica usada para compostos que possuem ácidos graxos de cadeia longa de hidrocarbonetos e estrutura terminal com grupo carboxila, sendo que tais substâncias podem ser encontradas em grandes quantidades em sistema biológicas, raramente na forma livre, sendo tipicamente encontrados ligados a molécula de glicerol ou outras estruturas que se ligam ao carbono terminal (LEHNINGER, 2002).

Os lipídios são compostos orgânicos insolúveis em água, e solúveis em solventes orgânicos (éter, clorofórmio, benzeno, entre outros). Segundo Church e Pond (1987) estes compostos desempenham importantes funções bioquímicas e fisiológicas nos tecidos animais e vegetais. Um grama de lipídio produz 2,25 vezes

mais energia que um grama de carboidrato ou proteína, promovendo um incremento de energia na dieta (DAVIS, 1993). Isto se deve aos lipídios possuírem maior número de átomos de hidrogênio em sua composição (mais reduzidos), proporcionando maior produção de energia para as células do durante o processo de oxidação.

O valor da gordura como combustível fisiológico é de 9,0 Mcal/kg, equivalente a cerca de 2,25 a energia de carboidratos e da proteína, mas isso desde que seja absorvida e fique a disposição para ser metabolizada (energia metabolizável), portanto, varia em função da digestibilidade de cada fonte de gordura (STAPLES, 2001). O total de lipídeos na dieta de ruminantes, soma menos de 5 %, e possuem um papel bem importante no metabolismo energético destes animais, quando comparados a monogástricos. Isso se comprova quando se nota a quantidade de ácidos graxos que são secretados no leite, que geralmente ultrapassa sua ingestão (BOERMAN et al., 2015).

Os ácidos graxos de cadeia longa (C16 a C22) são utilizados com maior eficiência pelo animal, devido a transferência direta dos ácidos graxos da dieta para os tecidos, ocorrendo com menor perda energética, promovendo economia de alguns passos metabólicos da conversão quando comparado aos carboidratos (COPPOCK; WILKS, 1991). Um exemplo de perda de energia nas reações químicas é a conversão a ácidos graxos voláteis (AGV) e destes até ácidos graxos de cadeia mais longa (GRUMMER, 1995).

Os constituintes dos lipídios de maior importância para a nutrição animal, são o glicerol; ácidos graxos mono-, di- e triglicerídeos (ésteres de glicerol e ácidos graxos) e fosfolipídios. Os lipídios podem ser agrupados em lipídios de reserva (principalmente triglicerídeos em sementes), lipídios de membranas (galactolipídios e fosfolipídios) e em uma mistura heterogênea de outras estruturas moleculares solúveis em éter (ceras, carotenoides, clorofila, etc.).

Os lipídios presentes nas plantas são representados, principalmente, por galactolipídios e fosfolipídios, enquanto a gordura animal, e aquela presente nos grãos de cereais e oleaginosas são basicamente triglicerídeos (KOZLOSKI, 2012; PALMQUIST, 1996). A composição de lipídeos das forrageiras é muito variável incluindo lipídeos simples, fosfolipídeos, galactolipídeos e pigmentos. Os grãos de oleaginosas (soja, girassol, canola, linhaça) são ricos em lipídeos (20-40 % da MS),

com elevado conteúdo de triglicerídeos (99 %). O conteúdo de lipídeos nos grãos de cereais varia entre 2,1 % (trigo) a 7,1 % (aveia) (GAGLIOSTRO; CHILLIARD, 1992).

Grande parcela dos ácidos Graxos (AG) de origem vegetal é denominada insaturada, com mais de 70 %. Nas sementes de oleaginosas e nos cereais, predomina o ácido linoleico (C18:2 n-6), já em forragens o ácido mais comum é o α -linolênico (C18:3 n-3) (KOZLOSKI, 2012). Outros AG não menos importantes incluem o óleo de palma (alto teor de ácido palmítico – C16:0), óleo de canola (alto teor de ácido oléico – C18:1 n-9) e o óleo de linhaça (alto teor de ácido α -linolênico – C18:3 n-3) (PALMQUIST; MATTOS, 2006).

DIGESTÃO E ABSORÇÃO DE LIPÍDIOS NO METABOLISMO RUMINAL

O processo de digestão e absorção de lipídios em ruminantes, segue três etapas dos ácidos graxos advindos da dieta, como oxidação, transferência para o leite e deposição de gordura corporal (COPPOCK; WILKS, 1991).

A quantidade de lipídio transformado em gordura do leite, é influenciado pela lipólise e biohidrogenação ruminal, pela absorção intestinal e sua relação com os estoques de gordura nos tecidos adiposos (PALMIQUIST et al., 1993).

Segundo Jekins, (1993), o metabolismo ruminal de lipídios é resumido em dois acontecimentos, um pela hidrólise e outra pela biohidrogenação de ácidos graxos insaturados. A hidrólise consiste na quebra de ligações éster encontradas nos lipídios dos alimentos da dieta, quando a chegam ao rúmen. As lipases galactosidases e fosfolipases microbianas, fazem hidrólise dos lipídios e liberam ácidos graxos na forma livre (galactose e glicerol). A fermentação do glicerol acontece de maneira acelerada, produzindo propionato, que é um ácido graxo volátil (AGV) como seu produto final (STAPLES, 2000)

A hidrólise dos lipídios é realizada pelas bactérias ruminais, sendo geralmente alta (>85%), podendo ser diminuída quando o nível de gordura da dieta é aumentado ou quando fatores como baixo pH ruminal, principalmente por dietas com alta inclusão de concentrado rico em amido (dietas acidogênicas), ou por ação de antibióticos ionóforos que inibem a atividade e o crescimento de determinados gêneros de bactérias ruminais (DOREAU et al., 1997; HARFOOT; HAZLEWOOD, 1997).

A forma esterificada dos lipídios (triglicerídeos e galactolipídios) e as bactérias responsáveis pela biohidrogenação agem restritamente sobre ácidos graxos livres, sendo então a hidrólise um pré-requisito para a biohidrogenação.

A grande variação entre a gordura da dieta e a gordura secretada ou depositada em ruminantes está nas mudanças ocorridas no perfil dos ácidos graxos durante o processo de digestão (BOERMAN et al., 2015). Partes dessas mudanças ocorrem no processo de biohidrogenação ruminal, que consiste na adição de íons de hidrogênio nos ácidos graxos com duplas ligações, transformando ácidos graxos insaturados em AG saturados.

Este processo de biohidrogenação é considerado um mecanismo de autodefesa da microbiota ruminal no processo de conversão de ácidos graxos insaturados em saturados, pois reagem com íons de cálcio insolúveis e são menos tóxicos aos microrganismos ruminais (PALMQUIST; MATTOS, 2006).

A biohidrogenação tem uma intensidade alta na realização do seu processo, cerca de 90%, mas depende das particularidades que cada fonte de gordura apresenta na sua constituição, como também do tempo em que essa gordura vai permanecer a nível ruminal e de como a população microbiana vai se comportar (ALLEN, 2000).

O começo de uma biohidrogenação, ocorre uma reação a isomerização, que converte a dupla ligação *cis*-12 no ácido graxo insaturado para o seu isômero *trans*-11. Para a isomerase ser funcional, o ácido graxo necessita de um grupo carboxila livre, que ocorre no caso de ácidos graxos poliinsaturados assim como C_{18:2}. A extensão na qual *trans*-11 C_{18:1} é hidrogenado a C_{18:0} depende das condições do rúmen (WHITE et al. 2017).

A utilização de óleos na dieta de vacas leiteiras, tem apresentado alta biohidrogenação a nível ruminal. Nos estudos de Kalscheur et al. (1997), adicionando óleo de girassol nas rações de vacas em lactação, observaram 80% de biohidrogenação. Já nos estudos de Bateman et al. (1998), a saturação de AG no rúmen de vacas secas ultrapassou 75%, quando o óleo foi utilizado em 8% da dieta total. Uma vez que os lipídios nos alimentos estão, em sua maioria, na forma esterificada e as bactérias responsáveis pela hidrogenação atuam somente sobre ácidos graxos livres, a lipólise é, portanto, um pré-requisito para liberação dos ácidos graxos livres e glicerol (HAVERTINE, 2006).

O perfil de AG da dieta sofrem alterações em sua estrutura química durante o processo de biohidrogenação, e quando estes AG passam para o abomaso, tem seu perfil alterado, sendo que para comprovar a biohidrogenação completa de AG, maiores concentrações do ácido esteárico (C18:0) teriam que ser encontradas na digesta abomasal comprovando tal condição (ALLEN, 2006).

A concentração de hidrogênio no rúmen, prediz se a concentração da biohidrogenação será menor, pois somente 1 a 2% do hidrogênio metabólico é usado para este procedimento (CZERKAWSK, 1984). Este tipo de processo acaba contribuindo para remoção de íons de H⁺ do meio ruminal, evitando seu acúmulo e reduz a produção de metano (CH₄) pelas bactérias metanogênicas, já que estas consomem hidrogênio, aumentando desta maneira a eficiência energética da dieta, pois as duplas ligações são convertidas em ligações simples, e os AG são saturados (BEYERS; SCHEHING, 1993).

ÓLEOS VEGETAIS COMO FONTE DE GORDURAS

Os óleos vegetais são produtos oriundos de espécies vegetais, compostos por glicerídeos de ácidos graxos, contendo reduzida participação de fosfolipídios, constituintes insaponificáveis e ácidos graxos livres. Apresentam-se como substâncias hidrofóbicas e lipofílicas, formadas principalmente de triacilgliceróis, que estão em estado líquido e viscoso nas condições normais de temperatura e pressão, devido ao baixo ponto de fusão (ANVISA, 2005).

Os óleos vegetais vêm se salientando como opções possíveis na alimentação de ruminantes, em grande parte pelo interesse despertado nos pesquisadores em produzir alimentos de origem animal diferenciados. Costa et al. (2009) afirmaram que há uma tendência de que a suplementação com óleos se torne cada vez mais comum, fazendo com que a indústria produtora de óleos vegetais seja mais eficaz e, até mesmo, estabeleça um processamento diferenciado que gere menores custos para destinar à nutrição animal (LOPES et al., 2006).

Em razão dos custos e disponibilidade de mercado, os óleos mais utilizados são o de soja, arroz, girassol, milho e canola, sendo mais viáveis economicamente que gorduras protegidas comerciais disponíveis no mercado. A composição de AG de determinados alimentos pode ser vista na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Composição em Ácidos Graxos de alguns alimentos.

Table 1. - Composition in Fatty Acids of some foods.

Fontes	Ácido Graxos / Estrutura Química				
	Valores de Referência (%)				
	Palmítico C16:0	Esteárico C18:0	Oléico C18:1	Linoléico C18:2	Linolênico C18:3
Óleos Vegetais					
Arroz	15,0	2,0	45,0	35,5	1,0
Canola	4,8	1,6	53,8	22,1	11,1
Girassol	5,4	3,5	45,3	39,8	0,2
Linhaça	5,3	4,1	20,2	12,7	53,3
Milho	10,9	1,8	24,2	58,0	0,7
Soja	10,3	3,8	22,8	51,0	6,8
Grãos de cereais					
Cevada	27,6	1,5	20,5	43,3	4,3
Milho	16,3	2,6	30,9	47,8	2,3
Aveia	22,1	1,3	38,1	34,9	2,1
Trigo	20,0	1,3	17,5	55,8	4,5
Forragens					
Alfafa Desidratada	25,3	28,5	3,8	6,5	18,4
Azevém perene	4,3	11,9	1,0	2,2	14,6
Trevo Branco	10,7	6,5	0,5	6,6	18,5

FONTE: Adaptado de STEWART (2002); NRC (2001) e PALMQUIST (1988).

GORDURA PROTEGIDA

As gorduras protegidas foram desenvolvidas com a intenção de melhorar o aporte energético de vacas em início da lactação sem, no entanto, extrapolar os limites de fornecimento de gordura livre no rúmen.

A gordura protegida é formada pelos ácidos graxos essenciais, linolênico e linoleico, que apresentam cadeia carbônica longa, sendo o linoléico formado por 18 carbonos com duas ligações duplas e o linolênico formado por 18 carbonos e com três ligações duplas (RAMIREZ RAMIREZ et al. 2016).

As concentrações de ácidos linoleico e linolênico que compõem a gordura protegida, são de 42 e 43 % respectivamente (GONÇALVEZ, 2007). Franco (2007) que a gordura protegida apresenta 6,5Mcal/kg de Energia bruta, correspondendo a um valor três vezes superior a do milho, onde sua utilização deve ser feita em níveis moderados e com devido planejamento.

Os primeiros sais cálcicos ricos em ácidos graxos poli-insaturados produzidos no mundo eram associações de ácidos graxos de palma com diferentes fontes de ácidos graxos (soja, óleo de peixe, etc). No Brasil, como não havia disponibilidade de ácido graxo de palma, e era inviável a importação (do óleo ou da gordura protegida

de palma), a indústria desenvolveu produtos que contivessem 100% de ácidos graxos do óleo de soja, poli-insaturados, mas com alto teor de ácidos graxos essenciais (NETO et al., 2012).

Estas gorduras protegidas na forma de sais cálcicos de ácidos graxos correspondem a uma proteção por insolubilidade no rúmen que utiliza a capacidade dos ácidos graxos para se combinar com cátions bivalentes como o cálcio, formando sais insolúveis no pH ruminal (NETO; MOURA, 2012). Em condições de maior acidez (abomaso), os ácidos graxos liberam cálcio e se tornam disponíveis para a absorção intestinal.

Palmquist (1980) afirma que os AG de cadeia longa são absorvidos e rapidamente utilizados com elevada eficiência para a produção de leite, pois são diretamente transferidos para a gordura do leite, com isso, o animal poupa energia para outras funções produtivas da glândula mamária.

O pH das gorduras protegidas, variam entre 4,5 e 5,2, significando que metade dos sais de cálcio estão dissociados, onde AG se torna livre a nível ruminal, e a outra parte ainda está ligado ao cálcio. Quanto menor é o pH, maior será a liberação de ácidos graxos e maiores serão os efeitos deletérios dos mesmos sobre a microbiota ruminal. Em pH próximo a neutralidade a gordura protegida passa inerte para disponibilizar os ácidos graxos para absorção no intestino (NETO; MOURA, 2012).

Levar em conta os vários benefícios da suplementação de gordura para vacas em lactação é importante, mas alguns fatores devem ser considerados para que se obtenha sucesso com essa técnica. Um dos fatores importantes é o período necessário para adaptação, acompanhado pela aceitabilidade da fonte de gordura pelo animal. Isso vai determinar e refletir do consumo de matéria seca, podendo afetar o desempenho para terminadas funções do animal lactante (BAUMAN, 2011).

CONSUMO DE MATÉRIA SECA (CMS)

Um parâmetro de limitação primária sobre o desempenho de vacas leiteiras é o consumo de energia, que acaba sendo determinado pelo consumo de matéria seca na dieta e seu conteúdo de energia líquida (RELLING E REYNOLDS , 2007).

A suplementação de gordura na dieta de vacas em lactação, tem acarretado em redução do consumo de matéria seca e de sua digestibilidade Allen (2000). No

entanto, é preciso considerar que quando se avalia o CMS de vacas suplementadas com fontes de gordura, uma série de parâmetros estão envolvidos, sendo os principais a digestibilidade da fração fibrosa, o tipo de volumoso utilizado, a fonte e nível de gordura utilizado, e o estágio de lactação no qual se iniciou a suplementação de gordura (NRC, 2001; STAPLES, 2001; ONETTI; GRUMMER, 2004).

As alterações no consumo de matéria seca em vacas suplementadas com fontes de gordura, devem levar em consideração a aceitabilidade do suplemento de gordura. Este quesito está diretamente ligado as alterações no CMS, pois exige um período de adaptação suficiente para os animais, e caso não ocorra, as respostas não condizem a realidade. Outra questão é o tipo e nível de gordura utilizado na suplementação, pois diferentes respostas são observadas de acordo com as características químicas e físicas da gordura utilizada (CHILLIARD et al., 2003).

Segundo o NRC (2001), a resposta fisiológica gerada pela suplementação de gordura na dieta compreende mudanças no padrão da digestibilidade da fração fibrosa, alterações na fermentação ruminal e redução do teor de gordura do leite. Muito embora, alguns estudos que façam utilização de fontes de gordura apresentarem mudanças no padrão de fermentação ruminal, tais alterações não refletem em redução do consumo. Esta ocorrência é devido aos mecanismos pelo qual a suplementação de gordura na dieta afeta o CMS não estarem bem esclarecidos, mas existem indícios de que o efeito da gordura sobre a fermentação ruminal, motilidade intestinal, aceitabilidade da dieta com suplemento, liberação de hormônios intestinais, mecanismos regulatórios que controlam ingestão de alimentos e a capacidade limitada dos ruminantes em oxidar os AG, sejam as principais razões de inibição de consumo (ALLEN, 2000).

Para dietas contendo de 5 a 6% de ácidos graxos na matéria seca, a adição de óleo de sementes e ácidos graxos parcialmente hidrogenados reduziram o CMS (NRC, 2001). Nos estudos de Ueda et al. (2003) avaliando a suplementação de óleo de soja em 4 e 6% da matéria seca total, utilizando feno de gramínea na proporção volumoso concentrado de 65:45, e não observaram redução no consumo de matéria seca e consumo de matéria orgânica. Onetti et al. (2001) também não observaram redução no consumo de matéria seca em vacas suplementadas com níveis de 4 e 6% de sebo e gordura branca na matéria seca total, utilizando silagem de milho na proporção volumoso: concentrado de 50:50. Zheng et al. (2005) não observaram

redução no CMS em vacas com média de 40 dias em lactação e recebendo cerca de 500g de óleo/dia (2% da matéria seca total), utilizando silagem de milho como maior parte do volumoso. Stoffel et al. (2015) não relataram efeitos negativos na IMS com níveis de 1,8% suplementação com óleo de palma. Diferentes resultados podem ser atribuídos à variação no teor de fibra alimentar entre estudos ou interações com outros ingredientes utilizados. Andersen et al. (2008) e Cerri et al. (2009) avaliaram vacas da raça holandês com suplemento comercial de ácidos graxos de óleo de palma e óleo de soja com dietas de 8,0 % e 5,5 % de EE na matéria seca total, respectivamente, para as rações com fonte de gordura. Estes autores não observaram redução significativa do consumo de matéria seca das dietas.

PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE

Klusmeyer e Clarck (1991), afirmam que vacas lactantes que recebem dietas com adição de fontes de gordura, podem aumentar a produção de leite uma vez que aumentam a ingestão de energia ou melhoram a eficiência de utilização da energia.

Palmiquist (1991) descreve mais de 400 ácidos graxos diferentes presentes no leite. Este fato é devido a lipomobilização dos AG da dieta, ácidos graxos voláteis, corpos cetônicos e ácidos graxos de síntese bacteriana, que ocorre na síntese da gordura do leite, na glândula mamária. A gordura do leite é formada a partir dos ácidos acético e butírico, originados na fermentação ruminal, e de ácidos graxos com mais de 16 carbonos absorvidos no intestino ou mobilizados das reservas corporais, além dos AG de cadeia curta, sintetizados diretamente na glândula mamária. As alterações do teor de gordura do leite podem informar sobre a fermentação do rúmen, as condições de saúde da vaca e o funcionamento do manejo alimentar (MÜHLBACH et al., 2000).

A produção de gordura do leite está diretamente associada ao tipo e qualidade de alimentos que vacas lactantes recebem diariamente, tornando a o manejo da dieta, uma ferramenta prática para alterar sua composição e produção (CHILLIARD et al., 2000; LOCK; BAUMAN, 2004). O nível de suplementação e o grau de saturação da fonte de gordura utilizada, podem causar alterações na fermentação ruminal e

ocasionar a redução do teor de gordura do leite, devido aos distúrbios que (BAUMAN; GRIINARI, 2001).

Uma das causas da síndrome da depressão da gordura do leite, é a utilização de óleos insaturados, onde o acúmulo de AG intermediários da biohidrogenação, principalmente ácidos graxos *trans*-10, afetam a síntese da gordura do leite a nível celular na glândula mamária (BAUMAN et al., 2011)

Geralmente, óleos eficazmente protegidos contra a biohidrogenação ruminal aumentam a produção de gordura do leite (ASHES et al., 1992). Já o óleo de linhaça livre diminui a concentração de gordura do leite, devido à menor ingestão de matéria seca e menor digestibilidade da fibra (MARTIN et al., 2008). No entanto, a proteção ineficaz de linhaça inteira contra a biohidrogenação (PETIT et al., 2002) ou baixo nível de gordura adicionada (TYMCHUK et al., 1998) resultaria em nenhum efeito sobre a produção de gordura do leite. Em geral, a redução da concentração de gordura do leite parece ser devido à presença de ácidos graxos altamente insaturados, que afetam a fermentação do rúmen.

A suplementação com óleo de canola e óleo de linhaça na dieta fornecendo uma quantidade de 500 a 600 g/d de ácidos graxos, principalmente ácido oléico (C18:1) e ácido linolênico (C18:3), para vacas lactantes, não afetou a produção de leite, gordura, proteína e lactose, assim como as porcentagens de lactose e gordura do leite, havendo um decréscimo na porcentagem de proteína (FOCANT et al., 1998).

ÁCIDO LINOLÊNICO CONJUGADO (CLA)

O CLA e o ácido *trans*-11 C18:1 são produtos da incompleta biohidrogenação ruminal (CHURCH, 1988; CHOUINARD et al., 1999). O aumento na concentração de C18:1 pode ser parcialmente atribuído ao escape de ácidos graxos insaturados da biohidrogenação do rúmen, assim como à ação de enzimas desaturase na glândula mamária, que podem converter C18:0 à C18:1 (TYMCHUK et al., 1998).

O CLA é de ocorrência natural, encontrado na gordura do leite e gordura corporal de ruminantes. Para a saúde humana, o CLA, tem se apresentado com efeitos anticarcinogênico, com aumento da resposta imune, redução dos depósitos lipídicos corporais, e ainda, efeito antidiabético (TANAKA, 2005; PARIZA et al., 1999; BAUMAN et al., 2005). Pela manipulação da dieta é possível elevar os níveis de CLA

no leite bovino, visando produzir lácteos naturalmente enriquecidos com CLA, sendo bastante interessante pelos benefícios para saúde dos consumidores (DE LUCA; JENKINS, 2000).

A utilização de suplementação lipídica com altos níveis de ácidos graxos poliinsaturados, mostrou-se bastante eficaz no aumento da concentração de CLA e outros ácidos graxos insaturados na gordura do leite. As fontes vegetais como óleo de soja e óleo de linhaça, ricas em C18:2 e C18:3, são particularmente efetivas (CHOUINARD et al., 2001).

Dhiman et al. (2000) utilizando dietas com óleo de soja (rico em C18:2) ou óleo de linhaça (rico em C18:3) concluiu que a suplementação da dieta de vacas em lactação com estas fontes lipídicas aumentou o teor de CLA do leite. A alimentação com óleo livre diminuiu o teor de gordura total do leite, mas o grande aumento no teor de CLA do leite de vacas alimentadas com óleos resultou num aumento da produção diária de CLA por vaca. Ainda neste estudo, a inclusão do óleo de soja em 2% da matéria seca da dieta resultou num aumento de 237% no teor de CLA do leite quando comparado com o grupo controle (sem adição de óleo).

Com a redução do teor da gordura do leite pela adição de ácidos graxos poliinsaturados na dieta de vacas lactantes, associado ao incremento nas concentrações de CLA no leite, poderá atender a um novo mercado de oportunidades do leite e seus derivados.

CONCLUSÃO

A inclusão de gorduras na dieta de vacas leiteiras, dependendo do seu tipo de fonte, podem influenciar diretamente na digestibilidade da matéria seca dos nutrientes, na fermentação ruminal, refletindo no balanço energético e desempenho produtivo do rebanho e nos teores dos constituintes do leite.

A suplementação de gorduras livres poliinsaturadas, principalmente na forma de óleos vegetais, demonstra ser uma importante ferramenta nutricional a ser utilizada em bovinos de leite quando se pretende aumentar a concentração de ácidos graxos monoinsaturados, poliinsaturados e ácido linoléico conjugado (CLA). Entretanto, para utilização deste tipo de suplementação, torna-se imprescindível à correta formulação da dieta, a fim de suprir as quantidades necessárias de carboidratos não fibrosos,

proteína metabolizável, minerais e de fibra, mantendo uma relação volumoso concentrado ideal do rebanho em lactação.

REFERÊNCIAS

ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 83, n. 7, p. 1598-1630, 2000.

ANDERSEN, J. B.; RIDDER, C.; LARSEN, T. Priming the cow for mobilization in the periparturient period: effects of supplementing the dry cow with saturated fat or linseed. *Journal of Dairy Science*, v. 91, p. 1029-1043, 2008.

ANVISA - Agência Nacional da Vigilância Sanitária (2009). RDC nº482 de 23/09/1999. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/elegi/>>. Acesso em: 6 fev. 2019.

ASHES, J. R.; VINCENT WELCH, P. S.; GULATI, S. K.; SCOTT, T. W.; BROWN, G. H.; BLAKELEY, S. Manipulation of the fatty acid composition of milk by feeding protected canola seeds. *Journal of Dairy Science*, v. 75, n. 4, p. 1090-1096, 1992.

BATEMAN, H. G.; JENKINS, C. Influence of soybean oil in high fiber diets fed to non-lactating cows on ruminal unsaturated fatty acids and nutrient digestibility. *Journal of Dairy Science*, v. 81, n. 9, p. 2451-2458, 1998.

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

BAUMAN D. E.; HARVATINE K. J.; LOCK A. L. Nutrigenomics, Rumen-Derived Bioactive Fatty Acids, and the Regulation of Milk Fat Synthesis. *Annual Review of Nutrition*, v. 31, p. 299-319, 2011.

BENSON, J. A.; REYNOLDS, C. K.; HUMPHRIES, D. J. et al. Effects of abomasal infusion of long-chain fatty acids on intake, feeding behavior and milk production in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 84, p. 1182-1191, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa nº 8 de 25/03/2004. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 6 fev. 2019.

BYERS, F. M.; SCHELLING, G. T. Los lípidos en la nutrición de los rumiantes. In: CHURCH, C. D. *El rumiante: fisiología y nutrición*. Zaragoza: Acribia, 1993. p. 339-356.

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 .*J. Dairy Sci.*, 98, pp. 8889-8903, 2015.
10.3168/jds.2015-9592

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

CHILLIARD, Y. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs and rodents: a review. *Journal of Dairy Science*, v. 76, p. 3897-3931, 1993.

CHILLIARD, Y.; FERLAY A.; MANSBRIDGE R. M.; DOREAU, M. Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Annales de Zootechnie*, v. 49, p.181-205, 2000.

CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; ROUEL, J.; LAMBERET, G. Review of Nutritional and Physiological Factors Affecting Goat Milk Lipid Synthesis and Lipolysis, *Journal of Dairy Science*, v. 86, p. 1751–1770, 2003.

CHURCH, D. C.; POND, W. G. Bases científicas para la nutrición y alimentación de los animales domésticos. Zaragoza: Acríbia, 1988.

CHOUINARD, P. Y. et al. Milk yield and composition during abomasal infusion of conjugated linoleic acids in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 82, n. 12, p. 2737-2745, 1999.

COPPOCK, C. E.; WILKS, D. L. Supplemental fat in high-energy rations for lactating cows: effects on intake, digestion, milk yield, and composition. *Journal of Animal Science*, v. 69, p. 3826-3837, 1991.

COSTA, M. G. Rações com diferentes fontes de gordura para vacas em lactação. 2008. 140f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2008.

COSTA, R. G.; QUEIROGA, R. C. R. E; PEREIRA, R. A. G. Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, p. 307-321, 2009.

CZERKAWSKI, J. W. Microbial fermentation in the rumen. *Proceedings Nutrition Society*, v. 43, p. 101-180, 1984.

DAVIS, C. L. et al. Low-fat milk syndrome. In: *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant. Proceedings of the third international symposium*, Cambridge, England, Newcastle-upon-Tyne: Oriel Press, 1993. p. 545-565.

DAVIS, C. L. Alimentación de la vaca lechera alta productora. Illinois: Milk Specialities Company, 1993. 59p.

DeLUCA, D. D.; JENKINS, T. C. Feeding oleamide to lactating Jersey cows. 2. Effects on nutrient digestibility, plasma fatty acids and hormones. *Journal of Dairy Science*, v. 83, n. 3, p. 569-576, 2000.

DEMEYER, D.; DOREAU, M. Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. *Proceedings of the Nutrition Society*, v. 58, p. 593-607, 1999.

DHIMAN, T. R. et al. Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. *Journal of Dairy Science*, v. 83, n. 5, p. 1016-1027, 2000.

DOREAU, M.; CHILLIARD, Y. Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. *British Journal of Nutrition*, v. 78, p. 15-35, 1997.

FOCANT, M.; MIGNOLET, E.; MARIQUE, M.; CLABOTS, F.; BREYNE, T.; DALEMANS, D.; LARONDELLE, Y. The effect of vitamin E supplementation of cow diets containing rapeseed and linseed on the prevention of milk oxidation. *Journal of Dairy Science*, v. 81, n. 4, p. 1095-1101, 1998.

FRANCO, M. Gordura protegida é boa fonte de energia. *Revista DBO*, v. 26, n. 321, p. 45, 2007.

GAGLIOSTRO, G. A.; CHILLIARD, Y. Revisión bibliográfica. Utilización de lípidos protegidos en nutrición de vacas lecheras. I. Efecto sobre la producción y la composición de la leche y sobre la ingestión de materia seca y energía. *Revista Argentina de Producción Animal*, v.12, n.1, p.1-15, 1992.

GONÇALVES, A.; DOMINGUES, J. D. Uso de gordura protegida na dieta de ruminantes. *Revista Eletrônica Nutritime*, v. 4, n. 5, p. 475-486, 2007.

GRIINARI, J. M; BAUMAN, D. E; CASTAÑEDA-GUTIÉRREZ, E. Novos conceitos relacionados à manipulação da gordura do leite. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO LEITE, 1., 2004, Passo Fundo-RS. Anais... Local: Conselho Brasileiro de Qualidade do Leite, 2004.

GRUMMER, R.R. Ruminant inertness vs digestibility of fat supplements: can there be harmony? In: CORNELL CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 57., 1995, Ithaca. *Proceedings...* Ithaca: Cornell University, p. 13-24, 1995.

HARFOOT, C. G.; HAZLEWOOD, G. P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C. S. (Ed.). *The rumen microbial ecosystem*. London, UK: Chapman & Hall, 1997. p. 382-426.

HARVATINE, K. J.; ALLEN, M. S. Effects of fatty acid supplements on milk yield and energy balance of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 89, p. 1081–1091, 2006.

JENKINS, T. C.; JENNY, B. F. Nutrient digestion and lactation performance of dairy cows fed combinations of prilled fat and canola oil. *Journal of Dairy Science*, v. 75, n. 3, p. 796- 803, 1992.

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

JENKINS, T. C. Butylsoyamide protects soybean oil from ruminal biohydrogenation: effects of butylsoyamide on plasma fatty acids and nutrient digestion in sheep. *Journal Animal Science*, v. 73, p. 818-823, 1995.

KALSCHEUR, K. F.; TETER, B. B.; PIPEROVA, L. S.; ERDMAN, R. A. Effect of fat source on duodenal flow of *trans*-C18:1 fatty acids and milk fat production in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 80, p. 2115-2126, 1997.

KLUSMEYER, T. H.; CLARK, J. H. Effect of fat and protein on fatty acid flow to the duodenum and in milk produced by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 74, n. 9, p. 3055-3067, 1991.

KOZLOSKI, G. V. *Bioquímica dos ruminantes*. 3ª edição. Ed. da UFSM (Santa Maria, RS). 2012. 140p.

LEHNINGER A. *Princípios da bioquímica*. 3. ed. São Paulo: Sarvier; 2002.

LOCK, A.L.; BAUMAN, D.E., Modifying milk fat composition of dairy cows to enhance fatty acids beneficial to human health. *Lipids*, v. 39, p.1197–206, 2004.

LOPEZ, S, L.; PEZ, J.; STUMPF JUNIOR, W. Produção e composição do leite e eficiência alimentar de vacas da raça Jersey suplementadas com fontes lipídicas. *Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal*, v. 15, n. 1, p. 1-9, 2006.

MARTIN, C. et al. Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. *Journal of Animal Science*, v. 86, n. 10, p. 2642-2650, 2008.

MÜHLBACH, P. R. F. et al. Aspectos nutricionais que interferem na qualidade do leite. In: ENCONTRO ANUAL DA UFRGS SOBRE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 2000, Porto Alegre. [Anais...] Porto Alegre: Departamento de Zootecnia da UFRGS, 2000. p. 73-102.

MULLINS, C.R,K.N. GRIGSBY, D.E. Anderson, E.C. Titgemeyer, B.J. Bradford Effects of feeding increasing levels of wet corn gluten feed on production and ruminal fermentation in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 93, pp. 5329-5337, 2010. 10.3168/jds.2010-3310

NATIONAL REQUIREMENT COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 157p.

NETO, G. F.; MOURA, M. T. GORDURA PROTEGIDA: 30 anos no mercado sempre com as mesmas dúvidas. Disponível em: <http://www.holandeparana.com.br/artigos/ArtigoGPNT032012.pdf>. Acesso em: 14 de jan. 2014.

NÖRNBERG, J. L. Efeito de diferentes fontes de gordura na dieta de vacas Jersey na fase inicial de lactação. 2003. 199f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Programa de Pós-graduação em Zootecnia – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS. 2003.

ONETTI, S. G.; SHAVER, R. D.; MCGUIRE, M. A.; GRUMMER, R. R. Effect of type and level of dietary fat on rumen fermentation and performance of dairy cows fed corn silage-based diets. *Journal of Dairy Science*, v. 84, p. 2751-2759, 2001.

ONETTI, S. G.; GRUMMER, R. R. Response of lactating cows to three supplemental fat sources as affected by forage in the diet and stage of lactation: a meta-analysis of literature. *Animal Feed Science and Technology*, v. 115, n. 1, p. 65-82, 2004.

PALMQUIST, D. L.; JENKINS, T. C. Fat in lactation rations: review. *Journal of Dairy Science*, v. 63, n. 1, p. 1-14, 1980.

PALMQUIST, D. L. The feeding value of fats. *Feed science*, v. 12, p. 293-311, 1988.

PALMQUIST, D. L.; WEISBJERG, M. R.; HVELPLUND, T. Ruminant, intestinal, and total digestibilities of nutrients in cows fed diets high in fat and undegradable protein. *Journal of Dairy Science*, v. 76, p. 1353-1364, 1993.

PALMQUIST, D. L. Use of fats in diets for lactating dairy cows. In: *Fats in animal nutrition*. Boston: Massachusetts: Butterworth, 1994. p.357-360.

PALMQUIST, D. L. Utilización de lípidos en dietas de rumiantes. *Anales XII Curso de especialización, FEDNA*, 1996.

PALMQUIST, D. L.; MATTOS, W. R. S. Metabolismo de lipídeos. In: BERCHIELLI, T.T. et al. *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, Cap.10, p.287-310. 2006.

PARIZA, M. W. The biological activities of conjugated linoleic acid. In: *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*. Editores: Yurawencz MP, Mossoba MM, Kramer JKG, Pariza MW, Nelson GJ AOCS (Champaign, IL), 12-20. 1999.

PETIT, H. V. Digestion, milk production, milk composition, and blood composition of dairy cows fed whole flaxseed. *Journal of Dairy Science*, v. 85, n. 6, p. 1482-1490, 2002.

PIANTONI, P; A.L. LOCK, M.S. Allen. Saturated fat supplementation interacts with dietary forage neutral detergent fiber content during the immediate postpartum and carryover periods in Holstein cows: Production responses and digestibility of nutrients *J. Dairy Sci.*, 98, pp. 3309-3322, 2015.
10.3168/jds.2014-8798

RABIEE, A.R; K. BREINHILD, W. SCOTT, H.M. GOLDBERGER, E. BLOCK, I.J. LEAN. Effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components: a meta-

analysis and meta-regression J. Dairy Sci., 95, pp. 3225-3247
 ,2012.10.3168/jds.2011-4895

RAMIREZ, H.A., K.J. HARVATINE, P.J. KONONOFF. Short communication: Forage particle size and fat intake affect rumen passage, the fatty acid profile of milk, and milk fat production in dairy cows consuming dried distillers grains with solubles J. Dairy Sci., 99, pp. 392-398, 2016.
 10.3168/jds.2015-10006

RELLING, A. E; REYNOLDS C. K. Feeding rumen-inert fats differing in their degree of saturation decreases intake and increases plasma concentrations of gut peptides in lactating dairy cows J. Dairy Sci., 90, pp. 1506-1515, 2007.
 10.3168/jds. S0022-0302(07)71636-3

RUEGG, P. L.; MILTON, R. L. Body condition scores of Holstein cows on Prince Edward Island, Canada: relationships with yield, reproductive performance, and disease. Journal of Dairy Science, v. 78, n. 3, p. 552-564, 1995.

SCHAUFF, D. J.; ELLIOTT, J. P.; CLARK, J. H. et al. Effect of feeding lactating dairy cows diets containing extrude soybeans and tallow. Journal of Dairy Science, v. 75, p. 1923-1935, 1992.

STAPLES, C. R.; THATCHER, W. W.; MATTOS, R. Fat supplementation strategies for lactating dairy cow diets. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BOVINOCULTURA DE LEITE, 2., 2001, Lavras. Anais... Lavras: UFLA, 2001. p. 161-178.

STEWART, C. Authenticity of edible oils and fats: the legal position. Oils and Fats Authentication, p. 181, 2002.

STOFFEL, C.M. CRUMP, P.M. L.E. Armentano Effect of dietary fatty acid supplements, varying in fatty acid composition, on milk fat secretion in dairy cattle fed diets supplemented to less than 3% total fatty acids J. Dairy Sci., 98, pp. 431-442, 2015. 10.3168/jds.2014-8328

TANAKA, K. Occurrence of conjugated linoleic acid in ruminant products and its physiological functions. Journal of Animal Science, v. 76, p. 291-303, 2005.

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.

Disponível em:

<http://www.qgncarbonor.com.br/includes/arquivos/artigos/nutricaoanimal/Elliot_Block_Rumen_Health_2004_port.pdf>. Acesso: 29 jan. 2019.

TYMCHUK, S. M.; KHORASANI, G. R.; KENNELLY, J. J. Effect of feeding formaldehyde-and heat-treated oil seed on milk yield and milk composition. Canadian journal of animal science, v. 78, n. 4, p. 693-700, 1998.

UEDA, K.; FERLAY, A.; CHABROT, J.; LOOR, J. J.; CHILLIARD, Y.; DOREAU, M. Effect of linseed oil supplementation on ruminal digestion in dairy cows fed diets with different forage: concentrate ratios. *Journal of Dairy Science*, v. 86, p. 3999-4007, 2003.

VARGAS, L.H.; LANA, R.P.; JHAM, G.N.; SANTOS, F.L.; QUEIROZ, A.C.; MANCIO, A.B., Adição de lipídios na ração de vacas leiteiras: parâmetros fermentativos ruminais, produção e composição do leite. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, p. 522-529, 2002.

W.P. Weiss, J.M. Pinos-Rodríguez Production responses of dairy cows when fed supplemental fat in low- and high-forage diets. *J. Dairy Sci.*, 92, pp. 6144-6155. 2009. 10.3168/jds.2009-2558

WILDMAN, E. E. et al. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *Journal of Dairy Science*, v. 65, n. 3, p. 495-501, 1982.

WHITE, R.R.; ROMANGARCIA, J.L. FIRKINS, M.J. VANDEHAAR, L.E. ARMENTANO, W.P. WEISS, T. MCGILL, R. GARNETT, M.D. HANIGAN. Evaluation of the National Research Council (2001) dairy model and derivation of new prediction equations. 1. Digestibility of fiber, fat, protein, and nonfiber carbohydrate *J. Dairy Sci.*, 100, pp. 3591-3610, 2017. 10.3168/jds.2015-10800

ZHENG, H. C.; LIU, J. X.; YAO, J. H.; YUAN, Q.; YE, H. W.; YE, J. A.; WU, Y. M. Effects of dietary sources of vegetable oils on performance of high-yielding lactating cows and conjugated linoleic acids in milk. *Journal of Dairy Science*, v. 88, p. 2037-2042, 2005.