



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA

JULIANA DOS SANTOS RODRIGUES BARBOSA

COMBINAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS E FONTES DE CARBOIDRATOS EM
DIETAS PARA CABRAS LEITEIRAS

FORTALEZA

2019

JULIANA DOS SANTOS RODRIGUES BARBOSA

COMBINAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS E FONTES DE CARBOIDRATOS EM DIETAS
PARA CABRAS LEITEIRAS

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará e Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Zootecnia. Área de concentração: Nutrição de Ruminantes.

Orientador: Prof. Dr^a. Elzania Sales Pereira.
Coorientador: Prof. Dr. José Rui Branquinho Bessa.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B198 Barbosa, Juliana dos Santos Rodrigues.
 Combinação de óleos vegetais e fontes de carboidratos em dietas para cabras leiteiras / Juliana dos Santos Rodrigues Barbosa. – 2019.
 67 f. : il.

 Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2019.

 Orientação: Profa. Dra. Elzania Sales Pereira.

 Coorientação: Prof. Dr. José Rui Branquinho Bessa.

 1. Amido. 2. Biohidrogenação. 3. Óleo de mamona. 4. Pectina. I. Título.

CDD 636.08

JULIANA DOS SANTOS RODRIGUES BARBOSA

COMBINAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS E FONTES DE CARBOIDRATOS EM DIETAS
PARA CABRAS LEITEIRAS

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará e Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Zootecnia. Área de concentração: Nutrição de Ruminantes.

Aprovada em: 08 / 11 / 2019 .

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Elzania Sales Pereira (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Magno José Duarte Cândido
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Maria Socorro de Souza Carneiro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Luciano Pinheiro da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr^a. Jocely Gomes de Souza
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À minha querida mãe, Vânia dos Santos Rodrigues Barbosa (*In memoriam*), meu espelho e razão das minhas vitórias, pelo exemplo de proteção, dedicação, força e perseverança.

À minha filha amada, Alícia Rodrigues Braga, minha maior riqueza.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a “**Deus**”, por estar sempre presente em minha vida.

À Universidade Federal do Ceará e, em especial ao Programa de Doutorado Inetegrado em Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso de Doutorado em Zootecnia.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), por prover o curso de Doutorado em Zootecnia da UFC.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap) pela concessão da bolsa de estudos.

À Professora Doutora Elzania Sales Pereira, minha orientadora, pela convivência ao longo destes anos, pelas oportunidades, pela paciência, pelos ensinamentos, por toda ajuda e apoio. Gratidão!

Aos membros da banca examinadora, a Doutora Jocely Gomes de Souza, Professor Doutor Magno José Duarte Cândido, Professora Doutora Maria Socorro de Souza Carneiro, Professor Doutor Luciano Pinheiro da Silva, pelas valiosas contribuições para este trabalho.

Aos colegas do Programa de Pós-graduação em Zootecnia – UFC, em especial, à Marília, Thiago, Eduardo, Denise, Mayara, Nielyson, Ricardo, Monik, Heiciane, Gercy, Naysson, Shirlene, Dayanne, Monalisa, Marcílio, Érica, Aderson, pelos momentos de aprendizado, de crescimento profissional, de convivência e de distração.

À Denise, aluna do mestrado, e a Jardeson, Dhones, Caio, Jander, Samuel, Vitória, alunos de graduação que contribuíram para a realização do experimento.

À Roseane e Danilo, funcionários do laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFC, pelo apoio e amizade.

À Gizele, Livia e Professora Doutora Juliane, funcionários do laboratório de Laticínios do Departamento de Engenharia de Alimentos da UFC, pela disponibilidade do laboratório, pelo apoio nas análises laboratoriais e pelos tantos momentos alegres.

Às amigas Joana, Regina, Carine, Nadiana, Raquel e Rochele pelo apoio, pelo carinho e pela amizade. Por tornarem, enfim, mais felizes os meus dias.

Ao meu esposo Fellipe, por compreender minhas inconstâncias e por estar sempre ao meu lado.

Aos meus familiares, meu pai, meus irmãos, minhas tias e meus tios, minhas primas e meus primos e meus padrinhos por compreenderem minhas ausências e minhas inconstâncias e por estarem sempre ao meu lado.

A todos que contribuíram e se alegrarão com essa conquista. Muito obrigada!

Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito.
Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.
(Martin Luther King)

RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar a combinação de óleos vegetais (óleo de mamona e óleo de girassol) e duas fontes de carboidratos (milho grão moído ou polpa cítrica desidratada) em dietas para cabras leiteiras sobre as variáveis nutricionais, síntese de proteína microbiana, a produção e composição do leite, incluindo seu perfil de ácidos graxos e informações acerca dos derivados do ácido ricinoleico. Oito cabras mestiças, múltíparas, em início de lactação ($40,78 \pm 5,14$ kg de peso corporal e $1,02 \pm 0,34$ kg de leite/ dia) foram distribuídas em um delineamento em quadrado latino 4×4 duplo em esquema fatorial 2×2 com duas fontes de carboidratos: amido - milho grão moído ou pectina - polpa cítrica desidratada, com ou sem a inclusão da mistura de óleo de mamona e óleo de girassol (20 g/kg de matéria seca). Foi utilizada a relação volumoso: concentrado 50:50 para as dietas, utilizando feno de capim Tifton-85 como volumoso. O período experimental teve duração de 76 dias e foi dividido em quatro períodos de 19 dias, sendo 14 dias de adaptação e cinco dias de coleta. Os tratamentos experimentais não influenciaram o consumo de matéria seca (MS) dos animais, obtendo médias de 1.567 g/dia, de 3,72 g/kg de peso corporal (PC) e de 94,60 g/kg PC^{0,75}. Os animais alimentados com a dieta que continha milho grão moído tiveram maior consumo de energia digestível e energia metabolizável. Houve efeito de interação entre as fontes de carboidratos e a inclusão ou não da mistura de óleos sobre o coeficiente de digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro, carboidratos totais e carboidratos não fibrosos. Os tratamentos experimentais não influenciaram o nitrogênio urinário, nitrogênio do leite, nitrogênio endógeno basal, obtendo médias de 1,31 g/dia, 6,92 g/dia e 6,04 g/dia, respectivamente. A excreção de derivados de purinas, purinas absorvidas, produção de proteína microbiana e eficiência de síntese de proteína microbiana também não foram influenciadas. A produção de leite (kg/dia) e produção de leite corrigida para 4% de gordura não foram influenciadas pelos tratamentos experimentais, com valores médios de $1,02 \pm 0,35$ e $1,09 \pm 0,32$ kg de leite/dia, respectivamente. A composição físico-química do leite também não foi influenciada pelos tratamentos, exceto a variável de pH. A dieta contendo polpa cítrica desidratada promoveu maior pH do leite. As dietas experimentais não influenciaram a concentração de 11 ácidos graxos (7:0, 9:0, *iso*-13:0, *iso*-14:0, *c*13-18:1, 18:3n-6, 20:2n-6, 20:3n-9, 20:3n-6, 24:1, 22:5n-3) presentes no leite. As concentrações de oito ácidos graxos foram influenciadas pela fonte de carboidratos da dieta, dos quais, o 18:2n-6 (ácido linoleico) apresentou maior concentração no leite das cabras alimentadas com a dieta que continha milho grão moído, enquanto os outros sete ácidos graxos (*iso*-15:0, *iso*-17:0, *iso*-

18:0, *c*11-18:1, *c*15-18:1, *t*11*c*15-18:1) tiveram maiores concentrações no leite das cabras alimentadas com a dieta que continha polpa cítrica desidratada. A inclusão de óleo às dietas influenciou a concentração de nove ácidos graxos (11:0+10:1, *c*9-12:1, 13:0, *c*9-14:1, *c*7-16:1, *c*12-18:1, 20:4n-6, 20:5n-3 e 22:6n3) no leite, independente do tipo de carboidrato presente na dieta. Houve interação significativa entre as fontes de carboidratos e a adição de óleo para a concentração de nove ácidos graxos (8:0, 16:0, *c*9-16:1, *c*9-17:1, 18:0, *t*10-18:1, 18:3n-3, 19:1 e 3,7,11,15Me-16:0) presentes no leite. Com a adição de óleo, a concentração dos ácidos graxos 8:0, *c*9-16:1, 3,7,11,15Me-16:0 e 19:1 foi semelhante. A dieta que continha polpa cítrica desidratada sem óleo aumentou a concentração dos ácidos 16:0, 3,7,11,15Me-16:0, *c*9-17:1 e 18:3n-3, contudo a concentração dos ácidos 18:0 e *t*10-18:1 reduziu. As fontes de carboidratos não influenciaram a concentração dos ácidos graxos derivados do ácido ricinoleico (12OH, *c*9-18:1) presente no leite das cabras. As fontes de carboidratos ou a adição de óleo influenciaram as somas parciais dos ácidos graxos de cadeia curta e média (AGCCM), dos ácidos graxos de cadeia ímpar e ramificada (AGCIR), dos ácidos graxos saturados (AGS), dos ácidos graxos monoinsaturados-*cis* (AGMI-*cis*), dos ácidos graxos monoinsaturados-*trans* (AGMI-*trans*), dos ácidos graxos polinsaturados-*cis* (AGPI-*cis*) e dos intermediários da biohidrogenação (IB). A adição de óleo promoveu a redução da concentração das somas parciais de AGCCM, AGCIR e AGS presentes no leite caprino. A soma parcial dos ácidos graxos derivados do ácido ricinoleico (AGDAR) não foi influenciada pelo tipo de carboidrato presente nas dietas. Houve interação significativa entre a fonte de carboidratos e a adição de óleo para a relação *t*10/*t*11-18:1. A dieta que continha milho grão moído promoveu a redução da relação *t*10/*t*11-18:1 no leite caprino. A associação da polpa cítrica desidratada com a mistura de óleo de mamona e óleo de girassol em dietas para cabras leitiras promoveu a redução da digestibilidade dos nutrientes. O óleo de mamona pode ser utilizado em dietas para cabras com o intuito de favorecer o aumento de ácido linoleico conjugado - CLA, além de proporcionar o acúmulo de ácidos graxos oxigenados e hidroxilados no leite caprino.

Palavras – chaves: Amido. Biohidrogenação. Óleo de mamona. Pectina.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the combination of vegetable oils (castor oil and sunflower oil) and two carbohydrate sources (ground corn or dehydrated citrus pulp) in diets for dairy goats on the nutritional variables, microbial protein synthesis, milk production and composition, including its fatty acid profile and information about ricinoleic acid derivatives. Eight crossbreed goats, multiparous, at early lactation (40.78 ± 5.14 kg body weight and 1.02 ± 0.34 kg milk/day) were distributed in double 4×4 latin square design in a factorial scheme 2×2 with two sources carbohydrate: starch - ground corn or pectin - dehydrated citrus pulp, with or without the inclusion of castor oil and sunflower oil mixture (20 g/kg dry matter). It was used the roughage: concentrate ratio 50:50 for the diets, using Tifton-85 grass hay as roughage. The experimental period lasted 76 days and was divided into four periods of 19 days, being 14 days of adaptation and five days of collection. Experimental treatments did not influence ($P > 0.05$) the dry matter (DM) intake of the animals, obtaining means of 1,567 g/day, 3,72 g/kg body weight (BW) and 94,60 g / kg $BW^{0.75}$. The animals fed the diet containing ground grain corn had higher digestible energy and metabolizable energy consumption. There was an interaction effect between carbohydrate sources and the inclusion or not of the oil mixture on the digestibility coefficient of dry matter, organic matter, crude protein, neutral detergent fiber, total carbohydrates and non-fibrous carbohydrates. Experimental treatments did not influence urinary, milk and basal endogenous nitrogen, getting averages 1.31 g / day, 6.92 g / day and 6.04 g / day, respectively. Excretion of purine derivatives, absorbed purines, microbial protein production, and microbial protein synthesis efficiency was not influenced either. Milk yield (kg/day) and milk yield corrected for 4% fat were not influenced by experimental treatments, with mean values of 1.02 ± 0.35 and 1.09 ± 0.32 kg of milk/day, respectively. The physicochemical composition of milk was not influenced by treatments either, except for the pH variable. Diet containing dehydrated citrus pulp promoted higher milk pH. Experimental diets did not influence the concentration of 11 fatty acids (7:0, 9:0, *iso*-13:0, *iso*-14:0, *c*13-18:1, 18:3n-6, 20:2n-6, 20:3n-9, 20:3n-6, 24:1, 22:5n-3) in the milk. The concentrations of eight fatty acids were influenced by the dietary carbohydrate source, of which, 18:2n-6 (linoleic acid) presented higher concentration in the milk of goats fed the diet containing ground corn, while the other seven fatty acids (*iso*-15:0, *iso*-17:0, *iso*-18:0, *c*11-18:1, *c*15-18:1, *t*11*c*15-18:1) were higher in the milk of goats fed a diet containing dehydrated citrus pulp. The inclusion of oil in the diets influenced the concentration of nine fatty acids (11:0+10:1, *c*9-12:1, 13:0, *c*9-14:1, *c*7-16:1, *c*12-18:1, 20:4n-

6, 20:5n-3 e 22:6n3) in the milk. There was significant interaction between carbohydrate sources and the addition of oil to the concentration of nine fatty acids (8:0, 16:0, c9-16:1, c9-17:1, 18:0, t10-18:1, 18:3n-3, 19:1 and 3,7,11,15Me-16:0) present in milk. With the addition of oil to the diets, the fatty acid concentration 8: 0, c9-16: 1, 3,7,11,15Me-16: 0 and 19: 1 was similar. The diet containing dehydrated citrus pulp without oil increased the concentration of acids 16: 0, 3,7,11,15Me-16: 0, c9-17: 1 and 18: 3n-3, however the concentration of acids 18: 0 and t10-18: 1 reduced. Carbohydrate sources did not influence the concentration of fatty acids derived from ricinoleic acid (12OH, c9-18:1) present in goat milk. Carbohydrate sources or the addition of oil influenced the partial sums of short and medium chain fatty acids (AGCCM), odd and branched chain fatty acids (AGCIR), saturated fatty acids (AGS), monounsaturated fatty acids- cis (AGMI-cis), trans-monounsaturated fatty acids (AGMI-trans), polyunsaturated cis-fatty acids (AGPI-cis) and biohydrogenation intermediates (IB). The addition of castor oil and sunflower oil mixture reduced the concentration of partial sums of SMCFA, BCFA and SFA present in goat milk. The partial sum of the ricinoleic acid derived fatty acids (AGDAR) was not influenced by the type of carbohydrate present in the diets. There was a significant interaction between the carbohydrate source and the addition of the oil mixture for the t10/t11-18:1 ratio. The diet containing ground grain corn promoted the reduction of t10/t11-18:1 ratio in goat milk. The association of dehydrated citrus pulp with the mixture of castor oil and sunflower oil in diets for dairy goats promoted the reduction of nutrient digestibility. Castor oil can be used in goat diets in order to favor the increase of conjugated linoleic acid - CLA, besides providing the accumulation of oxygenated and hydroxylated fatty acids in goat milk.

Keywords: Biohydrogenation. Castor oil. Pectin. Starch.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema simplificado do processo de lipólise e biohidrogenação do ácido linoleico no ambiente ruminal.....	19
Figura 2 – Estrutura química do ácido ricinoleico.....	21
Figura 3 – Representação simplificada do metabolismo do ácido ricinoleico no rúmen.....	22
Figura 4 – Metabólitos derivados do ácido ricinoleico identificados no leite de vaca, ovelha e cabra.....	23

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	Fontes de ácidos Graxos.....	17
2.2	Lipólise e Biohidrogenação.....	18
2.2.1	<i>Metabolismo do ácido oleico.....</i>	20
2.2.2	<i>Metabolismo do ácido ricinoleico.....</i>	21
2.2.3	<i>Metabolismo do ácido linoleico.....</i>	24
2.2.4	<i>Metabolismo do ácido linolênico.....</i>	25
3	CAPÍTULO I – COMBINAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS E FONTES DE CARBOIDRATOS EM DIETAS DE CABRAS LEITEIRAS: 1. PARÂMETROS NUTRICIONAIS.....	26
3.1	Introdução.....	26
3.2	Material e Métodos.....	27
3.2.1	<i>Animais, delineamento experimental e dietas.....</i>	27
3.2.2	<i>Consumo e digestibilidade dos nutrientes e síntese de proteína microbiana.....</i>	28
3.2.3	<i>Análises estatísticas.....</i>	33
3.3	Resultados e Discussão.....	34
3.4	Conclusão.....	40
4	CAPÍTULO II - COMBINAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS E FONTES DE CARBOIDRATOS EM DIETAS PARA CABRAS LEITEIRAS: 2. METABOLISMO DO ÁCIDO RICINOLEICO E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO LEITE.....	41
4.1	Introdução.....	41
4.2	Material e Métodos.....	42
4.2.1	<i>Animais, delineamento experimental e dietas.....</i>	42
4.2.2	<i>Produção e composição química do leite de cabra.....</i>	44

<i>4.2.3. Análises químicas</i>	44
<i>4.2.4. Análises estatísticas</i>	46
4.3 Resultados e Discussão	47
<i>4.3.1. Produção e composição química do leite de cabras</i>	47
<i>4.3.2. Perfil de ácidos graxos do leite de cabra</i>	48
4.4 Conclusão	55
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS	57
APÊNDICE A – LISTA DE TABELAS	69

1 INTRODUÇÃO

A produção de pequenos ruminantes no Brasil concentra-se principalmente na região semiárida, o que representa para o país uma importante atividade que contribui para o desenvolvimento da economia local. Nesse contexto, estudos que avaliem a utilização de estratégias nutricionais que proporcionem melhorias no desempenho produtivo dos animais são essenciais. Diante das estratégias nutricionais mais utilizadas na nutrição de ruminantes, a suplementação lipídica, tem sido amplamente discutida, pois a utilização de óleos vegetais contribui para o aumento da concentração energética das dietas afim de suprir as exigências dos animais em início de lactação (NRC, 2001), além de promover melhorias na qualidade do leite e de seus derivados. Dentre as fontes de óleos vegetais, o óleo de mamona e o óleo de girassol vem ganhando destaque devido ao seu amplo uso na indústria (RASHID; ANWAR; ARIF, 2009; PATEL *et al.*, 2016).

No Brasil, o interesse em utilizar o óleo de mamona na nutrição animal, principalmente em dietas para pequenos ruminantes, vem aumentando, pois é extensa a disponibilidade local da planta e porque o óleo tem alta viscosidade, diferente dos outros óleos, o que proporciona uma estabilidade oxidativa que garante maior vida útil dentro dos sistemas produtivos. Alguns estudos têm demonstrado que o óleo de mamona, quando incluído em dietas para ruminantes promove respostas produtivas semelhantes a outros óleos vegetais (MAIA *et al.*, 2010; MAIA *e*, 2012). Contudo, o óleo de mamona favorece em alguns efeitos diferentes dos efeitos de outros óleos sobre o perfil lipídico do leite, em virtude da incorporação de ácidos graxos hidroxilados e oxigenados na gordura do leite (ALVES *et al.*, 2017; PARENTE *et al.*, 2018). O óleo de mamona é o único óleo que apresenta em sua composição o ácido ricinoleico, o qual compreende entre 84 a 90 % do total de ácidos graxos (NAIK *et al.*, 2018). O óleo de girassol, por sua vez, é rico em ácido linoleico, o qual compreende cerca de 54 % do total de ácidos graxos. Os dois óleos são ricos em ácidos graxos insaturados.

Informações sobre o metabolismo do ácido ricinoleico (12OH, *c*9-C18:1) pelos animais ruminantes são escassas. Entretanto, Alves *et al.* (2017) propôs que o ácido ricinoleico pode ser metabolizado no ambiente ruminal e que o passo inicial do seu metabolismo resulta na hidrogenação da dupla ligação presente na molécula para formar o ácido 12OH-C18:0, e, em seguida, sofre uma reação de oxidação formando o ácido 12OXO-C18:0. Esses ácidos graxos (12OH-C18:0 e 12OXO-C18:0) escapam do rúmen e são

metabolizados nos tecidos ou na glândula mamária através da β -oxidação parcial. Pequenas quantidades de 12OH, *c*9-C18:1 foram detectadas no leite de cabras alimentadas com óleo de mamona, enquanto o ácido 12OXO-C18:0 é o principal ácido graxo derivado do metabolismo do ácido 12OH, *c*9-C18:1 presente no leite (ALVES *et al.*, 2017).

Os tipos de carboidratos e a quantidade de lipídios incluídos nas dietas para ruminantes podem influenciar as rotas do processo de biohidrogenação ruminal e, conseqüentemente, a quantidade e a distribuição de seus produtos no leite e na carne (CHILLIARD *et al.*, 2007). Os efeitos da dieta sobre o processo de biohidrogenação ruminal são mediados por alterações nos padrões de fermentação ocorridos no ambiente ruminal (ENJALBERT *et al.*, 2017). As dietas de animais leiteiros são ricas em carboidrato não fibroso, como o amido, o qual, quando fornecido em grandes quantidades pode levar ao acúmulo de ácido láctico, provocando redução no pH ruminal, alterar a população microbiana, levando a um desvio das rotas usuais do processo de biohidrogenação ruminal. A substituição do milho grão moído, rico em amido, por polpa cítrica desidratada, rica em pectina, pode promover efeitos benéficos ao ambiente ruminal, devido à alteração da fermentação láctica pela acética, permitindo maior formação de acetato e menor de propionato (HALL, 2001) e mantendo pH mais elevado do que as dietas que contêm milho grão moído (LEIVA *et al.*, 2000).

Considerando as semelhanças entre a biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados regulares e a metabolização do ácido 12OH, *c*9-C18:1, alterar a fonte de carboidratos da dieta, de amido para pectina modificaria a distribuição e, eventualmente a quantidade de ácido ricinoleico e os seus derivados no leite de cabra. O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência da combinação de óleo de mamona e óleo de girassol com duas fontes de carboidratos (milho grão moído ou polpa cítrica desidratada) em dietas para cabras leiteiras sobre as variáveis nutricionais, síntese de proteína microbiana, a produção e composição do leite, incluindo seu perfil de ácidos graxos e informações acerca dos derivados do ácido ricinoleico.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fontes de Ácidos Graxos

Os lipídios são utilizados em dietas para ruminantes com o intuito de aumentar a densidade energética das rações, além de favorecer a manipulação da composição de ácidos graxos presente nos produtos carne e leite (NRC, 2001; WOOD; FEARON, 2009). Os ácidos graxos podem ser fornecidos aos animais por meio de várias fontes de forragem, cereais ricos em óleo, semente de oleaginosas ou óleo de peixe (MURPHY *et al.*, 1995; KENNELLY, 1996; FRENCH *et al.*, 2000; LOOR *et al.*, 2003). Normalmente, a concentração de ácidos graxos presente nas forragens é baixa, e a maioria desses ácidos graxos é constituída por ácido linolênico (C18:3n-3) (DOREAU *et al.*, 2012). Contudo, o teor e a composição dos ácidos graxos podem variar em função da espécie, do estado fisiológico, do estado fenológico e das condições de conservação (DEWHURST *et al.*, 2006; GLASSER *et al.*, 2013). Nos grãos de cereais, o ácido graxo predominante é o ácido linoleico (C18:2n-6) (ALVES *et al.*, 2011; PALMQUIST *et al.*, 2005).

Para os óleos e as sementes de oleaginosas a composição de ácidos graxos pode ser dependente da origem botânica, alguns são ricos em ácidos graxos insaturados, outros são ricos em ácidos graxos saturados. Algumas variedades de girassol são fontes de ácido oleico (C18:1-*cis*9); outras variedades são fontes de ácido linoleico; o óleo de coco é rico em ácido láurico (C12:0), e o óleo de palma é rico em ácido palmítico (C16:0) (WOODS; FEARON, 2009). O óleo de peixe é rico em ácido eicosapentaenóico (EPA, 20:5n-3) e ácido docosahexaenóico (DHA, 22:6n-3) (SHINGFIELD; WALLACE, 2014). O óleo de mamona é a principal fonte de ácido ricinoleico (12OH, *c*9-C18:1) (NAIK *et al.*, 2018).

A escolha da fonte de lipídios que será fornecida aos animais depende de uma série de fatores, como o custo e a disponibilidade da fonte, a forma e sua composição de ácidos graxos, a influência da fonte sobre os produtos gerados como carne e leite e o regulamento para o tipo de suplementação permitido para formulação das rações (WOOD; FEARON, 2009). Contudo, a eficácia da suplementação lipídica na modificação da composição de ácidos graxos dos produtos ruminantes depende de vários fatores, como a natureza e o nível da suplementação lipídica (SCOLLAN *et al.*, 2001; WACHIRA *et al.*, 2002; FERREIRA *et al.*, 2014), a composição da dieta basal (BESSA *et al.*, 2005), bem como a duração do período em que o animal irá receber a suplementação lipídica (BESSA *et al.*,

2008). Para evitar os efeitos negativos da suplementação lipídica nas dietas de ruminantes sobre o consumo, a digestibilidade da fração fibrosa e processos oxidativos, foi estabelecido um limite máximo de 16-20% de consumo de energia metabolizável (PALMQUIST, 1994), o que representa um consumo de gordura de 60 g/kg de matéria seca consumida (SCOLLAN *et al.*, 2006).

2.2 Lipólise e Biohidrogenação

Os lipídios são um grupo de compostos orgânicos que apresentam insolubilidade em água e solubilidade em solventes não polares e desempenham funções biológicas diversas nos tecidos animais e vegetais. A maioria dos lipídios que compõem as dietas de ruminantes estão sob a forma esterificada como fosfolipídios (uma molécula de glicerol ligada a duas moléculas de ácidos graxos e grupo fosfato) e galactolipídios (uma molécula de glicerol ligada a duas moléculas de ácidos graxos e uma galactose) presentes em forragens e triglicerídios (uma molécula de glicerol ligada a três moléculas de ácidos graxos) presentes nos cereais e óleos vegetais (LOURENÇO *et al.*, 2010).

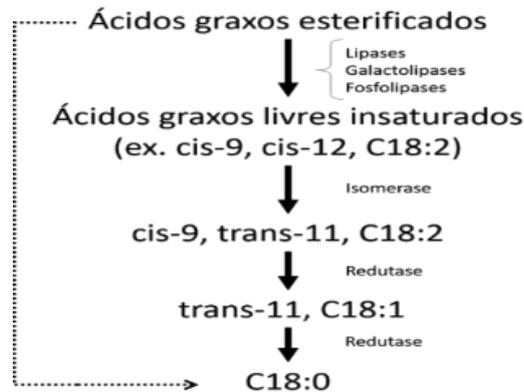
Os ácidos graxos presentes nas moléculas esterificadas, podem ser saturados ou insaturados. Os ácidos graxos saturados não contêm duplas ligações em sua molécula; os ácidos graxos insaturados apresentam uma ou mais ligações duplas ao longo da cadeia. A dupla ligação pode ter dois tipos de configuração: *cis* e *trans*. Na maioria dos ácidos graxos insaturados que ocorrem naturalmente, as duplas ligações se encontram em configuração *cis* (NELSON; COX, 2014).

A Figura 1 apresenta um esquema simplificado do processo de lipólise e biohidrogenação do ácido linoleico.

As moléculas esterificadas quando expostas ao ambiente ruminal, são primeiramente submetidas ao processo de lipólise, no qual, através da ação de lipases são liberadas três moléculas de ácidos graxos livres e uma de glicerol (Figura 1).

A lipase é uma enzima responsável por clivar as ligações ésteres dos triglicerídios, fosfolipídios e galactolipídios, da qual a bactéria *Anaerovibrio lipolytica* é a principal produtora no ambiente ruminal (JENKINS *et al.*, 2008; LOURENÇO *et al.*, 2010). Depois da lipólise, o glicerol é rapidamente fermentado a ácidos graxos voláteis (DOREAU; FERLAY, 1994) ou transportado até o fígado para ser metabolizado e convertido em glicose.

Figura 1 - Esquema simplificado do processo de lipólise e biohidrogenação do ácido linoleico



Fonte: Adaptado de Jenkins (1993).

A lipase é uma enzima responsável por clivar as ligações ésteres dos triglicerídios, fosfolipídios e galactolipídios, da qual a bactéria *Anaerovibrio lipolytica* é a principal produtora no ambiente ruminal (JENKINS *et al.*, 2008; LOURENÇO *et al.*, 2010). Depois da lipólise, o glicerol é rapidamente fermentado a ácidos graxos voláteis (DOREAU; FERLAY, 1994) ou transportado até o fígado para ser metabolizado e convertido em glicose.

Os ácidos graxos livres saturados são transportados para o intestino delgado e são absorvidos. Por outro lado, os ácidos graxos insaturados são submetidos à segunda etapa do metabolismo de ácidos graxos no ambiente ruminal, o processo de biohidrogenação, que consiste na adição de H⁺ nas duplas ligações convertendo-os em ácidos graxos saturados (Figura 2) (LOCK; BAUMAN, 2004). Esse processo é mediado por microrganismos, no qual as bactérias *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Butyrivibrio proteoclasticum*, *Propionibacterium acnes*, *Selenomonas ruminantium*, *Enterococcus faecium*, *Streptococcus bovis*, *Staphylococcus sp.* e *Flavobacterium sp.*, são as principais envolvidas (McKAIN *et al.*, 2010).

Geralmente, o ácido linoleico e o ácido linolênico são os principais substratos para o processo de biohidrogenação, pois estão presentes majoritariamente nas dietas de ruminantes. O primeiro passo da biohidrogenação ruminal consiste em promover a isomerização dos ácidos graxos insaturados de configuração *cis* para ácidos graxos de configuração *trans* e em seguida a hidrogenação das duplas ligações (BAUMAN *et al.*, 2000).

Existem algumas teorias que tentam explicar por que o processo de biohidrogenação ruminal acontece. A teoria mais aceita considera o processo de biohidrogenação um mecanismo de controle da fluidez das membranas dos microrganismos ruminantes e, conseqüentemente, da permeabilidade da membrana plasmática, em que o

processo de biohidrogenação é considerado um mecanismo de defesa dos microrganismos ruminais dos efeitos tóxicos dos ácidos graxos insaturados (PALMQUIST *et al.*, 2004), sendo mais sensíveis às bactérias Gram positivas, às metanogênicas e aos protozoários. A membrana celular é composta por fosfolipídios (NELSON; COX, 2014), o que confere à membrana permeabilidade a ácidos graxos, principalmente os insaturados. Desse modo, a toxicidade está relacionada à alteração na permeabilidade da membrana celular bacteriana (DEHORITY, 2003), reduzindo a capacidade da célula de regular o pH intracelular e a captação de nutrientes (NAGAJARA *et al.*, 1997), diminuindo a capacidade da bactéria de regular o potencial osmótico, podendo levar à morte.

Outra teoria considera que a biohidrogenação pode contribuir com a retirada de íons H⁺ do ambiente ruminal, evitando o seu acúmulo (ULYATT *et al.*, 2002). No entanto, apenas de 1 a 2% da concentração de hidrogênio metabólico é utilizado pelo processo de biohidrogenação (CZERKAWSK, 1984).

A bactéria *Butyrivibrio fibrisolvens* é a mais importante para o processo de biohidrogenação, pois ela participa do processo de biohidrogenação do ácido linoleico (KEPLER *et al.*, 1966). Por sua vez, a bactéria *Butyrivibrio proteoclasticus* converte os ácidos graxos intermediários de C18:1 a C18:0 (MOON *et al.*, 2008; BUCCIONI *et al.*, 2012). A bactéria *Propionibacterium acnes* participa da biohidrogenação do ácido oleico (C18:1 - *cis*9) e do C18:1- *trans*11 convertendo a 10-OH-C18:0, que posteriormente pode ser oxidado à 10 OXO C18:0 (KIM *et al.*, 2008; McKAIN *et al.*, 2010).

2.2.1 Metabolismo do ácido oleico

O ácido oleico (C18:1 – *cis*9) é um ácido graxo insaturado que apresenta em sua composição apenas uma dupla ligação entre o carbono 9 e carbono 10; classifica-se como ácido graxo monoinsaturado (JENKINS *et al.*, 2009). É predominante nas gorduras de origem animal e em alguns óleos vegetais, como o óleo de canola.

O processo de biohidrogenação do ácido oleico considerava, inicialmente, apenas a formação de ácido esteárico. Entretanto, Jenkins *et al.* (2006) propôs que a biohidrogenação ruminal do ácido oleico pode ocorrer em três rotas distintas. A primeira rota considera a hidrogenação direta da dupla ligação *cis*9 para formar o ácido esteárico. A segunda rota envolve uma reação de isomerização da ligação *cis* para ligação *trans*, formando uma série de isômeros posicionais *trans* – C18:1, que variam entre C18:1 – *trans*6 a C18:1 – *trans*16. A

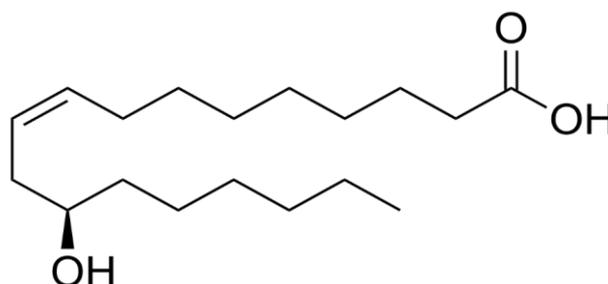
terceira rota envolve uma reação de hidratação do ácido oleico formando o ácido 10 – hidroxisteárico (10OH – C18:0), seguida de uma reação de oxidação para formar o ácido 10-cetosteárico (10OXO – C18:0).

2.2.2 Metabolismo do ácido ricinoleico

O ácido ricinoleico ou ácido *cis*-12-hidroxi-9-octadecenóico é um ácido graxo monoinsaturado e hidroxilado (SALIMON *et al.*, 2010; NAIK *et al.*, 2018), sua molécula é composta por 18 carbonos e três grupos funcionais: um grupo hidroxila no carbono 12, uma dupla ligação no carbono 9 e um grupo carboxílico terminal (12OH, *cis*-9-18:1) (Figura 2) (AZEVEDO; BELTRÃO, 2007; SINGH, 2011). Devido à presença do grupo hidroxila, o ácido ricinoleico pode ser chamado, também de ácido hidroxioleico.

A Figura 2 mostra a estrutura química do ácido ricinoleico.

Figura 2 - Estrutura química do ácido ricinoleico



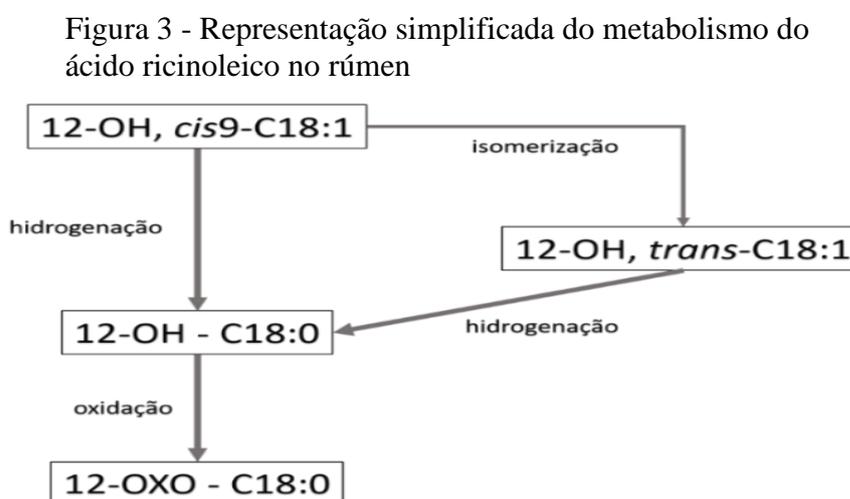
Fonte: Naik *et al.* (2018)

O ácido ricinoleico apresenta propriedades analgésicas e anti-inflamatórias (BODDU *et al.*, 2015), efeito laxativo (VIEIRA *et al.*, 2001), ação antimicrobiana (FERREIRA *et al.*, 2002) e antifúngica (TAKANO *et al.*, 2007; VALERA *et al.*, 2013), devido à presença do grupamento hidroxila (ATTRAPADUNG *et al.*, 2010) que possui alta afinidade pelos lipídios das membranas celulares bacterianas, promovendo a ruptura e a morte celular (BURT, 2004). A ação antimicrobiana confere ao ácido ricinoleico potencialidades para que possa ser utilizado como alternativa natural ao uso de ionóforos comerciais em dietas para ruminantes (VIEIRA *et al.*, 2001).

A metabolização do ácido ricinoleico no ambiente ruminal parece resultar em uma gama de intermediários; o mecanismo de ação dos microrganismos ruminais, porém, não está totalmente elucidado. Em estudos *in vitro*, Morales *et al.* (2012) observaram que a presença

do ácido ricinoleico reduziu o metabolismo do ácido linoleico, resultando em maior produção de ácido rumênico e ácido vacênico. Esses mesmos autores sugeriram que o ácido ricinoleico promove um efeito inibitório na última etapa do processo de biohidrogenação que converte o ácido vacênico em ácido esteárico realizado pela bactéria *Butyrivibrio proteoclasticus*. Além de inibir o processo de biohidrogenação, o ácido ricinoleico promove redução da metanogênese (MORALES *et al.*, 2012), processo responsável pela formação de metano no ambiente ruminal.

A Figura 3 apresenta uma representação simplificada do metabolismo do ácido ricinoleico no rúmen.



Fonte: Adaptada de Alves *et al.* (2017).

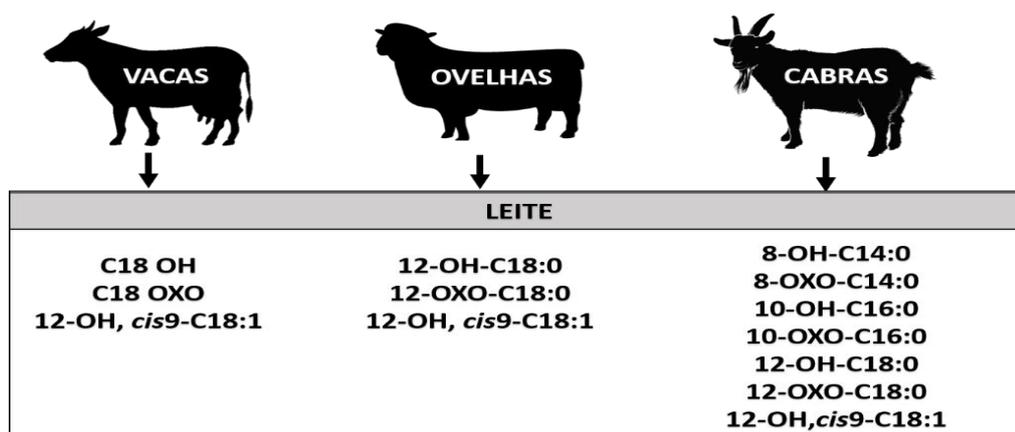
Recentemente, Alves *et al.* (2017), ao incubar óleo de mamona com fluido ruminal por 72 horas, observaram que o ácido ricinoleico é metabolizado pelas bactérias ruminais a uma taxa menor do que o ácido linoleico e linolênico. Confirmaram que há metabolização do ácido ricinoleico, que forma alguns metabólitos, como 12OH-C18:0, 12 OH *trans*- 18:1 e 12OXO-C18:0 (Figura 3).

O metabolismo do ácido ricinoleico no ambiente ruminal envolve três reações: isomerização, hidrogenação e oxidação. O ácido ricinoleico é hidrogenado para formar o ácido 12OH-C18:0 e em seguida sofre uma reação de oxidação formando o ácido 12OXO-C18:0. Contudo, a ligação dupla *cis*9 do ácido ricinoleico pode ser afetada por uma reação de isomerização e formar isômeros 12OH, *trans*-C18:1 (Figura 5) (ALVES *et al.*, 2017). Esses ácidos graxos (12OH-C18:0 e 12OXO-C18:0) escapam do rumen e são absorvidos nos tecidos. Depois, nos tecidos, os dois ácidos graxos podem sofrer β -oxidação parcial, formando ácidos graxos mais curtos, de 2 ou 4 carbonos (ALVES *et al.*, 2017).

Vacas suplementadas com farelo de mamona e 0,5% de óleo de mamona apresentaram traços de ácido ricinoleico na gordura do leite (ROBB *et al.*, 1974). No leite de cabras suplementadas com óleo de mamona foram identificados os ácidos graxos 8OH-C14:0, 10OH-C16:0, 8OXO-C14:0 e 10OXO-C16:0, que provavelmente foram formados nos tecidos após a absorção de metabólitos gerados no rúmen a partir do ácido ricinoleico (ALVES *et al.*, 2017). No leite de ovelhas suplementadas com óleo de mamona, foram observadas pequenas quantidades de ácido ricinoleico e ácidos graxos 12OH-C18:0 e 12OXO-C18:0 em quantidades relevantes (PARENTE *et al.*, 2018).

A Figura 4 mostra os metabólitos derivados do ácido ricinoleico identificados no leite de vaca, no de ovelha e no de cabra.

Figura 4. Metabólitos derivados do ácido ricinoleico identificados no leite de vaca, no de ovelha e no de cabra



Fonte: Robb *et al.* (1974), Alves *et al.* (2017), Parente *et al.* (2018). Elaboração: próprio autor.

O metabolismo do ácido ricinoleico resulta em uma gama de intermediários que são transferidos para a gordura do leite, inclusive, em cabras (Alves *et al.*, 2017) foram identificados mais metabólitos derivados do ácido ricinoleico na gordura do leite quando comparado com estudos com vacas (Robb *et al.* (1974) e ovelhas (Parente *et al.*, 2018) (Figura 4).

A presença de ácidos graxos hidroxilados no leite parece prover alguns benefícios à saúde humana. Estudos relatam um efeito antiproliferativo de ácidos hidroxilados sobre alguns tipos de adenocarcinoma humano e osteossarcoma (PAGNOTTA *et al.*, 2006; CALONGHI *et al.*, 2007; PAROLIN *et al.*, 2012); enquanto o ácido ricinoleico é conhecido por suas propriedades analgésicas e anti-inflamatórias (BODDU *et al.*, 2015).

2.2.3 *Metabolismo do ácido linoleico*

O ácido linoleico (C18:2 – *cis*9, *cis*12) é um ácido graxo insaturado que pode ser denominado como ácido graxo polinsaturado porque contém em sua molécula duas duplas ligações entre os carbonos 9 e 10, e 12 e 13 (JENKINS *et al.*, 2009). Está presente em alguns óleos vegetais, como o óleo de girassol.

A biohidrogenação do ácido linoleico envolve três etapas: uma isomerização seguida de duas reduções. A isomerização modifica a posição e a geometria das duplas ligações, favorecendo a formação de isômeros do ácido linoleico conjugado e de intermediários com apenas uma dupla ligação e configuração *trans* (JENKINS *et al.*, 2009). Esta reação é realizada principalmente, por bactérias ruminais fibrolíticas.

Dentre os isômeros de ácido linoleico conjugado, o ácido rumênico (C18:2 – *cis*9, *trans*11) é o principal isômero formado (KEPLER *et al.*, 1966). Entretanto, pode haver a formação de um outro isômero (C18:2 – *trans*10, *cis*12) por uma via alternativa do processo de biohidrogenação devido a modificações na população microbiana promovida por algumas condições dietéticas, como dietas ricas em ácidos graxos polinsaturados e baixo pH ruminal (GRIINARI; BAUMAN, 1999).

O ácido rumênico representa de 75 a 90% do total de isômeros de ácido linoleico conjugado presente na gordura do leite (BAUMAN *et al.*, 2008) e apresenta propriedades anticarcinogênicas, redução da arteriosclerose, controle de diabetes e modulação do sistema imune (PARODI, 1997; PALMQUIST *et al.*, 2010). Pode ser formado durante o processo de biohidrogenação do ácido linoleico e pode ser sintetizado na glândula mamária por ação da enzima Δ 9-dessaturase sobre o ácido vacênico (C18:1-*trans*11), outro ácido graxo intermediário da biohidrogenação ruminal (BAUMAN *et al.*, 1999, LAWSON *et al.*, 2001, BAUMAN *et al.*, 2003).

O C18:2-*trans*10/*cis*12 é outro isômero do ácido linoleico conjugado, porém indesejável para vacas de leite, pois causa a depressão da gordura no leite por inibição da atividade enzimática da acetil-CoA carboxilase e da ácido graxo sintetase na glândula mamária, responsável pela síntese de gordura no leite (BAUMGARD *et al.*, 2000; BAUMAN; GRIINARI, 2001; SHINGFIELD; GRIINARI, 2007). Em ovelhas, o C18:2-*trans*10/*cis*12 promove efeito negativo sobre a síntese de gordura no leite de maneira similar ao efeito observado em vacas leiteiras, quando suplementadas com uma dose equivalente em base de peso corporal (LOCK *et al.*, 2006). No entanto, as cabras são menos sensíveis aos

efeitos do C18:2-*trans*10/*cis*12 sobre síntese lipídica na glândula mamária quando comparadas às ovelhas e às vacas (BERNARD *et al.*, 2008; LOCK *et al.*, 2008; SCHMIDELY; ANDRADE, 2011).

O segundo passo do processo de biohidrogenação consiste em duas reações de redução. A primeira redução afeta a dupla ligação de configuração *cis*, onde o ácido linoleico conjugado será hidrogenado e haverá formação de diferentes isômeros *trans*-C18:1. A segunda redução será na dupla ligação restante, onde os isômeros *trans*-C18:1 serão hidrogenados produzindo o ácido esteárico (C18:0) como produto final (figura 7) (JENKINS *et al.*, 2009).

2.2.4 Metabolismo do ácido linolênico

O ácido linolênico (C18:3 – *cis*9, *cis*12, *cis*15) é um ácido graxo polinsaturado com três duplas ligações ao longo de sua molécula. É o principal ácido graxo insaturado da maioria das forragens e está presente, também, no óleo de linhaça (JENKINS *et al.*, 2009).

O processo de biohidrogenação do ácido linolênico ocorre em quatro etapas: uma isomerização seguida de três reduções. A reação de isomerização afeta a dupla ligação *cis*12, favorecendo a formação do isômero C18:3 – *cis*9, *trans*11, *cis*15. Em seguida a reação de redução promove a hidrogenação da dupla ligação *cis*9, permitindo a formação do C18:2 – *trans*11, *cis*15. Uma segunda redução favorece a formação de C18:1 – *trans*11 e C18:1 – *trans*15 ou C18:1 – *cis*15. O isômero C18:1 – *trans*11 pode ser reduzido e formar C18:0 (Figura 8) (JENKINS *et al.*, 2009).

3 CAPÍTULO I – COMBINAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS E FONTES DE CARBOIDRATOS EM DIETAS DE CABRAS LEITEIRAS: 1. PARÂMETROS NUTRICIONAIS

3.1 Introdução

As cabras são animais de grande importância para a agricultura global (NRC, 2007). Desse modo, estudos que avaliem estratégias nutricionais que proporcionem melhorias no desempenho dos animais e na produção de leite são essenciais. A suplementação lipídica em dietas para animais lactantes contribui para o aumento na concentração energética das dietas afim de suprir as exigências nutricionais de animais em início de lactação (NRC, 2001), além de promover a melhoria da qualidade do leite de cabras e dos seus derivados (MEDEIROS *et al.*, 2013; LIMA *et al.*, 2015).

Dentre as fontes de óleos vegetais, o óleo de mamona e o óleo de girassol vêm ganhando notoriedade devido ao seu amplo uso na indústria (RASHID; ANWAR; ARIF, 2009; CÉSAR; BATALHA, 2010; PATEL *et al.*, 2016). Os óleos de mamona e girassol são ricos em ácidos graxos insaturados (RASHID; ANWAR; ARIF, 2009; NAIK *et al.*, 2018), os quais, em níveis elevados em dietas para ruminantes, podem promover efeitos negativos na digestibilidade da matéria seca e da fibra, devido a modificações na fermentação ruminal, em virtude do efeito tóxico sobre as bactérias gram-positivas do rúmen, principalmente as bactérias fibrolíticas (PALMQUIST, 1991; JENKINS, 1993; NAGAJARA *et al.*, 1997). A inclusão de lipídios em dietas de ruminantes favorece o incremento na eficiência de síntese de proteína microbiana devido à menor predação das bactérias pelos protozoários viabilizando maior crescimento microbiano, além de uma redução da produção de metano e amônia no rúmen (VAN NEVEL; DEMEYER, 1988).

Assim como a inclusão de lipídios, diferentes fontes de carboidratos presentes nas dietas podem promover diferentes padrões de fermentação ruminal (HALL, 2000), resultando em diferentes respostas nas taxas de digestão e passagem das partículas, no pH ruminal e na natureza da população microbiana (FAHEY; BERGER, 1980). Dentre os tipos de carboidratos, o amido presente no milho grão moído é o mais utilizado em rações para ruminantes. No entanto, quando grandes quantidades de amido são fornecidas aos animais, a fermentação ruminal pode ser direcionada para a produção de ácido lático, podendo reduzir o pH ruminal e reduzir o aproveitamento da fibra. Contudo, outro tipo de carboidrato, como a

pectina presente na polpa cítrica desidratada, não é fermentado a lactato (VAN SOEST *et al.*, 1991). Alimentos ricos em pectina representam uma fonte importante de energia para animais ruminantes porque proporciona benefícios ao ambiente ruminal, sem que haja redução do pH, proporcionando, assim, maior eficiência microbiana e melhor aproveitamento dos compostos fibrosos (FATURI *et al.*, 2006).

Informações acerca dos efeitos da combinação de óleos vegetais com diferentes fontes de carboidratos sobre os parâmetros nutricionais e produtivos de caprinos leiteiros são escassas. A combinação de óleo de mamona e óleo de girassol, com diferentes fontes de carboidratos, como milho grão moído e polpa cítrica desidratada, promove alterações na fermentação ruminal, favorecendo um incremento na síntese de proteína microbiana e, assim, maximizando as características produtivas de cabras localmente adaptadas. Diante disso, o objetivo do presente estudo foi avaliar a influência da combinação de óleo vegetais com diferentes fontes de carboidratos em dietas para cabras leiteiras sobre as variáveis nutricionais, balanço de compostos nitrogenados e síntese de proteína microbiana.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, Ceará, Brasil. Os protocolos (n° 71/2017) foram conduzidos de acordo com as normas estabelecidas pelo Comitê de Ética em Pesquisa Animal da Universidade Federal do Ceará.

3.2.1 Animais, delineamento experimental e dietas

Oito cabras localmente adaptadas no início da lactação ($40,78 \pm 5,14$ kg de peso corporal, produzindo $1,02 \pm 0,34$ kg de leite/ dia) foram distribuídas em um delineamento em quadrado latino 4×4 duplo em esquema fatorial 2×2 com duas fontes de carboidratos: amido – milho grão moído ou pectina – polpa cítrica desidratada e com ou sem a inclusão da mistura de óleo de mamona e óleo de girassol (20 g/kg de matéria seca). A mistura do óleo foi composta por 600 g de óleo de mamona e 400 g de óleo de girassol. As dietas totais (Tabela 1) foram formuladas para conterem 16% de proteína bruta (PB) e atender às exigências nutricionais de cabras em início da lactação com produção de 1,5 kg de leite/dia e 40 g de gordura, conforme o NRC (2007). O feno de capim tifton 85 foi utilizado como o volumoso

exclusivo. A relação volumoso: concentrado foi de 500: 500 g/ kg de matéria seca.

O período experimental teve duração de 76 dias e foi dividida em quatro períodos de 19 dias; dos quais, 14 dias foram de adaptação e 5 dias foram de coleta. Todas as cabras foram alojadas individualmente em baias cobertas (9,0 m²), em galpão ventilado, providas de comedouros e bebedouros. As cabras foram pesadas no início e no final de cada período experimental.

Tabela 1 - Proporções dos ingredientes e composição química (g/kg MS do alimento consumido) das dietas experimentais.

Ingredientes	Milho grão moído		Polpa cítrica desidratada	
	Sem óleo	Com óleo	Sem óleo	Com óleo
Feno de capim tifton 85	500	500	500	500
Milho em grão moído	313,5	279,7	-	-
Farelo de soja	180,9	195,3	171,1	185
Polpa cítrica desidratada	-	-	325,2	286
Mistura de óleos (Mamona e Girassol)	-	20,0	-	20,0
Calcário calcítico	5,20	5,00	-	-
Fosfato bicálcico	0,40	-	3,70	9,00
	Composição química			
Matéria seca	936	939	919	933
Cinzas	58,5	54,9	55,1	56,9
Proteína bruta	180	180	184	180
Extrato etéreo	35,5	64,8	21,0	54,1
FDN¹	336	346	353	355
FDNcp²	265	272	275	272
FDA³	219	219	230	223
Carboidrato total	716	689	741	703
Carboidrato não fibroso	450	418	467	431
NDT⁴	710	759	729	687

¹FDN- Fibra em detergente neutro; ²FDNcp – Fibra em detergente neutron corrigida para cinzas e proteína; ³FDA – Fibra em detergente ácido; ⁴NDT – Nutrientes digestíveis totais.

3.2.2 Consumo, digestibilidade dos nutrientes e síntese de proteína microbiana

As dietas totais foram oferecidas duas vezes ao dia, às 08h e às 16h, *ad libitum*, permitindo 20% de sobras alimentares de cada animal. Diariamente, antes do fornecimento dos alimentos pela manhã, as sobras alimentares eram recolhidas e pesadas. O ajuste diário do consumo de matéria seca (CMS) foi calculado pela diferença entre o peso da ração oferecida e o valor das respectivas sobras.

As cabras foram ordenhadas manualmente, duas vezes ao dia, às 6h30min e às

15h e foram alimentadas individualmente após cada sessão de ordenha. Antes da ordenha, os animais eram submetidos ao processo de higienização das tetas com o uso de uma solução pre-dipping (solução iodada). Após a ordenha dos animais, realizava-se o processo de pós-dipping, utilizando uma solução glicerínada. As amostras de leite foram coletadas entre o 15º e 19º dia de cada período experimental. As amostras compostas foram feitas proporcionalmente à produção para cada sessão de ordenha e armazenadas a -20 °C para análises laboratoriais. Nenhum tipo de medicamento ou substância química foi administrada para indução da ordenha. Em seguida, uma alíquota de 10 mL de leite foi diluída com 5 mL de ácido tricloroacético a 25% e, depois, foi filtrada em papel filtro para determinação do teor de alantoína (VALADARES *et al.*, 1999). Garrafas plásticas previamente esterilizadas (500 mL) foram usadas para armazenar o leite.

As amostras do concentrado, forragem, sobras e fezes foram previamente secas em estufa de ar forçado a 55 °C por 72 horas e, posteriormente, foram moídas em moinho de facas (Wiley, Arthur H. Thomas, Filadélfia, PA, EUA), usando malha de 1 mm para análises químicas. Todas as amostras citadas foram analisadas em triplicata de acordo com os métodos da Associação Oficial de Química Analítica (AOAC, 1990) para matéria seca (MS; método 930.15), cinza (método 942.05), proteína bruta (PB; método 984.13), extrato etéreo (EE; método 920.39) e fibra em detergente ácido (FDA; método 973.18). O teor de fibra em detergente neutro (FDN) foi determinado conforme descrito por Van Soest *et al.* (1991). Para a análise de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), as amostras foram tratadas usando alfa-amilase termoestável sem utilizar sulfito de sódio e corrigida para cinza residual (MERTENS, 2002) e compostos nitrogenados residuais (LICITRA; HERNANDEZ; VAN SOEST, 1996).

O teor de carboidratos totais (CT) foi calculado de acordo com Sniffen *et al.* (1992):

$$CT (\%) = 100 - (\%PB + \%EE + \%Cinzas) \quad (1)$$

Os valores para carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados por meio de uma equação adaptada de Weiss (1993):

$$CNF (\%) = 100 - (\%FDNcp + \%PB + \%EE + \%Cinzas) \quad (2)$$

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados por meio da equação de Sniffen *et al.* (1992):

$$\text{NDT (\%)} = \text{PBd} + \text{CTd} + (\text{EEd} \times 2,25) \quad (3)$$

Em que: PBd = proteína bruta digestível; CTd = carboidratos totais digestíveis e EEd = extrato etéreo digestível.

Os valores de NDT foram convertidos em energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM), conforme as equações sugeridas pelo NRC (2001):

$$\text{ED (Mcal/kg)} = 0,04409 \times \text{NDT (\%)} \quad (4)$$

$$\text{EM (Mcal/kg)} = 1,01 \times \text{ED (Mcal/kg)} - 0,45 \quad (5)$$

A energia líquida para a lactação foi estimada conforme a equação proposta pelo NRC (2001):

$$\text{EL}_{\text{lactação}} \text{ (Mcal/kg)} = (0,0929 \times \text{G}) + (0,0547 \times \text{P}) + (0,0395 \times \text{L}) \quad (6)$$

Onde: G, P e L representa gordura, proteína e lactose do leite, respectivamente.

Para estimar a eficiência líquida de utilização da energia metabolizável para produção de leite (k_l) foi utilizada a seguinte equação:

$$k_l = \text{EL}_{\text{lactação}} / (\text{CEM} - \text{CMm}) \quad (7)$$

Onde: $\text{EL}_{\text{lactação}}$ representa energia líquida para produção de leite, CEM é o consumo de energia metabolizável e CMm é consumo de energia para manutenção.

A eficiência bruta de utilização de energia metabolizável para produção de leite (k_{m+p}) foi calculada segundo a equação de Luo *et al.* (2004):

$$k_{m+p} = (\text{EL}_m + \text{EL}_{\text{lactação}}) / \text{CEM} \quad (8)$$

Onde: EL_m é a energia líquida para manutenção, $\text{EL}_{\text{lactação}}$ é a energia líquida para produção de

leite e CEM é o consumo de energia metabolizável.

O coeficiente de digestibilidade foi determinado indiretamente por meio da fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), utilizada como indicador interno, para estimativa da excreção de matéria seca fecal. As amostras de fezes coletadas, correspondem a um ciclo de três dias consecutivos de cada período experimental, nos seguintes horários: às 8h no primeiro dia; às 12h no segundo dia; e às 16h no terceiro dia. Em seguida, as amostras de fezes foram homogeneizadas, colocadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer a - 20 °C para posterior análise. A FDNi foi determinada pelo procedimento de incubação *in situ*, descrito por Casali *et al.* (2009). Foram utilizados para incubação sacos de nylon com porosidade de 50 µm de acordo com a metodologia descrita por Ørskov e McDonald (1979). A incubação foi realizada no rúmen de uma vaca fistulada, a qual recebia dieta à base de feno de capim tifton 85 e concentrado (milho grão moído, farelo de soja, fosfato bicálcico e premix) por um período de 240 horas (CLIPES *et al.*, 2006). Após a incubação, os sacos com resíduos foram lavados em água limpa e corrente até total eliminação das sujidades. Em seguida, os sacos foram mantidos em fervura branda e constante durante uma hora em solução de detergente neutro, seguindo a metodologia descrita por Van Soest *et al.* (1991). Em seguida, os resíduos foram secos, pesados e foram considerados como FDNi (CASALI *et al.*, 2009).

Para estimativa da síntese de proteína microbiana, amostras de urina foram coletadas por meio do método *spot*, no 15º dia de cada período experimental, aproximadamente quatro horas após o fornecimento do alimento matinal, durante micção espontânea, e foram colhidas em sacos de colostomia de 65 mm, acoplados na região da vulva. Uma alíquota de 5 mL de urina de cada animal foi diluída em 45 mL de uma solução contendo ácido sulfúrico (H₂SO₄ - 0,036 N), mantendo o pH abaixo de três, com o intuito de impedir a degradação bacteriana dos derivados de purinas (DP) e precipitação de ácido úrico (CHEN; GOMES, 1992). As amostras foram congeladas para posteriores análises de nitrogênio total, alantoína, ácido úrico, ureia e creatinina.

A concentração de creatinina presente na urina foi determinada por meio de kits comerciais (Creatinina – K016, BIOCLIN®), pelo método do ponto final, com uso de picrato e acidificante. A concentração de creatinina foi utilizada para estimar o volume urinário (VU), conforme a equação:

$$VL (L) = 26,05 \times PC (kg) / \text{concentração de creatinina na amostra de urina (mg. L}^{-1}) \quad (9)$$

Onde o valor de 26,05 corresponde à quantidade diária de creatinina (mg. kg^{-1}), determinado em cabras por Fonseca (2004).

A concentração de ácido úrico na urina foi quantificada pelo método colorimétrico enzimático (BARHAM; TRINDER, 1972; FOSSATI *et al.*, 1980). As concentrações de alantoína, xantina e hipoxantina foram quantificadas de acordo com método descrito por Chen e Gomes (1992). A excreção total de derivados de purinas foi estimada pelo somatório das quantidades obtidas de ácido úrico, xantina e hipoxantina e alantoína excretadas na urina e alantoína excretada no leite.

Para estimar as purinas microbianas absorvidas (AbsDP), foi utilizada a equação proposta por Chen e Gomes (1992):

$$Y = 0,84X + (0,150 \times PC^{0,75}e^{-0,25X}) \quad (10)$$

Onde Y é expresso em mmol/dia , X é a AbsDP (mmol/dia), 0,84 representa a recuperação de purina absorvidas como DP na urina, $PC^{0,75}$ representa o peso metabólico. O componente entre parênteses representa a contribuição endógena, que diminui à medida que as purinas exógenas se tornam disponíveis para utilização pelas cabras.

O fluxo intestinal de nitrogênio microbiano (NM) foi estimado a partir das purinas microbianas absorvidas, segundo a equação de Chen e Gomes (1992):

$$MN (\text{g/dia}) = 70X (\text{mmol/dia}) / (0,116 \times 0,83 \times 1000) = 0,727X \quad (12)$$

Onde MN é nitrogênio microbiano (gN/dia), assumindo que a concentração de N de purinas é 70 mg N/mmol, e a razão N purina: N total nas bactérias é de 0,116 e a digestibilidade das purinas microbianas é 0,83. Os valores obtidos para NM foram multiplicados pelo fator de 6,25 para obter a proteína bruta microbiana (PBmic).

A eficiência da síntese de proteína microbiana (ESPM) foi estimada com base em nas seguintes equações:

$$ESPM = \text{PBmicrobiana} / \text{consumo de NDT} \quad (13)$$

$$ESPM = \text{PBmic} / \text{consumo de CT} \quad (14)$$

O balanço de nitrogênio (BN) foi calculado a partir do consumo de nitrogênio (g/kg) e o nitrogênio excretado nas fezes, na urina e no leite, conforme a equação:

$$\text{BN (g/dia}^{-1}\text{)} = \text{N consumido} - \text{N fezes} - \text{N urina} - \text{N leite} \quad (15)$$

O valor de nitrogênio retido (N_{ret}) foi obtido pela diferença entre o BN e o nitrogênio endógeno basal (NEB), obtido conforme o AFRC (1993), que considera o nitrogênio endógeno tecidual e as perdas dérmicas de nitrogênio como 0,35 e 0,018 do peso metabólico, respectivamente. Desse modo, foi utilizada a seguinte equação:

$$\text{NEB (g/dia)} = (0,35+0,018) \times \text{PC}^{0,75} \quad (16)$$

Assim, o valor de N_{ret} foi expresso como:

$$N_{\text{ret}} \text{ (g/dia)} = \text{BN} - \text{NEB} \quad (17)$$

3.2.3 Análises estatísticas

Todas as variáveis foram submetidas à análise de variância usando o procedimento MIXED do programa computacional - SAS®. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijklm} = \mu + S_i + P_j + A_k + C_l + O_m + (C \times O)_{lm} + \varepsilon_{ijklm} \quad (18)$$

Onde Y_{ijklm} é a variável resposta medida no animal; μ é a constante; S_i é o efeito aleatório do quadrado “i”; P_j é o efeito aleatório do período “j”; A_k é o efeito aleatório da cabra “k”; C_l é o efeito fixo das fontes de carboidratos “l” (milho grão moído ou polpa cítrica desidratada); O_m é o efeito fixo da inclusão da mistura de óleos “m” (inclusão ou não); $(C \times O)_{lm}$ é o efeito fixo da interação entre a fonte de carboidratos e a inclusão da mistura de óleos; e ε_{ijklm} é o erro aleatório. O teste de Tukey-Kramer foi usado para comparar as médias e a significância foi declarada em $P \leq 0,05$.

3.3 Resultados e Discussão

Os tratamentos experimentais não influenciaram ($P > 0,05$) o consumo de matéria seca dos animais, obtendo médias de 1,567 kg/dia, de 3,72 g/kg PC e de 94,60 g/kg PC^{0,75}. O consumo de matéria orgânica também não foi influenciado ($P > 0,05$) pelos tratamentos experimentais (Tabela 2), obtendo média de 1,370 kg/dia. Segundo o NRC (2007), o consumo de alimentos pode ser prejudicado com o aumento da ingestão de lipídios dietéticos, e a digestibilidade da fibra e a taxa de passagem pelo trato gastrointestinal podem ser reduzidas devido ao efeito negativo da presença dos ácidos graxos insaturados sob o crescimento microbiano no ambiente ruminal.

Kholif *et al.* (2016) não observaram diferenças no consumo de matéria seca quando cabras lactantes foram alimentadas com dietas suplementadas com aproximadamente 23 g/kg de MS de óleo de soja, de óleo de linhaça ou a mistura desses óleos. Maia *et al.* (2010) quando avaliaram os efeitos da inclusão de 30g/kg de MS de óleo de mamona em dietas para cabras não observaram redução do consumo de nutrientes. Contudo, os níveis de extrato etéreo nas dietas avaliadas no presente estudo foram inferiores ao nível máximo de 7% de inclusão preconizado pelo NRC (2001), de modo a não causar redução do consumo de matéria seca.

A adição de óleo à dieta promoveu maior consumo ($P < 0,05$) de extrato etéreo e menor ($P < 0,05$) consumo de proteína bruta, carboidratos totais e carboidratos não fibrosos. A dieta que continha polpa cítrica desidratada promoveu maior consumo ($P < 0,05$) de proteína bruta, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, carboidratos totais, carboidratos não fibrosos expressos em g/dia e fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína expresso em g/kg^{0,75}, enquanto a dieta que continha milho grão moído promoveu maior consumo ($P < 0,05$) de extrato etéreo expresso em g/dia. O maior consumo de extrato etéreo para as dietas que continham óleo ocorreu devido a maior conteúdo lipídico das dietas suplementadas (média de 5,9 e 2,8% de extrato etéreo nas dietas que continham a mistura de óleos e as dietas sem óleo, respectivamente).

O consumo de energia líquida para lactação não foi influenciado ($P > 0,05$) pelos tratamentos experimentais (Tabela 2), obtendo média de 0,88 Mcal/kg de MS. Houve interação ($P < 0,05$) entre as fontes de carboidratos e a inclusão ou não da mistura de óleos sobre o consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) (kg/dia) e consumo de energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) expressos em Mcal/kg de MS. A adição de óleo

à dieta que continha polpa cítrica desidratada promoveu menor consumo ($P < 0,05$) de NDT, ED e EM do que as demais dietas (Tabela 4).

Tabela 2 - Efeito do tipo de carboidratos e adição de óleo sobre o consumo, coeficiente de digestibilidade e eficiência de utilização de energia de cabras leiteiras

Variáveis	Carboidratos		Mistura de óleos		SEM [§]	P- valor		
	Milho grão moído	Polpa cítrica desidratada	Sem óleo	Com óleo		C	O	C×O
Consumo, kg/dia								
MS ¹	1,53	1,60	1,60	1,53	0,132	0,056	0,096	0,974
MO ²	1,35	1,40	1,40	1,35	0,116	0,091	0,157	0,990
PB ³	0,27 ^b	0,29 ^a	0,29 ^c	0,27 ^d	0,023	0,026	0,039	0,631
EE ⁴	0,08 ^a	0,06 ^b	0,04 ^d	0,09 ^c	0,005	<,0001	<,0001	0,138
FDNcp ⁵	0,41 ^b	0,43 ^a	0,43	0,42	0,038	0,035	0,268	0,449
CT ⁶	1,07 ^b	1,16 ^a	1,16 ^c	1,06 ^d	0,095	0,005	0,019	0,663
CNF ⁷	0,66 ^b	0,72 ^a	0,73 ^c	0,65 ^d	0,058	0,007	0,0004	0,808
NDT ⁸	1,12	1,13	1,15	1,10	0,092	0,615	0,169	0,043
Consumo, % PC								
MS	3,66	3,78	3,80	3,63	0,275	0,145	0,050	0,741
FDNcp	0,98 ^b	1,03 ^a	1,02	0,99	0,083	0,046	0,164	0,531
Consumo, g/kg PC^{0,75}								
MS	92,8	96,3	96,7	92,4	6,992	0,106	0,052	0,813
FDNcp	25,0 ^b	26,3 ^a	26,1	25,2	20,95	0,040	0,179	0,498
Consumo de energia, Mcal/kg de MS								
ED ⁹	3,24 ^a	3,12 ^b	3,17	3,19	0,032	0,012	0,701	<,0001
EM ¹⁰	2,65 ^a	2,56 ^b	2,60	2,61	0,026	0,012	0,701	<,0001
ELlactação ¹¹	0,89	0,87	0,86	0,90	0,036	0,548	0,349	0,348
Coeficiente de digestibilidade, %								
MS	70,9	68,8	71,8 ^c	67,9 ^d	0,804	0,051	0,0008	0,0001
MO	72,7	71,1	73,5 ^c	70,4 ^d	0,802	0,128	0,005	0,0004
PB	76,0 ^a	73,4 ^b	76,2 ^c	73,2 ^d	1,123	0,029	0,014	0,004
EE	65,1 ^a	49,5 ^b	47,8 ^d	66,8 ^c	2,380	<,0001	<,0001	0,130
FDN ¹⁴	58,3	57,9	60,2 ^c	56,1 ^d	1,806	0,757	0,003	0,0001
CT	70,9	71,0	73,2 ^c	68,7	0,845	0,9289	0,0007	0,0007
CNF	73,9	74,4	76,8 ^c	71,5 ^d	1,760	0,8310	0,013	0,0306
Eficiência de utilização de energia								
K _l ¹²	0,33	0,33	0,32	0,34	0,015	0,603	0,331	0,009
K _{m+p} ¹³	0,97	0,98	0,96	0,98	0,014	0,515	0,353	0,005

*Médias seguidas por diferentes letras minúsculas sobrescritas na mesma linha indicam diferenças significativas baseadas no teste de Tukey em nível de significância de 5%. [§]SEM – erro padrão da média; C – carboidratos; O – óleo. ¹MS – matéria seca; ²MO – matéria orgânica; ³PB – proteína bruta; ⁴EE – extrato etéreo; ⁵FDNcp – fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; ⁶CT – carboidratos totais; ⁷CNF – carboidratos não fibrosos; ⁸NDT – nutrientes digestíveis totais; ⁹ED – energia digestível; ¹⁰EM – energia metabolizável; ¹¹ELlactação – energia líquida para lactação; ¹²k_l – eficiência líquida de utilização da energia metabolizável; ¹³k_{m+p} – eficiência bruta de utilização de energia metabolizável; ¹⁴FDN – fibra em detergente neutro;

A adição da mistura de óleo de mamona e óleo de girassol às dietas proporcionaram maior ($P < 0,05$) coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo (Tabela 2). A dieta que continha milho grão moído promoveu maior ($P < 0,05$) coeficiente de digestibilidade da proteína bruta e do extrato etéreo (Tabela 2).

Houve interação ($P < 0,05$) entre as fontes de carboidratos e a inclusão ou não da mistura de óleos sobre o coeficiente de digestibilidade da MS, MO, PB, FDN, CT e CNF (Tabela 4). O coeficiente de digestibilidade da MS, MO, PB, FDN, CT e CNF foi menor para a dieta que continha polpa cítrica desidratada adicionada da mistura de óleo. Contudo, a dieta que continha polpa cítrica desidratada sem a mistura de óleo promoveu maior ($P < 0,05$) coeficiente de digestibilidade da FDN e CT.

Em geral, a melhor digestibilidade da dieta que continha polpa cítrica desidratada pode estar relacionada à capacidade desse alimento de manter o pH mais elevado quando comparado com a dieta que continha milho grão moído, visto que a pectina presente na polpa cítrica desidratada não é fermentada a lactato, fato que colabora para a não redução do pH, o que favorece a degradação da fibra pelas bactérias celulolíticas do rúmen (BOMFIM, 2003).

A redução da digestibilidade da fibra quando fontes lipídicas são adicionadas às dietas dos animais pode estar relacionada à quantidade e, principalmente, ao tipo de ácido graxo presente na fonte lipídica, pois fontes de lipídios ricas em ácidos graxos insaturados tendem a favorecer redução do coeficiente de digestibilidade (DOUREAU; CHILLIARD, 1997). As fontes lipídicas mais utilizadas na alimentação de ruminantes são ricas em ácidos graxos polinsaturados, os quais exercem efeitos negativos sobre a população de bactérias celulolíticas, pois esses ácidos graxos possuem maior número de insaturações. Dessa forma, fontes lipídicas, como o óleo de mamona e o óleo de girassol, através da redução da população de bactérias celulolíticas, contribuem com a redução do coeficiente de digestibilidade da FDN.

Houve interação ($P < 0,05$) entre as fontes de carboidratos e a inclusão ou não da mistura de óleos sobre a eficiência de utilização de energia (Tabela 4). A dieta que tinha polpa cítrica desidratada suplementada com a mistura de óleos promoveu maior ($P < 0,05$) eficiência líquida de utilização de energia metabolizável (k_1) e eficiência bruta de utilização de energia metabolizável (K_{m+p}) do que a dieta que continha polpa cítrica desidratada sem a mistura de óleo e a dieta que continha milho grão moído com óleo. O valor médio para eficiência líquida de utilização de energia metabolizável obtido no presente estudo foi de 0,33, e o valor médio para eficiência bruta de utilização de energia metabolizável foi de 0,97; a dieta com polpa

cítrica desidratada suplementada com a mistura de óleos se mostrou melhor do que a dieta que continha milho suplementada com a mistura de óleos, para ambas eficiências. A eficiência líquida de utilização de energia metabolizável para lactação foi menor do que os valores de 0,67 observado por Tovar-Luna *et al.* (2010) em estudo com cabra em diferentes estágios de lactação submetidas a diferentes relações volumoso: concentrado. A utilização de energia pelos animais, segundo Short e Adams (1988), está relacionada a uma interação entre a quantidade e a qualidade da dieta e suas reservas corporais.

Tabela 3 - Efeito do tipo de carboidratos e adição de óleo sobre o balanço de nitrogênio e síntese de proteína microbiana de cabras leiteiras.

Variáveis	Carboidratos		Mistura de óleos		SEM [§]	P- valor		
	Milho grão moído	Polpa cítrica desidratada	Sem óleo	Com óleo		C	O	C×O
	Nitrogênio, g/dia							
Consumo	44,1 ^b	46,7 ^a	46,6 ^c	44,2 ^d	7,980	0,026	0,039	0,631
Urinário	1,21	1,41	1,30	1,32	0,145	0,152	0,926	0,859
Fecal	13,7 ^b	15,9 ^a	14,4	15,3	1,614	0,002	0,156	0,008
Leite	6,97	6,88	7,24	6,62	1,167	0,815	0,130	0,099
Absorvido	30,3	30,8	32,2	28,9	2,520	0,696	0,010	0,059
Retido	16,1	16,4	17,6 ^c	14,8 ^d	1,875	0,810	0,022	0,014
Balanço de nitrogênio	22,1	22,5	23,7 ^c	20,9 ^d	2,041	0,762	0,025	0,014
NEB¹	6,01	6,08	6,03	6,06	0,286	0,118	0,482	0,462
VU², L/dia	1,25	1,47	1,35	1,38	0,124	0,046	0,790	0,501
EC³, mmol/kg PC^{0,75}	0,0005 ^a	0,0004 ^b	0,0004	0,0004	0,00007	0,016	0,537	0,699
	Excreção de Derivados de Purina, mmol/kg PC^{0,75}							
Alantoína	0,415	0,425	0,417	0,424	0,082	0,677	0,747	0,979
Ácido úrico	0,227	0,282	0,255	0,253	0,048	0,068	0,959	0,483
XeHP⁴	0,098	0,113	0,105	0,106	0,009	0,078	0,875	0,580
Alantoína do leite	0,091	0,090	0,092	0,089	0,012	0,786	0,711	0,747
DP abs⁵, mmol/kg PC^{0,75}	0,986	1,081	1,030	1,037	0,099	0,157	0,915	0,737
DP total⁶, mmol/kg PC^{0,75}	0,832	0,911	0,869	0,875	0,082	0,159	0,910	0,746
PB microbiana, g/dia	73,1	80,8	76,3	77,6	7,404	0,117	0,793	0,919
	Eficiência de Síntese de Proteína Microbiana							
g/kg de NDT⁷	66,9	73,5	68,4	71,9	5,842	0,186	0,475	0,112
g/kg de CT⁸	69,9	72,1	67,6	74,3	6,224	0,634	0,145	0,364

*Médias seguidas por diferentes letras minúsculas sobrescritas na mesma linha indicam diferenças significativas baseadas no teste de Tukey em nível de significância de 5%. [§]SEM – erro padrão da média; C – carboidratos; O – óleo.

¹NEB – nitrogênio endógeno basal; ²VU – volume urinário; ³EC – excreção de creatinina; ⁴XeHP – xantina e hipoxantina; ⁵DP abs – derivados de purinas absorvidos; ⁶DP total – derivados de purina total; ⁷NDT – nutrientes digestíveis totais; ⁸CT – carboidratos totais;

Os tratamentos experimentais não influenciaram ($P > 0,05$) o nitrogênio urinário,

nitrogênio do leite, nitrogênio endógeno basal, obtendo médias de 1,31 g /dia, 6,92 g /dia e 6,04 g /dia, respectivamente. A adição de óleo promoveu menor ($P < 0,05$) consumo de nitrogênio e nitrogênio absorvido (Tabela 3). A dieta que continha polpa cítrica desidratada promoveu maior ($P < 0,05$) consumo de nitrogênio.

Houve interação ($P < 0,05$) entre as fontes de carboidratos e a inclusão ou não de óleo sobre o nitrogênio fecal (g), nitrogênio retido (g) e o balanço de nitrogênio (Tabela 4). Os animais alimentados com a dieta que continha polpa cítrica desidratada suplementada com a mistura de óleos tiveram maior ($P < 0,05$) excreção de nitrogênio nas fezes. O nitrogênio retido e o balanço de nitrogênio foram maiores ($P < 0,05$) para os animais alimentados com a dieta que continha polpa cítrica desidratada sem a inclusão de óleo do que a dieta que continha polpa cítrica desidratada e óleo.

A excreção de derivados de purinas, purinas absorvidas, produção de proteína microbiana e eficiência de síntese de proteína microbiana também não foram influenciadas (Tabela 3).

A dieta que continha milho grão moído promoveu maior excreção de creatinina ($P < 0,05$). A concentração de creatinina excretada na urina indica uma correspondência ao peso corporal dos animais, uma vez que a creatinina é um metabólito resultante da remoção de água da molécula de creatina-fosfato oriunda do metabolismo do tecido muscular e que não tem relação com a dieta dos animais, demonstrando que a sua concentração pode ser utilizada para estimar o volume urinário dos animais a partir de amostras de urina (CHAMPE; HARVEY, 1996).

A produção de proteína microbiana tem uma relação direta com a excreção urinária de derivados de purinas, uma vez que a absorção de purinas depende da quantidade de proteína microbiana produzida (CHEN; GOMES, 1992). A alantoína, o ácido úrico e a xantina-hipoxantina são produtos do metabolismo das purinas, a alantoína tem, normalmente, maior concentração na urina dos animais, do que os outros metabólitos, os quais possuem quantidades relativas que podem variar de acordo com a espécie (BRISTOW; WHITEHEAD; COCKBURN, 1992).

De acordo com Belenguer *et al.* (2002), dentre os derivados de purina, os ovinos e caprinos excretam xantina e hipoxantina, além da alantoína e do ácido úrico. Em ovinos e caprinos, a ação da enzima xantina oxidase, que converte a xantina e a hipoxantina em ácido úrico é baixa, por isso é necessário computar a excreção desses derivados, diferente do que ocorre em bovinos (CHEN; GOMES, 1992).

Tabela 4 - Interações entre o tipo de carboidrato e a inclusão ou não de óleo em dietas para cabras leiteiras sobre as variáveis nutricionais

Variáveis	Milho grão moído		Polpa cítrica desidratada		SEM [§]
	Sem óleo	Com óleo	Sem óleo	Com óleo	
Consumo					
NDT ¹ , kg/dia	1,11 ^{ab}	1,13 ^{ab}	1,19 ^a	1,08 ^b	0,095
ED ² , Mcal/dia	3,12 ^{ab}	3,35 ^a	3,21 ^b	3,03 ^c	0,044
EM ³ , Mcal/dia	2,57 ^{ab}	2,74 ^a	2,64 ^b	2,49 ^c	0,036
Coefficiente de digestibilidade					
Matéria seca	70,5 ^a	71,2 ^a	73,0 ^a	64,6 ^b	1,061
Proteína bruta	75,7 ^a	76,3 ^a	76,7 ^a	70,2 ^b	1,366
Matéria orgânica	72,1 ^a	73,3 ^a	74,8 ^a	67,5 ^b	1,067
Fibra em detergente neutro	57,4 ^b	59,3 ^b	63,0 ^a	52,9 ^c	1,998
Carboidratos totais	70,9 ^b	70,9 ^b	75,4 ^a	66,5 ^c	1,160
Carboidratos não fibrosos	74,3 ^a	73,6 ^a	79,3 ^a	69,4 ^b	2,254
Eficiência de utilização de energia					
K _l ⁴	0,34 ^{ab}	0,31 ^b	0,31 ^b	0,36 ^a	0,018
K _{m+p} ⁵	0,98 ^{ab}	0,95 ^b	0,95 ^b	1,00 ^a	0,016
Nitrogênio, g/dia					
Fecal	14,2 ^b	13,3 ^b	14,6 ^b	17,3 ^a	1,672
Retido	16,0 ^{ab}	16,2 ^{ab}	19,3 ^a	13,5 ^b	2,033
Balanco de nitrogênio	22,0 ^b	22,3 ^{ab}	25,4 ^a	19,6 ^b	2,191

*Médias seguidas por diferentes letras minúsculas sobrescritas na mesma linha indicam diferenças significativas baseadas no teste de Tukey em nível de significância de 5%. [§]SEM – erro padrão da média

¹NDT – nutrientes digestíveis totais; ²ED – energia digestível; ³EM – energia metabolizável; ⁴k_l – eficiência líquida de utilização da energia metabolizável; ⁵k_{m+p} – eficiência bruta de utilização de energia metabolizável; [§]SEM – erro padrão da média.

No presente estudo, a porcentagem média de alantoína foi de 48%, enquanto a de ácido úrico foi de 29%, e a de xantina e hipoxantina foi de 12%. Em estudos com cabras leiteiras, Argôlo *et al.* (2010), fornecendo farelo de vagem de algaroba em substituição ao milho encontraram proporções de 65-67% de alantoína, 0,08 – 1,21% de ácido úrico e de 26-28% de xantina e hipoxantina. Fonseca *et al.* (2008), fornecendo dietas com diferentes níveis de proteína bruta (11,5; 13,5; 15,5 e 17,5%) para cabras leiteiras, encontraram de 64-76% de alantoína, 16-20% de ácido úrico e de 7-15% de xantina e hipoxantina. Segundo Yu *et al.* (2002), variações nas concentrações dos derivados de purina (alantoína, ácido úrico e xantina e hipoxantina) são esperadas, pois suas concentrações podem ser afetadas pelo tipo de fonte protéica e fonte de energia, consumo de nutrientes, peso corporal do animal, pelos aditivos alimentares, bem como por características genéticas da espécie animal.

De acordo com o NRC (2001) a disponibilidade de carboidratos e nitrogênio no

ambiente ruminal influencia a síntese de proteína microbiana. Contudo, as dietas devem ser formuladas para proporcionar um sincronismo de energia fermentável e proteína degradada no rúmen com o intuito de maximizar o crescimento microbiano (PEREIRA *et al.*, 2011). A média da eficiência de síntese de proteína microbiana observada no presente estudo foi de 70,17 g de proteína microbiana/kg de NDT, próximo ao valor de 76,07 g de proteína microbiana/kg de NDT encontrado por Fonseca *et al.* (2006) para cabras em lactação que receberam diferentes teores de proteína na dieta, superior ao valor de 62,12 g de proteína microbiana/kg de NDT encontrado por Carvalho *et al.* (2010) para caprinos alimentados com dietas que continham cana de açúcar tratada com óxido de cálcio e superior ao valor de 53,0 g de proteína microbiana/kg de NDT encontrado por Pereira *et al.* (2018) para ovinos deslanados. Desse modo, a combinação de diferentes fontes de carboidratos e óleo favoreceu a produção e a eficiência de síntese microbiana em cabras leiteiras localmente adaptadas.

3.4 Conclusão

A associação da polpa cítrica desidratada à mistura de óleo de mamona e óleo de girassol em dietas para cabras leiteiras promove a redução da digestibilidade dos nutrientes.

A inclusão de óleo em dietas contendo diferentes fontes de carboidratos maximiza a eficiência da síntese de proteína microbiana de cabras lactantes localmente adaptadas.

A combinação de diferentes fontes de carboidratos e óleo apresenta-se como uma alternativa alimentar com o intuito de maximizar as respostas produtivas de cabras leiteiras localmente adaptadas.

4 CAPÍTULO II – COMBINAÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS E FONTES DE CARBOIDRATOS EM DIETAS DE CABRAS LEITEIRAS: 2. METABOLISMO DO ÁCIDO RICINOLEICO E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO LEITE

4.1 Introdução

A produção de caprinos no Brasil concentra-se principalmente no Semiárido brasileiro. É uma atividade importante para o desenvolvimento da economia local e tem se constituído como uma forma de garantir a segurança alimentar das famílias rurais e de gerar emprego e renda (LIMA, 2009). Nessas regiões, os caprinos são explorados para, principalmente, a produção de leite. Assim, estudos que avaliem estratégias nutricionais que proporcionem melhorias no desempenho e produção de leite dos caprinos são essenciais. A suplementação com óleos vegetais parece ser uma alternativa nutricional que contribui para o aumento da concentração energética das dietas a fim de suprir as exigências de animais em início de lactação (NRC, 2001), além de promover a melhoria da qualidade do leite, pois favorece a formação de compostos bioativos no leite (MEDEIROS *et al.*, 2013).

Dentre as fontes lipídicas, o óleo de mamona vem ganhando destaque devido ao seu amplo uso na indústria química e farmacêutica e na produção de biodiesel (CÉSAR; BATALHA, 2010; PATEL *et al.*, 2016). Recentemente, alguns estudos têm demonstrado que o óleo de mamona pode ser incluído em dietas para pequenos ruminantes devido à semelhança nas respostas produtivas dos animais quando comparado com as respostas proporcionadas com outras fontes de óleos vegetais (MAIA *et al.*, 2010; MAIA *et al.*, 2012). Contudo, a suplementação das dietas com óleo de mamona favorece a incorporação de ácido ricinoleico e seus derivados hidroxí e oxí no leite, o que não acontece com outros óleos vegetais. O óleo de mamona é a única fonte de ácido ricinoleico (12OH, *c*9-C18:1), o qual compreende, em média, de 84 a 90% do total de ácido graxos presentes no óleo (NAIK *et al.*, 2018).

O metabolismo do ácido ricinoleico pelos animais ruminantes é pouco estudado. Recentemente, Alves *et al.* (2017) propôs que o ácido ricinoleico pode ser metabolizado no rúmen, resultando em alguns intermediários como 12OH-C18:0, 12OXO-C18:0, que escapam do rúmen e são metabolizados nos tecidos e na glândula mamária através β -oxidação parcial. No leite de cabras (ALVES *et al.*, 2017) e ovelhas (PARENTE *et al.*, 2018) alimentadas com óleo de mamona foi detectada uma pequena quantidade de ácido ricinoleico, enquanto o ácido 12OXO-C18:0 foi identificado como o principal ácido graxo derivado do ácido ricinoleico

presente no leite.

As vias usuais do processo de biohidrogenação ruminal e, conseqüentemente, a quantidade e a distribuição de seus produtos incorporados na carne e no leite podem ser influenciadas pelo tipo de carboidrato e pela quantidade de lipídios incluídos nas dietas (CHILLIARD *et al.*, 2007). As características fermentativas do tipo de carboidrato presente nas dietas favorecem mudanças nas populações bacterianas existentes no ambiente ruminal e, assim modificam as rotas do processo de biohidrogenação (ENJALBERT *et al.*, 2017). Considerando as semelhanças entre a biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados regulares e a metabolização do ácido ricinoleico, uma alteração da fonte de carboidrato nas dietas para cabras, de amido para pectina, modificaria as proporções e a distribuição do ácido ricinoleico e seus derivados no leite. O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência da combinação de uma mistura de óleo de mamona e óleo de girassol e duas fontes de carboidratos sobre a produção e composição do leite, incluindo seu perfil de ácidos graxos e informações sobre os derivados do ácido ricinoleico.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, Ceará, Brasil. Os protocolos (nº 71/2017) foram conduzidos de acordo com as normas estabelecidas pelo Comitê de Ética em Pesquisa Animal da Universidade Federal do Ceará.

4.2.1 Animais, delineamento experimental e dietas

Oito cabras localmente adaptadas no início da lactação ($40,78 \pm 5,14$ kg de peso corporal, produzindo $1,02 \pm 0,34$ kg de leite/ dia) foram distribuídas em delineamento em quadrado latino 4×4 duplo em esquema fatorial 2×2 , com duas fontes de carboidratos: amido: grão de milho moído ou pectina: polpa cítrica desidratada e com ou sem a inclusão da mistura de óleo de mamona e óleo de girassol (20g/kg de matéria seca). O óleo foi composto por uma mistura de 600 g de óleo de mamona e 400 g de óleo de girassol. As dietas totais (Tabela 1) foram formuladas para conterem 16% de proteína bruta (PB) e atender às exigências nutricionais de cabras em início da lactação com produção média de 1,5 kg de leite/dia e 40 g de gordura, conforme o NRC (2007). O feno de capim tifton 85 foi utilizado

como o volumoso exclusivo. A relação volumoso: concentrado foi de 500: 500 g/ kg de matéria seca.

Tabela 1 - Proporções dos ingredientes, composição química (g/kg MS de alimento consumido) e perfil de ácidos graxos das dietas experimentais.

Ingredientes	Milho grão moído		Polpa cítrica desidratada	
	Sem óleo	Com óleo	Sem óleo	Com óleo
Feno de capim tifton 85	500	500	500	500
Milho em grão moído	313,5	279,7	-	-
Farelo de soja	180,9	195,3	171,1	185,1
Polpa cítrica desidratada	-	-	325,2	286,1
Mistura de óleos (Mamona e Girassol)	-	20,0	-	20,0
Calcário calcítico	5,20	5,00	-	-
Fosfato bicálcico	0,40	-	3,70	9,00
	Composição química			
Matéria seca	936	939	919	933
Cinzas	58,5	54,9	55,1	56,9
Proteína bruta	180	180	184	180
Extrato etéreo	35,5	64,8	21,0	54,1
FDN¹	336	346	353	355
FDNcp²	265	272	275	272
FDA³	219	219	230	223
Carboidrato total	716	689	741	703
Carboidrato não fibroso	450	418	467	431
NDT⁴	710	759	729	687
	Ácidos graxos (g/100g de ácidos graxos total)			
14:0 (ácido mirístico)	0,05	0,04	0,27	0,09
16:0 (ácido palmítico)	13,7	9,7	22,8	10,0
c9-16:1 (ácido palmitoleico)	0,09	0,06	0,62	0,24
17:0 (ácido margárico)	0,09	0,08	0,27	0,11
18:0 (ácido esteárico)	2,87	2,50	4,32	2,84
c9-18:1 (ácido oleico)	31,5	24,1	17,4	15,3
c11-18:1	0,78	0,84	3,74	1,76
18:2n-6 (ácido linoleico)	47,9	43,6	43,1	37,9
20:0 (ácido araquídico)	0,43	0,30	0,28	0,20
18:3n-3 (ácido linolênico)	2,00	1,71	5,95	2,71
22:0 (ácido behênico)	0,20	0,28	0,39	0,35
23:0 (ácidotricosanoico)	0,06	0,03	0,23	0,09
24:0 (ácido lignocérico)	0,35	0,28	0,71	0,37
12-OH,c9-18:1 (ácido ricinoleico)	-	16,5	-	28,1

¹FDN- Fibra em detergente neutro; ²FDNcp – Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; ³FDA – Fibra em detergente ácido; ⁴NDT – Nutrientes digestíveis totais.

O período experimental teve duração de 76 dias e foi dividida em quatro períodos de 19 dias, dos quais, 14 dias foram de adaptação e 5 dias foram de coleta. Todas as cabras foram alojadas individualmente em baias cobertas (9,0 m²), em galpão ventilado, providas de comedouros e bebedouros. As cabras foram pesadas no início e no fim de cada período experimental.

4.2.2 Produção e composição físico-química do leite de cabra

As dietas totais foram oferecidas duas vezes ao dia (às 8h e às 16h) *ad libitum*, permitindo 20% de sobras alimentares de cada animal. Diariamente, antes do fornecimento dos alimentos pela manhã, as sobras alimentares eram recolhidas e pesadas. O ajuste diário do consumo de matéria seca foi calculado pela diferença entre o peso da ração oferecida e o valor das respectivas sobras.

As cabras foram ordenhadas duas vezes ao dia, às 6h30min e às 15h e foram alimentadas individualmente após cada sessão de ordenha. Antes da ordenha, os animais eram submetidos ao processo de higienização das tetas com o uso de uma solução pré-dipping (solução iodada). Após a ordenha dos animais, realizava-se o processo de pós-dipping com uma solução glicerínada. A produção de leite foi medida e as amostras foram coletadas entre o 15^o e o 19^o dia de cada período experimental. As amostras compostas foram feitas proporcionalmente à produção para cada sessão de ordenha e armazenadas a -20 °C para análises laboratoriais. Nenhum tipo de substância química ou medicamento foi administrado para indução da ordenha. Em seguida, uma alíquota de 10 mL de leite foi diluída com 5 mL de ácido tricloroacético a 25% e, depois, foi filtrada em papel filtro para determinação de ureia no leite desproteínizado. Amostras de leite foram diluídas em uma solução de azida de sódio (0,8% peso/volume), utilizada com conservante (0,05 g/L), e, posteriormente, foram liofilizadas e armazenadas para posteriores análises de ácidos graxos. Garrafas plásticas previamente esterilizadas (500 mL) foram utilizadas para armazenar o leite.

4.2.3 Análises químicas

As amostras do concentrado, forragem e sobras foram previamente secas em estufa de ventilação de ar forçado a 55 °C por 72 horas e posteriormente, foram moídas em moinho de facas (Wiley, Arthur H. Thomas, Filadélfia, PA, EUA) usando malha de 1 mm para análises

químicas. Todas as amostras citadas foram analisadas em triplicata de acordo com os métodos da Associação Oficial de Química Analítica (AOAC, 1990) para matéria seca (MS; método 930.15), cinza (método 942.05), proteína bruta (PB; método 984.13), extrato etéreo (EE; método 920.39) e fibra em detergente ácido (FDA; método 973.18). O teor de fibra em detergente neutro (FDN) foi realizado conforme descrito por Van Soest *et al.* (1991), usando alfa-amilase termoestável sem utilizar sulfito de sódio e corrigida para cinza residual (MERTENS, 2002) e compostos nitrogenados residuais (LICITRA; HERNANDEZ; VAN SOEST, 1996).

O teor de carboidratos totais (CT) foi calculado de acordo com Sniffen *et al.* (1992):

$$\text{CT (\%)} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{Cinzas}) \quad (1)$$

Os valores para carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados conforme uma equação adaptada de Weiss (1993):

$$\text{CNF (\%)} = 100 - (\% \text{FDNcp} + \% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{Cinzas}) \quad (2)$$

O nitrogênio total do leite foi analisado pelo método Micro-Kjedahl e o teor de proteína foi calculado como a porcentagem de nitrogênio total multiplicada por 6,38 (Método 991.20 e 991.23); a matéria seca do leite (método 925.23) foi calculada de acordo com os métodos da Associação Oficial de Química Analítica (AOAC, 1998). O teor de gordura nas amostras de leite foi determinado pelo método de Gerber (protocolo 433/IV), de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2005). O teor de cinzas foi determinado pela incineração do leite a 550 – 570 °C. A densidade foi medida por meio de um termolactodensímetro a 15 °C, e a acidez foi determinada por titulação de ponto final e expressa em graus Dornic (°D).

Para determinar os perfis de ácidos graxos, as amostras de leite liofilizadas foram usadas para preparar os ésteres metílicos de ácidos graxos, por meio de transesterificação direta usando hidróxido de potássio (2 M) em metanol, de acordo com Rego *et al.* (2009). Adicionalmente, os grupos hidroxil dos ésteres metílicos de ácidos graxos foram derivados em éteres trimetilsilil por reação do extrato de ésteres metílicos de ácidos graxos com N, O-bis (trimetilsilil) acetamida como reagente de sililação como relatado por Alves *et al.* (2017). Os

ésteres metílicos de ácidos graxos foram analisados antes e após a sililação por cromatografia gás-líquida com detecção de ionização de chama com auxílio de um cromatógrafo a gás (Shimadzu GC 2010 – Plus, Shimadzu, Kyoto, Japão), equipado com uma coluna capilar SP-2560 (100 m x 0,25 mm, 0,20 µm de espessura, Supelco, Bellefonte, PA). As condições cromatográficas foram: as temperaturas do injetor e do detector foram estabelecidas a 220 e 280 °C, respectivamente; o hélio foi utilizado como gás de arraste a um fluxo constante de 1 mL/ min; a temperatura inicial do forno foi de 50 °C mantida por 1 min, aumentada a 50 °C/ min até 150 °C, mantida por 20 min, aumentada a 50 °C/ min até 190 °C, aumentada a 2 °C/ min até 220 °C e mantida por 40 min.

A identificação dos ésteres metílicos de ácidos graxos, bem como a posição dos grupos hidroxila, foi obtida por espectrometria de massa por impacto de elétrons com auxílio de um cromatógrafo de massa (GC-MS QP2010 Plus, Shimadzu) de acordo com Alves *et al.* (2017). As condições da coluna cromatográfica foram semelhantes às condições utilizadas pela análise do cromatógrafo gás-líquido com detecção de ionização de chama.

Para espectrometria de massa, as condições adicionais foram as seguintes: 200 °C para temperatura da fonte de íons; 240 °C para a temperatura da interface e 70 eV para tensão de emissão. Os dados de ácidos graxos foram corrigidos com fator teórico de correção do detector de ionização de chama e expressos em mg por grama de ácidos graxos total.

4.2.4 Análises estatísticas

Todas as variáveis foram submetidas à análise de variância por meio do procedimento MIXED do programa computacional - SAS®. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijklm} = \mu + S_i + P_j + A_k + C_l + O_m + (C \times O)_{lm} + \varepsilon_{ijklm} \quad (3)$$

Onde Y_{ijklm} é a variável resposta medida no animal; μ é a constante; S_i é o efeito aleatório do quadrado “i”; P_j é o efeito aleatório do período “j”; A_k é o efeito aleatório da cabra “k”; C_l é o efeito fixo das fontes de carboidratos “l” (milho grão moído ou polpa cítrica desidratada); O_m é o efeito fixo da inclusão da mistura de óleos “m” (inclusão ou não); $(C \times O)_{lm}$ é o efeito fixo da interação entre a fonte de carboidratos e a inclusão da mistura de óleos; e ε_{ijklm} é o erro aleatório. O teste de Tukey-Kramer foi usado para comparar as médias e a significância

foi declarada em $P \leq 0,05$. Para os ácidos graxos derivados do ácido ricinoleico que foram apresentados apenas no leite dos animais alimentados com as dietas que continham óleo, foi utilizada uma análise simplificada com um modelo que considera a fonte de carboidratos da dieta como fator de efeito único.

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Animais, delineamento experimental e dietas

A produção de leite (kg/dia) e produção de leite corrigida para 4% de gordura não foram influenciadas ($P > 0,05$) pelos tratamentos experimentais com valores médios de $1,02 \pm 0,35$ e $1,09 \pm 0,32$ kg de leite/dia, respectivamente (Tabela 2). A composição físico-química do leite também não foi influenciada pelos tratamentos ($P > 0,05$) (Tabela 2), exceto para variável de pH. A dieta que continha polpa cítrica desidratada proporcionou maior pH do leite ($P = 0.0006$).

As respostas produtivas dos animais à adição de óleo combinada com diferentes fontes de carboidratos foram semelhantes às da dieta sem a inclusão de óleo. No presente estudo, não foi observada redução do teor de gordura do leite. A composição química média do leite de cabra atendeu aos requisitos mínimos descritos na Instrução Normativa 37 para leite de cabra (BRASIL, 2000) em relação à qualidade nutricional do leite de cabra.

Tabela 2 - Efeito do tipo de carboidratos e adição de óleo sobre a produção e composição físico-química do leite de cabras.

Variáveis	Milho grão moído		Polpa cítrica Desidratada		SEM [§]	P-valor		
	Sem óleo	Com óleo	Sem óleo	Com óleo		C	O	C × O
Produção de leite								
Produção, kg/d	1,06	0,97	1,06	1,0	0,154	0,70	0,09	0,76
PLCG 4%¹, kg/d	1,11	1,08	1,09	1,08	0,141	0,81	0,67	0,74
Composição físico-química								
Ph	6,51 ^b	6,59 ^a	6,62 ^a	6,64 ^a	0,04	0,0006	0,01	0,08
Acidez, °D	21,62	19,66	19,62	20,44	0,97	0,39	0,41	0,06
N ureico N, mg/L	14,75	16,16	15,30	14,44	0,64	0,30	0,63	0,052
Gordura, g/kg	4,48	5,09	4,31	4,71	0,41	0,33	0,08	0,71
Proteína, g/kg	4,47	4,22	4,38	4,34	0,38	0,95	0,53	0,63

*Médias seguidas por diferentes letras minúsculas sobrescritas na mesma linha indicam diferenças significativas baseadas no teste de Tukey em nível de significância de 5%. [§]SEM – erro padrão da média

¹PLCG 4% – Produção de leite corrigida para 4% de gordura.

4.3.2 Perfil de ácidos graxos do leite de cabra

Aproximadamente 67 ácidos graxos foram detectados e identificados no leite caprino. As dietas experimentais não influenciaram ($P > 0,05$) a concentração de 11 ácidos graxos (7:0, 9:0, *iso*-13:0, *iso*-14:0, *c*13-18:1, 18:3n-6, 20:2n-6, 20:3n-9, 20:3n-6, 24:1, 22:5n-3) e todos apresentaram baixa concentração (abaixo de 1,5 mg/g de ácido graxo total) no leite. As concentrações de oito ácidos graxos foram influenciadas ($P < 0,05$) pela fonte de carboidratos da dieta, dos quais, o 18:2n-6 (ácido linoleico) apresentou maior concentração no leite das cabras alimentadas com a dieta que continha milho grão moído, e os outros sete ácidos graxos (*iso*-15:0, *iso*-17:0, *iso*-18:0, *c*11-18:1, *c*15-18:1, *t*11*c*15-18:1) foram maiores no leite das cabras alimentadas com a dieta que continha polpa cítrica desidratada. A adição de óleo de mamona e óleo de girassol às dietas influenciou ($P < 0,05$) a concentração de nove ácidos graxos (11:0+10:1, *c*9-12:1, 13:0, *c*9-14:1, *c*7-16:1, *c*12-18:1, 20:4n-6, 20:5n-3 e 22:6n3) no leite, independente do tipo de carboidratos presente na dieta. No leite das cabras que receberam a dieta com óleo apenas a concentração de *c*12-18:1 aumentou, e os outros oito ácidos graxos (11:0+10:1, *c*9-12:1, 13:0, *c*9-14:1, *c*7-16:1, 20:4n-6, 20:5n-3 e 22:6n3) a concentração reduziu.

A concentração de vinte e três ácidos graxos foi influenciada ($P < 0,05$) simultaneamente, pela fonte de carboidrato da dieta e pela inclusão de óleo; não houve, porém, nenhuma interação entre os fatores, dos quais os ácidos 4:0, 6:0, 10:0, 12:0, 14:0, *anteiso*-15:0, 15:0, *iso*-16:0, *anteiso*-17:0, 17:0, *t*6/*t*7/*t*8-18:1, *t*9-18:1, *t*11-18:1, *t*12-18:1, *c*9-18:1, *c*14/*t*16-18:1, 18:2i, *c*9*t*11-18:2, 19:0, 20:0, 21:0, 22:0 e 24:0. A adição de óleo à dieta que continha milho grão moído promoveu aumento ($P < 0,05$) da concentração de oito ácidos graxos (*t*6/*t*7/*t*8-18:1, *t*9-18:1, *t*11-18:1, *t*12-18:1, *c*9-18:1, *c*14/*t*16-18:1, 18:2i e *c*9*t*11-18:2), todos isômeros do ácido graxo insaturado C18. No leite dos animais que receberam a dieta com polpa cítrica desidratada sem óleo houve aumento ($P < 0,05$) da concentração de outros oito ácidos graxos (10:0, 12:0, 14:0, *anteiso*-15:0, 15:0, *iso*-16:0, *anteiso*-17:0, 17:0 e 19:0), todos ácidos graxos saturados. A dieta que continha milho grão moído sem óleo aumentou ($P < 0,05$) a concentração dos ácidos graxos 4:0 e 6:0, enquanto a dieta que continha polpa cítrica desidratada sem óleo aumentou ($P < 0,05$) as concentrações dos ácidos 10:0, 12:0, 14:0, *anteiso*-15:0, 15:0, *iso*-16:0, *anteiso*-17:0 e 19:0. A adição de óleo à dieta promoveu a redução ($P < 0,05$) a concentração dos ácidos 4:0, 6:0, 21:0, 22:0 e 24:0 no leite, independente da fonte de carboidrato presente na dieta.

Tabela 3 - Efeito do tipo de carboidratos e adição de óleo sobre o perfil de ácidos graxos (mg/g de ácidos graxos total) na gordura do leite de cabra.

Variáveis	Denominação	Milho grão moído		Polpa cítrica desidratada		SE M ¹	P- valor		
		Sem óleo	Com óleo	Sem óleo	Com óleo		C	O	C×O
4:0	Ácido butírico	24,5 ^a	22,7 ^{ab}	23,8 ^{ab}	21,4 ^b	8,59	0,004	<0,001	0,276
6:0	Ácido capríco	31,8	30,5	29,9	29,4	1,18	0,002	0,034	0,288
7:0		0,54	0,50	0,47	0,47	0,059	0,255	0,558	0,669
8:0	Ácido caprílico	42,5	41,3	38,1	40,5	1,84	0,002	0,374	0,025
9:0		1,1	1,1	1,1	1,1	0,13	0,576	0,699	0,852
10:0	Ácido cáprico	147 ^{ab}	131 ^b	152 ^a	143 ^{ab}	5,4	0,004	<0,001	0,577
11:0+10:1		4,5	3,8	4,6	3,7	0,32	0,883	0,001	0,440
12:0	Ácido láurico	58,5 ^b	44,1 ^c	69,0 ^a	49,2 ^{bc}	2,63	<0,001	<0,001	0,163
iso-13:0		0,34	0,33	0,27	0,29	0,051	0,131	0,894	0,740
c9-12:1		0,37 ^a	0,21 ^b	0,37 ^a	0,20 ^b	0,038	0,634	<0,001	0,775
13:0	Ácido tridecanóico	1,1 ^a	0,6 ^b	1,2 ^a	0,6 ^b	0,115	0,727	<0,001	0,430
iso-14:0		1,1	1,1	1,3	1,2	0,09	0,114	0,778	0,350
14:0	Ácido mirístico	103 ^b	90 ^c	119 ^a	102 ^{bc}	3,3	<0,001	<0,001	0,489
iso-15:0		2,2 ^b	2,2 ^b	2,7 ^a	2,6 ^{ab}	0,14	<0,001	0,466	0,466
anteiso-15:0		4,7 ^{ab}	4,2 ^b	5,7 ^a	5,2 ^{ab}	0,29	<0,001	0,002	0,734
c9-14:1	Ácido miristoleico	1,1 ^{ab}	0,8 ^b	1,4 ^a	0,8 ^b	0,118	0,088	<0,001	0,069
15:0	Ácido pentadecanóico	7,6 ^b	7,3 ^b	10,3 ^a	9,6 ^a	0,29	<0,001	0,016	0,292
iso-16:0		2,0 ^{ab}	1,6 ^b	2,1 ^a	1,8 ^{ab}	0,12	0,029	<0,001	0,573
16:0	Ácido palmítico	226 ^{bc}	202 ^c	304 ^a	244 ^b	7,1	<0,001	<0,001	0,001
iso-17:0		2,7 ^{bc}	2,6 ^c	3,4 ^a	3,3 ^{ab}	0,16	<0,001	0,499	0,810
c7-16:1		2,2	2,4	2,1	2,4	0,18	0,541	0,006	0,879
c9-16:1	Ácido palmitoleico	3,9 ^b	3,7 ^b	5,8 ^a	4,2 ^b	0,40	<0,001	<0,001	0,002
anteiso-17:0		3,9 ^{bc}	3,3 ^c	5,3 ^a	4,9 ^{ab}	0,26	<0,001	0,002	0,318
3,7,11,15Me-16:0	Ácido fitânico	1,8 ^{ab}	1,2 ^b	2,4 ^a	1,3 ^b	0,18	<0,001	<0,001	0,016
17:0	Ácido margárico	4,7 ^b	4,3 ^b	6,6 ^a	5,9 ^a	0,20	<0,001	0,001	0,285
iso-18:0		0,30	0,35	0,46	0,42	0,052	0,009	0,924	0,250
c9-17:1		1,6 ^b	1,8 ^b	2,7 ^a	2,2 ^{ab}	0,20	<0,001	0,060	0,006
18:0	Ácido esteárico	103 ^{ab}	121 ^a	49,3 ^c	86,2 ^b	6,21	<0,001	<0,001	0,007
t6-t7-t8-18:1		1,3 ^b	2,0 ^a	0,5 ^c	1,3 ^b	0,12	<0,001	<0,001	0,838
t9-18:1	Ácido elaídico	1,3 ^b	2,0 ^a	0,7 ^c	1,5 ^b	0,10	<0,001	<0,001	0,534
t10-18:1		1,6 ^b	2,1 ^a	0,6 ^c	1,7 ^{ab}	0,13	<0,001	<0,001	0,004
t11-18:1	Ácido vacênico	6,1 ^{bc}	11,6 ^a	3,3 ^c	9,2 ^{ab}	0,96	0,003	<0,001	0,816
t12-18:1		1,5 ^b	2,4 ^a	1,0 ^b	2,1 ^a	0,14	<0,001	<0,001	0,462
c9-18:1	Ácido oleico	167 ^a	182 ^a	111 ^c	140 ^b	6,80	<0,001	<0,001	0,133
c11-18:1		3,3 ^b	3,4 ^{ab}	4,2 ^a	3,8 ^{ab}	0,21	<0,001	0,345	0,152
c12-18:1		0,59 ^b	0,82 ^{ab}	0,65 ^{ab}	1,02 ^a	0,132	0,055	<0,001	0,318

Continua

Tabela 3 - Efeito do tipo de carboidratos e adição de óleo sobre o perfil de ácidos graxos (mg/g de ácidos graxos total) na gordura do leite de cabra.

Variáveis	Denominação	Milho grão moído		Polpa cítrica desidratada		SEM	P- valor		
		Sem óleo	Com óleo	Sem óleo	Com óleo		C	O	C×O
c13-18:1		0.07	0.13	0.13	0.14	0.025	0.064	0.072	0,223
c14-<i>t</i>16-18:1		1.2 ^b	1.9 ^a	0.4 ^c	1.4 ^b	0.114	<0.001	<0.001	0,112
c15-18:1		0.14	0.15	0.19	0.21	0.026	0.018	0.601	0,771
19:0		0.70 ^b	0.64 ^b	0.95 ^a	0.81 ^{ab}	0.052	<0.001	<0.001	0,164
18:2i²		1.7	2.5	1.3	2.3	0.164	0.024	<0.001	0,259
<i>t</i>11c15-18:2		0.12	0.15	0.20	0.18	0.031	0.012	0.807	0,185
18:2n-6	Ácido linoleico	14.9 ^a	14.3 ^{ab}	11.8 ^b	12.1 ^b	0.68	<0.001	0.742	0,372
19:1		0.73 ^b	0.69 ^b	1.14 ^a	0.86 ^b	0.065	<0.001	0.003	0,019
20:0	Ácido araquídico	2.0 ^b	2.6 ^a	1.4 ^c	2.2 ^b	0.13	<0.001	<0,001	0,106
18:3n-6	Ácido γ - linolênico	0.18	0.23	0.21	0.18	0.030	0.607	0,607	0,100
18:3n-3	Ácido linolênico	2.5 ^{bc}	2.2 ^c	3.6 ^a	2.7 ^b	0.14	<0.001	<0,001	0,017
c9<i>t</i>11-18:2	Ácido rumênico	3.0 ^b ^c	4.9 ^a	1.8 ^c	4.0 ^{ab}	0.384	0.002	<0,001	0,626
21:0	Ácido heneicosanóico	0.33 ^c	0.38 ^c	0.45 ^b	0.53 ^a	0.018	<0.001	<0,001	0,266
20:2n-6		0.07	0.09	0.10	0.07	0.016	0.831	0,701	0,147
20:3n-9		0.44	0.44	0.48	0.47	0.051	0.244	0,937	0,905
22:0	Ácido behênico	0.51 ^c	0.75 ^b	0.78 ^b	1.11 ^a	0.064	<0.001	<0,001	0,210
20:3n-6	Ácido dihomog- linoleico	0.18	0.17	0.17	0.19	0.027	0.387	0,793	0,301
20:4n-6	Ácido araquidônico	1.3	1.2	1.4	1.2	0.11	0.872	0,005	0,918
23:0	Ácido tricosanóico	0.24 ^b	0.22 ^b	0.41 ^a	0.46 ^a	0.034	<0.001	0,501	0,204
20:5n-3	Ácido timnodônico	0.25 ^a	0.16 ^b	0.27 ^a	0.22 ^{ab}	0.023	0.058	<0,001	0,186
24:0	Ácido lignocérico	0.26 ^b	.39 ^{ab}	0.47 ^a	0.54 ^a	0.042	<0.001	0,005	0,384
24:1	Ácido nervônico	0.14	0.08	0.18	0.15	0.032	0.057	0,116	0,621
22:5n-3	Ácido docosapentaenóico	0.55	0.46	0.59	0.55	0.054	0.089	0,083	0,482
22:6n-3	Ácido docosahexanóico	0.08	0.07	0.08	0.01	0.030	0.135	0,023	0,135
8OXO-14:0		-	0.9	-	1.2	0.09	0.051	-	-
10OXO-16:0		-	3.7	-	4.6	0.364	0.077	-	-
12OXO-18:0		-	21.5	-	25.1	1.56	0.114	-	-
8OH-14:0		-	0.60	-	0.67	0.040	0.230	-	-
10OH-16:0		-	1.0	-	1.1	0.07	0.163	-	-
12OH-18:0		-	3.2	-	3.9	0.18	0.063	-	-
12OH,c9-18:1	Ácido ricinoleico	-	0.64	-	0.79	0.054	0.122	-	-

*Médias seguidas por diferentes letras minúsculas sobrescritas na mesma linha indicam diferenças significativas baseadas no teste de Tukey em nível de significância de 5%. §SEM – erro padrão da média;

² Soma de isômeros de 18:1 eluindo entre 19:0 e *t*11, *c*15-18:2

Houve interação ($P < 0,05$) entre as fontes de carboidratos e a adição do óleo para a concentração de nove ácidos graxos, 8:0, 16:0, *c*9-16:1, *c*9-17:1, 18:0, *t*10-18:1, 18:3n-3,

19:1 e 3,7,11,15Me-16:0 presentes no leite. Com a adição de óleo, a concentração dos ácidos graxos 8:0, *c*9-16:1, 3,7,11,15Me-16:0 e 19:1 foi semelhante, independente do tipo de carboidrato presente nas dietas. A dieta que continha polpa cítrica desidratada sem óleo aumentou ($P < 0,05$) a concentração dos ácidos 16:0, 3,7,11,15Me-16:0, *c*9-17:1 e 18:3n-3; contudo, a concentração dos ácidos 18:0 e *t*10-18:1 reduziu ($P < 0,05$).

O tipo de carboidrato e a inclusão de óleo às dietas no presente estudo favoreceram mudanças significativas no perfil de ácidos graxos do leite caprino. A suplementação lipídica pode influenciar na porcentagem de gordura do leite de forma variável e depende da composição e da quantidade de lipídios fornecidos pelas dietas (NRC, 2001).

Os produtos ruminantes têm sido criticados pelos seus níveis relativamente elevados de ácidos graxos saturados de cadeia média (principalmente ácido láurico – C12:0, ácido mirístico – C14:0 e ácido palmítico – C16:0) e seus baixos níveis de ácidos graxos polinsaturados. No presente estudo, foi observada uma redução desses ácidos graxos no leite dos animais alimentados com as dietas que continham óleo, devido, provavelmente, a uma redução das taxas de digestão do rúmen, em resposta à presença dos ácidos graxos insaturados, com uma conseqüente redução na produção de acetato que, portanto, pode promover uma diminuição na síntese *de novo* de ácidos graxos na glândula mamária (KITESSA *et al.*, 2001). A redução na concentração de ácidos graxos de cadeia curta e média, como o ácido cáprico e mirístico, ambos ácidos graxos saturados, podem melhorar o sabor do leite de cabra (CHILLIARD *et al.*, 2003), além de ser benéfica do ponto de vista da saúde humana, pois podem promover aumento na concentração plasmática de lipoproteína de baixa densidade (LDL) (FUENTES, 1998; GOMES *et al.*, 2015).

A substituição do milho grão moído por polpa cítrica desidratada promoveu um aumento na concentração dos ácidos graxos de cadeia ímpar e ramificada (AGCCR), entre os quais predominaram os ácidos 15:0, 17:0, *anteiso*-15:0 e *anteiso*-17:0. Os níveis de *iso*-14:0 e *iso*-16:0 na gordura do leite estão relacionados à funcionalidade ruminal, pois apresentam associação positiva com a presença de bactérias celulolíticas (LOPEZ *et al.*, 2019). Em dietas ricas em amido ocorre alterações sobre a população microbiana do rúmen devido às modificações do pH. A população de bactérias celulolíticas é reduzida em comparação à população de bactérias amilolíticas (LATHAM; STORRY; SHARPE, 1972). Assim, no presente estudo foi observado que dietas ricas em amido promovem redução da concentração de *iso*-14:0 e *iso*-16:0 (VLAEMINK *et al.*, 2006). Os AGCCR são oriundos, em grande parte, dos ácidos graxos sintetizados de novo e incorporados na membrana celular de bactérias

ruminais; esses ácidos graxos podem ser utilizados como indicador de atividade e crescimento bacteriano no rúmen, pois podem refletir alterações na microbiota ruminal induzidas pela composição da dieta (VLAEMINCK *et al.*, 2006; FIEVEZ *et al.*, 2012; CÍVICO *et al.*, 2017). As diferenças nas concentrações dos AGCCR presentes no leite caprino podem estar relacionadas, principalmente, aos efeitos da proporção de amido ou de pectina e à presença de óleo nas dietas. Além disso, os ácidos graxos de cadeia ímpar e cadeia ramificada apresentam características benéficas à saúde humana (CAI *et al.*, 2013; JENKINS; WEST; KOULMAN, 2015).

A dieta que continha polpa cítrica desidratada promoveu aumento na concentração de ácido fitânico (3,7,11,15Me-16:0) presente na gordura do leite caprino, devido, possivelmente, à pectina presente na polpa cítrica desidratada favorecer melhores condições de degradação da fibra dietética, em virtude de não promover redução do pH ruminal. O ácido fitânico é formado através do metabolismo do fitol, que é liberado a partir da molécula de clorofila pela ação das bactérias ruminais, o qual pode ser hidrogenado para produzir o diidropitol e, depois ser oxidado à ácido fitânico (HANSEN, 1966; HELLGREN, 2010). O ácido fitânico foi relatado como um novo ácido graxo funcional porque possui efeitos potencialmente positivos para a saúde humana; ele atua induzindo adiferenciação de adipócitos marrons e possui efeitos imunomoduladores (NAKANISHI *et al.*, 2016).

A inclusão de óleo nas dietas favoreceu o aumento da concentração de *c9/t11-18:2* (ácido rumênico), independente do tipo de carboidrato presente nas dietas. O ácido rumênico é o principal isômero de ácido linoleico conjugado encontrado na gordura do leite, se origina principalmente na glândula mamária pela ação da enzima Δ^9 -dessaturase sobre o ácido vacênico (*t11-18:1*) (BAUMAN *et al.*, 1999), que é um produto intermediário da biohidrogenação do ácido linoleico no rúmen (GRIINARI; BAUMAN, 1999). A presença de *c9/t11-18:2* no leite caprino é importante para a saúde humana, pois esse ácido graxo possui efeito inibidor de células cancerígenas (IP *et al.*, 1999; PARODI, 2016) e atenua a resistência à insulina (TAYLOR; ZAHRADKA, 2004).

Os ácidos graxos hidroxi e oxo, compreendem cerca de 35 mg/g de ácidos graxos totais no leite. As fontes de carboidratos não influenciaram ($P < 0,05$) a concentração dos ácidos graxos derivados do ácido ricinoleico (12OH, *c9-18:1*) presente no leite das cabras.

A inclusão da mistura de 60% de óleo de mamona e 40% de óleo de girassol às dietas experimentais, favoreceu o consumo de ácido ricinoleico pelos animais e o aumento da concentração de AGDAR no leite. A presença dos vários metabólitos derivados do ácido

ricinoleico no estudo aqui detalhado se assemelha aos metabólitos encontrados por Alves *et al.* (2017), embora esses autores tenham encontrado uma proporção maior de 12OXO-C18:0 e menores proporções de 12OH-C18:0 e 12OH, *c*9-C18:1. A concentração dos metabólitos derivados do ricinoleico no leite parece depender do nível de inclusão do óleo de mamona nas dietas. Em ovelhas, a suplementação com óleo de mamona parece favorecer um padrão de ácidos graxos derivados do ácido ricinoleico diferente do que ocorre em estudos com cabras. Parente *et al.* (2018) encontraram apenas os ácidos graxos 12OXO-C18:0, 12OH-C18:0 e 12OH, *c*9-C18:1 que correspondem a 48%, 25% e 5% do total de derivados do ácido ricinoleico, respectivamente. Esses resultados podem indicar que as ovelhas metabolizam menos o 12OH, *c*9-C18:1 do que as cabras.

O tipo de carboidrato presente nas dietas influencia drasticamente o tipo de intermediários gerados durante o processo de biohidrogenação ruminal dos ácidos graxos insaturados. (CHILLIARD *et al.*, 2007; ALVES; BESSA, 2014). Diante disso, a utilização de diferentes fontes de carboidratos nas dietas poderia modificar o metabolismo do ácido ricinoleico, gerando eventualmente metabólitos diferentes e modificando as proporções dos seus derivados.

No estudo aqui relatado, modificamos a fonte de carboidrato presente nas dietas, substituindo o milho grão moído (fonte de amido) por polpa cítrica desidratada (fonte de pectina), com o intuito de promover uma alteração no ambiente ruminal que poderia modificar as vias metabólicas dos ácidos graxos insaturados, conforme relatado anteriormente. Além disso, o óleo de girassol foi usado na mistura de óleo com o intuito de fornecer ácido linoleico (18:2n-6), substrato para as bactérias ruminais, permitindo identificar mais facilmente possíveis modificações nas vias do processo de biohidrogenação. De acordo com os resultados deste estudo, observamos que a adição de óleo, independente da fonte de carboidratos, favoreceu a presença de uma diversidade de derivados do ácido ricinoleico e que estes estavam presentes em proporções semelhantes para as duas dietas.

A ausência de modificação no tipo e na proporção dos ácidos graxos derivados do ácido ricinoleico, no presente estudo, não nos permite concluir que a metabolização do ácido ricinoleico em ruminantes possa ser modulada pelo tipo de carboidrato presente nas dietas, pois a biohidrogenação do ácido linoleico também não foi modificada. Os resultados indicam que a substituição do milho grão moído por polpa cítrica desidratada não foi suficiente para induzir modificações, já estabelecidas, na biohidrogenação do ácido linoleico e, portanto, provavelmente, também não foi capaz de induzir modificações no metabolismo do ácido

ricinoleico.

O tipo de carboidrato ou a adição de óleo influenciaram ($P < 0,05$) as somas parciais dos ácidos graxos de cadeia curta e média (AGCCM), ácidos graxos de cadeia ímpar e ramificada (AGCIR), ácidos graxos saturados (AGS), ácidos graxos monoinsaturados – *cis* (AGMI-*cis*), ácidos graxos monoinsaturados – *trans* (AGMI-*trans*) e intermediários da biohidrogenação (IB). A adição de óleo reduziu ($P < 0,05$) a concentração das somas parciais de AGCCM e AGS presente no leite caprino; contudo, a concentração das somas parciais de AGMI-*cis*, AGMI-*trans* e IB aumentou ($P < 0,05$). A dieta que continha milho grão moído aumentou ($P < 0,05$) a concentração da soma parcial dos ácidos graxos polinsaturados - *cis* (AGPI-*cis*) no leite. A soma dos ácidos graxos derivados do ácido ricinoleico (AGDAR) não foi influenciada ($P > 0,05$) pelo tipo de carboidrato presente nas dietas.

Tabela 4 - Efeito do tipo de carboidratos e adição de óleo sobre as somas parciais de ácidos graxos (mg/g de ácidos graxos totais) e razão $t_{10}/t_{11-18:1}$ da gordura do leite de cabras.

Variáveis	Milho Grão Moído		Polpa Cítrica Desidratada		SEM [§]	P- valor		
	Sem óleo	Com óleo	Sem óleo	Com óleo		C	O	C×O
Somas Parciais								
AGCCM ¹	415 ^{ab}	366 ^c	442 ^a	392 ^{bc}	11,4	0,021	<0,001	0,962
AGCIR ²	19,0 ^{bc}	16,8 ^c	23,5 ^a	21,0 ^{ab}	0,81	<0,001	<0,001	0,925
AGS	775 ^{bc}	749 ^c	835 ^a	797 ^b	8,9	<0,001	<0,001	0,259
AGMI- <i>cis</i>	181 ^{ab}	196 ^a	129 ^c	155 ^{bc}	7,4	<0,001	<0,001	0,236
AGMI- <i>trans</i>	12,9 ^b	22,0 ^a	6,6 ^c	17,2 ^{ab}	1,44	<0,001	<0,001	0,473
AGPI- <i>cis</i>	19,9 ^a	18,8 ^a	18,0 ^b	17,1 ^b	0,80	0,004	0,086	0,841
IB ³	18,5 ^b	30,6 ^a	10,9 ^c	25,1 ^{ab}	1,88	<0,001	<0,001	0,442
AGDAR ⁴	-	31,6	-	37,4	2,16	0,095	-	-
Razão								
$t_{10}/t_{11-18:1}$ ⁵	0,27 ^a	0,20 ^b	0,19 ^b	0,20 ^b	0,032	0,010	0,023	0,009

*Médias seguidas por diferentes letras minúsculas sobrescritas na mesma linha indicam diferenças significativas baseadas no teste de Tukey em nível de significância de 5%. [§]SEM – erro padrão da média;

¹ Soma dos ácidos graxos com comprimento de cadeia igual ou menor que 14 carbonos; ² Soma dos ácidos graxos de cadeia ramificada; ³ Soma dos ácidos graxos intermediários da biohidrogenação; ⁴ Ácidos graxos derivados do ácido ricinoleico presente no óleo de mamona; ⁵ Razão entre $t_{10-18:1}$ e $t_{11-18:1}$

Houve interação ($P < 0,05$) entre o tipo de carboidrato e a adição ou não de óleo para a razão $t_{10}/t_{11-18:1}$ (Tabela 4). A dieta que continha milho grão moído reduziu ($P < 0,05$) a razão $t_{10}/t_{11-18:1}$ no leite caprino. No entanto, a relação $t_{10}/t_{11-18:1}$ permaneceu inalterada quando as cabras foram alimentadas com a dieta que continha polpa cítrica

desidratada, independente da adição de óleo.

Normalmente, quando os animais ruminantes são alimentados com dietas ricas em grãos, particularmente quando suplementados com uma fonte de ácido linoleico (C18:2n-6), o principal intermediário formando no processo de biohidrogenação é o *t*10-C18:1 em vez do *t*11-C18:1. A ocorrência do deslocamento das vias de biohidrogenação para formação do *trans*-10-18:1 no rúmen pode ser variável de acordo com o estímulo alimentar (alto teor de amido, baixa fibra ou alto teor de óleo), pH ruminal, espécie, raça e suscetibilidade individual (ALDAI *et al.*, 2013; BESSA *et al.*, 2015; TORAL *et al.*, 2014). De fato, apesar do aumento na concentração de *t*10-18:1, principalmente para a dieta que continha milho grão moído e óleo, a relação entre *t*10-18:1 e *t*11-18:1 permaneceu abaixo de 0,3 para todos os tratamentos experimentais. Os efeitos da suplementação lipídica sobre a depressão da gordura do leite têm sido amplamente estudados. Em estudos com vacas leiteiras, a depressão da gordura do leite tem sido associada ao aumento da concentração de C18:1-*trans*10 (GRIINARI *et al.*, 1998); contudo, no presente estudo, utilizando cabras, não observamos esse efeito. As cabras, geralmente, são menos sensíveis à alteração da biohidrogenação para o *trans*10 shift no rúmen do que as vacas (TORAL *et al.*, 2014), mas as dietas utilizadas no presente estudo continham uma alta proporção de feno (50% na matéria seca), o que seria suficiente para evitar grandes alterações na microbiota ruminal.

4.4 Conclusões

As diferentes fontes de carboidratos não modificam o metabolismo do ácido ricinoleico. No geral, a inclusão de óleo de mamona em dietas para cabras favoreceu a presença de ácidos graxos hidroxilados e oxigenados, derivados do metabolismo do ácido rincinoleico, no leite caprino.

O óleo de mamona pode ser utilizado em dietas para cabras com o intuito de favorecer o aumento de ácido linoleico conjugado - CLA, além de proporcionar o acúmulo de ácidos graxos oxigenados e hidroxilados no leite caprino.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

Trabalhos que adotem estratégias nutricionais para caprinos são de grande relevância para melhorar o desempenho e a produção dos rebanhos. A combinação de óleos vegetais, como óleo de mamona e óleo de girassol, com diferentes fontes de carboidratos, como o milho grão moído ou polpa cítrica desidratada em dietas para cabras em lactação pode ser uma alternativa nutricional, sem que haja alterações no desempenho produtivo dos animais.

O óleo de mamona em dietas para cabras leiteiras promove melhorias no perfil lipídico do leite caprino, pois resulta em incorporação de ácido ricinoleico e seus intermediários hidroxilados e oxigenados; além de promover um incremento na concentração de ácido rumênico, tais ácidos graxos são benéficos à saúde humana.

Ressaltamos que mais estudos sobre o efeito da inclusão de doses mais elevadas de óleo de mamona sobre o perfil lipídico do leite devem ser realizados a fim de elucidar como ocorre o metabolismo do ácido ricinoleico no ambiente ruminal e a sua incorporação nos tecidos e produtos ruminantes.

REFERÊNCIAS

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - **AFRC**. The nutrition of goats Na Technical committee on response to nutrients. CAB International, Wallingford, p.118, 1993.
- ALDAI, N.; RENOBABLES, M.; BARRON, L.J.R.; KRAMER, J.K.G. What are the trans fatty acids issues in foods after discontinuation of industrially produced trans fats? Ruminant products, vegetable oils, and synthetic supplements. **European Journal of Lipids Science and Technology**. Weinheim, v.115, p.1378-1401, 2013.
- ALVES, S. P.; ARAUJO, C.M.; QUEIROGA, R.C.; MADRUGA, M.S.; PARENTE, M.O.M; MEDEIROS, A.N.; BESSA, R.J.B. New insights on the metabolism of ricinoleic acid in ruminants. **Journal of Dairy Science**. Champaign, v.100, p. 8019-8032. 2017.
- ALVES, S.P., CABRITA, A.R.J., JERÓNIMO, E., BESSA, R.J.B., FONSECA, A.J.M. Effect of ensiling and silage additives on fatty acid composition of ryegrass and corn experimental silages. **Journal of Animal Science**. Oxford, v. 89, p. 2537–2545, 2011.
- ALVES, S.P.; BESSA, R.J.B. The *trans*-10, *cis*-15 18:2: a missing intermediate of *trans*-10 shifted rumen biohydrogenation pathway? **Lipids**. *s.l.*, v.49, p.527-541, 2014.
- ARGÔLO, L. S.; PEREIRA, M. L. A.; DIAS, J. C. T.; CRUZ, J. D.; DEL REI, A. J.; OLIVEIRA, C. A. S. Mesquite pod meal in diets for lactating goats: ruminal parameters and microbial protein synthesis. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 39, n. 3, p. 541-548, 2010.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, **AOAC**. Official Methods of Analysis. 15th ed. Washington: AOAC, 1990.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, **AOAC**. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 16th ed., 4th rev, 3-120. 1998.
- ATTRAPADUNG, S.; YOSHIDA, J.; KIMURA, K.; MIZUNUMA, M.; MIYAKAWA, T.; THANOMSUB, B.W. Identification of ricinoleic acid as na inhibitor of Ca²⁺ signal mediated cell-cycle regulation in budding yeast. **Federation of European Microbiological Societies Yeast Research**, *s.l.*, v.10, p. 38-43, 2010.
- AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. **Agronegócio da Mamona no Brasil**. Embrapa Algodão (Campina Grande, PB). 2ª Ed. Rev. e Amp. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.
- BARHAM, D.; TRINDER, P. An Improved Colour Reagent for the Determination of Blood Glucose by the Oxidase System. **The Analyst**, *s.l.*, v. 97, p. 142-145, 1972.
- BAUMAN, D. E.; BARBANO, D. M.; DWYER, D. A.; GRIINARI, J. M. Technical note production of butter with enhanced conjugated linoleic acids for use in biomedical studies with animal models. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.83, p. 2422-2425, 2000.

BAUMAN, D. E.; BAUMGARD, L. H.; CORL, B. A.; GRIINARI, J.M. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. **Proceeding of the American Society of Animal Science**, 1999.

BAUMAN, D.E.; GRIINARI, J.M. Nutritional Regulation of Milk Fat Synthesis. **Annual Review of Nutrition**, *s.l.*, v. 23, p. 203-227. 2003.

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

BAUMAN, D.E.; PERFIELD II, J.W; HARVATINE, K.J.; BAUMGARD, L.H. Regulation of fat synthesis by conjugated linoleic acid: lactation and the ruminant model. **The Journal of Nutrition**. *s.l.*, v. 138, p. 403-409, 2008.

BAUMGARD, L.H.; CORL, B.A.; DWYER, D.A.; SAEBØ, A. Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. **American Journal Physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology**. *s.l.*, v.278, p. R179-R184, 2000.

BELENGUER, A.; YANEZ, D.; BALCELLS, J.; OZDEMIR BEBER, N. H.; GONZALEZ RONQUILLO, M. Urinary excretion of purine derivatives and prediction of rumen microbial out flow in goats. **Livestock Production Science**. Heerenveen, v.77, p.127–135, 2002.

BERNARD, L.; LEROUX, C.; CHILLIARD, Y. Expression and nutritional regulation of lipogenic genes in the ruminant lactating mammary gland. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, *s.l.*, v.606, p.67–108, 2008.

BESSA, R. J. B.; ALVES, S. P.; SANTOS-SILVA, J. Constraints and potentials for the nutritional modulation of the fatty acid composition of ruminant meat. **European Journal of Lipid Science Technology**. *s.l.*, v.117, p.1325-1344, 2015.

BESSA, R.J.B.; LOURENÇO, M.; PORTUGAL, P.V.; SANTOS-SILVA, J. Effects of previous diet and duration of soybean oil supplementation on light lambs carcass composition, meat quality and fatty acid composition. **Meat Science**. *s.l.*, v. 80, p. 1100–1105, 2008.

BESSA, R.J.B.; PORTUGAL, P.V.; MENDES, I.A.; SANTOS-SILVA, J. Effect of lipid supplementation on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular lipids of lambs fed dehydrated lucerne or concentrate. **Livestock Production Science**. Heerenveen, v. 96, p. 185–194, 2005.

BODDU, S.H.S.; ALSAAB, H.; UMAR, S.; BONAM, S.P. GUPTA. H.; AHMED, S. Anti-inflammatory effects of a novel ricinoleic acid poloxamer gel system for transdermal delivery. **International Journal of Pharmaceutics**. *s.l.*, v. 479, p. 207–211. 2015.

BOMFIM, M.A.D. **Carboidratos solúveis em detergente neutro em dietas de cabras leiteiras**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 119p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite de Cabra**. Instrução Normativa 37, 31/10/00. Brasília: Ministério da Agricultura, 2000.

BRISTOW, A.W.; WHITEHEAD, D.C.; COCKBURN, J.E. Nitrogenous constituents in the urine of cattle, sheep and goats. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. *s.l.*, v.59, p. 387-394, 1992.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods a review. **International Journal of Food Microbiology**, *s.l.*, v.94, n.3, p. 223-253, 2004.

CAI, Q.; HUANG, H.; QIAN, D.; CHEN, K.; LUO, J.; TIAN, Y.; LIN, T.; LIN, T. 13-Methyltetradecanoic acid exhibits anti-tumor activity on T-cell lymphomas in vitro and in vivo by downregulating p-AKT and activating caspase-3. **PLoS One**. *s.l.*, v.8, e65308, 2013.

CALONGHI, N., PAGNOTTA, E.; PAROLIN, C.; MOLINARI, C.; BOGA, C.; DAL PIAZ, F.; BRUSA, G.L.; SANTUCCI, M.A.; MASOTTI, L. Modulation of apoptotic signalling by 9-hydroxystearic acid in osteosarcoma cells. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Molecular and Cell Biology of Lipids**. *s.l.*, v.1771, p. 139–146. 2007.

CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; SILVA, R.R.; PEREIRA, M.L.A.; VIANA, P.T.; DOS SANTOS, A.B.; PEREIRA, T.C.J. Nitrogen balance, urea concentrations and microbial protein synthesis in goats fed diets containing sugar cane treated with calcium oxide. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, *s.l.*, v.39, p. 2253– 2261, 2010.

CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C.; CUNHA, M.; DETMANN, K.S.C.; PAULINO, M.F. Estimação de teores de componentes fibrosos em alimentos para ruminantes em sacos de diferentes tecidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.38, p. 130-138, 2009.

CÉSAR, A. S., BATALHA, M. O. Biodiesel production from castor oil in Brazil: A difficult reality. **Energy Policy**, *s.l.*, v. 38, p. 4031-4039, 2010.

CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A. **Bioquímica ilustrada**. 2.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 427p., 1996.

CHEN, X.B., GOMES, M.J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives- an overview of technical details. INTERNATIONAL FEED RESEARCH UNIT. **Rowett Research Institute**. Aberdeen, UK. (Occasional publication). 21p. 1992.

CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; ROUEL, J.; LAMBERET, G. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. **Journal of Dairy Science**. Champaign, v.86, p. 1751-1770, 2003.

CHILLIARD, Y.; GLASSER, F.; FERLAY, A.; BERNARD, L.; ROUEL, J.; DOREAU, M. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. **European Journal of Lipid Science and Technology**. *s.l.*, v.109, p.828– 855, 2007.

CÍVICO, A.; SÁNCHEZ, N.N.; GÓMEZ-CORTÉS, P.; LA FUENTE, M.A.; BLANCO, F.P.; JUÁREZ, M.; SCHIAVONE, A.; MARÍN, A.L.M. Odd- and branched fatty acids in goat milk as indicators of the diet composition. **Italian Journal of Animal Science**, Oxford, v. 16, p. 68-74, 2016.

CLIPES, R. C.; DETMANN, E.; SILVA, J. F.C.; VIEIRA, R. A. M.; NUNES, L. B. M.; LISTA, F. N.; PONCIANO, N. J. Evaluation of acid detergent insoluble protein as an estimator of rumen non-degradable protein in tropical grass forages. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 58, n. 4, p. 694-697, 2006.

CZERKAWSKI, J.W.; PIATKOVA, M.; BRECKINRIDGE, G. Microbial metabolismo of 12-propanediol studied by the Rumen Simulation Technique (Rusitec). **The Journal of Applied Bacteriology. s.l.**, v. 56, p. 81-94, 1984.

DEHORITY, B. A. **Rumen Microbiology**. Nottingham: Nottingham University Press, p. 372, 2003.

DEWHURST, R.J., SHINGFIELD, K.J., LEE, M.R.F., SCOLLAN, N.D. Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. **Animal Feed Science and Technology**. Madrid, v.131, p. 168–206, 2006.

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

DOREAU, M.; FERLAY, A. Digestion and utilization of fatty acids by ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, Madrid, v.45, p.379-396, 1994.

DOREAU, M.; FIEVEZ, V.; TROEGELER-MEYNADIER, A.; GLASSER, F. Métabolisme ruminal et digestion des acides gras longs chez le ruminant: le point des connaissances récentes. **INRA Productions Animales. s.l.**, v. 25, p. 361–373, 2012.

ENJALBERT, F.; COMBES, S.; ZENED, A.; MEYNADIER, A. Rumen microbiota and dietary fat: a mutual shaping. **Journal of Applied Microbiology. s.l.**, v.123, p. 782-797, 2017.

FAHEY, G.C.; BERGER, L.L. Los carbohidratos en la nutrición de los rumiantes. In: CHURC, D.C. (Ed.) El rumiante. **Fisiología digestiva y nutrición**. Zaragoza: Acribia, p.305-338, 1980.

FATURI, C.; EZEQUIEL, J.M.B.; FONTES, N.A.; STIAQUE, M.G.; CRUZ E SILVA, O.G. fibra solúvel e amido como fontes de carboidratos para terminação de novilhos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, p.2110-2117, 2006.

FERREIRA, C.M.; ROSA, O.P.S.; TORRES, S.A.; FERREIRA, F.B.A.; BERNARDINELLI, N. Activity of endodontic antibacterial agents against selected anaerobic bacteria. **Brazilian Dental Journal**. Ribeirão Preto., v.13, p. 118-122, 2002.

FERREIRA, E.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; GENTIL, R.S.; PARENTE, M.O.M.; NOLLI, C.P.; MENEGHINI, R.C.M.; MENDES, C.Q.; RIBEIRO, C.V.D.M. Growth, feed intake,

carcass characteristics, and meat fatty acid profile of lambs fed soybean oil partially replaced by fish oil blend. **Animal Feed Science and Technology**, Madrid, v. 187, p. 9–18, 2014.

FIEVEZ, V.; COLMAN, E.; CASTRO-MONTOYA, J.M.; STEFANOV, I.; VLAEMINCK, B. Milk odd- and branched-chain fatty acids as biomarkers of rumen function-An update. **Animal Feed Science and Technology**. Madrid, v.172, p.51–65, 2012.

FONSECA, C. E. M. **Proteína bruta em dietas de cabras em lactação**. 2004. 91 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2004.

FONSECA, C. E. M.; VALADARES, R. F. D.; VALADARES FILHO, S. C.; LEÃO, M. I.; MARCONDES, M. I. Digestão dos nutrientes e balanço de compostos nitrogenados em cabras alimentadas com quatro níveis de proteína. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Belo Horizonte, v. 60, p. 192-200, 2008.

FONSECA, C.E.M.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C.; LEÃO, M.I.; CECON, P.R.; RODRIGUES, M.T.; PINA, D.S.; MARCONDES, M.I.; PAIXÃO, M.L.; ARAÚJO, A.M. Microbial protein synthesis in lactating goats fed diets with increasing levels of dietary protein. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 35, p.1169–1177, 2006.

FOSSATI, P.; PRENCIPE, L.; BERTI, G. Use of 3, 5-Dichloro-2-hydroxybenzenesulfonic Acid/4-Aminophenazone Chromogenic System in Direct Enzymic Assay of Uric Acid in Serum and Urine. **Clinical Chemistry**, *s.l.*, v. 26, p. 227–231, 1980.

FRENCH, P., STANTON, C., LAWLESS, F., O'RIORDAN, E.G., MONAHAN, F.J., CAFFREY, P.J., MOLONEY, A.P. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage or concentrate-based diets. **Journal of Animal Science**. Oxford, v.78, n.11, p. 2849–2855, 2000.

FUENTES, J.A.G. Que alimentos convêm ao coração? **Higiene Alimentar**, São Paulo, v.12, p.7-11, 1998.

GLASSER, F., DOREAU, M., MAXIN, G., BAUMONT, R. Fat and fatty acid content and composition of forages: A meta-analysis. **Animal Feed Science of Technology**. *s.l.*, v.185, p. 19–34, 2013.

GOMES, L.C.; ALCALDE, C.R.; SANTOS, G.T.; FEIHRMANN, A.C.; MOLINA, B.S.L.; GRANDE, P.A.; VALLOTO, A.A. Concentrate with calcium salts of fatty acids increases the concentration of polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy goats. **Small Ruminant Research**, Little Rock, v.124, p. 81-88, 2015.

GRIINARI, J.M.; BAUMAN, D.E. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: YURAWECZ, M.P.; MOSSOBA, M.; KRAMER, J.K. *et al.* (Eds.). **Advances in conjugated linoleic acid research**. Champaign: AOCS Press, v.1, p.180-200, 1999.

GRIINARI, J.M.; DWYER, D.A.; McGUIRE, M.A.; BAUMAN, D.E.; PALMQUIST, D.L.; NURMELA, K.V. Trans-Octadecenoic Acids and Milk Fat Depression in Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.81, p.1251–1261. 1998.

HALL, M. B. **Calculation of non-Structural Carbohydrate Content of Feeds That Contain non-Protein Nitrogen.** Bulletin 339: A-25. University of Florida, Gainesville, FL. 2000.

HALL, M.B. Recentes avanços em carboidratos não fibrosos na alimentação de vacas leiteiras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOCULTURA DE LEITE: NOVOS CONCEITOS EM NUTRIÇÃO, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, p.149-159, 2001.

HANSEN, R.P. Occurrence of Phytanic Acid in Rumen Bacteria. **Nature.** *s.l.*, v.210, p.841-841, 1966.

HELLGREN, L.I. Phytanic acid-na overlooked bioactive fatty acid in dairy fat? **Annals of the New York Academy of Sciences.** *s.l.*, v.1190, p.42-49, 2010.

IP, C.; BANNI, S.; ANGIONE, E.; CARTA, G.; MCGINLEY, J.; THOMPSON, H.J.; BARBANO, D.; BAUMAN, D. Conjugated linoleic acid-enriched butter fat alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats. **Journal of Nutrition.**, *s.l.*, v. 129, p. 2135-2142, 1999.

JENKINS, B. J.; WEST, J. A.; KOULMAN, A. A review of odd-chain fatty acid metabolism and the role of pentadecanoic acid (C15:0) and heptadecanoic Acid (C17:0) in health and disease. **Molecules.** *s.l.*, v. 20, p.2425–2444, 2015.

JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science.** Champaign, v. 76, n.12, p. 3851-63. 1993.

JENKINS, T. C.; ABUGHAZALEH, A.A.; FREEMAN, S.; THIES, E.J. The production of 10-hydroxystearic acid and 10-ketos-tearic acids is an alternate route of oleic acid transformation by the ruminal microbiota in cattle. **Journal of Nutrition.** *s.l.*, v.136, p. 926–931. 2006.

JENKINS, T.C.; KLEIN, C.M.; LEE, Y.J. New insights on the pathways of lipid biohydrogenation in the rumen with possible implications on animal performance. In: **Proceedings of the 24th Southwest Nutrition and Management Conference.** Tempe, Arizona, p. 90-105. 2009.

JENKINS, T.C.; WALLACE, R.J.; MOATE, P.J.; MOSLEY, E.E. Board-invited review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. **Journal of Animal Science,** Oxford, v.86, n. 2, p. 397-412. 2008.

KENNELLY, J.J. The fatty acid composition of milk fat as influenced by feeding oilseeds. **Animal Feed Science and Technology.** Madrid, v. 60, p. 137–152, 1996.

KEPLER, C.R.; HIRONS, K.P.; McNEILL, J.J.; TOVE, S.B. Intermediates and products of the biohydrogenation of linoleic acid by *Butyrivibrio fibrisolvens*. **The Journal of Biological Chemistry.** *s.l.*, v. 241, n.6, p. 1350-1354, 1966.

KHOLIF, A.E.; MORSY, T.A.; TAWAB, A.M.A.E.; ANELE, U.Y.; GALYEAN, M.L. Effect of supplementing diets of Anglo-Nubian goats with soybean and flaxseed oils on lactational

performance. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, *s.l.*, v.64, p. 6163-6170, 2016.

KIM, E.J.; HUWS, S.A.; LEE, M.R.F.; WOOD, J.D.; MUETZEL, S.M.; WALLACE, R.J. SCOLLAN, N.D. Fish oil increases the duodenal flow of long chain polyunsaturated fatty acids and trans-11 18:1 and decreases 18:0 in steers via changes in the rumen bacterial community. **The Journal of Nutrition**. *s.l.*, v.138, p. 889–896. 2008.

KITESSA, S.M.; GULATI, S.K.; ASHES, J.R.; FLECK, E.; SCOTT, T.W.; NICHOLS, P.D. Utilisation of fish oil in ruminants II. Transfer of fish oil fatty acids into goats' milk. **Animal Feed Science and Technology**. Madrid, v. 89, p. 201-208, 2001.

LATHAM, M. J.; STORRY, J. E.; SHARPE, M. E. Effect of lowroughage diets on the microflora and lipid metabolism in the rumen. **Applied Microbiology**. *s.l.*, v.24, p. 871–877. 1972.

LAWSON, R.E.; MOSS, A.R.; GIVENS, D.I. The role of dairy products in supplying conjugated linoleic acids to man's diet: a review. **Nutrition Research Reviews**, *s.l.*, v.14, p.153-172, 2001.

LEIVA, E.; HALL, M.B.; VAN HORN, H.H. Performance of dairy cattle fed citrus pulp or corn products as source of neutral detergent-soluble carbohydrates. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.83, p.2866-2875, 2000.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**. Madrid, v.57, p.347–358. 1996.

LIMA G.F.C. Reservas estratégicas de forragem de boa qualidade para bovinos leiteiros, p.11-35. In: Brito A.S., Nobre F.V. & Fonseca J.R.R. (Eds), **Bovinocultura Leiteira: informações técnicas e de gestão**. SEBRAE/RN, Natal. 320p. 2009.

LIMA, L.S.; OLIVEIRA, R.L.; GARCEZ NETO, A.F.; BAGALDO, A.R.; ABREU, C.L.; SILVA, T.M.; CARVALHO, S.T.; BEZERRA, L.R. Licuri oil supplements for lactating cows on pasture. **Canadian Journal of Animal Science**, *s.l.*, v.95, p.617-624, 2015.

LOCK, A.L.; BAUMAN, D.E. Modifying milk fat composition of dairy cows to enhance fatty acids beneficial to human health. **Lipids**. *s.l.*, v.39, n. 12, p. 1197-206. 2004.

LOCK, A.L.; ROVAI, M.; GIPSON, T.A.; De VETH, M.J.; BAUMAN, D.E. A Conjugated Linoleic Acid Supplement Containing Trans-10, Cis-12 Conjugated Linoleic Acid Reduces Milk Fat Synthesis in Lactating Goats. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.91, p.3291–3299, 2008.

LOCK, A.L.; TELES, B.M.; PERFIELD II, J.W.; BAUMAN, D.E.; SINCLAIR, L.A. A conjugated linoleic acid supplement containing trans-10, cis-12 reduces milk fat synthesis in lactating sheep. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.89, p.1525–1532, 2006.

LOOR, J.J., HOOVER, W.H., MILLER-WEBSTER, T.K., HERBEIN, J.H., POLAN, C.E. Biohydrogenation of unsaturated fatty acids in continuous culture fermenters during digestion of orchard grass or red clover with three levels of ground corn supplementation. **Journal of**

Animal Science. Oxford, v.81, p. 1611–1627, 2003.

LOPEZ, A.; VASCONI, M.; MORETTI, V.N.M; BELLAGAMBA, F. Fatty acid profile in goat milk from high- and low- input conventional and organic systems. **Animal**. Theix, v.9, p. 452, 2019.

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

LUO, J.; GOETSCH, A.L.; NSAHLAI, I.V.; JOHNSON, Z.B.; SAHLU, T.; MOORE, J.E.; FERRELL, C.L.; GALYEAN, M.L.; OWENS, F.N. Maintenance energy requirements of goats: predictions based on observations of heat and recovered energy. **Small Ruminant Research**, Little Rock, v.53.p.221-230, 2004.

MAIA, M. O.; SUSIN, I.; PIRES, A.V.; GENTIL, R.S.; FERREIRA, E.M.; MENDES, C.Q.; ALENCAR, S.M. Growth, carcass characteristics, chemical composition and fatty acid profile of the longissimus dorsi muscle in goat kids fed diets with castor oil. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.41, p. 2343–2349, 2012.

MAIA, M.O.; QUEIROGA, R.C.R.E.; MEDEIROS, A.N; COSTA, R.G.; BOMFIM, M.A.D.; FERNANDES, M.F. Consumo, digestibilidade de nutrientes e parâmetros sanguíneos de cabras mestiças Moxotó suplementadas com óleos de licuri ou mamona. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, p.149-155, 2010.

McKAIN, N.; SHINGFIELD, K. J.; WALLACE, R. J. Metabolism of conjugated linoleic acids and 18: 1 fatty acids by ruminal bacteria: products and mechanisms. **Microbiology**, *s.l.*, v.156, n.2, p. 579-588. 2010.

MEDEIROS, E. J. L.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MEDEIROS, A. N.; BOMFIM, M.A.D.; BATISTA, A.S.M.; FÉLEX, S.S.S.; MADRUGA, M.S. Sensory profile and physicochemical parameters of cheese from dairy goats fed vegetable oils in the semiarid region of Brazil. **Small Ruminant Research**. Little Rock, v.113, p. 211–218, 2013.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, Rockville, v.85, p.1217-1240. 2002.

MOON, C.D.; PACHECO, D.M.; KELLY, W.J.; LEAHY, S.C.; KOPECNY, J. ATTWOOD, G.T. Reclassification of *Clostridium proteoclasticum* as *Butyrivibrio proteoclasticus* comb. Nov., a butyrateproducing ruminal bacterium. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**. *s.l.*, v.58, p. 2041–2045. 2008.

MORALES, E.R.; ESPINOSA, M.A.M.; McKAIN, N.; WALLACE, R.J. Ricinoleic acid inhibits methanogenesis and fatty acid biohydrogenation in ruminal digesta from sheep and in bacterial cultures. **Journal of Animal Science**, Oxford, v. 90, n. 13, p.4943-4950, 2012.

MURPHY, J.J., CONNOLLY, J.F., MCNEIL, G.P. Effects on cow performance and milk fat composition of feeding full fat soyabeans and rapeseed to dairy cows at pasture. **Livestock Production Science**. Heerenveen, v.44, p.13–25, 1995.

NAGAJARA, T.G., NEWBOLD, C.J., VAN NEVEL, C.J. Manipulation of ruminal fermentation. In: Hobson, P. N., Stewart, C. S. (eds). **The Rumen Microbial Ecosystem**. Blackie Academic & professional, London. p. 523-632, 1997.

NAIK, S.N.; SAXENA, D.K.; DOLE, B.R.; KRARE, S.K. Chapter 21 – Potencial and Perspective of castor Biorefinery. **Waste Biofinery. Potencial and Perspectives**. *s.l.*, p. 623-656, 2018.

NAKANISHI, T.; ANRAKU, M.; SUZUKI, R.; KONO, T.; ERICKSON, L.; KAWAHARA, K. Novel immunomodulatory effects of phytanic acid and its related substances in mice. **Journal of Functional Foods**. *s.l.*, v.21, p.283–289, 2016.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - **NRC**. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th revised ed. National Academic Science, Washington, DC, USA. 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – **NRC**. Nutrient Requirements of Small Ruminants. The National Academies Press, Washington, DC, USA. 2007.

NELSON, D. L.; COX, M.M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. Porto Alegre: Artmed, 2011. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **IAL**. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo, SP, Brazil. p.1018, 2005.

ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 92, p. 449-503, 1979.

PAGNOTTA, E., CALONGHI, N.; BOGA, C.; MASOTTI, L. N-meth-ylformamide and 9-hydroxystearic acid: two anti-proliferative and differentiating agents with different modes of action in colon cancer cells. **Anticancer Drugs**. *s.l.*, v.17, p.521–526, 2006.

PALMQUIST, D.L Great discoveries of milk for a healthy diet and a healthy life. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, p.465-477, 2010. Suppl. especial.

PALMQUIST, D.L. The role of dietary fats in efficiency of ruminants. **Journal of Nutrition**. *s.l.*, v.124, p.1377S-1382S, 1994.

PALMQUIST, D.L. Influence of source and amount of dietary fat on digestibility in lactating cows. **Journal of Dairy Science**. Champaign, v.74, p.1351-1360, 1991.

PALMQUIST, D.L., LOCK, A.L., SHINGFIELD, K.J., BAUMAN, D.E. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. **Advances in Food and Nutrition Research**. *s.l.*, v.50, p.179–217, 2005.

PALMQUIST, D.L., ST. PIERRE, N., McCLURE, K.E. Tissue fatty acid profiles can be used to quantify endogenous rumenic acids synthesis in lambs. **The Journal of Nutrition**, *s.l.*, v. 134, p.2407–2414, 2004.

- PARENTE, M.O.M.; SUSIN, I.; NOLLI, C.P.; FERREIRA, E.M.; GENTIL, R.S.; POLIZEL, D.M.; PIRES, A.V.; ALVES, S.P.; BESSA, R.J.B. Effects supplementation with vegetable oils, including castor oil, on milk production of ewes and on growth of their lambs. **Journal of Animal Science**. Oxford, v.96, p.354-363, 2018.
- PARODI, P. W. Dietary guidelines for saturated fatty acids are not supported by the evidence. **International Dairy Journal**. *s.l.*, v.52, p.115–123, 2016.
- PARODI, P.W. Cows' milk fat components as potential anticarcinogenic agent. **Journal of Nutrition**., *s.l.*, v.127, p. 1055-1060, 1997.
- PAROLIN, C.; CALONGHI, N.; PRESTA, E.; BOGA, C.; CARUANA, P.; NALDI, M.; ANDRISANO, V.; MASOTTI, L.; SARTOR, G. Mechanism and stereoselectivity of HDAC I inhibition by (R)-9-hydroxystearic acid in colon cancer. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) –Molecular and Cell Biology of Lipids**. *s.l.*, v.1821, p.1334–1340. 2012.
- PATEL, V.R.; DUMANCAS, G.G.; VISWANATH, L.C.K.; MAPLES, R.; SUBONG, B.J.J. Castor oil: Properties, Uses, and Optimization of Processing Parameters in Commercial Production. **Lipid Insights**. *s.l.*, v.9, p. 1–12, 2016.
- PEREIRA, E.S.; CAMPOS, A.C.N.; HEINZEN, E.L.; BARBOSA FILHO, J.A.D.; CARNEIRO, M.S.S.; FERNANDES, D.R.; BEZERRA, L.R.; OLIVEIRA, R.L. Effect of dietary reduction and sex class on nutrient digestibility, nitrogen balance, excreted purine derivatives and infrared thermography of hair lambs. **The Journal of Agricultural Science**. *s.l.*, v.156, p.1028-1038, 2018.
- PEREIRA, E.S.; PIMENTEL, P. G.; BOMFIM, M. A. D.; CARNEIRO, M.S.S.; CÂNDIDO, M.J.D. Torta de girassol em rações de vacas em lactação: produção microbiana, produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite. **Acta Scientiarum Animal Science**. Maringá, v. 33, p. 387–394, 2011.
- RASHID, U.; ANWAR, F.; ARIF, M. Optimization of Base Catalytic Methanolysis of Sunflower (*Helianthus annuus*). **Industrial & Engineering Chemistry Research**, *s.l.*, v.48, p.1719–1726, 2009.
- REGO, O.A.; ALVES, S.P.; ANTUNES, L.M.S.; ROSA, H.J.; ALFAIA, C.F.; PRATES, J.A.; CABRITA, A.R.; FONSECA, A.J.; BESSA, R.J.B. Rumen biohydrogenation-derived fatty acids in milk fat grazing dairy cows supplemented with rapeseed, sunflower, or linseed oils. **Journal of Dairy Science**. Champaign, v.92, p.4530-4540, 2009.
- ROBB, J.G.; LABEN, R.C.; WALKER JR., H.G.; HERRING, V. Castor meal in dairy rations. **Journal of Dairy Science**. Champaign, v.57, p. 443-450. 1974.
- SALIMON, J.; NOOR, D.A.M.; NAZRIZAWATI, A.T.; MOHD FIRDAUS, M.Y.; NORAISHAH, A. Fatty acid composition and physicochemical properties of malaysian castor bean *Ricinus communis* L. Seed oil. **Sains Malaysiana**, *s.l.*, v. 39, n. 5, p. 761–764, 2010.
- SCHMIDELY, P.H.; ANDRADE, P.V.D. Milk composition during duodenal infusion of conjugated linoleic acid in dairy goats fed diets with different C18:2/C18:1 ratios. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Belo Horizonte, v.63, n.5, p.1272-1276,

2011.

SCOLLAN, N. D.; HOCQUETTE, J-F.; NUERNBERG, K.; DANNENBERGER, D.; RICHARDSON, I.; MOLONEY, A. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. **Meat Science**, *s.l.*, v.74, p.17–33, 2006.

SCOLLAN, N.D.; CHOI, N.J.; KURT, E.; FISHER, A. V.; ENSER, M.; WOOD, J.D. Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.85, p.115–124, 2001.

SHINGFIELD, K.J.; GRIINARI, J.M. Role of biohydrogenation intermediates in milk fat depression. **European Journal of Lipid Science and Technology**, *s.l.*, v.109, p.799–816, 2007.

SHINGFIELD, K.J., WALLACE, R.J. Synthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans, in: Sels, B., Philippaerts, A. (Eds.), **Conjugated Linoleic Acids and Conjugated Vegetable Oils**. Royal Society of Chemistry, *s.l.*, p. 179–217, 2014.

SHORT, R.E.; ADAMS, D.C. Nutritional and hormonal interrelationships in beef cattle reproduction. **Canadian Journal of Animal Science**. *s.l.*, v.68, p.29-39. 1988.

SINGH, A. K. Castor oil-based lubricant reduces smoke emission in two-stroke engines. **Industrial Crops and Products**, *s.l.*, v. 33, p. 287-295, 2011.

SNIFFEN, C.J.; O’CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**. Oxford, v.70, p.3562-3577, 1992.

TAKANO, E.H.; BUSO, C.; GONÇALVES, E.A.L.; CHIERICE, G.O.; CATANZARO-GUIMARÃES, S.A.; CASTRO-PRADO, M.A.A. Inibição do desenvolvimento de fungos fitopatogênicos por detergente derivado de óleo da mamona (*Ricinus communis*). **Ciência Rural**. Santa Maria, v.37, n.5, p. 1235-1240. 2007.

TORAL, P. G.; ROUEL, J.; BERNARD, L.; CHILLIARD, Y. Interaction between fish oil and plant oils or starchy concentrates in the diet: Effects on dairy performance and milk fatty acid composition in goats. **Animal Feed Science and Technology**. Madrid, v.198, p.67–82, 2014.

TOVAR-LUNA, I.; PUCHALA, R.; SAHLU, T.; FREELY, H.; GOETSCH, A. Effects of stage of lactation and level of feed intake on energy utilization by Alpine dairy goats. **Journal of dairy Science**. Champaign, v.93, p. 4829-4837, 2010.

ULYATT, M. J.; LASSEY, K. R.; SHELTON, I. D.; WALKER, C.F. Methane emission from dairy cows and wether sheep fed subtropical grass-dominant pastures in midsummer in New Zealand. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, *s.l.*, v. 45, p. 227–234, 2002.

VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, G.A.; FILHO, S.C.V.; CLAYTON, M.K. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**. Champaign, v.82, p.2686-2696, 1999.

VALERA, M.C.; MAEKAWA, L.E.; OLIVEIRA, L.D. de; JORGE, A.O.C.; SHYGEI, E.; CARVALHO, C.A.T. In vitro antimicrobial activity of auxiliary chemical substances and natural extracts on *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis* in root canals. **Journal of Applied Oral Science**, *s.l.*, v. 21, n. 2, p. 118-123, 2013.

VAN NEVEL, C.J.; DEMEYER, D.I. Manipulation of ruminal fermentation. In: HOBSON, P.N. (Ed). **The ruminal microbial ecosystem**. Essex, England: Elsevier Science. p.87-443, 1988.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**. Champaign, v.74, p.3583–3597, 1991.

VIEIRA, C.; FETZER, S.; SAUER, S.K.; EVANGELISTA, S.; AVERBECK, B.; KRESS, M.; REEH, P.W.; CIRILLO, R.; LIPPI, A.; MANZINI, S. Pro- and anti-inflammatory actions of ricinoleic acid: similarities and differences with capsaicin. **Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology**. *s.l.*, v.364, p. 87-95. 2001.

VLAEMINCK, B.; FIEVEZ, V.; CABRITA, A.R.J.; FONSECA, A.J.M.; DEWHURST, R.J. Factors affecting odd- and branched-chain fatty acids in milk: A review. **Animal Feed Science and Technology**. Madrid, v. 131, p. 389–417, 2006.

WACHIRA, A. M.; SINCLAIR, L. A.; WILKINSON, R. G.; ENSER, M.; WOOD, J. D.; FISHER, A. V. Effects of dietary fat source and breed on the carcass composition, n-3 polyunsaturated fatty acid and conjugated linoleic acid content of sheep meat and adipose tissue. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.88, p.697–709, 2002.

WEISS, W.P. Predicting energy values of feeds. In: Symposium: prevailing concepts in energy utilization by ruminants. **Journal Dairy Science**. Champaign, v.76, p.1802-1811, 1993.

WOODS, V.B.; FEARON, A.M. Dietary sources of unsaturated fatty acids for animals and their transfer into meat, milk and eggs: A review. **Livestock Science**. Netherlands, v.126, p.1-20, 2009.

YU, P.; EGAN, A.R.; BOON-EK, L.; LEURY, B.J. Purine derivative excretion and ruminal microbial yield in growing lambs fed raw and dry roasted legume seeds as protein supplements. **Animal Feed Science and Technology**, Madrid, v.95, p.33-48, 2002.

APÊNDICE A - LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 – Proporções dos ingredientes e composição química (g/kg MS do alimento consumido) das dietas experimentais	28
Tabela 2 – Efeito do tipo de carboidrato e adição de óleo sobre o consumo, coeficiente de digestibilidade e eficiência de utilização de energia de cabras leiteiras.....	35
Tabela 3 – Efeito do tipo de carboidrato e adição de óleo sobre o balanço de nitrogênio e síntese de proteína microbiana de cabras leiteiras.....	37
Tabela 4 – Interações entre o tipo de carboidrato e a inclusão ou não de óleo em dietas para cabras leiteiras sobre as variáveis nutricionais	39

CAPÍTULO II

Tabela 1 – Proporções dos ingredientes, composição química (g/kg MS de alimento consumido) e perfil de ácidos graxos das dietas experimentais	43
Tabela 2 – Efeito do tipo de carboidratos e adição de óleo sobre a produção e composição físico-química do leite de cabras.....	47
Tabela 3 – Efeito do tipo de carboidratos e adição de óleo sobre o perfil de ácidos graxos (mg/g de ácidos graxos total) na gordura do leite de cabra.....	49
Tabela 4 – Efeito do tipo de carboidratos e adição de óleo sobre as somas parciais de ácidos graxos (mg/g de ácidos graxos totais), razão t_{10}/t_{11-18} :1 da gordura do leite de cabras.....	54