

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

PRODUÇÃO E QUALIDADE DO LEITE E DA CARNE DE CAPRINOS
ANGLO NUBIANOS SUPLEMENTADOS COM ÓLEOS VEGETAIS

Andréia Cristina Toniolo Chávári

Tese apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia
como parte das exigências para
obtenção do Título de Doutor em
Zootecnia.

BOTUCATU - SP

Fevereiro – 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DO LEITE E DA CARNE DE CAPRINOS
ANGLO NUBIANOS SUPLEMENTADOS COM ÓLEOS VEGETAIS**

Andréia Cristina Toniolo Chávári

Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Heraldo Cesar Gonçalves

Co-orientador: Prof. Dr. Roberto de Oliveira Roça

Tese apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia
como parte das exigências para
obtenção do Título de Doutor em
Zootecnia.

BOTUCATU - SP

Fevereiro – 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

C512p Chávári, Andréia Cristina Toniolo, 1980-
Produção e qualidade do leite e da carne de caprinos
anglo nubianos suplementados com óleos vegetais / Andréia
Cristina Toniolo Chávári. - Botucatu : [s.n.], 2015
viii, 94 f. : il. color. tabs.

Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista, Facul-
dade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2015
Orientador: Heraldo Cesar Gonçalves
Coorientador: Roberto de Oliveira Roça
Inclui bibliografia

1. Caprino. 2. Canola. 3. Lipídeos. 4. Girassol. 5. Soja
I. Gonçalves, Heraldo Cesar Gonçalves. II. Roça, Roberto de
Oliveira. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mes-
quita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina
Veterinária e Zootecnia. IV. Título.

“Deus é o nosso refúgio e fortaleza, socorro bem presente nas tribulações.

Portanto, não temeremos ainda que a terra se transtorne e os montes se abalem no seio dos mares;

ainda que as águas tumultuem e espumejem e na sua fúria os montes se estremeçam.

Há um rio cujas correntes alegram a cidade de Deus, o santuário das moradas do Altíssimo.

Deus está no meio dela; jamais será abalada; Deus a ajudará desde antemanhã.

Bramam nações, reinos se abalam; ele faz ouvir a sua voz, e a terra se dissolve.

O Senhor dos Exércitos está conosco; o Deus de Jacó é o nosso refúgio.”

Salmo 46: 1-7

Aos meus pais, Ademir e Vera, que sempre com muito amor, carinho e dedicação me ensinaram os caminhos a trilhar e que com muito incentivo me ajudaram a concluir mais esta etapa!

Dedico

Ao meu amado marido Diego, pelo companheirismo e incentivo, e ao meu filhinho Pedro, que ainda não veio ao mundo, mas já amo incondicionalmente,

Ofereço

Agradecimentos

A Deus em primeiro lugar, pela sua onipresença, por me conceder inteligência para o desenvolvimento da pesquisa, sabedoria para solucionar os problemas da melhor maneira e força para não sucumbir nos momentos difíceis.

A toda minha família, por sempre me apoiar nos estudos e pela ajuda até mesmo para a realização do experimento.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade e confiança.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de estudo (processo Fapesp 2012/02988-0) e auxílio pesquisa (processo Fapesp 2012/07293-0), sem o qual seria impossível realizar este trabalho.

Ao professor Roberto de Oliveira Roça, pela co-orientação, pela amizade, pelos bons conselhos e pelo exemplo de professor que é.

Ao professor Paulo Roberto de Lima Meirelles, pela ajuda e esclarecimento de dúvidas no período experimental e nos resultados e pelas sugestões no exame de qualificação e defesa.

Ao professor Heraldo Cesar Gonçalves, pela orientação.

À Dra. Simone Fernandes pela colaboração e sugestões no exame de qualificação.

Aos professores Claudete Regina Alcalde, Renata Branco Arnandes e Otávio R. Machado Neto pelo aceite e disposição em participar da banca de defesa, colaborando com correções e sugestões que lapidaram este trabalho.

Ao zootecnista André Michel de Castilho pelo auxílio na formulação das dietas experimentais.

Aos meus amigos Lucas Schimmidt Dibbern e Francisco Javier Pastor Lopez pela verdadeira amizade, pela ajuda na condução dos experimentos e pelo apoio, conversas e conselhos tanto nos momentos bons como nos difíceis. Sem vocês não teria conseguido.

À aluna de iniciação científica Priscila Shoeps Orsini, pelo auxílio na condução do experimento, amizade e boas conversas.

Às pós-graduandas Raquel Vasconcelos Lourençon e Viviane Farina Monteiro pela amizade e que, mesmo trabalhando em projetos distintos disponibilizaram de tempo para auxílio em algumas etapas deste trabalho.

Ao prof. Dante Pazzanese Lanna, por disponibilizar o Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal da Esalq para a realização das análises de perfil de ácidos graxos

do leite e dos alimentos, e pelos seus funcionários, Maria Antonia (Tuka) e Daniel, que auxiliaram na realização dessas análises de forma tão dedicada.

À Gisele Setznagl pela amizade, auxílio e dedicação nas análises realizadas no Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Unesp, Botucatu/SP.

Aos funcionários Maria Cecília dos Santos, João Antonio Gomes Filho e aos pós-graduandos Carolina T. Santos, Nara Laiane C. Delbem e Guilherme Sampaio do Laboratório de Tecnologia de Carnes da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Botucatu/SP, pelo auxílio nas análises, pela amizade e bons momentos que passamos juntos.

Ao Ari Castro, funcionário do Laboratório de Bromatologia da USP – Pirassununga/SP pela imensa atenção e paciência e pelas análises de nitrogênio amoniacal e ácidos graxos de cadeia curta do líquido ruminal realizadas.

Aos funcionários do setor de produção de caprinos e da fábrica de ração por toda ajuda recebida nos momentos em que precisei de seus serviços e pelo agradável convívio.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para o sucesso deste trabalho,

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

	Página
Resumo	1
CAPÍTULO I	2
Revisão de Literatura.....	3
Considerações iniciais	3
Alimentos funcionais.....	3
Ácidos graxos	4
Ácidos graxos na alimentação humana	4
Óleos vegetais.....	5
Características do leite, da carcaça e da carne caprina e manipulação do perfil de ácidos graxos pela adição de lipídeos em dietas para ruminantes.....	6
<i>O leite de cabra.....</i>	<i>7</i>
<i>A carcaça e a carne caprina.....</i>	<i>8</i>
<i>Adição de lipídeos na dieta de ruminantes</i>	<i>10</i>
Fermentação ruminal.....	13
Referências bibliográficas.....	16
CAPÍTULO II	24
PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO LEITE DE CABRAS ANGLO NUBIANAS SUPLEMENTADAS COM ÓLEOS VEGETAIS	25
Resumo.....	25
Abstract.....	26
Introdução	27
Material e Métodos.....	28
Resultados e Discussão.....	35
Conclusão	47
Referências.....	48
CAPÍTULO III	51
CONSUMO E PARÂMETROS RUMINAIS EM CABRAS SUPLEMENTADAS COM ÓLEOS VEGETAIS	52
Resumo	52

Abstract.....	53
Introdução.....	54
Material e Métodos.....	55
Resultados e Discussão.....	60
Conclusão.....	67
Referências.....	68
 CAPÍTULO IV	 71
DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA, PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS E QUALIDADE DA CARNE DE CABRITOS ANGLO NUBIANOS SUPLEMENTADOS COM ÓLEOS VEGETAIS.....	72
Resumo.....	72
Abstract.....	73
Introdução.....	74
Material e Métodos.....	75
Resultados e Discussão.....	80
Conclusão.....	88
Referências.....	89
 CAPÍTULO V	 92
IMPLICAÇÕES.....	93

LISTA DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO II	24
Tabela 1. Composição das dietas (g/kg), custo do suplemento e composição química dos ingredientes, da forragem e dos suplementos expressa em g/kg de matéria seca	30
Tabela 2. Perfil dos principais ácidos graxos da forragem, dos óleos e dos suplementos	32
Tabela 3. Consumo médio de matéria seca total, da forragem, do suplemento e de nutrientes em função dos tratamentos	35
Tabela 4. Teores dos constituintes do leite em função dos tratamentos	36
Tabela 5. Equações de regressão para os componentes do leite em função do estágio de lactação	37
Tabela 6. Médias de tratamento e regressão do teor de proteína em função da interação entre tratamento e estágio de lactação	38
Tabela 7. Média dos ácidos graxos saturados em função dos tratamentos e estádios de lactação (regressão)	40
Tabela 8. Média dos ácidos graxos monoinsaturados em função dos tratamentos e estádios de lactação (regressão)	41
Tabela 9. Média dos ácidos graxos poli-insaturados em função dos tratamentos e estádios de lactação	42
Tabela 10. Médias de $\omega 3$, $\omega 6$, das razões AGMI/AGS e AGPI/AGS e índices de qualidade da fração lipídica do leite em função dos tratamentos e estádios de lactação	43
Tabela 11. Média dos ácidos graxos poli-insaturados e razões influenciados pela interação entre tratamento e estágio de lactação	45
CAPÍTULO III	51
Tabela 1. Composição das dietas (g/kg), custo do suplemento e composição química dos ingredientes, da forragem e dos suplementos expressas em gramas/quilo de matéria seca (g/kg)	57
Tabela 2. Perfil dos principais ácidos graxos da forragem, dos óleos e dos suplementos	58

Tabela 3. Consumo de matéria seca total, da forragem e do suplemento, denutrientes e ganho de peso médio diário dos animais em função dos tratamentos.....	60
Tabela 4. Médias de pH, das concentrações de nitrogênio amoniacal, de ácidos acético, propiônico e butírico, da razão acético/propiônico e AGCC _{total} em função dos tratamentos e tempos de coleta (regressão).....	62
CAPÍTULO IV	71
Tabela 1. Composição (% matéria seca) e custo das dietas, composição química dos ingredientes e das dietas expressas em porcentagem de matéria seca	76
Tabela 2. Perfil dos principais ácidos graxos dos óleos e das dietas	77
Tabela 3. Média de desempenho de cabritos Anglo Nubianos em função dos tratamentos.....	81
Tabela 4. Peso vivo ao abate, parâmetros de carcaça e rendimento dos cortes em relação à meia carcaça de cabritos Anglo Nubianos em função dos tratamentos.....	81
Tabela 5. Composição centesimal, valor de pH, perda de líquido por cozimento, força de cisalhamento e cor da carne de cabritos Anglo Nubianos suplementados com óleos vegetais	82
Tabela 6. Ácidos graxos saturados do músculo <i>L. dorsi</i> em função dos tratamentos.....	84
Tabela 7. Ácidos graxos monoinsaturados do músculo <i>L. dorsi</i> em função dos tratamentos.....	85
Tabela 8. Ácidos graxos poli-insaturados do músculo <i>L. dorsi</i> em função dos tratamentos.....	86
Tabela 9. Teores de ômega 3, ômega 6, CLA, razões AGMI/AGS, AGPI/AGS, ômega 6/ômega3 e índices de qualidade nutricional da fração lipídica do músculo <i>L. dorsi</i> em função dos tratamentos.....	86

LISTA DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO III	51
Figura 1. Concentração de AGCC _{total} e valores de pH em função do tempo de coleta (horas).....	64
Figura 2. Concentração ruminal de ácido acético em função do tempo de coleta (horas)	65
Figura 3. Concentração ruminal de ácido butírico em função do tempo de coleta (horas)	65
Figura 4. Concentração ruminal de ácido propiônico em função do tempo de coleta (horas).....	66
Figura 5. Comportamento da razão acético/propiônico (A/P) em função do tempo de coleta (horas)	66

Resumo

Produção e qualidade do leite e da carne de caprinos Anglo Nubianos suplementados com óleos vegetais

O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho, a composição e o perfil de ácidos graxos do leite e da carne de caprinos suplementados com óleos de canola, girassol ou soja. Adicionalmente foi realizado um estudo para avaliar os parâmetros ruminais. No experimento I, 32 cabras foram distribuídas em delineamento em blocos casualizados e quatro tratamentos: dieta controle ou com inclusão de 3% na matéria seca de óleos de canola, girassol ou soja. Não houve alteração da produção de leite. Dentre os constituintes do leite, o nitrogênio ureico apresentou menor teor para o tratamento controle, e a proteína, interação entre tratamento e dias de lactação, com aumento em seu teor nos estádios finais da lactação. A adição de óleos vegetais promoveu redução no teor de ácidos graxos saturados (AGS) e aumento no de monoinsaturados (AGMI) e ácido linoléico conjugado (CLA). Houve melhora nas razões AGMI/AGS, ácidos graxos poli-insaturados/ ácidos graxos saturados (AGPI/AGS), hipocolesterolêmicos/ hipercolesterolêmicos (HH) e índices de aterogenicidade e trombogenicidade (IA e IT) em comparação à dieta controle. No experimento II, quatro cabras canuladas no rúmen foram distribuídas em um delineamento em quadrado latino 4x4 para avaliar as dietas do experimento I. Não houve diferença no consumo de matéria seca (CMS). O valor de pH foi maior para o tratamento com adição de óleo de soja e menor para o controle. No experimento III, foi avaliado o desempenho, as características de carcaça, a composição, qualidade e perfil de ácidos graxos da carne de 48 cabritos alimentados com dietas compostas por 80% de concentrado (controle e com 2,5% na matéria seca de óleos de canola, girassol ou soja) e 20% de volumoso (feno de *Coast cross*). Não houve diferença para desempenho, características de carcaça e qualidade da carne. No perfil de ácidos graxos os ácidos caprílico, palmítico e heptadecanóico apresentaram diferença para tratamento e o teor de AGS foi reduzido para o tratamento com inclusão de óleo de girassol. Dentre os AGPI, o linoléico apresentou maior teor para o tratamento com óleo de girassol, assim como o total de ômega 6. O teor total de AGPI foi maior para a suplementação com óleo de soja. O teor de CLA, o IA e a razão HH foram melhores para a suplementação com óleos de girassol e soja.

Palavras-chave: canola, caprinos, lipídeos, girassol, soja

CAPÍTULO I

Revisão de Literatura

Considerações iniciais

Tendo em vista a modificação do estilo de vida nas últimas décadas, uma grande preocupação das pessoas do século XXI é sem dúvida com relação à saúde (LIMA JÚNIOR et al., 2011). Como a dieta é uma variável que influencia diretamente a saúde dos indivíduos, a alimentação adequada é uma alternativa para manter uma vida mais longa e saudável e as pesquisas com alimentos, uma fonte para novos conhecimentos (VIZZOTTO et al., 2010). O conceito de nutrição está evoluindo e a dieta tem sido entendida não somente como fornecedora de nutrientes, mas tem recebido enfoque terapêutico e preventivo que atua na promoção da saúde (ANGELIS, 2001; SILVEIRA-RODRIGUEZ et al. 2003) e estimula as pesquisas na área de produção e tecnologia de alimentos de forma a gerar produtos mais saudáveis ao consumidor.

Alimentos funcionais

Segundo a resolução nº19, de 30 de abril de 1999 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a definição para alegação de propriedade funcional de um alimento é aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano.

Os alimentos funcionais representam uma das tendências mais recentes para o mercado de alimentos. Segundo Ikeda et al. (2010) a Euromonitor (2007) estima que em 2005, o mercado mundial de alimentos funcionais movimentou cerca de US\$ 60 bilhões na Europa, Estados Unidos e Ásia. No Brasil estes produtos responderam por pelo menos US\$ 600 milhões no mesmo ano e o conjunto já chega a representar 15% do total do mercado de alimentos.

O estudo da funcionalidade dos alimentos iniciou-se pela observação da baixa incidência de doenças em alguns povos e da associação deste efeito às suas dietas. Por exemplo, os esquimós, com alimentação baseada em peixes e produtos do mar ricos em ômega 3 e 6 têm baixo índice de doenças cardíacas, assim como os franceses, consumidores de vinho tinto. Os orientais, devido ao consumo de soja, que contém fitoestrogênios, têm pouca incidência de câncer de mama (ANJO, 2004).

Os fitoquímicos, terpenóides, compostos nitrogenados, metabólitos fenólicos, oligossacarídeos, polissacarídeos e os ácidos graxos são citados por Anjo (2004)

como os compostos bioativos dos alimentos funcionais e dentre eles, os ácidos graxos serão o foco desta tese.

Um ponto importante a salientar é que os alimentos funcionais também não podem ser consumidos com exagero. O consumo em excesso das substâncias ativas de sua composição pode provocar efeitos danosos se a ingestão ultrapassar a dose diária recomendada, no entanto, o limite máximo para este consumo ainda precisa ser esclarecido (HUGGET e VERSCHUREN, 1996; MILNER, 1999).

Ácidos Graxos

Os ácidos graxos são cadeias hidrocarbonadas que possuem um grupo carboxila terminal (GODBER, 1994). Podem se apresentar como saturados, quando existem somente ligações simples entre os átomos de carbono, e insaturados, quando apresentam duplas ligações. Os ácidos graxos insaturados podem ainda ser subdivididos em: monoinsaturados, com uma única dupla ligação; poli-insaturados, com duas, três ou quatro duplas ligações e altamente insaturados, quando possuem cinco ou seis duplas ligações na estrutura carbônica (GODBER, 1994).

Ácidos graxos na alimentação humana

A recomendação considerada nutricionalmente ideal para uma boa saúde é a redução no consumo de ácidos graxos saturados dando lugar aos ácidos graxos mono e poli-insaturados (COSTA e BORÉM, 2003).

Após uma refeição com alta concentração de lipídeos, parte dos ácidos graxos da dieta é estocada no tecido adiposo. Desse tecido, são mobilizados para o plasma como ácidos graxos livres e então utilizados pelo fígado para a produção de triglicerídeos, os quais são exportados na forma de lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL). Uma vez no plasma, as VLDL liberam seu triglicerídeo, originando então as lipoproteínas de baixa densidade (LDL), principal transportadora do colesterol plasmático (BEYNEN e KATAN, 1985).

Tem sido proposto que os ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) promovem uma diminuição na produção de lipoproteínas. Lewis et al. (1974), citados por Beynen e Katan (1985), sugerem que os AGPI, quando comparados aos ácidos graxos saturados (AGS), são menos eficientemente incorporados a triglicerídeos no fígado para serem exportados na forma de VLDL, o que promove redução na concentração de VLDL e triglicerídeos no plasma com conseqüente diminuição na concentração

plasmática de LDL. Este efeito tem sido comumente observado após o consumo de dietas ricas em ácido linoléico (CHAIT et al., 1974; BRUSSAARD et al., 1980).

Tendo em vista essas considerações, sugere-se que o alimento deva conter alta concentração de ácidos graxos “desejáveis”, que são o C18:0 (esteárico) e todos os ácidos graxos insaturados (BANSKALIEVA et al., 2000), ou seja, aqueles que não exercem efeito adverso na saúde do consumidor. O ácido esteárico, apesar de saturado, é convertido a ácido oléico (C18:1n9) no organismo (GRUNDY e DENKE, 1990), e, por isso não afeta a concentração de colesterol total do ser humano. Uma segunda consideração é que a razão AGPI/AGS (ácidos graxos poli-insaturados/ácidos graxos saturados) no alimento deve ser alta, com valor mínimo de 0,45 (ENSER et al., 1998).

Dentre os ácidos graxos poli-insaturados, o ácido linoléico ($\omega 6$) e o α -linolênico ($\omega 3$) são tidos como essenciais por não serem sintetizados pelos mamíferos pelo fato de não possuírem enzimas dessaturases que inserem duplas ligações entre os carbonos 3-4 e 6-7 na porção terminal da molécula de ácido graxo, portanto, devem ser obtidos obrigatoriamente da dieta (ROSE e CONNOLLY, 1999; TEITELBAUM e WALKER, 2001). Segundo Youdim et al. (2000), o ácido linoléico é convertido por uma série de dessaturações e alongações em ácido araquidônico e o ácido α -linolênico, da mesma forma, origina os ácidos eicosapentaenóicos (EPA) e docosaexaenóico (DHA), os quais irão formar eicosanóides (prostaglandinas, tromboxanos e leucotrienos).

É importante ressaltar que os ácidos graxos $\omega 3$ e $\omega 6$ atuam de forma adequada e benéfica quando são consumidos na proporção de três partes de $\omega 6$ para uma parte de $\omega 3$ (VIZZOTTO et al., 2010), pois segundo Enser et al. (2000), altas concentrações de $\omega 6$ levam à produção de eicosanóides com forte tendência trombótica, predispondo os consumidores a doenças coronarianas.

Considerando esses aspectos, além de consumir alimentos com bom perfil de ácidos graxos, é importante também atentar às proporções de cada tipo de ácido graxo presente no alimento, para uma nutrição adequada e saudável.

Óleos Vegetais

Os óleos vegetais contém alta proporção de ácidos graxos insaturados em relação aos saturados, que proporciona digestibilidade aparente mais alta que as fontes lipídicas de origem animal (COSTA et al., 2009) e, conseqüentemente, produzem efeitos diferentes no perfil lipídico dos produtos gerados.

Os ácidos graxos insaturados, principalmente os poli-insaturados essenciais linoléico ($\omega 6$) e linolênico ($\omega 3$) estão presentes em abundância nos óleos vegetais como os de soja, girassol, canola e linhaça, e sua concentração, que é normalmente baixa no leite e na carne de ruminantes, pode ser elevada se os animais forem alimentados com dietas ricas em óleo de cereais e sementes (DEMEYER e DOREAU, 1999).

A produção de óleos tem crescido a cada ano, principalmente em função da produção de biodiesel, fonte de combustível vegetal promissor no Brasil e no mundo. Em 2004 a produção de óleo do Brasil foi de 89% para o de soja, 2% para o de palma, 1% para o de mamona e 8% para os outros (Abiove, 2006).

Segundo Santos et al. (2009), a canola (*Brassica napus L.*) apresenta grande importância mundial na produção de óleo comestível. É considerada um alimento protéico com 23-25,5% de proteína bruta na matéria seca, porém de valor biológico inferior ao da soja (BELL, 1993). A produção de óleo de canola tem crescido devido à sua composição em ácidos graxos, pois possui cerca de 60% de ácido oléico, 20% de ácido linoléico e 9,5% de linolênico, em contrapartida do baixo teor de ácidos graxos saturados (6,3%) (THE AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY – AOCS, 1992).

O girassol (*Helianthus annuus L.*) é outra oleaginosa que tem ganhado destaque por suas sementes possuírem cerca de 40% de óleo, sendo a maioria constituída por ácidos graxos insaturados (GIBB et al., 2004). Este óleo apresenta importantes características nutritivas por seu alto conteúdo de ácido linoléico (55-75%), o que faz com que seja bastante recomendado na prevenção das enfermidades cardiovasculares produzidas pelo excesso de colesterol.

Com relação à soja (*Glycyne max L.*), cujos grãos apresentam cerca de 20% de lipídios (GONÇALVES et al., 2014), o Brasil é considerado um dos maiores produtores mundiais (CONAB, 2013). Seu óleo é obtido por meio de processos tecnológicos, e passa pelo refino para o consumo humano. De acordo com a ANVISA (1999) o produto é fonte de ácidos graxos essenciais, e pode apresentar de 44 a 62% de ácido linoléico e de 4 a 11% de ácido linolênico.

Características do leite, da carcaça e da carne caprina e manipulação do perfil de ácidos graxos pela adição de lipídios em dietas para ruminantes

O leite de cabra

Segundo dados da *Food and Agricultural Organization* (FAO, 2014), a produção de leite de cabras no Brasil apresenta-se em torno de 150 mil toneladas/ano e, embora tenha ocorrido redução no rebanho nacional de 9.428.620 cabeças, em 2002, para 8.646.463 cabeças em 2013, a produção leiteira apresentou crescimento de 4,05% num período de dez anos, refletindo em produção mais eficiente e ligeiro aumento na demanda do produto.

O leite de cabra é reconhecido como importante alimento na nutrição de crianças e idosos por apresentar alta digestibilidade e também pelas suas características de hipoalergenicidade (SILVA et al., 2007), realçando o potencial deste produto no mercado.

Do ponto de vista físico-químico, o leite é uma mistura homogênea de grande número de substâncias (lactose, glicerídeos, proteínas, sais, vitaminas, enzimas), das quais algumas estão em emulsão: gordura e substâncias associadas; em suspensão: as caseínas ligadas a sais minerais; e outras em dissolução verdadeira: lactose, vitaminas hidrossolúveis, proteínas do soro, sais (ORDÓÑEZ, 2005). Segundo Mendes et al. (2009), o leite de cabra é muito semelhante ao de vaca se comparados grosseiramente, entretanto, o de cabra apresenta muitas vantagens nutricionais em relação ao de vaca.

O leite caprino apresenta concentração de proteína semelhante ao leite de vaca (HAENLEIN e CACCESE, 1984; MAREE, 1985), entretanto o leite de cabra apresenta baixo teor da proteína caseína alfa-s1, o que leva à produção de coalhos mais fracos e menos compactos se comparados ao leite de vaca (Grzesiak, 1997, citado por JACOPINI et al. 2011), e por isso é mais facilmente digerido no estômago, facilitando o processo digestivo (JACOPINI et al., 2011).

De acordo com Khan et al. (2006), o leite caprino contém mais cálcio, cobre, manganês e zinco que o leite de ovelha. Quanto aos níveis de selênio, são significativamente mais altos que os encontrados no leite de vaca (Chadan et al., 1992, citado por MENDES et al., 2009). Apresenta também teor de vitamina A mais alto do que o leite de vaca, e supre adequadamente a necessidade desta vitamina, de niacina e excede o de tiamina, riboflavina e pantotênico para recém nascidos (PARK, 2006; PARK et al., 2007).

A média do tamanho dos glóbulos de gordura no leite de cabra (3,5 μm) é significativamente menor do que no leite de vaca (4,5 μm) além de possuir uma maior porcentagem de pequenos glóbulos de gordura em comparação ao leite de vaca

(Chandan et al., 1992, citado por MENDES et al., 2009) e por este motivo apresenta melhor digestibilidade.

De acordo com Bomfim et al. (2006), a gordura do leite de cabra não é uma boa fonte de ácidos graxos do grupo ômega-3 ou ômega-6, portanto, a elevação do CLA (ácido linoléico conjugado) é uma opção interessante para melhorar o leite, não só pelas inúmeras evidências de funcionalidade, mas também pela singularidade da sua presença na gordura de ruminantes, uma vez que a síntese natural desta molécula tem como origem a fermentação ruminal a partir dos lipídeos dietéticos (BOMFIM et al., 2011). Por este motivo, o leite caprino necessita da aplicação de métodos de produção e beneficiamento diferenciados para que sejam oferecidos produtos melhorados (RAYNAL-LJUTOVAC et al., 2008) para promover aumento de sua demanda no mercado nacional.

As tentativas de modificação da gordura do leite de ruminantes do ponto de vista de alegação de propriedades funcionais tem objetivado a diminuição da taxa de ácidos graxos saturados: insaturados, aumento no teor de ácidos graxos poli-insaturados, principalmente do grupo $\omega 3$, e no conteúdo de ácido linoléico conjugado conhecido por CLA (HILLBRICK e AUGUSTIN, 2002).

A carcaça e a carne caprina

Os caprinos apresentam carcaças pequenas, magras e pouco compactas (MADRUGA, 1999), e uma de suas particularidades em relação às demais espécies de ruminantes é a distribuição de gordura corporal que se apresenta em torno de 50 a 60% depositada na cavidade abdominal (SIMELLA et al., 1999), o que resulta numa carcaça pobre em gordura subcutânea, inter e intramuscular.

Quanto ao rendimento comercial, os cabritos mestiços $\frac{3}{4}$ Anglo Nubianos x $\frac{1}{4}$ SRD abatidos com 20, 25 e 30 kg, e mestiços $\frac{1}{2}$ Anglo Nubianos x $\frac{1}{2}$ Alpinos abatidos com 110 dias de idade, apresentaram valores de 44,73% e 41%, respectivamente (OLIVEIRA et al., 2008; GOMES et al., 2011). Este parâmetro pode variar bastante conforme a raça e peso de abate adotado. Valores baixos como 44,1 e 44,35% são encontrados em cabritos da raça Saanen ou mestiços Boer x Saanen abatidos com 30 kg de peso vivo, ou mais elevados, com 47% em cabritos da raça Saanen, abatidos com peso de 35 kg e pode ainda atingir valores em torno de 50% em raças como Boer, especializada na produção de carne (GRANDE et al., 2003; YÁÑEZ et al., 2006; GRANDE et al., 2009).

As características físicas utilizadas para avaliação da qualidade da carne são: pH, cor, perda de peso por cozimento e força de cisalhamento.

O pH constitui um dos fatores mais importantes na transformação de músculo em carne, com efeito decisivo sobre a qualidade da carne fresca e dos produtos derivados (OSÓRIO e OSÓRIO, 2000; ORDONEZ, 2005). Quando o pH permanece acima de 5,8, 24 horas após o abate, se originam as chamadas carnes DFD (dark, firm, dry), escuras, duras e secas, pois, segundo Tarrant (1989), esta situação proporciona às proteínas musculares alta capacidade de retenção de água, porém a carne se apresenta escura e com vida de prateleira curta. O pH final da carne caprina varia entre 5,48 a 6,03 (SEN et al., 2004; MADRUGA et al., 2005), valores considerados elevados quando comparados às carnes vermelhas de outras espécies (LAWRIE, 2005).

A cor da carne é uma das principais características que o consumidor aprecia no momento da compra e constitui o critério básico para sua escolha (MONTE et al., 2012). Normalmente, a coloração da carne é determinada pela concentração total de mioglobina e pelas proporções relativas desse pigmento no tecido muscular, que pode ser encontrado na forma de mioglobina reduzida, com coloração púrpura, oximioglobina, de cor vermelha brilhante e metamioglobina, normalmente marrom (COSTA et al., 2011).

A carne caprina geralmente apresenta cor vermelho intensa, um baixo valor de luminosidade e alto de vermelho em comparação aos ovinos, principalmente devido ao baixo conteúdo de gordura intramuscular (BABIKER et al., 1990) e, segundo Prache et al. (1990), a composição dos ácidos graxos pode influenciar a cor da carne, considerando-se que os insaturados apresentam uma menor refletividade que os saturados.

A perda de líquido por cozimento (PPC) é uma medida de qualidade que está associada ao rendimento da carne no momento do consumo, e é uma característica influenciada pela capacidade de retenção de água nas estruturas do produto (MONTE et al., 2012). De acordo com Schönfeldt et al. (1993), devido ao baixo nível de gordura subcutânea, a carne caprina apresenta menor PPC que a carne ovina. Kannan et al. (2001), ao avaliarem a qualidade da carne caprina, determinaram PPC entre 14,2 e 27,4%.

A maciez da carne é um dos mais importantes atributos de satisfação do consumidor (ARGÜELLO et al., 2005) e representa o principal quesito de avaliação ou apreciação da carne após sua aquisição (COSTA et al., 2008). O método objetivo para

determinar a maciez da carne utiliza equipamento como o texturômetro, que mede a força necessária para o cisalhamento de uma seção transversal de carne e, quanto maior a força dispensada, menor é a maciez apresentada pelo corte de carne (ALVES e MANCIO, 2007). De acordo com Souza et al. (2004), a carne com força de cisalhamento acima de 11 kg-f é classificada como dura, entre 8 e 11 kg-f, aceitável, e abaixo de 8 kg-f como macia, contudo os valores obtidos são dependentes de uma série de fatores como concentração de lipídios na carne (SEN et al., 2004) e ligações químicas termoestáveis entre as moléculas de colágeno (DHANDA et al., 2003), por exemplo.

Com relação à composição química da carne caprina, a água é o componente mais abundante, com 64,74 a 80,25%, o de proteína, entre 15,90 a 27,24% (SCHÖNFELDT et al., 1993; BESERRA et al., 2000). O teor de gordura situa-se entre 1,12 e 8,52% (BESERRA et al., 2000; MADRUGA et al., 2008) e o de cinzas varia de 0,99 a 1,10% (SCHÖNFELDT et al., 1993; DHANDA et al., 1999).

Atualmente, existe uma preocupação com a saúde alimentar humana, não somente quanto à qualidade sanitária dos alimentos, mas principalmente em relação aos possíveis efeitos (maléficos ou benéficos) sobre a saúde dos consumidores (Kazama et al., 2008). A busca por alimentos mais saudáveis e a maior exigência em relação à qualidade dos produtos direcionaram parte do mercado a consumir carnes de melhor qualidade nutricional e sensorial (COSTA et al., 2008), com preferência para aquelas com menores teores de gordura e colesterol. Neste sentido, a carne caprina tem sido considerada um produto com alto potencial de expansão, em decorrência de sua composição, pois, quando comparada a outras carnes vermelhas, como a bovina e ovina, apresenta quantidades semelhantes em proteína e ferro, porém quantidades menores de gordura, o que resulta em menor proporção de gordura saturada e calorias (MALAN, 2000), além de menores níveis de colesterol (NAUDÉ e HOFMEYER, 1981).

Adição de lipídeos na dieta de ruminantes

Segundo o NRC (2007), os lipídeos possuem maior valor energético do que qualquer outro nutriente e representam a fonte de reserva energética mais importante para os animais. O uso de fontes de gordura é uma prática nutricional que tem sido bastante utilizada e pode proporcionar diversos benefícios para animais de alta produção (MAIA et al., 2011), além de ser uma maneira eficiente para modificar a composição de ácidos graxos do leite (HERVÁS et al. 2008).

Em animais monogástricos os ácidos graxos são absorvidos no intestino sem serem previamente metabolizados, portanto, existe relação próxima entre a composição de ácidos graxos absorvidos e a da dieta (WOOD et al., 2008). Em ruminantes, os ácidos graxos insaturados são extensivamente metabolizados no rúmen (biohidrogenação), o que resulta em isomerização *trans* seguida de hidrogenação das duplas ligações e leva à produção de vários isômeros insaturados (CLA, e ácidos graxos mono e poli-insaturados *trans*). Assim, existe diferença na composição entre os ácidos graxos do alimento consumido e dos ácidos graxos absorvidos (DOREAU et al., 2011) o que influencia a composição lipídica final dos produtos desses animais.

Considerando a composição de ácidos graxos dos óleos vegetais (ricos em ácidos graxos insaturados), muitos estudos têm sido realizados com o intuito de adicioná-los na dieta de ruminantes para manipular o perfil de ácidos graxos da carne e do leite. Para entender o funcionamento dessa estratégia é imprescindível entender o processo de biohidrogenação ruminal, que, segundo Palmquist e Mattos (2011), consiste num mecanismo de defesa dos micro-organismos ruminais para reduzir a toxidez que os ácidos graxos insaturados exercem sobre eles.

Inicialmente, os lipídeos dietéticos que chegam ao rúmen sofrem o processo de lipólise, no qual são hidrolisados a ácidos graxos e glicerol. Os ácidos graxos insaturados liberados na lipólise passam pelo processo de biohidrogenação, que consiste na adição de hidrogênio nas duplas ligações para aumentar o grau de saturação destes. Os ácidos graxos poli-insaturados, principalmente o linoléico e o linolênico, liberados pela quebra da ligação éster, são hidrogenados pelas bactérias, tendo como produto final o ácido esteárico (C18:0) (BONDI, 1987). Durante este processo, as moléculas sofrem reações de isomerização e hidrogenação e produzem diferentes intermediários. O processo de biohidrogenação é limitado pela taxa que as enzimas responsáveis apresentam (*rate-limiting enzymes*) e isso permite que alguns ácidos graxos C18 e seus intermediários, dentre eles o CLA e o ácido vacênico, “escapem” da biohidrogenação (BOMFIM et al., 2011).

Dentre as alternativas para melhorar o perfil lipídico dos produtos de ruminantes, Hillbrick e Augustin (2002) relatam a redução da razão ácidos graxos saturados/ácidos graxos insaturados, aumento no nível de ácidos graxos poli-insaturados da série ômega-3 e aumento no conteúdo de CLA. A elevação do CLA é uma opção bastante interessante pelas inúmeras evidências de funcionalidade relacionadas às propriedades anticarcinogênica, antioxidante, fator de crescimento, lipólise e/ou

redução da lipogênese especialmente no tecido adiposo abdominal e aumento da resposta imune (COOK et al., 1993; NICOLOSI et al., 1993; CHIN et al., 1994; PARODI, 1997; PARODI, 2003; MOURÃO et al., 2005) e também pela singularidade de sua presença na gordura de ruminantes, uma vez que a síntese natural desta molécula tem como origem a fermentação ruminal a partir dos lipídeos dietéticos (BOMFIM et al., 2011).

Segundo Bauman et al. (2006), parte do CLA encontrado na gordura do leite é resultado da ação da enzima Δ -9 desaturase, presente no intestino e na glândula mamária, a qual atua sobre o ácido vacênico (C18:1 *trans*11). Assim, os estudos para elevação do CLA devem considerar os aspectos fisiológicos da biohidrogenação e a atividade da Δ -9 desaturase por meio da síntese ruminal de CLA e ácido vacênico (BOMFIM et al., 2011).

Segundo Bomfim et al. (2011), a estratégia de elevação de CLA na gordura do leite está alicerçada na saturação do sistema enzimático com o aumento na quantidade de substratos que entram no processo (ácidos graxos precursores, especialmente C18:2) por meio da suplementação da dieta com óleos vegetais ou alimentos ricos em ácidos graxos insaturados, o que permite maior fluxo de intermediários (CLA e vacênico) para absorção e metabolismo até sua incorporação na gordura láctea.

Resultados de trabalhos demonstram que a adição de óleos vegetais na dieta de cabras em lactação promovem aumento no teor de CLA no leite. Maia et al. (2006) observaram aumento de 87% e 57% no teor de CLA no leite de cabras que receberam 5,1% de óleo de soja e canola, respectivamente, na dieta em comparação à dieta controle, e Matsushita et al. (2007), ao incluir óleos de canola, girassol e soja na dieta de cabras em lactação, observou que o óleo de girassol promove maior incremento de CLA no leite em comparação aos outros óleos utilizados.

Por outro lado, a utilização de lipídeos em dietas para ruminantes pode trazer alguns efeitos negativos. Segundo Doreau e Chilliard (1997), o uso de lipídeos pode acarretar na diminuição da ingestão de alimentos e reduzir a digestibilidade de outros nutrientes da dieta devido às modificações na digestão ruminal e hidrogenação dos ácidos graxos no rúmen. Estes efeitos são atribuídos à aderência de óleo sobre as partículas fibrosas no rúmen, alteração da permeabilidade da membrana das bactérias fibrolíticas, principalmente as celulolíticas (NAGARAJA et al. 1997).

Fermentação Ruminal

A presença de pré-estômagos e da simbiose com micro-organismos que fermentam alimentos fibrosos concede ao ruminante a capacidade em aproveitar de forma eficiente carboidratos fibrosos e compostos nitrogenados não protéicos (VALADARES FILHO e PINA, 2011) por meio da síntese de proteínas, ácidos graxos voláteis, que são a principal fonte energética de ruminantes, e algumas vitaminas.

Para que os micro-organismos se desenvolvam adequadamente e possam degradar eficientemente os alimentos fibrosos, o hospedeiro deve oferecer condições fisiológicas adequadas como pH, temperatura, anaerobiose, substrato e taxa de passagem do alimento pelo trato digestivo. A quantidade de amônia no líquido ruminal é outro fator importante para o desenvolvimento da flora microbiana no rúmen, uma vez que é utilizada pelos micro-organismos para síntese de proteína microbiana (OLIVEIRA et al., 2013).

O pH ruminal é um parâmetro que exerce influência sobre os micro-organismos ruminais e seu valor pode variar de 5,5 a 7,2. Sob condições normais, o pH 6,7 é ideal para o crescimento de micro-organismos celulolíticos e valores abaixo de 6,2 são responsáveis por inibirem a taxa de digestão e aumentar o tempo de colonização para a degradação da parede celular. A secreção salivar, produzida em grande escala durante a ruminação, é controladora das variações de pH ruminal em função de sua ação tamponante e, por isso, a presença de fibras na dieta torna-se importante para a manutenção da microflora ruminal. Dietas com menos de 40% de forragem promovem baixo crescimento microbiano e acarreta em menor produção de proteína microbiana além de promover alteração no perfil de micro-organismos ruminais, pois favorece o crescimento de bactérias amilolíticas em detrimento das celulolíticas (Strobel e Russel, 1986; Russel et al., 1992; Van Soest, 1994, citados por BERCHIELLI et al., 2011).

Os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) são os produtos da fermentação ruminal e, como um grupo, contém de um a sete átomos de carbono e formam cadeias lineares ou ramificadas que incluem os ácidos: fórmico, acético, propiônico, butírico, isobutírico, valérico, isovalérico, 2- metil butírico, hexanóico e heptanóico. A predominância se dá pelos ácidos acético, propiônico e butírico, os quais são produtos da fermentação dos carboidratos provenientes das plantas (celulose, hemicelulose, pectina, amido e açúcares) e apresentam relação molar que varia de 75:15:10 a 40:40:20, para acetato, propionato e butirato, respectivamente (BERGMAN et al., 1990).

Parte da energia para o metabolismo dos ruminantes provém desses AGCC (BALDWIN, 1998; BERCHIELLI et al., 2011). Segundo Bergman et al. (1990), o acetato e a glicose são precursores da acetil Co-A para uso no processo de oxidação ou síntese, tal como lipogênese, o que define o tecido adiposo como grande utilizador de acetato. O butirato é extensivamente metabolizado na parede do rúmen e o propionato é o principal precursor de glicose no fígado.

A manipulação dietética da fermentação ruminal tem sido usada para obtenção de alguns benefícios como: melhorar os processos benéficos (degradação da fibra, utilização do lactato e conversão de compostos nitrogenados não-proteicos em proteína microbiana); minimizar, deletar ou alterar processos ineficientes e prejudiciais para o animal hospedeiro (produção de metano, degradação da proteína e absorção de amônia) (NAGARAJA et al., 1997; VALADARES FILHO e PINA, 2011). Essa manipulação da fermentação ruminal pode ser feita com a inclusão de substâncias como ionóforos, enzimas fibrolíticas, leveduras, lipídios e tampões na dieta dos animais de maneira a controlar e otimizar as reações fermentativas dos componentes dietéticos (VALADARES FILHO e PINA, 2011).

A alimentação natural dos ruminantes tem por base as forragens e, portanto, apresenta baixo teor de lipídeos, sendo assim, segundo Jenkins (1993), os parâmetros fermentativos do rúmen podem ser modificados pela adição de fontes de lipídicas à dieta. No entanto, os efeitos na fermentação dependem da quantidade e da fonte lipídica utilizada (HOMEM JÚNIOR et al., 2010), pois foi observado que os lipídios insaturados e ácidos graxos de cadeia curta exercem mais efeito sobre a fermentação ruminal do que os ácidos graxos saturados e ácidos graxos de cadeia longa (VALADARES e PINA, 2011).

Dentre os efeitos promovidos por lipídios na fermentação ruminal podem ser citados: redução na fermentação dos carboidratos fibrosos; aumento na eficiência microbiana e, conseqüentemente, maior fluxo intestinal de proteína microbiana e diminuição na concentração de amônia ruminal resultante da proteólise e/ou reciclagem de bactérias, ambos em decorrência da diminuição dos protozoários ciliados; aumento na produção de propionato e geralmente redução da metanogênese (NAGARAJA et al., 1997).

Muitas pesquisas têm sido feitas com o intuito de avaliar os efeitos da adição de óleos vegetais na dieta de ruminantes sobre os parâmetros ruminais, porém, os resultados não são ainda muito consistentes. Os resultados dessas pesquisas demonstram tendência de redução na concentração de nitrogênio amoniacal (LIN et

al., 1995; SILVA et al., 2007; SHINGFIELD et al., 2008), ausência de modificação no pH ruminal (SILVA et al., 2007; SHINGFIELD et al., 2008; HERVÁS et al., 2008), aumento na concentração de propionato e redução na de acetato, com conseqüente redução nos valores da relação acetato/propionato (BATEMAN e JENKINS, 1998; VARGAS et al., 2002; SHINGFIELD et al., 2008). Com relação ao butirato, segundo Van Soest e Demeyer (1988), a presença de lipídeos insaturados na dieta promove uma redução em sua produção.

Segundo Valadares e Pina (2011), a utilização de lipídeos nas dietas de ruminantes é recomendada, principalmente para animais de alta produção, graças a seus efeitos benéficos (redução da metanogênese e da concentração de amônia ruminal e aumento na produção de propionato), porém devem-se utilizar fontes lipídicas que possuam alta digestibilidade no intestino delgado para que esses efeitos possam ser maximizados.

Com base no exposto, esta pesquisa propõe avaliar a inclusão de óleos de canola (*Brassica napus* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.) e soja (*Glycyne max* L.) na dieta de caprinos sobre os parâmetros produtivos e melhoria da qualidade do leite e da carne, com ênfase para perfil de ácidos graxos.

O capítulo II, intitulado “**Produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite de cabras Anglo Nubianas suplementadas com óleos vegetais**” está apresentado de acordo com as normas de publicação da revista *Small Ruminant Research* e teve por objetivo avaliar o efeito da adição de óleos de canola, girassol e soja na dieta de cabras em lactação sobre o consumo, a produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite.

O capítulo III, intitulado “**Consumo e parâmetros ruminais de cabras suplementadas com óleos vegetais**” está apresentado de acordo com as normas de publicação da revista *Small Ruminant Research* e objetivou avaliar o consumo e os parâmetros ruminais pH, ácidos graxos de cadeia curta e nitrogênio amoniacal em cabras suplementadas com óleos vegetais.

O capítulo IV, intitulado “**Características de carcaça, perfil de ácidos graxos, composição e qualidade da carne de cabritos Anglo Nubianos suplementados com óleos vegetais**” está apresentado de acordo com as normas de publicação da revista *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, e teve por objetivo avaliar a inclusão de óleos de canola, girassol e soja na dieta de cabritos sobre o desempenho, características da carcaça, qualidade e perfil de ácidos graxos da carne.

Referências Bibliográficas

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. Óleos e Gorduras Vegetais, 1999. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>> Acesso em: 20 jun. 2013.
- ALVES, D.D.; MANCIO, A.B. Maciez da carne bovina – uma revisão. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.14, n.1, p.193-216, 2007.
- ANGELIS, R. C. de. Novos conceitos em nutrição: reflexões a respeito do elo dieta e saúde. **Arquivos de Gastroenterologia**, São Paulo, v. 38, n. 4, p. 269-271, 2001.
- ANJO, D.F.C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal Vascular Brasileiro**, v.3, n.2, p. 145-154, 2004.
- ARGÜELLO, A.; CASTRO, N.; CAPOTE, J.; SOLOMON, M. Effects of diets and live weight at slaughter on kids meat quality. **Meat Science**, n.70, p.173-179, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS. Disponível em: <<http://www.abiove.com.br>> Acesso em: 28 jul. 2014.
- BABIKER, S.A.; EL KHIDIR, I.A.; SHAFIE, S.A. Chemical composition and quality attributes of goat milk and lamb. **Meat Science**, Kidlington, v.28, p. 273-277, 1990.
- BALDWIN, R.L. Use of isolated ruminal epithelial cells in the study of rumen metabolism. **Journal of Nutrition**, (suplement), v.128, p.293-296, 1998.
- BANSKALIEVA, V.; SAHLU, T.; GOETSCH, A.L. Fatty acid composition of goat muscles and depots: a review. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.37, p. 255-268, 2000.
- BATEMAN, H.G.; JENKINS, T.C. Influence of soybean oil in high fiber diets fed to nonlactating cows on ruminal unsaturated fatty acids and nutrient digestibility. **Journal of Dairy Science**, v.81, p. 2451-2458, 1998.
- BAUMAN, D.E.; MATHER, I.H.; WALL, R.J. et al. Major advances associated with the biosynthesis of milk. **Journal of Dairy Science**, v.89, p. 1235-1243, 2006.
- BELL, J.M. Factors affecting the nutritional value of canola meal: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.73, n.4, p.679-697, 1993.
- BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2011.
- BERGMAN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**, v.70, p.567-590, 1990.
- BESERRA, F.J.; MONTE, A.L.S.; BEZERRA, L.C.N.; NASSU, R.T. Caracterização química da carne de cabritos da raça Moxotó e de cruzas Pardo-Alpina x Moxotó. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.1, p.171-177, 2000.
- BEYNEN, A.C.; KATAN, M.B. Why do polyunsaturated fatty acid lower serum cholesterol? **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.42, p.560-563, 1985.

BOMFIM, M.A.D.; QUEIRIGA, R.C.E.; AGUILA, M.B.; MEDEIROS, M.C.; FISBERG, M.; RODRIGUES, M.T.; SANTOS, K.M.O.; LANNA, D.P.D. Abordagem multidisciplinar de P,D&I para o desenvolvimento de produto lácteo caprino com alto teor de CLA e alegação de propriedade funcional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.98-106, 2011 (suplemento especial).

BOMFIM, M.A.D.; LANNA, D.P.D.; FACO, O. et al. Efeito da manipulação dos teores da gordura do leite de cabra para a nutrição e saúde humanas. In: CONGRESSO PAN-AMERICANO DO LEITE, 9., 2006, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Federação Panamericana do leite [2006]. (CD-ROM).

BONDI, A.A. Lipids and their significance in the nutrition of monogastric and ruminant animals. In: **Animal Nutrition**. New York: John Wiley, 1987. p. 78-105.

BRUSSAARD, J.H.; DALLINGA-THIE, G.; GROOT, P.H.E.; KATAN, M.B. Effects of amount and type of dietary fat on serum lipids, lipoproteins and apoproteins in man. A controlled 8-week Trial. **Atherosclerosis**, v.36, p. 515-527, 1980.

CHAIT, A.; ONITIRI, A.; NICOLL, A. RABAYA, E.; DAVIES, J.; LEWIS, B. Reduction of serum triglyceride levels by polyunsaturated fat. Studies on the mode of action and on very low density lipoprotein composition. **Atherosclerosis**, v.20, p. 347-364, 1974.

CHIN, S.F.; STORKSON, J.M.; ALBRIGHT, K.J. et al. Conjugated linoleic acid is a growth factor for rats as shown by enhanced weight gain and improved feed efficiency. **Journal of Nutrition**, v.124, n. 2344-2349, 1994.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira. Grãos. CONAB. Primeiro Levantamento – Intenção de Plantio. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_10_23_13_46_38_boletim_portugues_outubro_2013.pdf. Acesso em: 15 de Out. de 2013.

COOK, M.C.; MILLER, C.C.; PARK, Y. et al. Immune modulation by altered nutrient metabolism: Nutritional control of immune-induced growth depression. **Poultry Science**, v.72, p. 1301-1305, 1993.

COSTA, N.M.B.; BORÉM, A. **Biotecnologia em Nutrição – saiba como o DNA pode enriquecer os alimentos**. São Paulo: Ed. Nobel, 2003.

COSTA, R.G.; CARTAXO, F.Q.; SANTOS, N.M.; QUEIROGA, R.C.R.E. Carne caprina e ovina: composição lipídica e características sensoriais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.9, n.3, p.497-506, 2008.

COSTA, R.G.; SANTOS, N.M.S.; SOUSA, W.H. et al. Qualidade física e sensorial da carne de cordeiros de três genótipos alimentados com rações formuladas com duas relações volumoso:concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.40, n.8, p.1781-1787, 2011.

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

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

DHANDA, J. S.; TAYLOR, D. G.; MURRAY, P. J. Carcass composition and fatty acid profiles of adipose tissue of male goats: effects of genotype and liveweight at slaughter. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 50, p. 67-74, 2003.

DHANDA, J.S.; TAYLOR, D.G.; MURRAY, P.J. et al. The influence of goat genotype on the production of Capretto and Chevon carcasses. 1. Growth and carcass characteristics. **Meat Science**, Kidlington, v.52, p. 355-361, 1999.

DOREAU, M.; BAUCHART, D.; CHILLIARD, Y. Enhancing fatty acid composition of milk and meat through animal feeding. **Animal Production Science**, v.51, p. 19-29, 2011.

DOREAU, M.; CHILLIARD, Y. Effects of ruminal or postruminal fish oil supplementation on intake and digestion in dairy cows. **Reproduction, nutrition, development**, Les Ulis, v.37, p. 113-124, 1997.

ENSER, M.; HALLET, K.G.; HEWETT, B.; FURSEY, G.A.J.; WOOD, J.D.; HARRINGTON, G. Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. **Meat Science**, Barking, v. 49, n. 3, p. 329-341, 1998.

ENSER, M.; RICHARDSON, R.I.; WOOD, J.D.; GILL, B.P.; SHEARD, P.R. Feeding linseed to increase the n-3 PUFA of pork: fatty acid composition of muscle, adipose tissue, liver and sausages. **Meat Science**, v.55, p.201-212, 2000.

FAO 2014, Roma, 2014. Disponível em: < <http://faostat.fao.org> > Acesso em: 29 set. 2014.

GIBB, D.J.; OWENS, F.N.; MIR, Z. et al. Value of sunflower seed in finishing diets of fedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 82, p. 2679-2692, 2004.

GODBER, J. M. Nutritional value of muscle food. In: KINSMAN, D. M., KOTULA, A. W.; BREINDESTEIN, B. C. Muscle foods. New York: Champman & Hall, 1994, 568p.

GOMES, H.F.B.; MENEZES, J.J.L.; GONÇALVES, H.C. et al. Características de carcaça de caprinos de cinco grupos raciais criados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.2, p. 411-417, 2011.

GONÇALVES, L.C.; ANDRADE, A.P.C.; RIBEIRO, G.P.; SEIBEL, N.F. Chemical composition and technological properties of two soybean cultivars. **Biochemistry and Biotechnology Reports**, v.3, n.1, p. 33-40, 2014.

GRANDE, P.A.; ALCALDE, C.R.; LIMA, L.S; AYER, I.M.; MACEDO, F.A.F.; MATSUSHITA, M. Características quantitativas da carcaça e qualitativas do músculo Longissimus dorsi de cabritos $\frac{3}{4}$ Boer+ $\frac{1}{4}$ Saanen confinados recebendo rações contendo grãos de oleaginosas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n.6, p. 1104-1113, 2009.

GRANDE, P.A.; ALCALDE, C.R.; MACEDO, F.A.F. et al. Desempenho e características de carcaça de cabritos da raça Saanen recebendo rações com farelo de glúten de milho e/ou farelo de soja. *Acta Scientiarum*, v.25, n.2, p.315-321, 2003.

GRUNDY, S. M.; DENKE, M. A. Dietary influences on serum lipids. **Journal of Lipid Research**, Bethesda, v. 31, p. 1149-1172, 1990.

HAENLEIN, G.F.W.; CACCESE, R. **Goat milk versus cow milk**. In: HAENLEIN, G.F.W.; ACE, D.L. Extension goat handbook. USA, 1984.

HERVÁS, G.; LUNA, P.; MANTECÓN, A.R.; CASTAÑARES, N.; de la FUENTE, M.A.; JUÁREZ, M.; FRUTOS, P. Effect of diet supplementation with sunflower oil on milk production, fatty acid profile and ruminal fermentation in lactating dairy ewes. **Journal of Dairy Research**, n.75, p. 399-405, 2008.

HILLBRICK, G.; AUGUSTIN, M.A. Milk fat characteristics and functionality: opportunities for improvement. **Australian Journal of Dairy Technology**, v.57, p.45-51, 2002.

HOMEM JÚNIOR, A.C.; EZEQUIEL, J.M.B.; FÁVARO, V.R.; OLIVEIRA, P.S.N.; D'ÁUREA, A.P.; SANTOS, V.C.; GONÇALVES, J.S. Fermentação ruminal de ovinos alimentados com alto concentrado e grãos de girassol ou gordura protegida. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.1, p.144-153, 2010.

HUGGET, A.C.; VERSCHUREN, P.M. The safety assurance of functional foods. **Nutrition Reviews**, n.54, p.1322-1340, 1996.

IKEDA, A.A. Considerações sobre tendências e oportunidades dos alimentos funcionais. **Revista P&D em Engenharia de Produção**, v.8, n.2, p.40-56, 2010.

JACOPINI, L.A.; MARTINS, E.N.; LOURENÇO, D.A.L.; DERÓIDE, C.A.S. Leite de cabra: características e qualidades. **Revista ACTA Tecnológica**, v.6, n.1, p. 168-180, 2011.

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

KANNAN, G.; KOUAKOU, B.; GELAYE, S. Color changes reflecting myoglobin and lipid oxidation in chevon cuts during refrigerated display. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.42, p.67-75, 2001.

KAZAMA, R.; ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N.; SILVA, D.C.; DUCATTI, T.; MATSUSHITA, M. Características quantitativas e qualitativas da carcaça de novilhas alimentadas com diferentes fontes energéticas em dietas à base de cascas de algodão e de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p. 350-357, 2008.

KHAN, Z.I.; ASHRAF, M.; HUSSAIN, A.; MCDOWELL, L.R.; ASHARAF, M.Y. Concentrations of minerals in milk of sheep and goats grazing similar pastures in a semiarid region of Pakistan. **Small Ruminant Research**, n.65, p. 274-278, 2006.

LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**. 6ª Ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2005. 384p.

LIMA JÚNIOR, D.M.; MONTEIRO, P.B.S.; RANGEL, A.H.N.; URBANO, S.A.; MACIEL, M.V. Alimentos funcionais de origem animal. **Revista Verde**, v.6, n.2, p. 30-40, 2011.

LIN, H.; BOYSLON, T.D.; CHANG, M.J. et al. Survey of the conjugated linoleic acid contents of dairy products. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.11, p.2358-2365, 1995.

MADRUGA, M. S. Carne caprina verdades e mitos à luz da ciência. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v.23, n.264, p. 34-40, 1999.

MADRUGA, M.S.; GALVÃO, M.S.; COSTA, R.G.; BELTRÃO, S.E.S.; SANTOS, N.M.; CARVALHO, F.M.; VIARO, V.D. Perfil aromático e qualidade química da carne de caprinos Saanen alimentados com diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.5, p.936-943, 2008.

MADRUGA, M.S.; SOUSA, W.H.; ROSALES, M.D.; CUNHA, M.G.G.; RAMOS, J.L.F. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês terminados com diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.1, p.309-315, 2005.

MAIA, F.J.; BRANCO, A.F.; MOURO, G.F.; CONEGLIAN, S.M.; SANTOS, G.T.; MINELLA, T.F.; MACEDO, F.A. Inclusão de fontes de óleo na dieta de cabras em lactação: digestibilidade dos nutrientes e parâmetros ruminais e sanguíneos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p. 1496-1503, 2006.

MAIA, M.O.; PARENTE, H.N.; ARAÚJO, V.M. de. Utilização de lipídeos na dieta de pequenos ruminantes. **Arquivo de Ciências Veterinárias e Zoologia. UNIPAR**, Umuarama, v.14, n.2, p.127-131, 2011.

MALAN, S. W. The improved Boer goat. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.36, p. 165-170, 2000.

MAREE, H.P. Goat milk and its use as hypo-allergenic infant food. **Dairy Goat Journal**, v.63, n.12, p. 864-898, 1985.

MATSUSHITA, M.; TAZINAFU, N.M.; PADRE, R.G.; OLIVEIRA, C.C. et al. Fatty acid profile of milk from Saanen goats fed a diet enriched with three vegetable oils. **Small Ruminant Research**, v.72, p. 127-132, 2007.

MENDES, C.G.; SILVA, J.B.A.; ABRANTES, M.R. Caracterização organoléptica, físico-química e microbiológica do leite de cabra: uma revisão. **Acta Veterinária Brasileira**, v.3; n.1, p.5-12, 2009.

MILNER, J. A functional food and health promotion. **Journal of Nutrition**, v.129, n.7 (suplemento), p.1395-1397, 1999.

MONTE, A.L.S.; GONSALVES, H.R.O.; VILARROEL, A.B.S.; DAMACENO, M.N.; CAVALCANTE, A.B.D. Qualidade da carne de caprinos e ovinos: uma revisão. **Agropecuária Científica do Semi-Árido**, v.8, n.3, p.11-17, 2012.

MOURÃO, D.M.; MONTEIRO, J.B.R.; STRINGHETA, P.C. et al. Ácido linoléico conjugado e perda de peso. **Review of Nutrition**, v.18, n.5, p.391-399, 2005.

NAGARAJA, T.G.; NEWBOLD, C.J.; VAN NEVEL, C.J. et al. Manipulation of ruminal fermentation. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. **The rumen microbial ecosystem** 2.ed. London: Blackie Academic & Professional, 1997. p.523-632.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goat, cervids and new world camelids**. Washington, 2007. 384p.

NAUDÉ, R.T.; HOFMEYER, H.S. Meat production. In: GALL, C. (Ed.). **Goat Production**. London: Academic Press, 1981. P.285-307.

NICOLOSI, R.J.; COURTEMANCHE, K.V.; LAITINEN, L. et al. Effect of feeding diets enriched in conjugated linoleic acid on lipoproteins and aortic atherogenesis in hamster. **Circulation**, v.88, p. 451-457, 1993.

OLIVEIRA, A.N.; SELAIVE-VILARROEL, A.B.; MONTE, A.L.S. et al. Características da carcaça de caprinos mestiços Anglo Nubiano, Boer e sem padrão racial definido. **Ciência Rural**, v.38, n.4, p. 1073-1077, 2008.

OLIVEIRA, V.S.; SANTANA NETO, J.A.; VALENÇA, R.L. Características químicas e fisiológicas da fermentação ruminal de bovinos em pastejo – Revisão de Literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, n.20, 2013.

ORDÓÑEZ, J.A. **Tecnologia de alimentos** – Alimentos de Origem Animal, v.2. Porto Alegre: Artmed, 2005, 294 p.

OSÓRIO, M.T.M.; OSÓRIO, J.C.S. Condições de abate e qualidade da carne. In: EMBRAPA (ed). **Curso de qualidade da carne e dos produtos cárneos**. Bagé/RS: EMBRAPA, 2000, v.4, cap.7, p.77-128.

PALMQUIST, D.L.; MATTOS, W.R.S. Metabolismo de lipídeos. In: BERCHELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2011, p. 299-321.

PARK, Y.W. Minor species milk. In: PARK, Y.W.; HAENLEIN, G.F.W. **Handbook of milk of non-bovine mammals**. Blackwell Publishing Professional, Oxford, UK/Ames, Iowa, p. 393-406, 2006.

PARK, Y.W.; JUÁREZ, M.; RAMOS, M.; HAENLEIN, G.F.W. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, n.68, p.88-113, 2007.

PARODI, P.W. Anti-cancer agents in milk fat. **Australian Journal of Dairy Technology**, v.58, p.114-118, 2003.

PARODI, P.W. Cow's milk components as potential anticarcinogenic agents. **Journal of Nutrition**, v.127, p. 1055-1060, 1997.

PRACHE, S.; AUROUSSEAU, B.; THERIEZ, M.; RENERRE, M. Les défauts de couleur du tissu adipeux sous cutané des carcasses d'ovins. **Productions Animales**, v.3, n.4, p. 275-285, 1990.

RAYNAL-LJUTOVAC, K.; LAGRIFFOUL, G.; PACCARD, P. et al. Composition of goat and sheep milk products: An update. **Small Ruminant Research**, v.79, p. 57-72, 2008.

ROSE, D. P.; CONNOLLY, J. M. Omega-3 fatty acids as cancer hemopreventive agents. **Pharmacology & Therapeutics**, New York, v. 83, p. 217-244, 1999.

SANTOS, V.C.; EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L.; BARBOSA, J.C. Consumo e digestibilidade em ovinos alimentados com grãos e subprodutos da canola. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.10, n.1, p. 96-105, 2009.

SCHÖNFELDT, H. C.; NAUDÉ, R.T.; BOK, W.; van HEERDEN, S.M.; SOWDEN, L.; BOSHOFF, E. Cooking and juiciness related quality characteristics of goat and sheep meat. **Meat Science**, Kidlington, v. 34, p. 381-394, 1993.

SEN, A.R.; SANTRA, A.; KARIN, S.A. Carcass yield, composition and meat quality attributes of sheep and goat under semiarid conditions. **Meat Science**, Kidlington, v.66, p.757-763, 2004.

SHINGFIELD, K.J.; AHVENJÄRVI, S.; TOIVONEN, V.; VANHATALO, A.; HUHTANEN, P.; GRIINARI, J.M. Effect of incremental levels of sunflower-seed oil in the diet on ruminal lipid metabolism in lactating cows. **British Journal of Nutrition**, v. 99, p.971-983, 2008.

SILVA, M.M.C.; RODRIGUES, M.T.; RODRIGUES, C.A.F.; BRANCO, R.H.; LEÃO, M.I.; MAGALHÃES, A.C.M.; MATOS, R.S. Efeito da suplementação de lipídios sobre a digestibilidade e os parâmetros da fermentação ruminal em cabras leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p. 246-256, 2007.

SILVEIRA-RODRIGUEZ, M. B.; MONEREO-MEGIAS, S.; MOLINA-BAENA, B. Alimentos funcionales y nutrición óptima: ¿Cerca o lejos? **Revista Española de Salud Pública**, Madrid, v. 77, n. 3, p. 317-331, jun. 2003.

SIMELLA, L.; NDLOVU, R.L.; SIBANDA, L.M. Carcass characteristics of the marketed matebele goat from South Western. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.32, p. 173-179, 1999.

SOUZA, X.R.; BRESSAN, M.C.; PÉREZ, J.R.O.; FARIA, P.B.; VIEIRA, J.O.; KABEYA, D.M. Efeitos do grupo genético, sexo e peso de abate sobre as propriedades físico-químicas da carne de cordeiros em crescimento. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.4, 2004.

TARRANT, P. 1989. Animal behaviour and environment in the dark-cutting condition. In: **Proceedings of na Australian Workshop**. Australian Meat and Livestock Research and Development Corp. Sydney South, p.8-18.

TEITELBAUM, J. E.; WALKER, W. A. Review: The role of omega 3 fatty acids in intestinal inflammation. **Journal of Nutritional Biochemistry**, New York, v.12, p. 21-32, 2001.

THE AMERICAN OIL CHEMISTRY SOCIETY. 1992. Disponível em: <<http://www.oilworldannual.com>>. Acesso em: 14 nov. 2011.

VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. Fermentação ruminal. In: **Nutrição de ruminantes**. Editores: Berchielli T.T., Pires A.V., Oliveira S.G. Funep.(Jaboticabal-SP), p. 161-189, 2011.

VAN NEVEL, C.J.; DEMEYER, D.I. Manipulation of ruminal fermentation. In: HOBSON, P.N. (Ed.) **The rumen microbial ecosystem**. Essex: Elsevier, 1988. p.387-443.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2.ed. London. Constock Publishing Associates, USA, 1994. 476p.

VARGAS, L.H.; LANA, R.P.; JHAM, G.N.; SANTOS, F.L.; QUEIROZ, A.C.; MANCIO, A.B. Adição de lipídios na ração de vacas leiteiras: parâmetros

fermentativos ruminais, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.522-529, 2002.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A.C.; TEIXEIRA, F.C. **Alimentos funcionais**: conceitos básicos. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010, 20p.

WOOD, J.D.; ENSER, M. FISHER, A.V.; NUTE, G.R.; SHEARD, P.R.; RICHARDSON, R.I.; HUGHES, S.I.; WHITTINGTON, F.M. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. **Meat Science**, Barking, v.78, p. 343-358, 2008.

YÁÑEZ, E.A.; RESENDE, K.T.; FERREIRA, A.C.D. et al. Restrição alimentar em caprinos: rendimento, cortes comerciais e composição da carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p. 2093-2100, 2006.

YOUDIM, K.A.; MARTIN, A.; JOSEPH, J.A. Essential fatty acids and the brain: possible health implications. **International Journal of Developmental Neuroscience**, v. 4, n. 18, p. 383-399, 2000.

CAPÍTULO II

PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO LEITE DE CABRAS ANGLO NUBIANAS SUPLEMENTADAS COM ÓLEOS VEGETAIS

Resumo: O enfoque do mercado para produtos de origem animal está direcionado para alimentos com menores teores de gordura e perfil de ácidos graxos que os caracterize como alimentos funcionais. Assim, este trabalho objetivou avaliar a inclusão de três fontes de óleo vegetal na dieta de cabras em lactação sobre a produção em 120 dias de lactação, e o efeito destas fontes e do estágio da lactação sobre a composição quinzenal e perfil de ácidos graxos do leite caprino aos 20, 50, 80 e 110 dias de lactação. Foi adotado o delineamento experimental em blocos casualizado e foram utilizadas 32 cabras da raça Anglo Nubiana distribuídas em quatro tratamentos: dieta controle e dietas com inclusão de 30 g de óleos de canola, girassol ou soja por quilo de matéria seca da dieta. A produção leiteira foi de 182,75 kg e não houve diferença entre tratamentos. Dentre os constituintes somente o nitrogênio ureico foi influenciado pelos tratamentos e apresentou menor teor para o tratamento controle. O teor de lactose apresentou diminuição de 0,0107g/dia de lactação. O extrato seco desengordurado (ESD) e a contagem de células somáticas (CCS) apresentaram efeito quadrático com valores mínimos em torno de 100 e 33 dias de lactação, respectivamente. O teor de nitrogênio ureico, também com comportamento quadrático, apresentou-se maior aos 93 dias de lactação. Para proteína houve interação entre tratamento e período com aumento em seu teor nos estádios finais da lactação. A inclusão de óleos vegetais promoveu redução no teor total de ácidos graxos saturados e aumentou o teor total de ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) e de ácido linoléico conjugado (CLA). As razões AGMI/AGS (ácidos graxos monoinsaturados/ácidos graxos saturados), AGPI/AGS (ácidos graxos poli-insaturados/ ácidos graxos saturados) e os índices de aterogenicidade (IA), trombogenicidade (IT) e a razão HH (ácidos graxos hipocolesterolêmicos/hipercolesterolêmicos) melhoraram com a adição de óleo na dieta dos animais. A adição de óleos vegetais na dieta de cabras em lactação melhora o perfil de ácidos graxos sem prejudicar a produção e composição do leite e os estádios iniciais da lactação apresentam leite com melhor qualidade nutricional da fração lipídica.

Palavras-chave: alimento funcional, caprinos, gordura, lactação

MILK PRODUCTION, COMPOSITION AND FATTY ACID PROFILE FROM ANGLO NUBIAN GOATS SUPPLEMENTED WITH VEGETABLE OILS

Abstract: The main focus of animal food products market has been toward products with lower fat content and fatty acid profile that characterizes them as functional foods. Therefore, this study aimed to evaluate the inclusion of three sources of vegetable oil in lactating goats diet on production in 120 days of lactation, and the effect of these sources and lactation stage on fortnightly composition and fatty acid profile of goat milk at 20, 50, 80 and 110 days of lactation. It was adopted a completely randomized design and there were used 32 Anglo Nubian goats distributed in four treatments: control diet and diets with inclusion of 30 g/kg of dry matter of diet of canola, sunflower or soybean oil. The dairy production was 182,75 kg and there was no difference for treatments. Among the constituents only urea nitrogen was influenced by treatment and presented lower content for control treatment. Lactose content reduced 0,0107g/ day of lactation. Defatted dry extract and somatic cell count had quadratic effect with minimum values around 100 and 33 days of lactation, respectively. The content of urea nitrogen, also with a quadratic effect, was higher at 93 days of lactation. For protein, there was interaction among treatments and period and, at the end of lactation, its content was increased. The inclusion of vegetable oils promoted reduction in total saturated fatty acids (SFA) and increased the total content of monounsaturated fatty acids (MUFA) and conjugated linoleic acid (CLA). The proportions MUFA/SFA, PUFA/SFA and the atherogenicity and thrombogenicity indexes (AI, TI) and the relation HH (hypocholesterolemic fatty acids/ hypercholesterolemic fatty acids) improved with oil addition in animal diets. The addition of vegetable oil in diets for lactating goats improve the fatty acid profile with no impairment on milk production and composition and the milk from early stages of lactation has better nutritional quality of the lipid fraction.

Keywords: functional food, caprine, fat, lactation

Introdução

O leite caprino é um produto constituído por proteínas de alto valor biológico, ácidos graxos essenciais e um conteúdo mineral e vitamínico que o caracteriza como alimento de elevado valor nutricional. Representa também grande importância na alimentação infantil por apresentar características de hipoalergenicidade e boa digestibilidade devido aos glóbulos de gordura menores em relação ao leite de vaca (Haenlein, 2004). Tais características enquadram o leite caprino na categoria de alimento funcional, ou seja, além de nutrir, é um produto que oferece benefícios à saúde de quem o consome.

Uma das grandes preocupações da população tem sido a busca por uma alimentação saudável como forma de prevenir a incidência de doenças associadas à vida moderna, como hipertensão, câncer, diabetes, obesidade e doenças coronarianas. No intuito de reduzir a incidência de doenças cardiovasculares decorrentes do aumento do colesterol plasmático recomenda-se a substituição dos ácidos graxos saturados da dieta por poli-insaturados (Alvheim et al., 2013).

Para determinação do valor nutricional de alimentos gordurosos devem ser considerados a razão AGPI/AGS (ácidos graxos poli-insaturados/ácidos graxos saturados), os índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT) e a razão ácidos graxos hipocolesterolêmicos/hipercolesterolêmicos (HH). Valores maiores para AGPI/AGS e HH e menores para IA e IT sugerem melhor qualidade da fração lipídica do alimento, pois estes valores indicam redução nos níveis de ácidos graxos prejudiciais e aumento nos níveis de ácidos graxos hipocolesterolêmicos, amenizando o risco de incidência de doenças cardiovasculares para o ser humano.

Alimentos oriundos de ruminantes apresentam maior teor de ácidos graxos saturados na gordura em função do processo de biohidrogenação ruminal dos ácidos graxos insaturados provenientes da dieta fornecida a esses animais (Palmquist e Mattos, 2011). Assim, as modificações no perfil lipídico da gordura do leite de ruminantes para torná-lo mais saudável são possíveis com o aumento no aporte de ácidos graxos insaturados pela dieta, saturando o sistema enzimático da biohidrogenação, permitindo o “escape” de ácidos graxos insaturados e intermediários da biohidrogenação para serem absorvidos no intestino.

Esta estratégia pode ser alcançada com a utilização de óleos vegetais na alimentação dos animais, pois, além de aumentarem a densidade energética da dieta,

segundo Costa et al. (2009), eles contêm alta proporção de ácidos graxos insaturados e digestibilidade aparente mais alta que fontes lipídicas de origem animal.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de óleos de canola (*Brassica napus* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.) e soja (*Glycyne max* L.) na dieta de cabras em lactação sobre o consumo, a produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu/SP, na Área de Produção de Caprinos, localizada na Fazenda Experimental Lageado, após aprovação pelo Comitê de Ética no Uso de Animais, protocolo n° 29/2012-CEUA.

Foram utilizadas 32 cabras, primíparas e múltiparas, da raça Anglo Nubiana, distribuídas em quatro tratamentos (oito animais/tratamento). Os tratamentos foram: dieta controle e com inclusão de 30 g/kg de matéria seca da dieta de óleos de canola, girassol ou soja.

As dietas foram formuladas segundo as recomendações do NRC (2007) para atender as exigências de cabras em lactação, com peso médio de 50 kg e produção de 2 kg de leite/dia com 4% de gordura. Utilizou-se o programa computacional Small Ruminant Nutrition System (SRNS) com base na estrutura do Cornell Net Carbohydrate and Protein System (Cannas et al., 2004) para ovinos para determinar a composição nutricional das dietas, que se baseia em simulação ruminal.

Durante a fabricação do suplemento, foram colhidas amostras de cada ingrediente para análise. Para determinação da composição química dos suplementos foram obtidas amostras de aproximadamente 200g de cada partida do mesmo após a mistura com o óleo vegetal referente a cada tratamento. Para as amostras de forragem foi utilizado o método de pastejo simulado, para que o material colhido fosse o mais semelhante possível àquele consumido pelos animais (De Vries, 1995). Para isso, as cabras eram acompanhadas quando entravam no piquete para que o hábito de pastejo fosse observado e, baseado nesse comportamento, amostras representativas da forragem consumida eram colhidas manualmente durante os três dias de permanência no piquete. Todas as amostras foram mantidas congeladas até o momento das análises.

Após o descongelamento, as amostras foram secas a 55°C em estufa de ventilação forçada por 72 horas, e, em seguida, processadas em moinho tipo faca com peneira de malha um milímetro e acondicionadas em sacos plásticos. Foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), celulose (CEL) e lignina (LIG), segundo A.O.A.C. International (Cuniff, 1995) enquanto a fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) seguiram a metodologia proposta por Van Soest et al. (1991).

O teor de nutrientes digestíveis totais foi determinado segundo Weiss (1999) (Eq.(1)):

$$NDT = 0,98 * (100 - FDN - PB - MM - EE - 1) + 0,93 * PB + 2,25 * EE * 0,75 * (FDN - LIG) * \left(1 - \left(\frac{LIG}{FDN}\right) * 0,667\right) - 7 \quad (1)$$

As análises foram processadas na Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Botucatu/SP, Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, Laboratório de Bromatologia, e os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Como forma de adaptação, os suplementos foram fornecidos aos animais a partir de um mês antes do início previsto para os partos e, nesta fase, os óleos foram incorporados ao mesmo de forma gradativa até atingir o nível de 30 g/kg na matéria seca da dieta total.

Após os partos, as cabras amamentaram seus cabritos até 60 dias de idade. Durante 30 dias pós-parto a amamentação ocorreu duas vezes ao dia, às 7h00 e às 15h00 e, dos 30 aos 60 dias pós-parto, uma vez ao dia, às 7h00. Após o período de amamentação, as fêmeas foram ordenhadas às 8h00 e às 16h00 para esgotamento do leite residual, e às 6h00 e às 18h00 após a desmama das crias. No intervalo das ordenhas os animais permaneceram em pastagem de *Panicum maximum* cv. Tobiatã, em lotação rotacionada com taxa de lotação fixa, numa área de aproximadamente 0,6 ha dividida em 11 piquetes de aproximadamente 500m², providos com bebedouros automáticos, com período de ocupação de três dias e período de descanso de 30 dias.

Terminado o período de pastejo, os animais eram recolhidos, novamente ordenhados e distribuídos em quatro baias conforme os tratamentos, em aprisco com piso ripado, suspenso do solo, com acesso a solário de piso cimentado. Nas baias os animais tinham a disposição água e mistura mineral à vontade. O suplemento foi fornecido parte durante as ordenhas (0,15 kg/animal/ordenha) e o restante (0,70 kg/animal) após a ordenha da tarde, totalizando 1 kg/animal/dia. O óleo referente a cada tratamento foi incorporado ao alimento no momento da oferta aos animais.

Tabela 1

Composição das dietas (g/kg), custo do suplemento e composição química dos ingredientes, da forragem e dos suplementos expressa em g/kg de matéria seca.

Ingredientes	Dieta			
	Controle	Canola	Girassol	Soja
Forragem*	500	500	500	500
Milho moído	215	0	0	0
Farelo de Soja	167	192	192	192
Farelo de Trigo	82	245	245	245
Calcário	5	5	5	5
Mistura Mineral ^a	28	28	28	28
Fosfato Bicálcico	3	0	0	0
Óleo	0	30	30	30
Custo Suplemento (R\$/kg)	0,78	1,37	1,28	1,08

Ingredientes	Composição Química								
	MS ^b	MM ^c	PM ^{d1}	EE ^e	FDN ^f	FDA ^g	CEL ^h	LIG ⁱ	NDT ^j
Milho	801	14	101	49	121	42	34	10	906
Farelo de Soja	813	63	276	36	200	90	73	8	802
Farelo de Trigo	811	53	146	39	404	132	93	24	767
Forragem*	256	83	123	11	679	348	297	20	646
Suplemento									
Controle	869	94	171	28	216	88	62	8	773
Canola	875	102	200	86	326	130	80	12	805
Girassol	872	103	200	79	316	122	81	11	801
Soja	872	101	201	83	335	132	81	11	803

*Forragem: *Panicum maximum* cv. Tobiatã; ^a Composição: (quantidade/quilo de produto): cálcio 200 g; fósforo 70 g; flúor 700 mg; sódio 100 g; enxofre 10 g; magnésio 5000 mg; cobalto 25 mg; cobre 440 mg; cromo 6 mg; ferro 340 mg; iodo 48 mg; manganês 1480 mg; selênio 20 mg; zinco 3010 mg; vitamina A 250000 UI; vitamina D3 40000 UI; vitamina E 350 UI. ^bMS: matéria seca; ^cMM: matéria mineral; ^dPM: proteína metabolizável; ^eEE: extrato etéreo; ^fFDN: fibra em detergente neutro; ^gFDA: fibra em detergente ácido; ^hCEL: celulose; ⁱLIG: lignina; ^jNDT: nutrientes digestíveis totais;

¹ Valores calculados pelo programa CNCPS – Ovinos.

Diariamente as sobras de suplemento foram pesadas para cálculo do consumo.

A determinação do consumo de forragem foi determinada por meio de óxido de cromo (Cr_2O_3), associado ao indicador interno FDNi (fibra em detergente neutro indigestível).

Para estimativa da produção fecal foram administradas cápsulas de óxido de cromo (Cr_2O_3) via oral. O fornecimento foi de 2,5 gramas de Cr_2O_3 , uma vez ao dia às 18h00, durante 10 dias, para 20 cabras (cinco animais de cada tratamento), sendo os cinco primeiros dias destinados para estabilização da concentração de Cr_2O_3 nas fezes e os cinco últimos dias para colheita de fezes, às 6h00 e às 18h00. Para cada animal foi feita uma amostra composta das fezes. Estas amostras foram secas por 72 horas em estufa de ventilação forçada a 55°C e moídas em moinho tipo faca com peneira de malha um milímetro. A concentração de indicador nas fezes foi determinada por colorimetria após a digestão das amostras em ácido nítrico e perclórico, conforme metodologia adaptada de Bremer Neto et al. (2005).

A estimativa da excreção fecal de matéria seca (EFMS) foi realizada considerando-se a razão entre a quantidade de marcador fornecido (QI fornecida) e sua concentração nas fezes (QI fezes) ((Eq. (2)):

$$\text{EFMS (g/dia)} = [\text{QI fornecida} / \text{Q fezes}] * 100 \quad (2)$$

A FDNi foi o indicador interno utilizado para estimar o consumo voluntário de matéria seca da forragem e o cálculo do consumo voluntário de matéria seca foi realizado pela equação proposta por Detmann et al. (2001) (Eq.(3)).

$$\text{CMS (kg/dia)} = \{[(\text{EFMS} * \text{FDNiF}) - \text{IFDniS}] / \text{CFDniF}\} + \text{CMSS} \quad (3)$$

Em que:

CMS (kg/dia) = consumo de matéria seca; EFMS = excreção fecal de matéria seca (kg/dia); FDNiF = concentração de FDNi nas fezes (kg/kg); IFDniS = ingestão de FDNi via suplemento (kg/dia); CFDniF = concentração de FDNi na forragem (kg/kg); CMSS = consumo de matéria seca de suplemento (kg/dia).

Foi determinado o perfil dos principais ácidos graxos dos óleos, da forragem e dos suplementos utilizados neste estudo (Tabela 2), que foram extraídos segundo a metodologia de Rodrigues-Ruiz et al. (1998).

Tabela 2
Perfil dos principais ácidos graxos da forragem, dos óleos e dos suplementos.

Ácido Graxo (%)	Forragem*	Óleos			Suplementos			
		Canola	Girassol	Soja	Controle	Canola	Girassol	Soja
C14:0 (mirístico)	0,65	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10
C16:0 (palmítico)	26,79	5,11	6,43	11,47	16,94	9,64	10,88	14,28
C18:0 (esteárico)	2,53	2,31	3,04	2,99	2,84	2,30	2,86	2,67
C18:1 (oléico)	1,50	63,13	27,89	25,44	28,45	51,78	25,66	24,20
C18:2 (linoléico)	18,32	18,30	60,89	52,70	47,98	27,51	57,04	52,79
C18:3n6 (γ-linolênico)	0,00	0,55	0,19	0,24	0,00	0,12	0,13	0,17
C18:3n3 (linolênico)	43,89	6,66	0,13	4,92	2,34	5,81	1,70	4,17
Outros	5,68	2,45	1,07	1,36	1,03	2,17	1,36	1,40

* *Panicum maximum* cv. Tobiatã

Foram avaliadas as características: produção de leite e seus constituintes (gordura, proteína, lactose, extrato seco desengordurado, nitrogênio ureico e contagem de células somáticas) em 120 dias de lactação e perfil de ácidos graxos do leite aos 20, 50, 80 e 110 dias de lactação.

Para avaliação da produção de leite aos 120 dias, semanalmente foi realizado o controle leiteiro por meio da pesagem individual do leite produzido em 24 horas em balança digital com capacidade de 15 kg e divisão de 5 g. Durante o período de amamentação dos cabritos (60 dias), para possibilitar a realização do controle leiteiro, após a ordenha das cabras de cada tratamento, o leite foi fornecido aos cabritos em baldes de aleitamento coletivo.

A produção de leite durante o período de lactação avaliado foi calculada por meio da fórmula de Fleishman (Eq. (4)) (Procapri, 1994):

$$P = (E_1 * P_1) + \left[\sum \left(P_i + \frac{P_{(l+1)}}{2} \right) * (E_i - 1) \right] + (E_n * P_n) + P_n \quad (4)$$

Em que:

E_1 : intervalo em dias entre a data do parto e a do primeiro controle; P_1 : produção do primeiro controle; P_i : produção do controle i ; E_i : intervalo em dias entre 2 controles consecutivos; P_n : produção do último controle; E_n : intervalo em dias entre a data do último controle e a data de encerramento da lactação.

Nos dias de controle leiteiro foi também avaliado o escore de condição corporal das cabras, por meio de palpação na região lombar do animal, para verificar a mobilização de reservas corporais, sendo atribuídos valores de 0 (excessivamente magros) a 5 (excessivamente gordos), com escala de 0,25 unidades.

Quinzenalmente, totalizando oito coletas durante 120 dias de lactação, foram colhidas amostras de aproximadamente 30 mL de leite, sendo 2/3 deste volume proveniente da ordenha da manhã e 1/3 do volume proveniente da ordenha da tarde. Estas amostras foram conservadas em Bronopol (2-bromo-2-nitropropano-1-3-diol) para determinação dos constituintes na Clínica do Leite da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz” (Esalq/USP – Piracicaba/SP), utilizando-se o equipamento Bentley 2000® (BENTLEY INSTRUMENTS, Chasca, MI, EUA).

Para determinação do perfil de ácidos graxos do leite, mensalmente foram colhidas amostras individuais do produto (80 mL), que foram congeladas até o momento da análise. Após descongelamento em temperatura ambiente, a extração da gordura foi realizada segundo a metodologia de Hara e Radin (1978) e em seguida metiladas conforme metodologia descrita por Christie (1982). Para quantificação e determinação dos ácidos graxos foi utilizado um cromatógrafo a gás modelo Focus CG-Finnigan, com detector de ionização de chama, coluna capilar CP-Sil 88 (Varian), com 100m de comprimento por 0,25 µm de espessura do filme. Foi utilizado o hidrogênio como gás de arraste, numa vazão de 1,8 mL/minuto. O programa de temperatura do forno inicial foi de 70°C, com tempo de espera de 4 minutos, 175°C (13°C/minuto), com tempo de espera de 27 minutos, 215°C (4°C/minuto), com tempo de espera de 9 minutos e, em seguida aumentando 7°C/minuto até atingir 230°C, permanecendo por 5 minutos, totalizando 65 minutos. A temperatura do vaporizador foi de 250°C e a do detector de 300°C.

Uma alíquota de 1µL do extrato esterificado foi injetada no cromatógrafo e a identificação dos ácidos graxos foi feita pela comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras com padrões de ácidos graxos de manteiga. Os ácidos graxos foram quantificados por normalização das áreas dos ésteres metílicos e as porcentagens dos ácidos graxos foram obtidas por meio do software Chromquest 4.1 (Thermo Electron, Italy) e os resultados foram expressos em percentual de área. Esta análise foi realizada na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz” (Esalq/USP), Piracicaba/SP, no Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal.

A partir do perfil de ácidos graxos obtido foram calculados os teores de ácidos graxos saturados (AGS), ácidos graxos monoinsaturados (AGMI), ácidos graxos poli-

insaturados (AGPI), ômega 3 ($\omega 3$), ômega 6 ($\omega 6$), ácido linoléico conjugado (CLA), as razões AGMI/AGS, AGPI/AGS, $\omega 6/\omega 3$, os índices de: aterogenicidade (IA), por meio da fórmula $[(C12:0 + (4 * C14:0) + C16:0)] / (AGMI + \omega 6 + \omega 3)$, de trombogenicidade, por meio da fórmula $(C14:0 + C16:0 + C18:0) / [(0,5 * AGMI) + (0,5 * \omega 6) + (3 * \omega 3) + (\omega 3/\omega 6)]$ ambas segundo Ulbricht e Southgate (1991) e a razão ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HH) por meio da fórmula $(C18:1cis9 + C18:2\omega 6 + C20:4\omega 6 + C18:3\omega 3 + C20:5\omega 3 + C22:6\omega 3) / (C14:0 + C16:0)$, segundo Santos-Silva et al.(2002).

O experimento foi conduzido no delineamento em blocos (ordem de lactação) casualizado e os dados foram submetidos à análise de variância. Para produção de leite foi utilizado o modelo I e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey.

Modelo I

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + e_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} = produção de leite observada no animal do bloco j e tratamento i; μ = constante inerente às observações; T_i = efeito do tratamento i, sendo i=1: canola, 2: girassol, 3: soja e 4: controle; B_j = efeito do bloco j, sendo j = 1: primípara e 2: multípara; e_{ij} : erro aleatório referente a observação $Y_{ij} \sim N(0; \sigma_e^2)$.

As características de composição química e perfil de ácidos graxos do leite foram analisados por parcelas subdivididas (modelo II), sendo as parcelas principais os tratamentos e os dias de coleta como subparcelas.

As médias de tratamento foram comparadas pelo teste de Tukey. O efeito de coleta (estádio da lactação) foi estudado por meio de regressão polinomial, pelo procedimento "Regressão Sequencial", que avalia o efeito de cada variável independente adicionada ao modelo de análise. O modelo eleito foi aquele que apresentou análise de variância da regressão (teste F) e os coeficientes do modelo (teste T) significativo e cuja variável independente foi responsável pela maior parte da explicação (efeito isolado) do modelo completo. Para todas as análises e testes foi adotado o nível de probabilidade de 5%.

Modelo II

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + a_{i,j} + C_k + T * C_{ik} + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} = valor observado na colheita k, no animal pertencente ao bloco j do tratamento i; μ = constante inerente às observações; T_i = efeito do tratamento i, sendo

$i=1$: canola, 2: girassol, 3: soja e 4: controle; B_j = efeito do bloco j , sendo $j = 1$: primípara e 2: múltipara; $a_{i,j}$ = efeito do animal do bloco j dentro do tratamento i (erro referente às parcelas); C_k = efeito da colheita k , sendo $k=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ para composição química e $k= 1, 2, 3, 4$ para perfil de ácidos graxos do leite; $T * C_{ik}$ = efeito da interação entre o tratamento i e colheita k ; e_{ijk} = efeito residual das subparcelas, sendo $e_{ijk} \sim N(0; \sigma_e^2)$.

As análises foram processadas por meio do SAEG (UFV, 2000).

Resultados e Discussão

O consumo médio de matéria seca e nutrientes de cada tratamento está apresentado na Tabela 3. Estes dados não foram analisados pelo fato das instalações em que o experimento foi desenvolvido não apresentarem condições para mensuração individual de consumo, não havendo, portanto, repetições.

Tabela 3

Consumo de médio de matéria seca total, da forragem, do suplemento e de nutrientes em função dos tratamentos.

Variáveis	Média Geral	Tratamentos			
		Controle	Canola	Girassol	Soja
CMS _{total} (kg/dia) ^a	1,382	1,443	1,483	1,298	1,304
Forragem	0,645	0,693	0,715	0,586	0,585
Suplemento	0,737	0,750	0,768	0,712	0,719
CMS _{total} (kg/100kgPV)	2,69	2,78	2,99	2,58	2,41
Forragem	1,26	1,34	1,44	1,17	1,08
Suplemento	1,43	1,44	1,55	1,41	1,33
CMS _{total} (g/kg ^{0,75})	71,18	74,0	77,7	68,7	64,3
Forragem	33,18	35,5	37,4	31,0	28,8
Suplemento	38,0	38,5	40,3	37,7	35,5
CPM (g/dia) ^b	220	220	240	200	220
CEE (g/dia) ^c	58	29	74	62	66
CFDN (g/dia) ^d	657	633	735	623	638
CFDA (g/dia) ^e	311	307	349	290	299
CNDT (g/dia) ^f	1003	1028	1080	949	955

^aCMS: consumo de matéria seca; ^bCPM: consumo de proteína metabolizável; ^cCEE: consumo de extrato etéreo; ^dCFDN: consumo de fibra em detergente neutro; ^eCFDA: consumo de fibra em detergente ácido; ^fCNDT: consumo de nutrientes digestíveis totais.

O escore de condição corporal apresentou média geral de 2,5 e não foi influenciado pela suplementação lipídica. Durante os estádios de lactação esta variável apresentou comportamento linear decrescente conforme a equação: $\hat{Y} = 2,7315 - 0,0035x$, que indica uma redução no escore corporal de 0,0035 por dia de lactação, e que sugere ligeira diminuição nas reservas corporais dos animais durante os 120 dias de lactação.

O início da lactação é uma fase na qual a condição corporal das fêmeas apresenta menores valores e isso ocorre em função do aumento das exigências em nutrientes e energia para a produção de leite (Rodrigues et al., 2006) que leva à mobilização nas reservas corporais. Nas fases finais da lactação, quando a produção leiteira diminui, há tendência de recuperação da condição corporal, pois a energia contida no alimento ingerido supre a necessidade dos animais, fato não observado no presente estudo, possivelmente porque a lactação foi avaliada nos primeiros 120 dias e cabras da raça Anglo Nubiana apresentam em média uma lactação com duração de 236 dias (Araújo e Eloy, 1998).

A produção de leite apresentou média geral de 182,75 kg em 120 dias de lactação (1,523 kg de leite/dia) e não diferiu entre os tratamentos, resultado que pode ser atribuído à semelhança no consumo de matéria seca, energia e proteína entre as dietas as quais atenderam às exigências dos animais de forma homogênea. A quantidade fixa de concentrado fornecido para os animais (1 kg/animal/dia) pode também ter colaborado para esse fato.

Os tratamentos influenciaram somente os teores de nitrogênio ureico no leite (NU) (Tabela 4), e verificou-se influência do estágio de lactação para os teores de lactose (LAC), extrato seco desengordurado (ESD), contagem de células somáticas (CCS) e nitrogênio ureico (Tabela 5).

Tabela 4
Teores dos constituintes do leite em função dos tratamentos.

Variável	Média Geral	Tratamento				CV ^a (%)
		Controle	Canola	Girassol	Soja	
Produção (kg)	182,75	198,28	195,47	169,60	175,00	42,28
GOR ^b (g/kg)	40,30	36,70	40,10	41,30	43,00	20,97
PROT ^c (g/kg)	34,80	33,50	35,0	33,50	37,10	16,92
LAC ^d (g/kg)	41,30	40,70	41,4	42,90	40,40	15,23
ST ^e (g/kg)	125,70	120,20	125,9	125,80	129,80	7,73
ESD ^f (g/kg)	85,40	83,50	85,8	85,50	86,90	5,46
CCS ^g (x mil/mL)	2121,00	2366,90	2241,5	1818,70	2056,90	19,27
NU ^h (mg/dL)	36,20	31,87	38,37a	35,21ab	39,35a	37,34

^aCV: coeficiente de variação; ^bGOR: gordura; ^cPROT: proteína; ^dLAC: lactose; ^eST: sólidos totais; ^fESD: extrato seco desengordurado; ^gCCS: contagem de células somáticas; ^hNU: nitrogênio ureico.

Tabela 5

Equações de regressão para os componentes do leite em função do estágio de lactação.

Variável	Regressão	R ^{2a}
LAC ^b (g/kg)	$\hat{Y} = 4,8416 - 0,0107 x$	0,95
ESD ^c (g/kg)	$\hat{Y} = 9,2013 - 0,0199 x + 0,0001x^2$ ($Y_{\min} = 8,21$ para $x = 99,5$)	0,92
CCS ^d (log(x))	$\widehat{\log Y} = 2,2215 + 0,0040 x + 0,00006x^2$ ($Y_{\min} = 2,02$ para $x = 33,33$)	0,99
NU ^e (mg/dL)	$\hat{Y} = 19,2107 + 0,4653x - 0,0025x^2$ ($Y_{\max} = 40,9$ para $x = 93,1$)	0,84

^aR²: coeficiente de determinação; ^bLAC: lactose; ^cESD: extrato seco desengordurado; ^dCCS: contagem de células somáticas; ^eNU: nitrogênio ureico; x= estágio de lactação (15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 dias).

Os valores observados para os constituintes do leite estão dentro da variação normal para cabras (Park et al., 2007), e, segundo a literatura, as variações na composição do leite durante as fases de lactação são comuns e ocorrem devido às alterações na quantidade de leite produzido ocasionando maiores ou menores concentrações dos componentes no produto gerado (Brendehaug e Abrahamsen, 1986; Greyling et al., 2004; Mestawet et al., 2012).

Os teores médios de lactose declinaram com o avanço da lactação, assim como foi observado em vários trabalhos que estudaram a composição do leite nos diferentes estádios de lactação (Gomes et al., 2004; Prasad et al., 2005; Park et al., 2007; Mestawet et al., 2012).

A regressão para extrato seco desengordurado apresentou comportamento quadrático e esta variável reflete as alterações que ocorreram nos teores de lactose e proteína ao longo da lactação.

Quanto à contagem de células somáticas (CCS), estudos realizados no Brasil vêm demonstrando que as variações deste parâmetro no leite de cabras ocorrem em função de uma série de fatores, entre eles, o estágio de lactação, ordem de parto, época do ano e tipo de ordenha (Peixoto et al., 2010), e que nos estádios finais da lactação a CCS apresenta-se mais elevada (Souza et al., 2009), assim como ocorreu no presente trabalho, no qual a CCS aumentou de 827,2 mil/mL, no início da lactação, para 4485,4 mil/mL no final da lactação.

A análise do nitrogênio ureico (NU) é uma ferramenta utilizada para o monitoramento dos níveis de proteína da dieta (Hof et al., 1997). Altos níveis de NU no leite significam que o animal não utiliza eficientemente a proteína ou deficiência de proteína. Os dados de consumo de proteína demonstram semelhança entre os tratamentos, entretanto, os valores de NU apresentaram diferença e indicam melhor aproveitamento da proteína pelos animais do tratamento controle.

Em trabalhos com cabras realizados por Zambom et al. (2007) e Mouro et al. (2002) observa-se variação de 17,18 mg/dL a 36,87 mg/dL, respectivamente, e os valores para esta variável não são fixos, pois são dependentes do consumo de matéria seca e da composição da forragem e do concentrado (Kaufman, 1982; Oltner et al. 1985). Neste estudo os teores de NU ao longo da lactação apresentaram comportamento quadrático, com valor máximo de aproximadamente 41 mg/dL aos 93 dias de lactação, sugerindo variações na eficiência do uso da proteína dietética ao longo da lactação.

Houve efeito de interação entre tratamento e estágio de lactação para proteína (PROT) (Tabela 6).

Tabela 6

Médias de tratamento e regressão do teor de proteína em função da interação entre tratamento e estágio de lactação.

Estádio de lactação (dias)	Tratamento			
	Controle	Canola	Girassol	Soja
15	3,39	3,40	3,55	3,45
30	2,85	3,34	3,44	3,42
45	3,06	3,13	3,15	3,31
60	3,48	3,04	3,12	3,37
75	3,63	3,18	3,22	3,83
90	3,39	3,50	3,34	3,75
105	3,57b	4,09ab	3,36b	4,63a
120	3,39b	4,32a	3,66ab	3,93ab
Tratamento	Regressão			
Controle	ns			
Canola	$\hat{Y} = 3,8124 - 0,0277 x + 0,0003x^2$ ($Y_{\min} = 3,17$ para $x = 46,2$) $(R^2 = 0,96)$			
Girassol	$\hat{Y} = 3,8256 - 0,0202 x + 0,0002x^2$ ($Y_{\min} = 3,32$ para $x = 50,5$) $(R^2 = 0,89)$			
Soja	$\hat{Y} = 3,1091 - 0,0092 x$ ($R^2 = 0,55$)			

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ($P > 0,05$); x:estádio de lactação (15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 dias); ns: análise de variância da regressão não significativa ($F > 0,05$).

O teor de proteína do leite é uma característica que modifica no decorrer da lactação, e tende a seguir uma evolução inversa à da produção de leite, alcançando valores mínimos no segundo mês de lactação, o que coincide com a produção máxima de leite (Rota et al., 1993). Isto explica o comportamento deste componente do leite nos tratamentos com óleo de canola e girassol, nos quais o teor de proteína decaiu até aproximadamente 50 dias de lactação, e foi aumentado posteriormente em função da quantidade de leite produzida. Para o tratamento com inclusão de óleo de soja houve decréscimo de 0,0092% ao dia e o tratamento controle não apresentou regressão significativa para esta variável.

No perfil geral de ácidos graxos do leite foram identificados 54 ácidos graxos e isômeros, dos quais o C18:1c9 (oléico), o C16:0 (palmítico) e o C18:0 (esteárico) foram os mais abundantes, com médias 22,19%, 21,72% e 15,59% respectivamente.

Na tabela 7 são apresentadas as médias e as equações de regressão para os ácidos graxos saturados (AGS) que foram influenciados pelos efeitos de tratamento e estágio de lactação respectivamente.

Os teores de AGS_{total} (ácidos graxos saturados totais), C10:0 (cáprico), C12:0 (láurico), C14:0 (mirístico), C16:0 (palmítico) apresentaram as maiores médias para o tratamento controle e houve redução média de 7,35% no total de AGS com a inclusão dos óleos vegetais. Este resultado demonstra um efeito benéfico da utilização de óleos vegetais na dieta de cabras em lactação, tendo em vista a constante busca na redução do teor de AGS total nos alimentos de origem animal e o fato dos ácidos graxos C14:0 e C16:0 serem os principais ácidos graxos hipercolesterolêmicos.

Dentre os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), o cáprico (C10:0) e o láurico (C12:0) apresentaram teores reduzidos quando os óleos vegetais foram incluídos nas dietas das cabras. De acordo com Palmquist et al. (1993) a redução nos teores de AGCC no leite com a adição de óleos vegetais na dieta ocorre em função do escape de ácidos graxos de cadeia longa (AGCL) da biohidrogenação ruminal. Estes AGCL inibem a síntese da enzima acetil Co-a carboxilase (responsável pela síntese *de novo* de ácidos graxos na glândula mamária) em função de sua competição com os ácidos graxos de cadeia curta e média pela esterificação.

Tabela 7

Média dos ácidos graxos saturados em função dos tratamentos e estádios de lactação (regressão).

Ácido Graxo	Tratamento					CV ^a (%)
	Média Geral	Controle	Canola	Girassol	Soja	
C4:0 (butírico)	2,04	1,90b	1,99ab	2,18a	2,09ab	15,46
Regressão		$\hat{Y} = 2,3161 - 0,1105x$ ($R^2 = 0,97$)				
C6:0 (caproico)	2,35	2,42	2,19	2,39	2,39	13,23
Regressão		$\hat{Y} = 2,5912 - 0,0965x$ ($R^2 = 0,89$)				
C8:0 (caprílico)	2,80	3,07	2,69	2,77	2,70	11,92
Regressão		$\hat{Y} = 3,1725 - 0,1472x$ ($R^2 = 0,89$)				
C10:0 (cáprico)	8,01	9,47a	7,71b	7,59b	7,29b	15,77
Regressão		-				
C12:0 (láurico)	3,77	4,82a	3,66b	3,45b	3,16b	23,32
Regressão		ns				
C14:0 (mirístico)	8,45	10,24a	8,40b	7,94b	7,23b	15,49
Regressão		$\hat{Y} = 7,2431 + 0,4835x$ ($R^2 = 0,90$)				
C16:0 (palmítico)	21,72	24,54a	20,86b	20,49b	20,98b	8,75
Regressão		$\hat{Y} = 19,6987 + 0,8071x$ ($R^2 = 0,95$)				
C18:0 (esteárico)	15,59	12,26b	15,92a	16,53a	17,66a	15,11
Regressão		ns				
C23:0 (tricosanoico)	0,02	0,014b	0,019ab	0,02a	0,019ab	34,88
Regressão		ns				
C24:0 (lignocerico)	0,01	0,005	0,02	0,01	0,01	155,0
Regressão		$\hat{Y} = -0,0016 + 0,0053x$ ($R^2 = 0,98$)				
AGS _{total} ^b	67,04	71,12a	65,74b	65,59b	65,72b	4,21
Regressão		ns				

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si para efeito de tratamento pelo teste de Tukey ($P > 0,05$), ^aCV: coeficiente de variação; ^bAGS_{total}: ácidos graxos saturados totais; ns: análise de variância da regressão não significativa ($F > 0,05$) para os efeitos linear e quadrático dos ácidos graxos em função do estágio de lactação; x: estágio de lactação (20, 50, 80 e 110 dias); R²: coeficiente de determinação.

O ácido esteárico (C18:0) apresentou maiores médias para os tratamentos com inclusão de óleo, porém, apesar de ser saturado, Grundy (1989) relatou que para humanos este ácido graxo reduz o colesterol plasmático total e LDL, pois, ao ser consumido, parte dele é convertido em ácido oléico (C18:1) devido à introdução de uma dupla ligação entre os átomos de carbono 9 e 10 (Calder, 1998; Teitelbaum e Walker, 2001). O aumento na concentração de ácido esteárico no leite pode ter sido consequência da extensa biohidrogenação ruminal dos ácidos C18:1, C18:2, C18:3n3 e C18:3n6 presentes nos óleos utilizados na dieta dos animais deste experimento.

Para os ácidos graxos C4:0 (ácido butírico), C6:0 (ácido caproico) e C8:0 (ácido caprílico) constatou-se coeficiente de regressão linear negativo, que implica em redução de seus teores com o avanço da lactação (Tabela 7). Contrariamente, os teores de C14:0 (ácido mirístico), C16:0 (ácido palmítico) e C24:0 (ácido lignocerico)

aumentam linearmente com o avanço da lactação, resultando em redução da qualidade da gordura láctea pelo fato do mirístico e palmítico serem os principais ácidos graxos hipercolesterolêmicos.

A Tabela 8 apresenta as médias dos ácidos graxos monoinsaturados influenciados por tratamentos e estádios de lactação.

Tabela 8

Média dos ácidos graxos monoinsaturados em função dos tratamentos e estádios de lactação (regressão).

Ácido Graxo	Tratamento					CV ^b (%)	Regressão
	MG ^a	Controle	Canola	Girassol	Soja		
C12:1	0,05	0,07a	0,05ab	0,04ab	0,039b	44,68	ns
C16:1c9 (palmitoleico)	0,72	0,85a	0,69b	0,71ab	0,65b	15,26	ns
C18:1t6,7,8,9*	0,52	0,35b	0,53a	0,60a	0,63a	30,04	ns
C18:1t10,11,12*	2,03	1,18c	1,74bc	2,44ab	2,75a	27,68	-
C18:1c9 (oleico)	22,19	19,80b	24,08a	22,81a	22,05ab	10,31	-
C18:1c13*	0,60	0,56b	0,56b	0,58ab	0,69a	28,30	-
C20:1 (eicosenoico)	0,09	0,06b	0,13a	0,08b	0,08b	26,20	-
AGMI _{total} ^c	29,00	25,61b	30,78a	29,87a	29,75a	9,47	ns

* isômeros do C18:1; Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ($P>0,05$); ^aMG: média geral; ^bCV: coeficiente de variação; ^cAGMI_{total}: ácidos graxos monoinsaturados totais; ns: análise de variância da regressão não significativa ($F>0,05$) para os efeitos linear e quadrático dos ácidos graxos em função do estágio de lactação; x: estágio de lactação (20, 50, 80 e 110 dias).

Houve um aumento médio de 17,65% no teor de AGMI_{total} para os tratamentos com inclusão de óleos vegetais em comparação ao tratamento controle. Apesar de nem todos os ácidos graxos monoinsaturados identificados no leite terem apresentado maiores médias nos tratamentos com inclusão de óleo, o teor total de AGMI foi aumentado em decorrência dos maiores teores dos isômeros de C18:1 (ácido oléico) observado nestes tratamentos. De acordo com Maia et al. (2006), Fernandes et al. (2008) e Strzalkowska et al. (2009), o oléico é o ácido monoinsaturado mais abundante no leite de cabra, assim como na presente pesquisa, que demonstrou maior proporção deste ácido graxo no leite, com um teor de 17,8% maior para a dieta com inclusão de óleo de canola em relação à dieta controle.

A maior concentração de ácido oléico no leite dos animais consumindo óleo, acontece em decorrência da ação da enzima Δ -9 dessaturase na glândula mamária, cuja função principal é converter ácido esteárico (C18:0), produzido no rúmen pelo processo de biohidrogenação, em ácido oléico (Palmquist e Mattos, 2011). Dentre os três óleos estudados, o de canola é o que contém maior teor de ácido oléico (Tabela 2) e possivelmente os animais deste tratamento tiveram maior absorção intestinal desse ácido graxo além da sua produção a partir do ácido esteárico na glândula mamária.

Embora a análise de regressão tenha indicado influência do estágio de lactação sobre os AGMI, dentre os modelos polinomiais testados, nenhum apresentou efeito significativo para regressão.

A Tabela 9 apresenta as médias e equações de regressão para os ácidos graxos poli-insaturados.

Tabela 9
Média dos ácidos graxos poli-insaturados em função dos tratamentos e estádios de lactação.

Ácido Graxo	MG ^a	Tratamento				CV ^b (%)
		Controle	Canola	Girassol	Soja	
C18:2c9c12 (linoléico)	2,09	1,74b	1,80b	2,44a	2,39a	17,98
Regressão		ns				
C18:3n6 (γ-linolênico)	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	32,80
Regressão		$\hat{Y} = 0,0379 + 0,0005x$ ($R^2 = 0,90$)				
C18:3n3 (linolênico)	0,28	0,28ab	0,34a	0,23b	0,28ab	28,42
Regressão		ns				
C22:5 (docosapentaenóico)	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	35,51
Regressão		$\hat{Y} = 0,0896 - 0,0284x + 0,0078x^2$ ($Y_{\min} = 0,06$ para $x = 1,82$) ($R^2 = 0,99$)				
AGPI _{total} ^c	3,62	2,98b	3,19b	4,18a	4,13b	12,41
Regressão		ns				

Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ($P > 0,05$); ^aMG: média geral; ^bCV: coeficiente de variação; ^cAGPI_{total}: ácidos graxos poli-insaturados totais; ns: análise de variância da regressão não significativa para os efeitos linear e quadrático dos ácidos graxos em função do estágio de lactação; x: estágio de lactação (20, 50, 80, 110 dias); R^2 : coeficiente de determinação.

A dieta com óleo de girassol proporcionou maior teor de ácidos graxos poli-insaturados totais (AGPI_{total}) na gordura do leite caprino (Tabela 9). Os outros tratamentos estudados não diferiram do controle, possivelmente pelas dietas possuírem ligeiramente menor teor de AGPI em comparação à dieta girassol e pela associação destes com a ocorrência da biohidrogenação.

Dos AGPI identificados, apenas os teores de C18:2c9c12 (linoléico) e o C18:3n3 (linolênico) foram influenciados pela adição de óleo nas dietas. As maiores médias de C18:2c9c12 para os tratamentos com óleo de girassol e soja e a maior média do C18:3n3 para o tratamento com óleo de canola pode ser explicado pelo maior aporte desses ácidos graxos pela dieta em função de seus teores nos respectivos óleos (Tabela 2).

Segundo Bomfim et al. (2011), os ácidos graxos insaturados de 18 carbonos que entram no rúmen são convertidos a ácido esteárico (C18:0) por reações de isomerização e hidrogenação. Porém, estas reações são limitadas pelas enzimas responsáveis por este processo. Assim, se há um maior aporte destes ácidos graxos

pela dieta, ocorre uma saturação no processo de biohidrogenação, permitindo o escape dos ácidos graxos C18 insaturados sem que sua estrutura seja alterada.

Para estágio de lactação, o C18:3n6 (γ -linolênico) apresentou coeficiente de regressão linear crescente, ou seja, o teor deste ácido graxo no leite aumenta no decorrer da lactação, o que melhora a qualidade nutricional do leite por se tratar de um ácido graxo essencial.

As médias de tratamento e as equações de regressão para ω 6, para as razões ácidos graxos monoinsaturados/ácidos graxos saturados (AGMI/AGS), ácidos graxos poli-insaturados/ ácidos graxos saturados (AGPI/AGS) e os índices de qualidade nutricional da fração lipídica do leite em função dos tratamentos e estádios de lactação estão apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10

Médias de ω 3, ω 6, das razões AGMI/AGS e AGPI/AGS e índices de qualidade da fração lipídica do leite em função dos tratamentos e estádios de lactação (regressão).

Variáveis	Tratamento					CV ^b (%)	Regressão
	MG ^a	Controle	Canola	Girasol	Soja		
ω 3 ^c	0,39	0,40	0,46	0,32	0,38	21,59	ns
ω 6 ^d	2,37	2,02b	2,05b	2,75a	2,65a	17,20	ns
AGMI/AGS ^e	0,44	0,36b	0,47a	0,46a	0,45a	13,56	ns
AGPI/AGS ^f	0,05	0,04b	0,05b	0,06a	0,06a	14,21	ns
IA ^g	1,94	2,59a	1,79b	1,73b	1,63b	21,33	$\hat{Y} = 1,6019 + 0,1335x$ ($R^2 = 0,95$)
IT ^h	2,74	3,15a	2,54b	2,62b	2,65b	12,29	ns
HH ⁱ	0,85	0,66b	0,92a	0,93a	0,89a	15,80	$\hat{Y} = 0,9726 - 0,0489x$ ($R^2 = 0,95$)

^aMG: média geral; ^bCV: coeficiente de variação; ^c ω 3: ômega 3; ^d ω 6: ômega 6; ^eAGMI/AGS: razão ácidos graxos monoinsaturados/ ácidos graxos saturados; ^fAGPI/AGS: razão ácidos graxos poli-insaturados/ ácidos graxos saturados; ^gIA: índice de aterogenicidade; ^hIT: índice de trombogenicidade; ⁱHH: razão ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ($P > 0,05$); ns: análise de variância da regressão não significativa ($F > 0,05$) para os efeitos linear e quadrático dos ácidos graxos em função do estágio de lactação; x: estágio de lactação (20, 50, 80 e 110 dias); R^2 : coeficiente de determinação

Observa-se que o leite dos animais que receberam as dietas com óleo de girassol e de soja apresentou maiores teores de ω 6. O óleo de canola é um produto com baixo teor de ω 6 em sua composição e, conseqüentemente, a dieta com sua inclusão refletiu esta característica para o produto gerado. Da mesma forma, a dieta controle, por não conter óleo, refletiu em um menor teor deste componente no leite dos animais deste tratamento.

Segundo Costa et al. (2009), as razões ou proporções são sugeridas como forma de avaliar o fator de risco do alimento para o aumento nos níveis de colesterol no sangue, pois sabe-se que alta quantidade de AGS promove um aumento nos níveis de colesterol no plasma, enquanto os AGI diminui. Tendo em vista estas considerações, à medida que o teor de AGS diminui e os teores de AGMI e AGPI se

elevam, as razões AGMI/AGS e AGPI/AGS apresentam maiores valores, o que é desejável nutricionalmente quando se visa a redução do colesterol plasmático.

Neste trabalho, a adição de óleos vegetais aumentou a razão AGMI/AGS no leite de cabras quando comparado à dieta controle devido ao aumento no teor de AGMI e redução nos teores de AGS do leite.

A inclusão de óleo de girassol e de soja promoveu um aumento na razão AGPI/AGS. Para todos os óleos utilizados foi observada uma redução nos teores totais de AGS, entretanto, somente a dieta com óleo de girassol aumentou o teor de AGPI, explicando o maior valor de AGPI/AGS para este tratamento e menores valores para esta razão nos tratamentos controle e com óleo de canola. O óleo de soja promoveu um aumento nesta variável mesmo sem apresentar diferença no teor total de AGPI, provavelmente porque o valor de 4,13% de ácidos graxos poli-insaturados no tratamento com adição de óleo de soja (Tabela 8) não foi suficiente para diferir do teor de 4,18% apresentado pelo tratamento com óleo de girassol, porém foi suficiente para elevar a relação AGPI/AGS.

Estes dados demonstram que a inclusão de óleos de canola, girassol e soja na dieta de cabras em lactação promove uma melhora no perfil de ácidos graxos, pois houve uma redução nos ácidos graxos saturados totais e aumento de ácidos graxos insaturados totais, o que é compatível para tornar um alimento nutricionalmente melhor para a saúde do consumidor.

As dietas com inclusão de óleos vegetais proporcionaram a redução nos índices de aterogenicidade e trombogenicidade (IA e IT) e aumento no índice HH (ácidos graxos hipocolesterolêmicos/ ácidos graxos hipercolesterolêmicos). Estes índices caracterizam o grau de risco da dieta à saúde humana. Dietas com alto IA e IT e baixo HH assumem maior efeito prejudicial à saúde humana. Os resultados da presente pesquisa sugerem uma melhora na qualidade nutricional dos lipídeos da gordura do leite em comparação à dieta controle, o que está relacionado à diminuição nas concentrações de AGS nos tratamento com adição de óleo.

O coeficiente de regressão linear foi positivo para IA e negativo para HH (Tabela 10), o que indica redução na qualidade do leite em termos de prevenção de doenças coronarianas à medida que a lactação avança. Possivelmente esta situação está ligada ao aumento nos teores de ácido mirístico e palmítico no leite no decorrer da lactação (Tabela 7), pois são os ácidos graxos que apresentam maior efeito hipercolesterolêmico e, portanto, utilizados para cálculo destes índices. A reserva corporal mobilizada no início da lactação pode ter colaborado para a modificação

destes índices, contudo nada se pode afirmar em função do desconhecimento da quantidade mobilizada e da sua composição em ácidos graxos.

A seguir são apresentados os ácidos graxos que foram influenciados pela interação entre tratamento e estágio de lactação, com as respectivas equações de regressão ou média de tratamento quando a análise de variância da regressão não foi significativa para os efeitos linear e quadrático do estágio de lactação.

Dos ácidos graxos saturados e monoinsaturados principais nenhum apresentou efeito de interação, e na Tabela 11 estão apresentados os ácidos graxos poli-insaturados e razões que foram influenciados pela interação tratamento e estágio de lactação.

Tabela 11

Média dos ácidos graxos poli-insaturados e razões influenciados pela interação entre tratamento e estágio de lactação.

Tratamento	Estádio de Lactação (dias)				Regressão/Média de tratamento
	20	50	80	110	
C18:2c9t11 (CLA)					
Controle	0,498b	0,510c	0,548b	0,682bc	0,560
Canola	0,785ab	0,618bc	0,683ab	0,633c	0,680
Girassol	1,074a	1,140a	1,069a	1,145ab	1,107
Soja	0,934ab	1,077ab	1,095a	1,282a	$\hat{Y} = 0,8670 + 0,0035x$ ($R^2 = 0,92$)
C20:5 (eicosapentaenóico)					
Controle	0,017	0,020a	0,019	0,017ab	0,018
Canola	0,021	0,020a	0,016	0,023a	0,020
Girassol	0,012	0,008b	0,010	0,009b	0,010
Soja	0,016	0,010ab	0,012	0,010b	0,012
C22:6 (docosahexaenóico)					
Controle	0,015	0,015	0,011	0,031	0,013
Canola	0,015	0,015	0,011	0,031	0,018
Girassol	0,011	0,012	0,019	0,024	0,017
Soja	0,013	0,012	0,014	0,017	$\hat{Y} = 0,0145 - 0,0001x + 0,000001x^2$ ($Y_{\min} = 0,012$ para $X = 50$) ($R^2 = 0,99$)
$\omega 6/\omega 3^a$					
Controle	8,228b	5,449b	4,427ab	4,038	5,535
Canola	6,862b	5,205b	3,360b	3,727	4,789
Girassol	12,731a	10,303a	7,464a	7,063	$\hat{Y} = 13,6897 - 0,0661x$ ($R^2 = 0,93$)
Soja	8,144b	7,377ab	6,643ab	6,857	7,256

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey ($P > 0,05$); x: estágio de lactação (20, 50, 80, 110 dias); R^2 : coeficiente de determinação; $^a \omega 6/\omega 3$: razão ômega 6 e ômega 3.

Os teores de C18:2c9t11, que é um CLA, não diferiram para os tratamentos com óleo de girassol e soja, e alternaram-se entre os períodos com maiores teores em relação aos tratamentos controle e com óleo de canola. No tratamento com óleo de soja, o teor deste ácido graxo aumenta linearmente com o avanço da lactação, o que melhora a qualidade da gordura do leite, por se tratar de um AGPI.

O CLA é formado no rúmen como um primeiro intermediário da biohidrogenação do ácido linoléico pela enzima linoléico isomerase, proveniente da bactéria anaeróbica *Butyrivibrio fibrisolvens*, que isomeriza o ácido linoléico preferencialmente para as formas cis-9 e trans-11 (Kepler et al., 1966; Parodi, 1977). Este ácido graxo pode também ser sintetizado na glândula mamária por ação da enzima Δ -9 dessaturase sobre o ácido vacênico (C18:1 trans11), outro intermediário da biohidrogenação. Com o maior aporte de ácido linoléico pelas dietas que contém os óleos em questão, há maior formação de CLA no rúmen para absorção intestinal e participação na composição da gordura do leite e também de ácido vacênico para síntese de CLA na glândula mamária. O baixo teor de ácido linoléico (C18:2) no óleo de canola pode ser a causa dos menores teores de CLA em relação aos óleos de girassol e soja, o que promoveu uma aproximação de sua média ao tratamento controle.

O coeficiente de regressão dos teores de CLA em função do estágio de lactação foi positivo para o tratamento com adição de óleo de soja, que demonstra um aumento no teor de CLA no decorrer da lactação, sugerindo uma melhora na qualidade nutricional do leite em etapas mais avançadas da lactação.

O ácido eicosapentaenóico (EPA – C20:5) não apresentou diferença entre tratamentos para seus teores no primeiro e terceiro períodos. No entanto, no segundo período, os tratamentos controle e com óleo de canola apresentaram as maiores médias para este ácido graxo em relação ao girassol. No último período apenas o tratamento com óleo de canola foi superior aos tratamentos com óleo de girassol e soja.

Não houve diferença entre os tratamentos nos diferentes estágios de lactação para o ácido docosahexaenoico (DHA – C22:6), contudo constatou-se influência do estágio de lactação somente para o tratamento com óleo de soja, que diminuiu até o 50º dia, aumentando posteriormente.

Poucos relatos são encontrados na literatura sobre esta interação, no entanto, explica-se que as poucas diferenças encontradas no perfil de ácidos graxos do leite nas diferentes fases de lactação são em decorrência do balanço energético negativo no início da lactação que mobiliza a gordura corporal, a qual fará parte da composição do leite. Segundo Demeyer e Doreau (1999), 40-50% da gordura do leite é originada a partir de lipídeos sintetizados na glândula mamária e o restante, dos ácidos graxos pré-formados absorvidos da corrente sanguínea, sendo que 10% dos ácidos graxos circulantes têm origem na mobilização dos lipídeos corporais.

O balanço $\omega 6/\omega 3$ é um ponto importante a ser considerado quando se trata de consumo de gordura, pois, apesar de essencial, segundo Young et al. (1998), altas concentrações de $\omega 6$ podem favorecer processos inflamatórios que conduzem à arteriosclerose devido à tendência em aumentar a agregação de plaquetas. Sendo assim, quanto menor o valor para esta razão significa que houve um aumento no teor de $\omega 3$ ou redução de $\omega 6$, melhorando a qualidade da gordura dietética com relação à saúde do consumidor. Apenas a dieta com óleo de girassol apresentou média superior ao tratamento controle para a razão $\omega 6/\omega 3$ nos três primeiros períodos. O coeficiente de regressão linear negativo da razão $\omega 6/\omega 3$ em função do estágio de lactação sinaliza redução nessa relação, melhorando a qualidade nutricional do leite neste aspecto.

Conclusão

A inclusão de 30 g de óleos de canola, girassol e soja /kg de matéria seca da dieta para cabras em lactação não afeta o consumo de alimento e promove um melhor perfil de ácidos graxos do leite sem influenciar sua produção e composição, e pode, por isso, ser uma alternativa para aumentar a densidade energética da dieta dos animais e para manipulação do perfil de ácidos graxos do leite.

O leite produzido nos estádio iniciais da lactação é melhor para a saúde do consumidor em função de seus índices de qualidade da fração lipídica (IA, IT e HH).

Dentre os óleos estudados, o de girassol apresenta mais vantagens frente aos demais para os resultados de perfil de ácidos graxos, entretanto o óleo de soja assemelha-se ao de girassol em várias características, ficando ao critério do produtor a opção pela utilização de desses óleos em função de seu custo.

Referências

- Alvheim, A.R. et al. 2013. Dietary linoleic acid elevates endogenous 2-arachidonoylglycerol and anandamide in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and mice, and induces weight gain and inflammation in mice. **British Journal of Nutrition**, 109, 1508-17.
- Araújo, A.M.; Eloy, A.M.X. 1998. Desempenho produtivo de cabras leiteiras das raças Pardo Alpina, Saanen e Anglo Nubiana do rebanho da EMBRAPA – CNPC. EMBRAPA – CNPC. Comunicado Técnico, 32, 4p.
- Bomfim, M.A.D., et al. 2011. Abordagem multidisciplinar de P,D&I para o desenvolvimento de produto lácteo caprino com alto teor de CLA e alegação de propriedade funcional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40, 98-106, (suplemento especial).
- Bremer Neto, H., et al. 2005. Determinação da rotina do cromo em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-difenilcarbazida. **Ciência Rural**, 35, 691-97.
- Brendehaug, J.; Abrahamsen, R.K. 1986. Chemical composition of milk from a herd of Norwegian goats. **Journal of Dairy Research**, 53, 211-21.
- Calder, P. C. 1998. Immunoregulatory and antiinflammatory effects of n-3 polyunsaturated fatty acids. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, 31, 467-90.
- Cannas, A., et al. 2004. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological value for sheep. **Journal of Animal Science**, 82, 149-69.
- Christie, W.W. 1982. A simple procedure for rapid transmethylolation of glycerolipids and cholesterol esters. **Journal of Lipid Research**, 23, 1072.
- Costa, R.G., et al. 2009. Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38, 307-21 (suplemento especial).
- Cunniff, P. 1995. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16. ed. Arlington: AOAC International, v.1.
- Demeyer, D.; Doreau, M. 1999. Targets and procedures for altering ruminant meat and lipids. **Proceedings of the Nutrition Society**, 58, 593-607.
- Detmann, E. et al. 2001. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30, 1600-09.
- De Vries, M.F.W. 1995. Estimating forage intake and quality in grazing cattle: a reconsideration of hand-plucking method. **Journal Range Management**, 48, 370-75.
- Fernandes, M.F. et al. 2008. Características físico-químicas e perfil lipídico do leite de cabras mestiças Moxotó alimentadas com dietas suplementadas com óleo de semente de algodão ou de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 37, 703-10.
- Gomes, V., et al. 2004. Influência do estágio de lactação na composição do leite de cabras (*Capra hircus*). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, 41, 339-42.
- Greyling, J.P.C. et al. 2004. Comparative milk production potential of indigenous and Boer goats under two feeding systems in South Africa. **Small Ruminant Research**, 55, 97-105.
- Grundy, S.M. 1989. Monounsaturated fatty acids and cholesterol metabolism: implications for dietary recommendations. **The Journal of Nutrition**, 119, 529-33.
- Haenlein, G.F.W. 2004. Goat milk in human nutrition. **Small Ruminant Research**, 51, 155-63.
- Hara, A.; Radin, N.S. 1978. Lipid extraction of tissues low-toxicity solvent. **Analytical Biochemistry**, 90, 420-26.

- Hof, G., et al. 1997. Milk urea as a tool to monitor the proteins nutrition of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 80, 3333-40.
- Johnson, R.R.; McClure, K.E. 1973. High fat rations for ruminants II. Effects of fat added to corn plant material prior to ensiling on digestibility and voluntary intake of the silage. **Journal of Animal Science**, 36, 397-406.
- Kaufmann, W. 1982. Variation in composition of the raw material milk with special regard to the urea content. **Milchwissenschaft**, 37, 6-9.
- Kepler, C.R., et al. 1966. Intermediates and products of the biohydrogenation of linoleic acid and *Butyrivibrio fibrisolvens*. **The Journal of Biological Chemistry**, 241, 1350-54.
- Maia, F.J. et al. 2006. Inclusão de fontes de óleo na dieta de cabras em lactação, produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 35, 1504-13.
- Mestawet, T.A. et al. 2012. Milk production, composition and variation at different lactation stages of four goat breeds in Ethiopia. **Small Ruminant Research**, 105, 176-81.
- Mouro, G.F. et al. 2002. Substituição do milho pela farinha de mandioca de varredura em dietas de cabras em lactação: produção e composição do leite e digestibilidade dos nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 31, 475-83.
- National Research Council. 2007. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goat, cervids and new world camelids**. Washington.
- Oltner, R.; Emanuelson, M.; Wiktorson, H. 1985. Urea concentrations in milk relation to milk yield, live weight, lactation number and amount and composition of feed given to dairy cows. **Livestock Production Science**, 12, 45-57.
- Palmquist, D.L., et al. 1993. Feed and animal factors influencing milk fat composition. **Journal of Dairy Science**, 76, 1753-71.
- Palmquist, D.L.; Mattos, W.R.S. 2011. Metabolismo de lipídeos, in: Berchelli, T.T.; Pires, A.V.; Oliveira, S.G.(Eds.), **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 299-321.
- Park, Y.W., et al. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, 68, 88-113.
- Parodi, P.W. 1977. Conjugated octadecadienoic acids of milk fat. **Journal of Dairy Science**, 60, 1550-53.
- Peixoto, R.M., et al. 2010. Mastite em pequenos ruminantes no Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, 30, 754-62.
- Prasad, H., et al. 2005. Milk yield and composition of the beetal breed and their crosses with Jamunapari, Barbari and Black Bengal breeds of goat. **Small Ruminant Research**, 58, 195-199.
- Procapi. 1994. **Programa de controle produtivo e reprodutivo de caprinos. Manual do usuário** – Universidade Estadual Paulista – Jaboticabal – SP, Brasil.
- Rodrigues, C.A.F. et al. 2006. Influência da condição corporal e da concentração de energia nas dietas no periparto sobre o desempenho de cabras em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 35, 1560-67.
- Rodrigues-Ruiz, J.R. et al. 1998. Rapid simultaneous lipid extraction and transesterification for fatty acid analyses, **Biotechnology Techniques**, 12, 689-91.
- Rota, A.M., et al. 1993. Effects of stage of lactation and parity on somatic cell counts in milk of Verata goats and algebraic models of their lactation curves. **Small Ruminant Research**, 12, 211-19.
- Santos-Silva, J., et al. 2002. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II. Fatty acid composition of meat. **Livestock Production Science**, v.77, n.2/3, p. 187-94.

- Souza, G.N., et al. 2009. Composition and bulk tank somatic cell counts of milk from dairy goat herds in southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, 46, 19-24.
- Strzalkowska, N. et al. 2009. Chemical composition, physical traits and fatty acid profile of goat milk as related to the stage of lactation. **Animal Science Papers and Reports**, 27, 311-20.
- Teitelbaum, J. E.; Walker, W. A. 2001. Review: The role of omega 3 fatty acids in intestinal inflammation. **Journal of Nutritional Biochemistry**, 12, 21-32.
- Ulbricht, T.L.V.; Southgate, D.A.T. 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. **Lancet**, 338, 985-92.
- Universidade Federal DE Viçosa – UFV. 2000. **Sistema de Análises Estatística e Genéticas – SAEG**. Versao 9.0. Vicoso, MG.
- Van Soest, P.J.; Robertson, J.B.; Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysacharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, 74, 3583-97.
- Weiss, W.P. 1999. Energy prediction equations for ruminants feeds. In: Cornell Nutrition Conference for Feed Manufactures, 61, 1999. **Proceedings ...** Ithaca: Cornell University, 176-185.
- Young, V.M. et al. 1998. Effect of linoleic acid on endothelial cell inflammatory mediators. **Metabolism**, 47, 566-72.
- Zambom, A.M. et al. 2007. Parâmetros digestivos, produção e qualidade do leite de cabras Saanen recebendo rações com casca do grão de soja em substituição ao milho. **Acta Scientiarum**, 29, 309-16.

CAPÍTULO III

CONSUMO E PARÂMETROS RUMINAIS EM CABRAS SUPLEMENTADAS COM ÓLEOS VEGETAIS

Resumo: O uso de lipídeos em dietas de animais ruminantes de alta produção tem sido uma estratégia para aumentar a densidade energética da dieta e manipular o perfil de ácidos graxos do leite e da carne, porém podem alterar os padrões de fermentação ruminal e, por isso, promover prejuízo à produção. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o consumo e os parâmetros ruminais de cabras suplementadas com óleos vegetais na alimentação. Foram utilizadas quatro cabras da raça Saanen canuladas no rúmen e foram avaliados quatro tratamentos: dieta controle e com inclusão de 30 g de óleos de canola, girassol ou soja/kg de matéria seca da dieta. O experimento foi conduzido no delineamento em quadrado latino 4x4, com períodos de 10 dias cada. O consumo de forragem foi estimado por óxido de cromo como marcador externo, e o de suplemento, por diferença entre o alimento fornecido e as sobras diárias. Os parâmetros de fermentação ruminal (pH, concentração de ácidos graxos de cadeia curta e nitrogênio amoniacal) foram avaliados de amostras de líquido ruminal colhidas a cada duas horas, durante 12 horas no último dia de cada período. Não foi verificado efeito da suplementação lipídica sobre o consumo de matéria seca, e, dentre os nutrientes, o consumo de extrato etéreo foi maior para todos os tratamentos com óleo e a fibra em detergente ácido (FDA) foi maior no tratamento com óleo de canola. O valor de pH foi maior para o tratamento com óleo de soja e apresentou efeito quadrático para tempo de coleta. A concentração total de ácidos graxos de cadeia curta ($AGCC_{total}$) e do ácido acético apresentaram efeito quadrático para tempo de coleta. As concentrações dos ácidos propiônico e butírico bem com a razão acético/propiônico (A/P) apresentaram efeito cúbico para tempo de coleta. A inclusão de 30 g de óleos de canola, girassol ou soja/kg de matéria seca da dieta pode ser usada como estratégia para elevar a densidade energética em dietas para cabras, pois não interfere no consumo e nos parâmetros de fermentação ruminal.

Palavras-chave: ácidos graxos de cadeia curta, amônia, caprinos, fermentação ruminal, pH

INTAKE AND RUMINAL PARAMETERS OF GOATS SUPPLEMENTED WITH VEGETABLE OILS

Abstract: The use of lipids in high production animals diet has been a strategy for increase the energy density of diets and manipulate the fatty acid profile of milk and meat, however it can alter the ruminal fermentation patterns leading to a production impairment. Thus, the aim of this study was to evaluate intake and ruminal parameters of goats supplemented with vegetable oils. There were used four Saanen goats cannulated in the rumen and there were evaluated four treatments: control diet and diets with inclusion of 30 g of canola, sunflower or soybean oils/kg of dry matter of diet. The experimental design was a latin quare 4x4, with four treatments and four periods of ten days each. The forage intake was estimated by chromium oxide as an external marker and the supplement intake by difference among the supplied and daily supplement leftovers. The ruminal parameters of fermentation were evaluated from samples of rumen fluid collected every two hours during twelve hours. The pH, short chain fatty acids (SCFA) and ammonia nitrogen (N-NH_3) concentrations were measured. There was no lipid supplementation effect on dry matter intake and, among nutrients, the intake of ether extract was higher for treatments with oil inclusion and the acid detergent fiber (ADF) intake was higher for treatment with canola oil inclusion. The pH was higher for the treatment with soybean oil inclusion and presented a quadratic effect for sampling time. The total SCFA and acetic acid concentrations presented a quadratic effect for sampling time. The propionic and butiric acids concentrations and the proportion acetic/propionic (A/P) presented cubic effect for sampling time. The inclusion of 30 g of canola, sunflower or soybean oils/kg of dry matter of diet can be used as a strategy to increase energy density in goat diets because it do not affect intake and parameters of ruminal fermentation.

Keywords: short chain fatty acid, ammonia, caprine, rumen fermentation, pH

Introdução

A inclusão de lipídeos na forma de óleos vegetais na dieta de ruminantes tem sido utilizada como estratégia para melhorar o perfil de ácidos graxos da gordura dos alimentos produzidos (carne e leite). Entretanto, as modificações nas características da dieta dos ruminantes, que naturalmente tem como base as forragens, podem ser responsáveis por alterações no metabolismo ruminal, nos processos digestivos (Maia et al., 2006) e no consumo, e isso pode gerar prejuízos ao animal, sendo necessários estudos para comprovar a eficiência da técnica.

Segundo Nagaraja et al. (1997), os efeitos esperados promovidos pelos lipídeos na fermentação ruminal são: redução na fermentação dos carboidratos fibrosos; aumento na eficiência microbiana com consequente maior fluxo intestinal de proteína microbiana e diminuição na concentração de amônia ruminal resultante da proteólise e/ou reciclagem de bactérias, ambos em decorrência da diminuição dos protozoários ciliados; aumento na produção de propionato e geralmente redução da metanogênese.

Os óleos vegetais contêm alta proporção de ácidos graxos insaturados em relação aos saturados e digestibilidade aparente mais alta que as fontes lipídicas de origem animal (Costa et al., 2009). Quando incluídos na dieta de ruminantes, os lipídeos insaturados são modificados no ambiente ruminal pelo processo de biohidrogenação, que consiste na adição de hidrogênio nas duplas ligações dos ácidos graxos insaturados, aumentando o grau de saturação. Isso acontece porque, de acordo com Palmquist e Mattos (2011), alguns ácidos graxos são tóxicos aos micro-organismos ruminais, como os ácidos graxos de cadeia média (4-10 carbonos) e ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa, sugerindo que não apenas o tamanho da cadeia, mas também o grau de insaturação pode alterar a fermentação ruminal.

Os resultados de pesquisas nesta área são bastante variados e apresentam ainda contradições. Segundo Jenkins (1993), os parâmetros fermentativos do rúmen podem ser modificados pela suplementação lipídica, porém, existem pesquisas que não verificaram alterações (Beauchemin et al., 2007). Sabe-se ainda que a extensão da interferência promovida pelos lipídeos sobre os parâmetros ruminais depende da fonte e do nível de adição da fonte lipídica à dieta (Homem Júnior et al., 2010).

De maneira geral, os resultados de pesquisas com as várias espécies de ruminantes (bovinos, ovinos e caprinos) demonstram tendência de redução na concentração de nitrogênio amoniacal (Lin et al., 1995; Silva et al., 2007; Shingfield et al., 2008), ausência de efeito sobre o pH ruminal (Silva et al., 2007; Shingfield et al., 2008; Hervás et al., 2008), aumento na concentração de propionato e redução na de

acetato, com conseqüente redução nos valores da razão acetato/propionato (Bateman e Jenkins, 1998; Vargas et al., 2002; Shingfield et al., 2008). Com relação ao butirato, segundo Van Nevel e Demeyer (1988), a presença de lipídeos insaturados na dieta promove redução na produção.

Na maioria dos estudos que envolvem suplementação lipídica para ruminantes são utilizados bovinos como modelo animal, tornando escassas as informações dos efeitos dos lipídeos sobre as características de fermentação ruminal em caprinos (Teh et al., 1994), que é uma espécie com comportamento alimentar e metabolismo diferenciados em relação a outras espécies de ruminantes (Van Soest, 1994; Chilliard et al., 2003) e, por isso, podem apresentar respostas distintas à essa estratégia alimentar.

Com base nestas considerações, este trabalho tem o objetivo de avaliar os parâmetros ruminais: pH, ácidos graxos de cadeia curta e nitrogênio amoniacal em cabras suplementadas com óleos de canola, girassol ou soja.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido nos meses de janeiro e fevereiro de 2013, na Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu/SP, na Área de Produção de Caprinos, localizada na Fazenda Experimental Lageado, após aprovação pelo Comitê de Ética no Uso de Animais, protocolo n° 29/2012 – CEUA.

Foram utilizadas quatro cabras da raça Saanen com peso médio inicial de 57 kg, não gestantes, não lactantes e providas de cânula ruminal. Os animais foram mantidos em pastagem, em lotação rotacionada com taxa de lotação fixa, das 7h00 às 18h00 numa área de 0,6 ha estabelecida com *Panicum maximum* cv. Tobiatã, dividida em 11 piquetes de aproximadamente 500 m² providos de bebedouro automático e área de descanso de livre acesso com sombra artificial provida por sombrite. O período de ocupação de cada piquete foi de três dias, com 30 dias de descanso. Após o período de pastejo, os animais eram conduzidos a baias individuais de 3,5 m², com piso ripado, providas de bebedouro automático, saleiros e cochos em que recebiam 0,8 kg de suplemento/animal/dia conforme os tratamentos. Nas baias os animais dispunham de água e mistura mineral à vontade.

O experimento teve duração de 40 dias e foi dividido em quatro períodos de 10 dias cada. Os primeiros nove dias foram destinados à adaptação dos animais às

dietas e o décimo dia para colheita de dados e amostras para determinação dos parâmetros ruminais (ácidos graxos de cadeia curta – AGCC, pH e nitrogênio amoniacal).

Foram testados quatro tratamentos: dieta controle ou com inclusão de 30 g/kg de matéria seca da dieta de óleos de canola (*Brassica napus L.*), girassol (*Helianthus annuus L.*) ou soja (*Glycyne max L.*).

As dietas (Tabela 1) foram formuladas segundo as recomendações do NRC (2007) para atender as exigências nutricionais dos animais. Utilizou-se o programa computacional Small Ruminant Nutrition System (SRNS) com base na estrutura do Cornell Net Carbohydrate and Protein System (Cannas et al., 2004) para ovinos para determinar a composição nutricional das dietas, que se baseia em simulação ruminal.

Foram determinadas as composições químicas dos ingredientes, do suplemento e da forragem (Tabela 1). Durante a fabricação do suplemento, foram colhidas amostras de cada ingrediente, e para análise do suplemento foram obtidas amostras de aproximadamente 200 g de cada partida do mesmo após a mistura com o óleo vegetal referente a cada tratamento. Para as amostras de forragem foi utilizado o método de pastejo simulado, que consiste na colheita manual para que o material seja o mais semelhante possível àquele consumido pelos animais (De Vries, 1995). Para isso, as cabras eram acompanhadas quando entravam no piquete para que o hábito de pastejo fosse observado e, dessa forma, amostras representativas da forragem consumida eram colhidas durante os três dias de permanência no piquete. As amostras foram mantidas congeladas até o momento das análises.

Após o descongelamento, as amostras foram secas a 55°C em estufa de ventilação forçada por 72 horas, e, em seguida, processadas em moinho tipo faca com peneira de malha um mm e acondicionadas em sacos plásticos. Foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), celulose (CEL) e lignina (LIG), segundo A.O.A.C. International (Cuniff, 1995) enquanto a fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) seguiram a metodologia proposta por Van Soest et al (1991).

O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi determinado segundo Weiss (1999) (Eq.(1)):

$$NDT = 0,98 * (100 - FDN - PB - MM - EE - 1) + 0,93 * PB + 2,25 * EE * 0,75 * (FDN - LIG) * \left(1 - \left(\frac{LIG}{FDN}\right) * 0,667\right) - 7 \quad (1)$$

Os materiais (ingredientes, forragem, suplemento) foram processados na UNESP – Universidade Estadual Paulista, câmpus de Botucatu, Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, Laboratório de Bromatologia.

Tabela 1

Composição das dietas (g/kg), custo do suplemento e composição química dos ingredientes, da forragem e dos suplementos expressas em gramas/quilo de matéria seca (g/kg).

Ingredientes	Dieta			
	Controle	Canola	Girassol	Soja
Forragem*	500	500	500	500
Milho moído	215	0	0	0
Farelo de Soja	167	192	192	192
Farelo de Trigo	82	245	245	245
Calcário	5	5	5	5
Mistura Mineral ^a	28	28	28	28
Fosfato Bicálcico	3	0	0	0
Óleo	0	30	30	30
Custo Suplemento (R\$/kg)	0,78	1,37	1,28	1,08

Ingredientes	Composição Química								
	MS ^b	MM ^c	PM ^{d1}	EE ^e	FDN ^f	FDA ^g	CEL ^h	LIG ⁱ	NDT ^j
Milho	801	14	101	49	121	42	34	10	906
Farelo de Soja	813	63	276	36	200	90	73	8	802
Farelo de Trigo	811	53	146	39	404	132	93	24	767
Forragem*	256	83	123	11	679	348	297	20	646
Suplemento									
Controle	875	102	171	86	326	130	80	12	805
Canola	872	103	200	79	316	122	81	11	801
Girassol	872	101	200	83	335	132	81	11	803
Soja	869	94	201	28	216	88	62	8	773

*Forragem: *Panicum maximum* cv. Tobiatã; ^a Composição: (quantidade/quilo de produto): cálcio 200 g; fósforo 70 g; flúor 700 mg; sódio 100 g; enxofre 10 g; magnésio 5000 mg; cobalto 25 mg; cobre 440 mg; cromo 6 mg; ferro 340 mg; iodo 48 mg; manganês 1480 mg; selênio 20 mg; zinco 3010 mg; vitamina A 250000 UI; vitamina D3 40000 UI; vitamina E 350 UI. ^bMS: matéria seca; ^cMM: matéria mineral; ^dPM: proteína metabolizável; ^eEE: extrato etéreo; ^fFDN: fibra em detergente neutro; ^gFDA: fibra em detergente ácido; ^hCEL: celulose; ⁱLIG: lignina; ^jNDT: nutrientes digestíveis totais;

¹ Valores calculados pelo programa CNCPS – Ovinos.

Foi determinada concentração dos principais ácidos graxos dos óleos, da forragem e dos suplementos, que foram extraídos segundo a metodologia de Rodrigues-Ruiz et al. (1998), no Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz” – Piracicaba/SP (Tabela 2).

Tabela 2
Perfil dos principais ácidos graxos da forragem, dos óleos e dos suplementos.

Ácido Graxo (%)	Forragem*	Óleos			Suplementos			
		Canola	Girassol	Soja	Controle	Canola	Girassol	Soja
C14:0 (mirístico)	0,65	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10
C16:0 (palmitico)	26,79	5,11	6,43	11,47	16,94	9,64	10,88	14,28
C18:0 (esteárico)	2,53	2,31	3,04	2,99	2,84	2,30	2,86	2,67
C18:1 (oléico)	1,50	63,13	27,89	25,44	28,45	51,78	25,66	24,20
C18:2 (linoléico)	18,32	18,30	60,89	52,70	47,98	27,51	57,04	52,79
C18:3n6 (γ-linolênico)	0,00	0,55	0,19	0,24	0,00	0,12	0,13	0,17
C18:3n3 (linolenico)	43,89	6,66	0,13	4,92	2,34	5,81	1,70	4,17
Outros	5,68	2,45	1,07	1,36	1,03	2,17	1,36	1,40

* *Panicum maximum* cv. Tobiatã

O consumo do suplemento foi determinado pela diferença entre o fornecido e as sobras, as quais foram pesadas diariamente. A determinação do consumo de forragem foi determinada por meio de óxido de cromo (Cr_2O_3), associado ao indicador interno FDNi (fibra em detergente neutro indigestível).

Para estimativa da produção fecal foram administradas cápsulas de óxido de cromo (Cr_2O_3) via oral. O fornecimento foi de 2,5 gramas de Cr_2O_3 , uma vez ao dia às 18h00, durante 10 dias, para 20 cabras (cinco animais de cada tratamento), sendo os cinco primeiros dias destinados para estabilização da concentração de Cr_2O_3 nas fezes e os cinco últimos dias para colheita de fezes, às 6h00 e às 18h00. Para cada animal foi feita uma amostra composta das fezes. Estas amostras foram secas por 72 horas em estufa de ventilação forçada a 55°C e moídas em moinho tipo faca com peneira de malha um milímetro. A concentração de indicador nas fezes foi determinada por colorimetria após a digestão das amostras em ácido nítrico e perclórico, conforme metodologia adaptada de Bremer Neto et al. (2005).

A estimativa da excreção fecal de matéria seca (EFMS) foi realizada considerando-se a razão entre a quantidade de marcador fornecido (QI fornecida) e sua concentração nas fezes (QI fezes) ((Eq. (2)):

$$\text{EFMS (g/dia)} = [\text{QI fornecida} / \text{Q fezes}] * 100 \quad (2)$$

A FDNi foi o indicador interno utilizado para estimar o consumo voluntário de matéria seca da forragem e o cálculo do consumo voluntário de matéria seca foi realizado pela equação proposta por Detmann et al. (2001) (Eq.(3)).

$$\text{CMS (kg/dia)} = \{[(\text{EFMS} * \text{FDNiF}) - \text{IFDniS}] / \text{CFDniF}\} + \text{CMSS} \quad (3)$$

Em que:

CMS (kg/dia) = consumo de matéria seca; EFMS = excreção fecal de matéria seca (kg/dia); FDNiF = concentração de FDNi nas fezes (kg/kg); IFDniS = ingestão de FDNi via suplemento (kg/dia); CFDniF = concentração de FDNi na forragem (kg/kg); CMSS = consumo de matéria seca de suplemento (kg/dia).

As colheitas de líquido ruminal ocorreram no décimo dia de cada período a cada duas horas, por um período de 12 horas, que iniciou após as cabras retornarem dos piquetes, às 18h00, e encerrou às 6h00, totalizando sete coletas por animal. O conteúdo ruminal obtido de várias partes do rúmen foi filtrado em gaze para separar o líquido da parte sólida, a qual foi devolvida ao rúmen.

Na determinação do pH, o líquido ruminal obtido de cada coleta foi colocado em um becker de 100 mL e a mensuração foi realizada por meio de peagômetro digital de bancada, calibrado em soluções tampões de pH 4,0 e 7,0. Para AGCC, alíquotas de líquido ruminal foram colocadas em tubos de 15 mL e centrifugadas a 3000 rpm por 15 minutos. Do sobrenadante, 2 mL foram transferidos para tubos de ensaio de 5 mL contendo 0,4 mL de ácido fórmico P.A. Para N-NH₃ o mesmo procedimento foi adotado, porém com utilização de 1 mL de ácido sulfúrico 1N para conservação. As amostras foram mantidas congeladas até o momento da análise laboratorial que foi realizada no Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP, em Pirassununga/SP.

As análises dos ácidos acético, propiônico e butírico foram realizadas por cromatografia gasosa conforme o método descrito por Erwin et al. (1961). Para esta avaliação foi utilizado um cromatógrafo a gás (Thermo Scientific®, modelo Focus GC) com injetor automático de amostras (Thermo Electron Corporation®, modelo AS-3000), equipado com coluna de vidro de 2m de comprimento e 1/5" de diâmetro interno empacotada com fase estacionária 80/120 Carbopack® B-DA/4% Carbowax® 20M (Supelco®) e detector de ionização de chama (FID), mantido a 270 °C. O forno do cromatógrafo a gás foi mantido a 190 °C durante as análises e a temperatura do injetor foi de 220 °C. O gás de arraste utilizado foi o H₂ de alta pureza, mantido em fluxo de 30 mL/min.

A determinação de N-NH₃ foi realizada por meio de colorimetria segundo o método descrito por Kulasek (1972) e adaptado por Foldager (1977).

A dinâmica de peso corporal foi monitorada por meio da pesagem dos animais no início e final de cada período.

O experimento foi conduzido no delineamento em quadrado latino, sendo utilizado um quadrado 4 x 4 balanceado. Os dados foram processados por análise de variância com medidas repetidas no tempo. As médias de tratamento foram comparadas pelo teste de Tukey. O efeito de tempo de coleta foi estudado por meio de regressão polinomial, pelo procedimento “Regressão Sequencial”, que avalia o efeito de cada variável independente adicionada ao modelo de análise. O modelo eleito foi aquele que apresentou análise de variância da regressão (teste F) e os coeficientes do modelo (teste T) significativo e cuja variável independente foi responsável pela maior parte da explicação (efeito isolado) do modelo completo. Para as análises e testes foi adotado o nível de significância de 5%. Os dados foram processados pelo software estatístico SAEG (UFV, 2000).

Resultados e Discussão

O consumo de matéria seca (CMS) não foi influenciado pelos tratamentos (Tabela 3). Alteração no consumo de matéria seca pode ocorrer em função da fonte lipídica utilizada, se mono ou poli-insaturada (Benson et al., 2001) e também pelo nível de adição (Johnson e McClure, 1973).

Tabela 3

Consumo de matéria seca total, da forragem e do suplemento, de nutrientes e ganho de peso médio diário dos animais em função dos tratamentos.

Variáveis	Média Geral	Tratamentos				CV ^a (%)
		Controle	Canola	Girassol	Soja	
CMS _{total} (kg/dia) ^b	0,646	0,599	0,694	0,698	0,593	13,61
Forragem	0,266	0,212	0,287	0,313	0,250	30,3
Suplemento	0,380	0,386	0,407	0,386	0,343	21,15
CMS _{total} (kg/100kgPV)	1,144	1,073	1,216	1,253	1,037	11,14
Forragem	0,476	0,379	0,508	0,568	0,448	30,55
Suplemento	0,669	0,694	0,707	0,685	0,588	21,97
CMS _{total} (g/kg ^{0,75})	31,30	29,26	33,35	34,14	28,45	11,81
Forragem	12,97	10,34	13,91	15,43	12,22	30,51
Suplemento	18,32	18,92	19,44	18,71	16,23	21,70
CPM (g/dia) ^c	110	100	120	110	100	15,47
CEE (g/dia) ^d	30	14b	36a	34a	31ab	25,77
CFDN (g/dia) ^e	290	240	330	320	280	25,29
CFDA (g/dia) ^f	130	110b	150a	120ab	120ab	11,19
CNDT (g/dia) ^g	480	480	510	470	440	14,84
GPMD (kg) ^h	-0,005	0,07	-0,02	0,11	-0,18	33,42

^aCV: coeficiente de variação; ^bCMS: consumo de matéria seca; ^cCPM: consumo de proteína metabolizável; ^dCEE: consumo de extrato etéreo; ^eCFDN: consumo de fibra em detergente neutro; ^fCFDA: consumo de fibra em detergente ácido; ^gCNDT: consumo de nutrientes digestíveis totais, ^hGPMD: ganho de peso médio diário.

Dentre as fontes lipídicas utilizadas, o óleo de canola é composto, em sua maioria, pelo ácido oléico (Tabela 2) que, apesar de ser um ácido graxo de cadeia longa, é monoinsaturado, portanto, menos tóxico aos micro-organismos ruminais. Os óleos de girassol e de soja são compostos em sua maioria por ácido linoléico (Tabela 2), que é poli-insaturado, o que permite concluir que a ausência de efeito sobre o CMS está associada à utilização de um nível de extrato etéreo insuficiente para promover diferença significativa sobre este parâmetro e não ao tipo de óleo ou nível de insaturação.

Como não houve diferença no CMS entre os tratamentos, o mesmo ocorreu com a ingestão de nutrientes, à exceção do extrato etéreo (EE), inerente aos tratamentos, e fibra em detergente ácido (FDA) cujo menor consumo verificado para o tratamento controle deve-se possivelmente ao menor teor deste nutriente no suplemento (Tabela 1). Os tratamentos com inclusão de óleo de girassol e soja não diferiram dos demais e o tratamento com inclusão de óleo de canola apresentou a maior média para consumo de FDA, provavelmente por seleção de partículas no alimento, uma vez que os suplementos utilizados nos tratamentos com inclusão de óleo foram formulados para fornecerem aos animais os mesmos níveis de nutrientes, alterando somente a fonte de óleo.

Os tratamentos avaliados também não promoveram influência sobre o ganho de peso médio diário, o que possivelmente ocorreu em função do consumo semelhante de matéria seca entre os tratamentos e também pelas dietas apresentarem níveis muito próximos de NDT (média de 803 g/kg para suplemento com inclusão de óleo x 773 g/kg para suplemento controle - Tabela 1), atendendo as exigências de manutenção dos animais de forma homogênea.

A concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH_3) não foi influenciada pela suplementação lipídica nem pelo tempo de coleta (Tabela 4). O valor médio obtido para esta variável foi de 35,82 mg/dL, superior aos obtidos por Silva et al. (2007), de 31,2 mg/dL e Maia et al. (2006), de 22,9 mg/dL, ao avaliarem a suplementação lipídica em cabras leiteiras.

A amônia ruminal é originada da degradação de aminoácidos e do nitrogênio não protéico da dieta, e é indispensável para o desenvolvimento da microflora do rúmen (Russel et al., 1992). Para todos os tratamentos o nível de N-NH_3 foi superior a 5 mg/dL, que é o nível mínimo necessário para manter as funções normais do rúmen e não limitar o crescimento microbiano (Satter e Slyter, 1974).

O elevado valor de N-NH₃ obtido pode estar relacionado à utilização de animais em manutenção neste experimento, pois o teor de proteína da dieta foi estabelecido para suprir as exigências de animais em lactação, assim, segundo Santos e Pedroso (2011), quando a velocidade de degradação ruminal da proteína ultrapassa a utilização dos compostos nitrogenados para síntese microbiana, o excesso de amônia produzida é absorvido via parede ruminal e eliminada pela urina ou, de acordo com Van Soest (1994), pode ser reciclada para o rúmen pela saliva, mantendo os valores elevados.

Resultados demonstram redução nos valores de N-NH₃ com a suplementação lipídica (Lin et al., 1995; Silva et al., 2007 e Shingfield et al., 2008), o que, de acordo com Igwuebu e Sutton (1982) e Tesfa et al. (1992) ocorre em razão da diminuição da população de protozoários no ambiente ruminal pela adição de óleos insaturados, entretanto, os dados para este parâmetro são ainda contraditórios, pois outras pesquisas evidenciam que a suplementação lipídica comumente resulta em nenhuma variação para a concentração de amônia no rúmen (Doreau e Ferlay, 1995; Szumacher-Strabel et al., 2004), assim como foi observado no presente estudo.

Tabela 4

Médias de pH, das concentrações de nitrogênio amoniacal, de ácidos acético, propiônico e butírico, da razão acético/propiônico e AGCC_{total} em função dos tratamentos e tempos de coleta (regressão).

Variável	Tratamento				CV (%) ^a	Média Geral/ Regressão
	Controle	Canola	Girassol	Soja		
N-NH ₃ (mg/dL) ^b	33,13	38,30	37,22	34,64	15,19	35,8
pH	5,98b	6,15ab	6,19ab	6,34a	2,92	$\hat{Y} = 6,2694 - 0,1116x + 0,0109x^2$ (R ² = 0,90)
Acético (mM)	67,09	68,75	63,43	53,60	14,56	$\hat{Y} = 58,5913 + 5,8057x - 0,5809x^2$ (R ² = 0,85)
Propiônico (mM)	16,19	18,30	16,27	15,76	21,89	$\hat{Y} = 12,0523 + 5,2984x - 0,8897x^2 + 0,0378x^3$ (R ² = 0,99)
Butírico (mM)	8,40	7,87	7,57	6,78	20,03	$\hat{Y} = 6,0117 + 2,1026x - 0,3682x^2 + 0,0162x^3$ (R ² = 0,96)
A/P ^c	4,24	3,99	4,11	3,51	6,96	$\hat{Y} = 4,4609 - 0,3842x + 0,0620x^2 - 0,0028x^3$ (R ² = 0,96)
AGCC _{total} (mM) ^d	91,68	94,92	87,26	76,14	87,5	$\hat{Y} = 79,2481 + 8,8854x - 0,8665x^2$ (R ² = 0,81)

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem pelo teste de Tukey (P>0,05); ^aCV: coeficiente de variação; ^bN-NH₃: nitrogênio amoniacal; ^cA/P: razão acético/propiônico; ^dAGCC_{total}: ácidos graxos de cadeia curta totais; mM: milímol; x: tempo de coleta (0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 horas); R²: coeficiente de determinação.

Com relação ao pH ruminal, a menor média foi observada para o tratamento controle e a suplementação com óleo de soja proporcionou um pH mais elevado. Sabe-se que os ácidos graxos insaturados alteram o metabolismo ruminal (Gómez-Cortés et al., 2008) em função de seu efeito tóxico sobre os micro-organismos ou pelo recobrimento das fibras, o que dificulta sua fermentação (Palmquist e Mattos, 2011), e isso pode promover efeito sobre o pH. Embora os óleos de canola e girassol sejam ricos em ácidos graxos insaturados, assim como o óleo de soja, nesta pesquisa não foi observado efeito destes dois óleos sobre o pH ruminal.

O aumento do pH no tratamento com inclusão de óleo de soja em comparação ao controle pode estar atribuído ao consumo, o qual embora não significativo, tendeu a ser menor neste tratamento, o que leva à ligeira diminuição na fermentação ruminal. Outra possível explicação é a presença de milho na dieta controle (Tabela 1), que fornece maior aporte de carboidratos fermentescíveis e promove a diminuição do pH, pois, embora as dietas com inclusão de óleos de canola e girassol, que não possuem milho em sua composição, tenham apresentado valores médios de pH semelhantes à dieta controle, nota-se uma tendência ao aumento do mesmo nestes tratamentos.

As variações de pH e AGCC_{total} observadas no decorrer do tempo de coleta sugerem forte relação com o consumo de alimento. Ambas as variáveis apresentaram efeito quadrático em função do tempo de coleta, porém com comportamento inverso da curva, e apresentaram valores mínimo e máximo de 5,98 e 102,03Mm, para pH e AGCC_{total}, respectivamente, por volta de cinco horas após o fornecimento do suplemento (Figura 1). Esta queda no pH e aumento da concentração de AGCC_{total} caracterizam o pico de fermentação ruminal devido à utilização de alimentos prontamente fermentescíveis, os quais levam à diminuição da ruminação com consequente redução da produção de saliva, que possui ação tamponante.

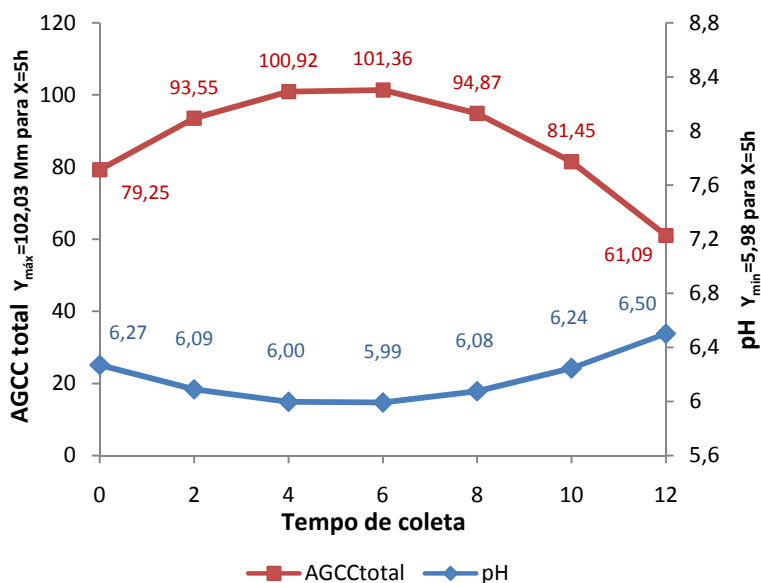


Figura 1. Concentração de AGCCtotal e valores de pH em função do tempo de coleta (horas).

Os AGCC_{total}, ácidos acético, propiônico, butírico e a razão acético/propiônico não foram influenciados pela suplementação lipídica, contudo, houve efeito de tempo de coleta para todas as variáveis em função da fermentação das partículas de alimento ingeridas.

Segundo Toral et al. (2009), os ácidos graxos poli-insaturados da dieta alteram a fermentação ruminal e promovem redução na concentração de AGCC_{total} em decorrência da inibição na atividade microbiana. Contudo, estudos, como de Fievez et al. (2003) e Shingfield et al. (2008) não observaram efeito para este parâmetro com a suplementação lipídica, o que tornam os resultados de pesquisas ainda contraditórios.

O ácido acético (Figura 2) apresentou comportamento quadrático em função do tempo de coleta e sua maior concentração foi de 73,10 mM no tempo de cinco horas após o fornecimento do suplemento. Os ácidos butírico e propiônico apresentaram efeito cúbico para tempo de coleta (Figuras 3 e 4) e suas concentrações máximas foram de 9,75 mM e 21,43 mM, respectivamente, no tempo de aproximadamente quatro horas e concentrações mínimas de 6,15 mM e 12,79 mM, respectivamente, aproximadamente 11 horas após a alimentação.

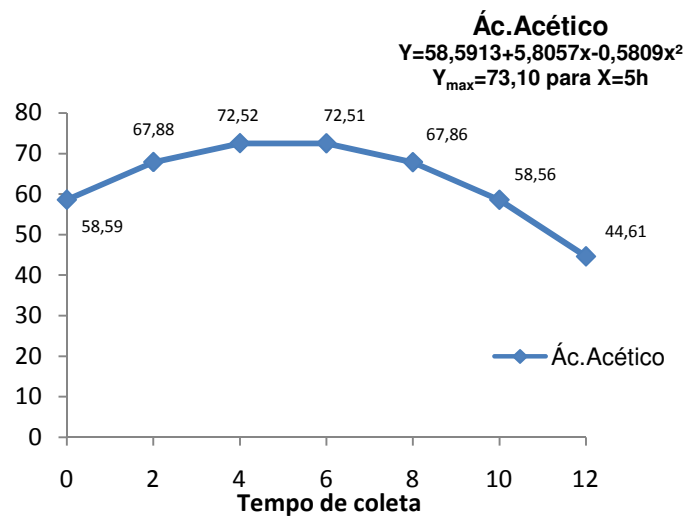


Figura 2. Concentração ruminal de ácido acético em função do tempo de coleta (horas).

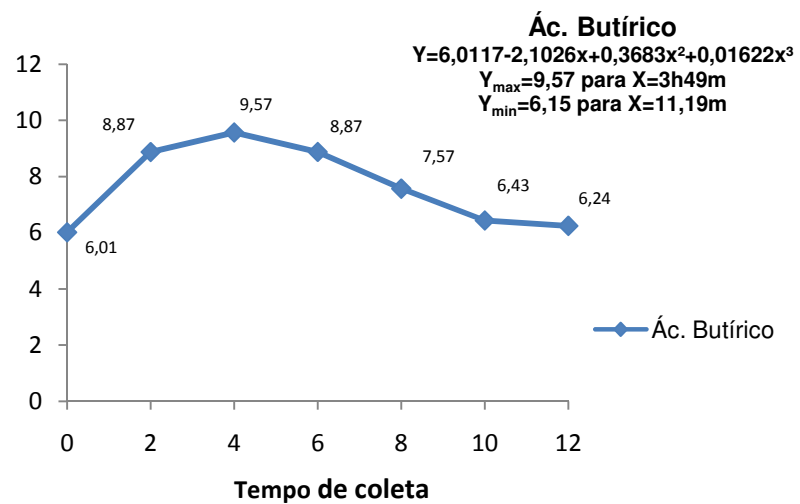


Figura 3. Concentração ruminal de ácido butírico em função do tempo de coleta (horas).

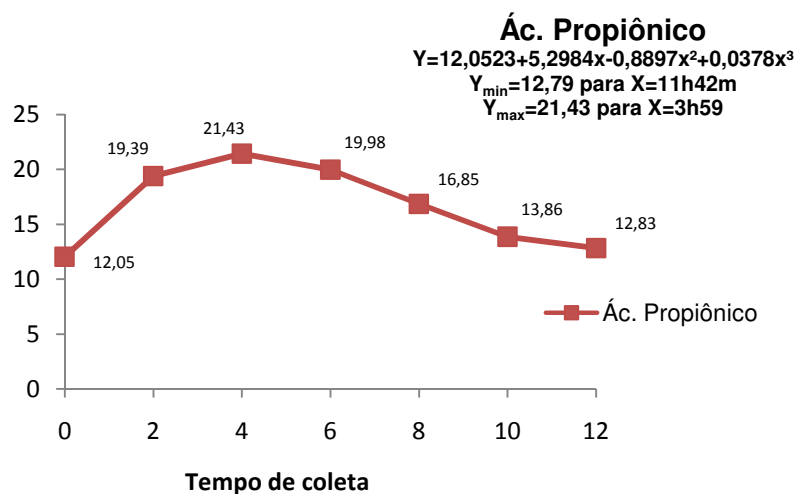


Figura 4. Concentração ruminal de ácido propiônico em função do tempo de coleta (horas).

A razão A/P (Figura 5) apresentou efeito cúbico para tempo de coleta e seus valores mínimo (3,73) e máximo (4,01) foram muito próximos nos tempos de aproximadamente 4,5 e 10 horas, respectivamente.

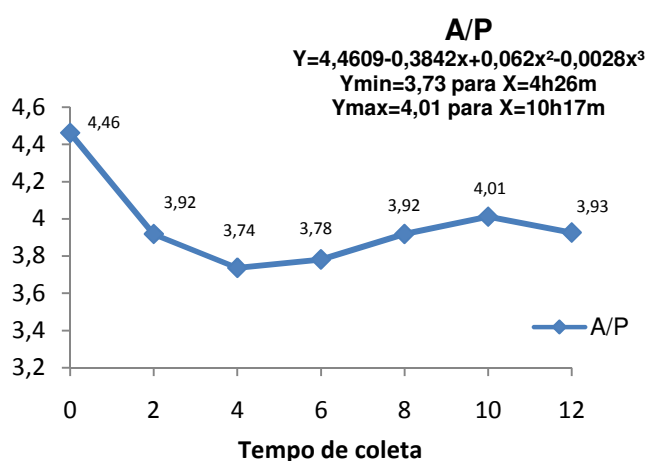


Figura 5. Comportamento da razão acético/propiónico (A/P) em função do tempo de coleta (horas).

Existem poucos estudos sobre o efeito da suplementação lipídica no metabolismo ruminal em caprinos, e alguns existentes, como os trabalhos

desenvolvidos por Maia et al (2006) e Silva et al. (2007) não avaliaram as concentrações ruminais de ácidos graxos de cadeia curta.

Shingfield et al. (2008) ao avaliarem níveis de inclusão de óleo de girassol sobre o metabolismo ruminal de vacas em lactação observaram alteração na fermentação ruminal somente com o nível mais elevado de inclusão, que foi de 750 g/dia (contra 0, 250, e 500 g/dia), e sugerem que além da composição basal da dieta, a quantidade de lipídeo suplementar é também importante para determinação de alterações nos padrões de fermentação ruminal, o que permite concluir que o nível de 30 g de óleo vegetal/kg de matéria seca da dieta utilizado na presente pesquisa não foi suficiente para promover alterações na concentração de nitrogênio amoniacal e ácidos graxos de cadeia curta em caprinos.

Conclusão

A suplementação lipídica com nível de 30 g de óleos de canola, girassol ou soja/kg de matéria seca da dieta de cabras não interfere no consumo de matéria seca e nas concentrações de nitrogênio amoniacal e ácidos graxos de cadeia curta, por isso pode ser utilizado como estratégia para aumentar a densidade energética da alimentação dos animais e gerar produtos com melhor perfil de ácidos graxos sem prejuízo para o metabolismo ruminal.

Referências

- Bateman, H.G.; Jenkins, T.C. 1998. Influence of soybean oil in high fiber diets fed to nonlactating cows on ruminal unsaturated fatty acids and nutrient digestibility. **Journal of Dairy Science**, 81, 2451-58.
- Beauchemin, K.A. et al. 2007. Methane abatement strategies for cattle: lipid supplementation of diets. **Canadian Journal of Animal Science**, 87, 431-40, 2007.
- Benson, J.A. et al. 2001. Effects of abomasal infusion of long chain fatty acids on intake, feeding behaviour and milk production in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 84, 1182-91.
- Bremer Neto, H. et al. 2005. Determinação da rotina do cromo em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-difenilcarbazida. **Ciência Rural**, 35, 691-97.
- Cannas, A. et al. 2004. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological value for sheep. **Journal of Animal Science**, 82, 149-69.
- Chilliard, Y. et al. 2003. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. **Journal of Dairy Science**, 86, 1751-70.
- Costa, R.G. et al. 2009. Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38, 307-21, (suplemento especial).
- Cunniff, P. 1995. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16.ed. Arlington: AOAC International, v.1.
- Detmann, E. et al. 2001. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30, 1600-09.
- De Vries, M.F.W. 1995. Estimating forage intake and quality in grazing cattle: a reconsideration of hand-plucking method. **Journal Range Management**, 48, 370-75.
- Doreau, M.; Ferlay, A. 1995. Effect of dietary lipids on nitrogen metabolism in the rumen: A review. **Livestock Production Science**, 43, 97-110.
- Erwin, E.S. 1961. Volatile fatty acids analyses of blood and rumen fluid by gás chromatography. **Journal of Dairy Science**, 44, 1768-71.
- Fievez, V. et al. 2003. Fish oils as potent rumen methane inhibitors and associated effects on rumen fermentation *in vitro* and *in vivo*. **Animal Feed Science and Technology**, 104, 41-58.
- Foldager, J. 1977. **Protein requirement and non-protein nitrogen for high producing cow in early lactation**. Michigan: Michigan State University, MI These (Doctor of Animal Science) – Michigan State University, East Lansing, MI.
- Gómez-Cortés, P. et al. 2008. Milk production, conjugated linoleic acid content and *in vitro* ruminal fermentation in response to high levels of soybean oil in dairy ewe diet. **Journal of Dairy Science**, 91, 1560-69.
- Hervás, G. et al. 2008. Effect of diet supplementation with sunflower oil on milk production, fatty acid profile and ruminal fermentation in lactating dairy ewes. **Journal of Dairy Research**, 75, 399-405.
- Homem Júnior, A.C. et al. 2010. Fermentação ruminal de ovinos alimentados com alto concentrado e grãos de girassol ou gordura protegida. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 62, 144-153.
- Igwuegbu, O.A.; Sutton, J.D. 1982. The effect of varying the amount of linseed oil supplementation on rumen metabolism in sheep. **British Journal of Nutrition**, 48, 365-75.
- Jenkins, T.C. 1993. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, 76, p. 3851-63.

- Johnson, R.R.; McClure, K.E. 1973. High fat rations for ruminants. II. Effects of fat added to corn plant material prior to ensiling on digestibility and voluntary intake of the silage. **Journal of Animal Science**, 36, 397-406.
- Kulasek, G.A. 1972. A micromethod for determination of urea in plasma, whole blood cells using urease and phenol reagent. **Pol. Arch. Weter**, 15, 801-10.
- Lin, H. et al. 1995. Survey of the conjugated linoleic acid contents of dairy products. **Journal of Dairy Science**, 78, 2358-65.
- Maia, F.J. et al. 2006. Inclusão de fontes de óleo na dieta de cabras em lactação: digestibilidade dos nutrientes e parâmetros ruminais e sanguíneos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 35, 1496-1503.
- Nagaraja, T.G. et al. 1997. Manipulation of ruminal fermentation, in: Hobson, P.N.; Stewart, C.S. (Eds.) **The rumen microbial ecosystem** 2.ed. London.
- National Research Council. 2007. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goat, cervids and new world camelids**. Washington.
- Palmquist, D.L.; Mattos, W.R.S. 2011. Metabolismo de lipídios, in: Berchielli, T.T.; Pires, A.V.; Oliveira, S.G. (Eds.), **Nutrição de Ruminantes**, Funep, Jaboticabal, pp. 299-321.
- Rodrigues-Ruiz, J.R. et al. 1998. Rapid simultaneous lipid extraction and transesterification for fatty acid analyses, **Biotechnology Techniques**, 12, 689-691.
- Russel, J.B. et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, 70, 3551-61.
- Santos, F.A.P. ; Pedroso, A.M. 2011. Metabolismo de proteínas, in: Berchielli, T.T.; Pires, A.V.; Oliveira, S.G.D. (Eds.) **Nutrição de ruminantes**. Funep, Jaboticabal, pp. 265-292.
- Satter, L.D.; Slytter, L.L. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. **British Journal of Nutrition**, 32, 199-208.
- Shingfield, K.J. et al. 2008. Effect of incremental levels of sunflower-seed oil in the diet on ruminal lipid metabolism in lactating cows. **British Journal of Nutrition**, 99, 971-83, 2008.
- Silva, M.M.C. et al. 2007. Efeito da suplementação de lipídios sobre a digestibilidade e os parâmetros da fermentação ruminal em cabras leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 36, 246-56.
- Szumacher-Strabel, M. 2004. Changes in fermentation processes as the effect of vegetable oil supplementation in *in vitro* studies. **Journal of Animal Feed Science**, 13, 215-218, (suplemento 1).
- Teh, T.H. et al. 1994. Varying amounts of rumen-inert fat for high producing goats in early lactation. **Journal of Dairy Science**, 77, 253-258.
- Tesfa, A.T. et al. 1992. The effects of increasing levels of rapeseed oil in the diets of lactating milking cows on milk yield, milk composition, blood and rumen metabolites. **World Review Animal Production**, 27, 34-40.
- Toral, P.G. et al. 2009. Effect of the supplementation of a high-concentrate diet with sunflower and fish oils on ruminal fermentation in sheep. **Small Ruminant Research**, 81, 119-25.
- Universidade Federal de Viçosa – UFV. 2000. **Sistema de Análises Estatística e Genéticas – SAEG**. Versao 9.0. Vicoso, MG.
- Van Soest, C.J.; Demeyer, D.I. 1988. Manipulation of ruminal fermentation, in: Hobson, P.N. (Ed.) **The rumen microbial ecosystem**. Elsevier, Essex, pp.387-443.
- Van Soest, P.J.; Robertson, J.B.; Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, 74, 3583-97.
- Van Soest, P.J. 1994. **Nutritional ecology of the ruminant**. Second ed. New York.

- Vargas, L.H. et al. 2002. Adição de lipídios na ração de vacas leiteiras: parâmetros fermentativos ruminais, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 31, 522-29, (suplemento).
- Weiss, W.P. 1999. Energy prediction equations for ruminants feeds. In: Cornell Nutrition Conference for Feed Manufactures, 61, 1999. **Proceedings ...** Ithaca: Cornell University, 176-185.

CAPÍTULO IV

DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA, PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS E QUALIDADE DA CARNE DE CABRITOS ANGLO NUBIANOS SUPLEMENTADOS COM ÓLEOS VEGETAIS

Resumo: Esta pesquisa objetivou avaliar a inclusão de óleos vegetais na dieta de cabritos sobre o desempenho, características de carcaça, composição, qualidade e perfil de ácidos graxos da carne. Foram utilizados 48 cabritos da raça Anglo Nubiana e quatro tratamentos: dieta controle e dietas com inclusão de 2,5% de óleos de canola, girassol ou soja, em delineamento experimental inteiramente casualizado. Os animais foram abatidos com 30 kg de peso vivo e foram avaliados: o número de dias para atingir 30 kg, ganho de peso diário da desmama aos 30 kg, peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça fria (PCF), peso da meia carcaça esquerda ($\frac{1}{2}$ CE), rendimento dos cortes em relação à $\frac{1}{2}$ CE, rendimento comercial de carcaça (RC), área de olho de lombo (AOL), perda de líquido por cozimento (PC), força de cisalhamento (FC), pH_{final}, cor, composição centesimal e perfil de ácidos graxos da carne. Não houve influência de tratamento para desempenho, RC, AOL, $\frac{1}{2}$ CE, rendimento dos cortes, pH, composição centesimal, PC, FC e cor. Dentre os ácidos graxos saturados (AGS), somente o caprílico, o palmítico e o heptadecanoico apresentaram diferença entre os tratamentos e o teor total de AGS foi reduzido para o tratamento com óleo de girassol. Dentre os ácidos graxos poli-insaturados (AGPI), o linoléico apresentou teor mais elevado para o tratamento com óleo de girassol. O teor total de AGPI foi maior para a suplementação com óleo de soja. Os ácidos graxos ômega 3 (ω 3), as razões ω 6/ ω 3, AGMI/AGS e o índice de trombogenicidade (IT) não foram influenciados pela suplementação lipídica. O teor de ω 6 foi maior com a inclusão de óleo de girassol, o teor de ácido linoléico conjugado (CLA), o índice de aterogenicidade (IA) e a razão hipocolesterolêmico/hipercolesterolêmico (HH) foram melhores com a inclusão de óleos de girassol e soja. A suplementação com óleos vegetais melhora o perfil de ácidos graxos da carne caprina sem prejudicar o desempenho dos animais, as características de carcaça, a composição centesimal, a PC, a FC e cor da carne. Os melhores resultados foram obtidos com os óleos de girassol e soja, ficando a critério do produtor a escolha em função do preço das dietas.

Palavras-chave: caprinos, qualidade da carne, suplementação lipídica

PERFORMANCE, CARCASS TRAITS, MEAT FATTY ACID PROFILE AND QUALITY OF ANGLO NUBIAN KIDS SUPPLEMENTED WITH VEGETABLE OILS

Abstract: This research aimed to evaluate the inclusion of vegetable oils in kids diet on performance, carcass traits and meat composition, quality and fatty acid profile. There were used 48 Anglo Nubian kids and there were tested four treatments: control diet and diets with inclusion of 2,5% of canola, sunflower or soybean oils, in a total randomized experimental design. The animals were slaughtered with 30 kg of live weight and there were evaluated: the number of days to reach 30 kg, daily weight gain from weaning to 30 kg, hot carcass weight (HCW), cold carcass weight (CCW), pH_{final}, left half carcass weight ($\frac{1}{2}$ LC), cut yields in relation to $\frac{1}{2}$ LC, carcass commercial yield (CY), loin eye area (LEA), cooking loss (CL), shear force (SF), color, centesimal composition and fatty acid profile. Treatments did not influence CY, LEA, $\frac{1}{2}$ LC, cuts yield, pH, chemical composition, CL, SF and color. Among saturated fatty acids (SFA), only caprylic, palmitic and heptadecanoic were different for treatments, and the total SFA was reduced for sunflower oil treatment. Monounsaturated fatty acids (MUFA) were not influenced by lipid supplementation. Among polyunsaturated fatty acids (PUFA) linoleic presented higher content for sunflower oil treatment. Total PUFA was higher for soybean oil supplementation, but similar to sunflower oil treatment. The fatty acids omega 3 (ω 3), ω 6/ ω 3 and MUFA/SFA ratios and thrombogenicity index were not influenced by lipid supplementation. The content of Omega 6 (ω 6) was higher with inclusion of sunflower oil, the content of conjugated linoleic acid (CLA), atherogenicity index and hypocholesterolemic/hypocholesterolemic ratio (HH) were improved with inclusion of sunflower and soybean oils. The supplementation with vegetable oils improve fatty acid profile of kid meat without affect the animal performance, carcass traits, centesimal composition, CL, SF and color of meat. Better results were obtained with sunflower and soybean oils and this allows the producer to choose the diet according to its cost.

Keywords: caprine, meat quality, lipid supplementation

Introdução

A produção nacional de carne caprina em 2012 foi de 29,5 mil toneladas, e apresentou no período de 2009 a 2012 crescimento de 3,7% (FAO, 2014). O consumo de carne caprina no Brasil, com exceção de algumas regiões como a Nordeste, não é tão comum, possivelmente pela baixa oferta do produto no mercado ou por desconhecimento de suas propriedades pelo consumidor, entretanto, apresenta-se como um produto promissor tendo em vista a constante busca por alimentos saudáveis, funcionais e com baixo teor de gordura, principalmente da saturada, a qual está relacionada à incidência de doenças cardiovasculares.

Neste sentido a carne caprina apresenta-se em vantagem, pois uma das particularidades desta espécie é a deposição de 50-60% da gordura corporal na cavidade abdominal (Simella et al., 1999), o que resulta numa carcaça pobre em gordura subcutânea, inter e intramuscular. O valor nutricional e atributos visuais e sensoriais como cor, maciez e suculência, são também exigências dos consumidores e afetam diretamente a aceitação da carne, portanto, devem ser consideradas nas avaliações do produto.

Segundo Bas e Morand-Fehr (2000) a quantidade e o tipo de lipídeo usado na dieta influenciam consideravelmente a quantidade, distribuição e composição da gordura corporal do animal, a qual por sua vez, é um dos fatores importantes na determinação da qualidade da carcaça e da carne. A suplementação com óleos vegetais tem sido estudada como maneira de elevar a densidade energética da dieta, além de melhorar o perfil de ácidos graxos da carne e do leite de ruminantes, pois estes óleos contém alta proporção de ácidos graxos insaturados em relação aos saturados e digestibilidade aparente mais alta que as fontes lipídicas de origem animal (Costa et al., 2009) e, conseqüentemente, produzem efeitos diferentes no perfil lipídico dos produtos gerados.

Um dos entraves para a utilização de óleos vegetais na dieta de ruminantes é o processo de biohidrogenação ruminal dos ácidos graxos insaturados, o que, de acordo com Doreau et al. (2011), promove diferença na composição entre os ácidos graxos do alimento consumido e os absorvidos pelos animais. Assim, as estratégias para modificação do perfil de ácidos graxos de produtos oriundos de ruminantes envolvem a manipulação no processo de biohidrogenação ruminal de forma a permitir a passagem e absorção de ácidos graxos desejáveis para compor o produto final.

Duas situações podem alterar a biohidrogenação ruminal. A primeira envolve a utilização de dietas com alta proporção de concentrado, pois as taxas de lipólise e

biohidrogenação são menores em situação de alta concentração de carboidratos não estruturais na dieta em função da queda do pH ruminal (Van Soest e Nisbet, 1996), fato que permite a passagem de ácidos graxos insaturados intactos para serem absorvidos. A segunda situação trata-se da inclusão de fontes lipídicas no concentrado de modo a saturar o sistema enzimático da biohidrogenação e permitir o “escape” de ácidos graxos C18 e seus intermediários da biohidrogenação (CLA e ácido vacênico) para absorção intestinal (Bomfim et al. 2011).

Tendo em vista estas considerações, juntamente com a escassez de pesquisas que avaliam o efeito da suplementação lipídica sobre os atributos da carne caprina, torna-se relevante o estudo com óleos compostos por diferentes ácidos graxos, como os de canola, girassol e soja em dietas que, de acordo com Johnson e McClure (1973), não ultrapassem o limite de 6-8% de extrato etéreo recomendado para ruminantes. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a inclusão de óleos de canola, girassol ou soja na dieta de cabritos sobre o desempenho, características da carcaça, composição centesimal, qualidade e perfil de ácidos graxos da carne.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu/SP, na Área de Produção de Caprinos, localizada na Fazenda Lageado, após aprovação do Comitê de Ética no Uso de Animais, protocolo n° 29/2012 - CEUA.

Foram utilizados 48 cabritos da raça Anglo Nubiana que, logo após o nascimento, foram pesados, identificados e receberam cuidados do cordão umbilical. Permaneceram com as mães para ingestão de colostro e, posteriormente, foram separados e colocados em baias coletivas conforme os tratamentos.

Os cabritos receberam o leite das respectivas mães, as quais eram alimentadas com dietas contendo os mesmos óleos utilizados para os cabritos. A amamentação foi realizada duas vezes ao dia, às 7h00 e às 15h00, por trinta dias e, após este período, uma vez ao dia, às 7h00, até os cabritos completarem sessenta dias de vida, quando foram desmamados. A partir da segunda semana de vida foi disponibilizado concentrado inicial e feno de *Coast cross* à vontade.

Aos 60 dias de idade os animais foram vacinados contra carbúnculo sintomático, gangrena gasosa e enterotoxemia, e foi utilizado monensina no concentrado para controle de coccidiose (0,44% da matéria seca – Tab. 1). Após a desmama, os cabritos passaram a receber as dietas experimentais, as quais foram formuladas

segundo as recomendações do NRC (2007) para atenderem as exigências nutricionais de cabritos em crescimento e ganho de 200 g/dia. Utilizou-se o programa computacional Small Ruminant Nutrition System (SRNS) com base na estrutura do Cornell Net Carbohydrate and Protein System (Cannas et al., 2004) para ovinos para determinar a composição nutricional das dietas, que se baseia em simulação ruminal.

As dietas foram compostas por 20% de feno de *Coast cross* e 80% de concentrado. Foram utilizados quatro tratamentos: dieta controle ou com inclusão de 2,5% de óleos de canola, girassol ou soja na matéria seca. As proporções dos ingredientes e a composição química das dietas e dos ingredientes estão apresentadas na Tab. 1.

Tabela 1. Composição (% de matéria seca) e custo das dietas, composição química dos ingredientes e das dietas expressas em porcentagem de matéria seca

Ingredientes	Dieta			
	Controle	Canola	Girassol	Soja
Feno de <i>Coast cross</i>	20,00	20,00	20,00	20,00
Milho	64,85	47,07	47,07	47,07
Farelo de Soja	11,40	8,86	8,86	8,86
Farelo de Trigo	0,00	17,84	17,84	17,84
Calcário	1,27	1,27	1,27	1,27
¹ Mistura Mineral	1,52	1,52	1,52	1,52
Cloreto de amônio	0,51	0,51	0,51	0,51
Monensina	0,44	0,44	0,44	0,44
Óleo	0,00	2,50	2,50	2,50
Custo Dieta (R\$/kg)	0,80	1,02	0,98	0,90

Ingredientes	Composição Química								
	MS	MM	PM ²	EE	FDN	FDA	CEL	LIG	NDT
Milho	84,62	0,05	10,20	3,88	15,03	3,56	3,44	0,95	89,87
Farelo de Soja	84,92	0,21	27,80	1,94	21,33	6,80	7,32	0,8	83,83
Farelo de Trigo	84,66	0,17	15,02	3,20	43,58	10,14	9,30	2,43	80,04
Feno de <i>Coast cross</i>	89,97	6,64	6,53	1,00	84,03	45,09	45,62	7,91	55,61
Dietas									
Controle	84,74	0,14	12,45	3,04	33,01	11,18	10,91	1,26	83,99
Canola	85,38	0,18	13,15	6,05	35,80	13,42	11,96	3,82	84,04
Girassol	85,61	0,19	12,73	6,01	38,09	13,85	12,98	3,87	83,44
Soja	85,33	0,17	12,97	5,93	36,51	13,63	12,19	3,29	84,36

¹ Composição (quantidade/quilo de produto): cálcio 200 g; fósforo 70 g; flúor 700 mg; sódio 100 g; enxofre 10 g; magnésio 5000 mg; cobalto 25 mg; cobre 440 mg; cromo 6 mg; ferro 340 mg; iodo 48 mg; manganês 1480 mg; selênio 20 mg; zinco 3010 mg; vitamina A 250000 UI; vitamina D3 40000 UI; vitamina E 350 UI.

² Valores calculados pelo programa CNCPS – Ovinos.

MS: matéria seca; MM: matéria mineral; PM: proteína metabolizável; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; CEL: celulose; LIG: lignina; NDT: nutrientes digestíveis totais.

Para análise da composição química, foram colhidas amostras de cada ingrediente na fábrica de ração cada vez que os concentrados foram preparados e, das dietas, após incorporação do respectivo óleo e do feno no concentrado. As

amostras de aproximadamente 200g eram colhidas, acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e congeladas até o momento da análise, que foi realizada na UNESP - Universidade Estadual Paulista, câmpus de Botucatu/SP, Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, Laboratório de Bromatologia.

Para a análise, após o descongelamento em temperatura ambiente, as amostras de alimentos foram secas a 55 °C em estufa de ventilação forçada por 72 horas, e, em seguida, processadas em moinho tipo faca com peneira de malha um milímetro e acondicionadas em sacos plásticos. Foram determinados os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), celulose (CEL) e lignina (LIG) segundo A.O.A.C. International (Cuniff, 1995), enquanto a fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) seguiram a metodologia proposta por Van Soest (1991).

O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi determinado segundo Weiss (1999):

$$NDT = 0,98 * (100 - FDN - PB - MM - EE - 1) + 0,93 * PB + 2,25 * EE * 0,75 * (FDN - LIG) * \left(1 - \left(\frac{LIG}{FDN}\right) * 0,667\right) - 7$$

A quantidade de alimento fornecido era ajustada diariamente, de forma a permitir 10% de sobras no cocho.

Foi determinado a concentração dos principais ácidos graxos dos óleos e das dietas experimentais que foram extraídos segundo a metodologia de Rodrigues-Ruiz et al. (1998) (Tab. 2).

Tabela 2. Perfil dos principais ácidos graxos dos óleos e das dietas

Ácido Graxo (%)	Óleo			Dieta			
	Canola	Girassol	Soja	Controle	Canola	Girassol	Soja
C14:0 (mirístico)	0,08	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11
C16:0 (palmítico)	5,11	6,43	11,47	16,64	11,80	13,35	9,88
C18:0 (esteárico)	2,31	3,04	2,99	2,63	2,42	2,94	2,95
C18:1 (oléico)	63,13	27,89	25,44	33,44	44,88	31,68	31,71
C18:2 (linoleico)	18,30	60,89	52,70	43,73	34,22	48,62	50,22
C18:3n6 (γ-linolênico)	0,55	0,19	0,24	0,00	0,50	0,27	0,12
C18:3n3 (linolênico)	6,66	0,13	4,92	1,72	3,61	1,38	3,12
Outros	2,45	1,07	1,36	1,17	1,61	1,28	1,32

Os cabritos foram pesados ao desmame e semanalmente até atingir 30 kg de peso vivo para determinação do desempenho por meio das características: tempo em dias para atingir 30kg de peso vivo (D_30kg) e ganho de peso médio diário (GMD). Ao

atingir o peso de abate, após jejum de sólidos de 16 horas e nova pesagem, os cabritos foram abatidos em frigorífico comercial, localizado no município de São Manuel, distante aproximadamente 20 km do local do experimento, após insensibilização por eletronarcose, obedecendo ao fluxo normal do estabelecimento.

Para enviar os animais ao frigorífico para abate era necessário formar lotes de pelo menos cinco animais, dessa forma alguns animais foram abatidos com pesos ligeiramente superiores a 30 kg.

Imediatamente após o abate foi avaliado o peso de carcaça quente (PCQ). As carcaças foram resfriadas por 24 horas a 4°C e, posteriormente, foram tomados os pesos de carcaça fria (PCF) e o pH final (24 horas) no músculo *Longissimus dorsi*. O pH foi medido por meio de método direto com um peagômetro acoplado a uma sonda com ponta fina de penetração, inserida no músculo, na região lombar, após o resfriamento das carcaças em câmara fria.

As carcaças foram divididas longitudinalmente e a metade esquerda foi pesada e dividida em cinco cortes segundo a metodologia de Yañes et al. (2007): perna, separada entre a penúltima e última vértebra lombar; lombo, separado entre a primeira e a penúltima vértebra lombar, com a parede abdominal; paleta, região da escápula, úmero, radio, ulna e carpo; costelas, entre a última vértebra cervical e a primeira vértebra torácica e pescoço, região correspondente às sete vértebras cervicais. Estes cortes foram pesados individualmente para determinação da proporção dos cortes em relação à meia carcaça esquerda.

O músculo *Longissimus dorsi* foi exposto entre a 12ª e a 13ª costelas, sendo sua área transversal traçada em papel transparente para determinação da área de olho de lombo (AOL) que foi realizada utilizando o programa SPLAN – Sistema de Planimetria, que é um software desenvolvido pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA - Universidade Estadual Paulista, o qual avalia o objeto por meio de uma mesa digitalizadora e fornece a área em cm². Este mesmo músculo foi separado e utilizado para as análises de composição centesimal, qualidade e perfil de ácidos graxos da carne, na UNESP – Universidade Estadual Paulista, câmpus de Botucatu/SP, Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia, Laboratório de Tecnologia da Carne.

A cor da carne foi determinada utilizando um colorímetro manual Minolta CR portátil, no sistema CIELab, tendo sido avaliado os parâmetros L*(luminosidade),

a*(teor de vermelho) e b*(teor de amarelo), que foram tomados de três pontos distintos, na superfície interna das amostras.

Para avaliar a perda de líquido por cozimento (PC), parte do músculo *L. dorsi* foi cortado em três pedaços de aproximadamente 3 cm de espessura que foram pesados, embalados em sacos plásticos e mantidos em banho-maria a 85°C por aproximadamente 45 minutos. As amostras foram removidas do banho-maria e, após resfriadas a 25°C, foram novamente pesadas para cálculo da PC por diferença de peso das amostras antes e depois do cozimento, segundo metodologia de Honikel (1998).

Das amostras utilizadas para PC foram tiradas 6 subamostras na forma de cilindros para determinação da força de cisalhamento. Os cilindros foram colocados com as fibras orientadas no sentido perpendicular à lâmina Warner-Bratzler, acoplada ao texturômetro (Texture Analyzer TA-XPLUS-30) e os resultados obtidos foram expressos em kg.

Para avaliação da composição química e perfil de ácidos graxos as amostras foram descongeladas, tiveram a gordura subcutânea e o tecido conjuntivo removidos e foram trituradas em processador para obtenção de uma massa homogênea.

Foram avaliados os teores de umidade, extrato etéreo, resíduo mineral fixo e proteína da carne segundo as metodologias da A.O.A.C (2007). Para umidade foi utilizado o método 39.1.02, para extrato etéreo o item 30.1.05, para resíduo mineral fixo o item 39.1.09. Para proteína foi utilizado o método Kjeldahl-micro, 39.1.19 da A.O.A.C (2007) para determinação do nitrogênio total. A proteína foi calculada em função dos teores de nitrogênio total, multiplicado pelo fator 6,25.

Para avaliação do perfil de ácidos graxos, os lipídios foram extraídos com clorofórmio/metanol (2:1) segundo a metodologia de Folch et al. (1957). A análise dos ésteres metílicos dos ácidos graxos foi realizada em cromatógrafo gasoso (Shimadzu, modelo GC – 17A), equipado com detector de ionização de chama, injetor “Split/splitless”, coluna capilar de sílica fundida contendo polietilenoglicol como fase estacionária (DB-Wax, 60m x 0,25mm, J&W Scientific), nas seguintes condições cromatográficas: temperatura do injetor 230°C. A temperatura inicial da coluna foi de 80°C por 2 minutos a uma taxa de 3°C por minuto, sendo então elevada para 180°C a uma taxa de 30°C/minutos, permanecendo nesta temperatura por 30 minutos, e, após esse tempo, elevada para 200°C a uma taxa de 3°C/minuto, permanecendo nesta temperatura por 108 minutos. A temperatura do detector foi de 240°C, gás de arraste utilizado foi o hélio com fluxo total de 8,0 mL/min; e a razão de divisão de amostra

1:50. Para identificação dos ácidos graxos compararam-se os tempos de retenção com os dos padrões ésteres metílicos (Sigma-Aldrich), enquanto a quantificação foi realizada pela normalização de área e os resultados expressos em percentual de área de cada ácido sobre a área total de ácidos graxos (%), segundo a metodologia de Hartman e Lago (1973).

A partir do perfil de ácidos graxos obtido foram determinados os teores totais de ácidos graxos $\omega 3$ (ômega 3), $\omega 6$ (ômega 6), CLA (ácido linoléico conjugado), ácidos graxos saturados (AGS), ácidos graxos monoinsaturados (AGMI), ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) e as razões $\omega 6/\omega 3$, AGMI/AGS, AGPI/AGS. Foram determinados também os índices de qualidade nutricional da fração lipídica: índice de aterogenicidade (IA), por meio da fórmula $[(C12:0 + (4 * C14:0) + C16:0)] / (AGMI + \omega 6 + \omega 3)$, índice de trombogenicidade (IT), por meio da fórmula $(C14:0 + C16:0 + C18:0) / [(0,5 * AGMI) + (0,5 * \omega 6) + (3 * \omega 3) + (\omega 3/\omega 6)]$, ambas segundo Ulbricht e Southgate (1991), e a razão de ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (HH), por meio da fórmula $(C18:1cis9 + C18:2\omega 6 + C20:4\omega 6 + C18:3\omega 3 + C20:5\omega 3 + C22:6\omega 3) / (C14:0 + C16:0)$, segundo Santos-Silva et al. (2002).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado. Os resultados foram submetidos à análise de variância (Modelo I) por meio do software estatístico SAEG (UFV, 2000). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Modelo I

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij},$$

Em que:

Y_{ij} = valor observado na característica do animal pertencente ao tratamento i ; μ = constante inerente a todas as observações; T_i = efeito do tratamento i , sendo $i = 1$: inclusão de 2,5% óleo de canola; 2: inclusão de 2,5% óleo de soja; 3: inclusão de 2,5% óleo de girassol e 4: controle; e_{ij} = erro aleatório atribuído à observação Y_{ij} .

Resultados e Discussão

O consumo médio de matéria seca (kg/dia) por tratamento foi de 0,570 para canola, 0,683 para girassol, 0,586 para soja e 0,602 para controle. A suplementação com óleos vegetais não influenciou o desempenho dos animais (Tab. 3). O tempo médio para os cabritos atingirem o peso pré-determinado para abate de 30 kg (D_30kg) foi de 282 dias, superior ao que se era esperado, de 150-180 dias, e isto

ocorreu em função do baixo ganho de peso médio diário (GMD). Embora as dietas tenham sido formuladas para ganho de 200 g/dia os cabritos não atenderam às expectativas e isso pode ter ocorrido em função da superestimação do potencial de ganho de animais da raça Anglo Nubiana utilizados, que historicamente apresentaram GMD entre de 113,77 e 137 g/dia, conforme Souza (2012), com cabritos Anglo Nubianos puros, e Gomes (2008), com cabritos mestiços $\frac{1}{2}$ Anglo Nubianos + $\frac{1}{2}$ Alpinos. Outra possibilidade do baixo GMD obtido pode estar relacionado a ocorrência de diarreia que acometeu os cabritos nos primeiros meses de vida, o que prejudicou o ganho de peso na fase em que este é mais acentuado, embora vacinados contra as principais enfermidades, entretanto, apesar do GMD ter se apresentado baixo, não houve influência dos tratamentos para esta característica.

Tabela 3. Média de desempenho de cabritos Anglo Nubianos em função dos tratamentos

Variável	Média Geral	Tratamento				CV (%)
		Controle	Canola	Girassol	Soja	
D_30kg (dias)	282	239	319	295	277	27,35
GMD (kg)	0,107	0,124	0,091	0,106	0,107	29,00

D_30kg: dias para atingir o peso de 30 kg; GMD: ganho de peso médio diário; CV: coeficiente de variação.

Na Tab. 4 são apresentadas as médias para peso vivo ao abate, para os parâmetros de carcaça e rendimento dos cortes em relação à meia carcaça esquerda dos animais.

Tabela 4. Peso vivo ao abate, parâmetros de carcaça e rendimento dos cortes em relação à meia carcaça de cabritos Anglo Nubianos em função dos tratamentos

Característica	Média Geral	Tratamento				CV (%)
		Controle	Canola	Girassol	Soja	
PVA (kg)	31,16	31,31ab	29,74b	32,91a	30,82ab	6,97
PCQ (kg)	15,49	15,39ab	14,85b	16,31a	15,42ab	7,54
PCF (kg)	14,79	14,76ab	14,10b	15,61a	14,68ab	7,53
RC (%)	47,47	47,19	47,41	47,66	47,63	3,79
AOL (cm ²)	12,99	13,36	11,95	13,47	13,18	15,43
$\frac{1}{2}$ CE (kg)	7,40	7,40	7,05	7,76	7,40	8,60
RPER (%)	30,63	30,49	30,75	30,84	30,43	6,73
RLOM (%)	12,75	13,03	12,56	13,21	12,21	10,31
RPAL (%)	21,07	20,66	20,94	21,30	21,39	5,09
RCOS (%)	26,67	27,49	26,38	25,88	26,94	7,85
RPES (%)	8,91	8,28	9,20	9,22	8,96	16,76

PVA- peso vivo ao abate; PCQ – peso de carcaça quente; PCF – peso de carcaça fria; RC – rendimento comercial; AOL – área de olho de lombo; $\frac{1}{2}$ CE: meia carcaça esquerda; RPER: rendimento da perna; RLOM: rendimento do lombo; RPAL: rendimento da paleta; RCOS: rendimento da costela; RPES: rendimento do pescoço; CV: coeficiente de variação.

As diferenças observadas entre os tratamentos para o peso vivo ao abate (PVA) são em decorrência da espera para formação de lotes de cinco animais para serem

enviados ao abatedouro, fato que promoveu o abate de alguns animais com peso acima de 30 kg e, conseqüentemente, ao aumento da média de peso, principalmente no tratamento com óleo de girassol. Esta diferença se refletiu para os pesos de carcaça quente e fria (PCQ e PCF), pois estas variáveis são fortemente dependentes do PVA.

Contudo, apesar das pequenas diferenças de PVA, o rendimento comercial das carcaças (RC) e a área de olho de lombo (AOL) foram semelhantes entre os tratamentos e apresentaram média geral de 47,47% e 12,99 cm², respectivamente. Da mesma forma, o rendimento dos cortes em relação à meia carcaça esquerda (½ CE) não foi influenciado pela suplementação lipídica. Essa semelhança pode ser explicada pela lei da harmonia anatômica, em que carcaças com pesos similares possuem proporções semelhantes (Boccard e Dumont, 1960 citados por Grande et al. 2011).

Não foi verificado efeito da suplementação lipídica para a composição centesimal, valor de pH, perda de líquido por cozimento, força de cisalhamento e cor da carne dos cabritos (Tab. 5).

Tabela 5. Composição centesimal, valor de pH, perda de líquido por cozimento, força de cisalhamento e cor da carne de cabritos Anglo Nubianos suplementados com óleos vegetais

Variável	Média Geral	Tratamento				CV (%)
		Controle	Canola	Girassol	Soja	
UM (%)	74,41	74,32	74,20	74,66	74,48	1,45
RMF (%)	1,10	1,08	1,11	1,12	1,10	9,25
PROT (%)	21,79	21,81	21,85	21,67	21,83	4,08
GOR (%)	2,98	3,30	3,19	2,78	2,66	35,40
pH _{final}	5,6	5,7	5,4	5,5	5,6	6,1
PC (%)	36,74	36,55	36,40	38,06	35,94	10,60
FC (kg)	7,38	7,62	7,20	7,78	6,90	23,36
a*	17,86	17,80	17,69	18,60	17,34	13,40
b*	4,40	4,39	4,53	4,67	4,02	30,52
L*	36,66	36,40	37,02	37,49	35,72	7,48

UM: umidade; RMF: resíduo mineral fixo; PROT: proteína; GOR: gordura; PC: perda de líquido por cozimento; FC: força de cisalhamento; a*: teor de vermelho; b*: teor de amarelo; L*: luminosidade; CV: coeficiente de variação.

Os teores médios de umidade, resíduo mineral fixo, proteína e gordura permaneceram dentro dos valores encontrados na literatura: 64,74-80,25% de umidade (Schönfeldt et al., 1993; Beserra et al., 2000); 0,99-1,10% de resíduo mineral fixo (Schönfeldt et al., 1993; Beserra et al., 2000); 15,90-27,24% de proteína (Schönfeldt et al., 1993; Beserra et al., 2000) e 1,12-8,52% para extrato etéreo (Beserra et al., 2000; Madruga et al., 2008).

São poucos os trabalhos que avaliaram o efeito da suplementação lipídica na carne caprina. Grande et al. (2011) e Maia (2011) também não constatarem diferença para a composição química da carne ao avaliarem a inclusão de grãos de oleaginosas na dieta de cabritos Saanen e óleos de canola, girassol e mamona na dieta de cordeiros Dorper x Santa Inês, respectivamente e atribuem este efeito à menor susceptibilidade de alterações na carne quando comparada ao efeito sobre a composição do leite e também a diferenças relacionadas à genética dos animais e nível de suplementação.

O valor médio obtido para pH_i da carne, 5,6, está dentro da faixa encontrada para a carne caprina, de 5,48 - 6,03 (Sen et al., 2004; Madruga et al., 2005) e distante dos valores considerados para carne DFD (dark, firm, dry), situação que ocorre em pH acima de 5,8.

A PC é uma medida diretamente relacionada ao rendimento da carne no momento do consumo, por isso são desejados valores menores para esta variável. Segundo Schönfeldt et al. (1993), a carne caprina apresenta menor PC que a carne ovina pelo menor conteúdo de gordura. Neste estudo a média geral para esta característica foi de 36,74% e a ausência de diferença entre os tratamentos se deve à semelhança no conteúdo de gordura na carne dos animais mesmo com a suplementação lipídica.

A força de cisalhamento, que determina o grau de maciez da carne, apresentou média geral de 7,38 kg e, segundo Souza et al. (2004), por apresentar valor médio menor que 8 kg, pode ser classificada como macia. A maciez da carne é o atributo mais apreciado no momento do consumo e a suplementação lipídica manteve invariável esta característica na carne dos animais.

No parâmetro cor, a carne dos cabritos apresentou valores de vermelho (a^*) e de amarelo (b^*) dentro dos padrões característicos da carne caprina em função do baixo teor de gordura intramuscular, e a ausência de efeito dos tratamentos sobre esta característica pode ter ocorrido por não ter havido alteração no teor de gordura da carne com a suplementação lipídica e também por se tratar de animais jovens, os quais apresentam menor deposição de gordura intramuscular que animais adultos.

No perfil geral de ácidos graxos do músculo *L. dorsi* foram identificados 36 ácidos graxos dos quais os mais abundantes foram o oléico (C18:1n9c), com média 37,58%, o palmítico (C16:0), com 24,06% e o esteárico (C18:0), com 17,03%, similares aos valores normalmente observados para carne caprina (Castro et al., 2005; Manso et al., 2009; Grande et al., 2011).

Em comparação ao tratamento controle o teor total de ácidos graxos saturados (AGS_{total}) foi reduzido em 11,4% na carne dos animais que receberam óleo de girassol na alimentação, enquanto as médias dos tratamentos com óleos de canola e soja foram semelhantes aos demais (Tab. 6).

Essa alteração no teor de AGS_{total} é reflexo das variações de cada ácido graxo saturado dentro dos tratamentos. Individualmente, somente os ácidos caprílico (C8:0), palmítico (C16:0) e heptadecanoico (C17:0) apresentaram diferença entre os tratamentos e, destes, somente o palmítico apresenta importância para a saúde do consumidor, uma vez que é considerado um ácido graxo hipercolesterolêmico. Dessa forma, a inclusão de óleos de girassol e soja na dieta de cabritos melhorou a qualidade do perfil lipídico da carne no aspecto de promover uma redução no teor de ácido palmítico, o que, segundo Bessa et al. (2005) e Boles et al. (2005), normalmente ocorre quando se fornece lipídeos ricos em ácidos graxos insaturados na dieta dos animais.

Tabela 6. Ácidos graxos saturados do músculo *L. dorsi* em função dos tratamentos

Ácido Graxo (%)	Média Geral	Tratamento				CV (%)
		Controle	Canola	Girassol	Soja	
C6:0 (caproico)	0,04	0,03	0,04	0,05	0,04	2,29
C8:0 (caprílico)	0,09	0,07b	0,14a	0,08ab	0,07b	3,78
C10:0 (cáprico)	0,03	0,04	0,01	0,03	0,04	1,68
C12:0 (láurico)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	1,09
C13:0 (tridecanoico)	0,10	0,11	0,11	0,10	0,10	1,43
C14:0 (mirístico)	2,43	2,75	2,57	2,15	2,25	8,30
C16:0 (palmítico)	24,06	26,09a	24,44ab	22,80b	22,92b	4,53
C17:0 (heptadecanoico)	2,03	2,98a	1,78b	1,74b	1,60b	10,45
C18:0 (esteárico)	17,03	17,12	17,24	15,94	17,81	13,57
C20:0 (araquídico)	0,35	0,37	0,36	0,37	0,30	7,49
C21:0 (heneicosanoico)	0,12	0,02	0,02	0,38	0,06	19,20
C22:0 (benico)	0,08	0,00	0,02	0,27	0,01	13,00
C23:0 (tricosanoico)	0,12	0,11	0,24	0,09	0,04	15,43
AGS _{total}	46,50	49,71a	46,99ab	44,04b	45,25ab	4,67

AGS_{total}: ácidos graxos saturados totais; CV: coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si para efeito de tratamento pelo teste de Tukey (P>0,05).

Não foi constatada diferença entre os tratamentos para os ácidos graxos monoinsaturados identificados no músculo *L. dorsi* dos cabritos (Tab. 7), justificando a ausência de diferença na quantidade total de AGMI.

Tabela 7. Ácidos graxos monoinsaturados do músculo *L. dorsi* em função dos tratamentos

Ácido Graxo (%)	Média Geral	Tratamento				CV (%)
		Controle	Canola	Girassol	Soja	
C16:1 (palmitoleico)	2,61	3,17	2,54	2,42	2,31	13,75
C17:1 (heptadecenoico)	0,03	0,01	0,01	0,07	0,01	5,42
C18:1n9t (elaídico)	0,26	0,25	0,17	0,24	0,36	8,59
C18:1n9c (oléico)	37,58	36,19	39,09	37,91	37,13	6,33
C20:1 (eicosenoico)	0,61	0,54	0,70	0,64	0,56	11,52
C22:1n9 (erucico)	0,13	0,08	0,09	0,26	0,09	9,14
C24:1 (nervonico)	0,11	0,07	0,01	0,35	0,02	15,39
AGMI _{total}	41,36	40,35	42,65	41,91	40,54	5,65

AGMI_{total}: ácidos graxos monoinsaturados totais; CV: coeficiente de variação.

O óleo de canola é rico em ácido oléico (C18:1n9c) e a dieta com este óleo apresenta teor deste ácido graxo 11% maior em relação à dieta controle (Tab.2), contudo sem apresentar efeito em seu teor na carne dos animais destes tratamentos. Segundo Bessa et al. (2005) e Boles et al. (2005), dietas ricas em ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) promovem a redução de ácido oléico nos tecidos dos ruminantes, o que pode ocorrer pela ausência de C18:0 (ácido esteárico) para ser desaturado pela Δ -9 desaturase (Sampath e Ntambi, 2005), em função da biohidrogenação incompleta dos AGPI no rúmen (Harfoot e Hazlewood, 1997).

Em relação aos poli-insaturados (Tab. 8), foi observada alteração somente nos teores de ácido linoleico (C18:2n6c). As dietas com óleo de girassol e soja apresentam em sua composição um teor de C18:2 mais elevado em comparação às dietas controle e com inclusão de óleo de canola, o que explica as médias semelhantes para estes tratamentos, assim como observado pesquisas realizadas com cordeiros (Bessa et al., 2005; Boles et al., 2005; Bessa et al., 2007).

Para AGPI_{total}, as dietas controle e com inclusão de óleo de canola apresentaram as menores médias, e a dieta com óleo de soja, a maior. A suplementação com óleo de girassol promoveu médias semelhantes aos demais tratamentos. Os tratamentos com inclusão de óleos de girassol e soja são os que possuem teor mais elevado de ácido linoléico (Tab. 2), que foi o único AGPI alterado entre os tratamentos, e este maior aporte pela dieta possivelmente saturou o sistema enzimático da biohidrogenação e possibilitou a passagem de ácido linoléico intacto para absorção intestinal (Bomfim et al., 2011) e promoveu um teor diferenciado de AGPI_{total} para esses tratamentos.

Este resultado obtido é bastante relevante, pois trata-se de um ácido graxo do grupo ômega 6, essencial para o ser humano, que, além de aumentar individualmente

nos tratamentos com óleo de girassol e soja, foi responsável pelo aumento do teor total de AGPI na carne, conforme desejado pelos consumidores.

Tabela 8. Ácidos graxos poli-insaturados do músculo *L. dorsi* em função dos tratamentos

Ácido Graxo	Média Geral	Tratamento				CV (%)
		Controle	Canola	Girassol	Soja	
C18:2n6t (linolelaídico)	0,19	0,21	0,05	0,17	0,33	13,07
C18:2n6c (linoléico)	5,82	4,46c	5,03bc	6,93a	6,87ab	11,98
C20:2 (eicosadienoico)	0,50	0,28	0,15	0,32	1,28	32,78
C22:2 (docosadienoico)	0,10	0,14	0,15	0,08	0,01	12,96
C18:3n3 (linolenico)	0,19	0,20	0,16	0,19	0,21	7,64
C18:3n6 (γ-linolenico)	0,16	0,16	0,03	0,31	0,13	13,28
C20:3n3 (eicosatrienoico)	0,59	0,38	0,77	0,47	0,72	23,08
C20:3n6 (eicosatrienoico)	0,79	0,61	0,81	1,03	0,71	19,77
C20:4n6 (araquidônico)	1,55	1,42	1,43	1,74	1,62	10,81
C20:5n3 (eicosapentaenoico)	0,60	0,84	0,46	0,43	0,66	15,98
AGPI _{total}	10,56	8,76b	9,08b	11,79ab	12,63a	11,92

AGPI_{total}: ácidos graxos poli-insaturados totais; CV: coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si para efeito de tratamento pelo teste de Tukey (P>0,05).

Os teores de $\omega 3$ não foram influenciados pelos tratamentos (Tab.9), entretanto, para $\omega 6$ os tratamentos com óleo de girassol e soja proporcionaram maior média em relação ao tratamento controle, possivelmente pelo maior aporte pela dieta, pois são óleos com quantidade relevante destes ácidos graxos. Em função do menor conteúdo de $\omega 6$ na dieta, os tratamentos controle e canola apresentaram médias semelhantes.

Tabela 9. Teores de ômega 3, ômega 6, CLA, razões AGMI/AGS, AGPI/AGS, ômega 6/ômega3 e índices de qualidade nutricional da fração lipídica do músculo *L. dorsi* em função dos tratamentos

Ácido Graxo	Média Geral	Tratamento				CV (%)
		Controle	Canola	Girassol	Soja	
$\omega 3$	1,44	1,48	1,41	1,20	1,68	18,69
$\omega 6$	8,51	6,85c	7,36bc	10,19a	9,66ab	11,81
$\omega 6/\omega 3$	8,27	6,35	6,46	11,27	8,98	27,33
CLA	6,01	4,67b	5,08b	7,10a	7,20a	11,50
AGMI/AGS	0,90	0,84	0,91	0,96	0,91	4,15
AGPI/AGS	0,23	0,18c	0,20bc	0,27ab	0,28a	3,05
IA	0,67	0,79a	0,67ab	0,59b	0,62b	3,38
IT	1,52	1,72	1,52	1,38	1,47	7,10
HH	1,76	1,51b	1,73ab	1,92a	1,87a	5,05

$\omega 3$: ômega 3; $\omega 6$: ômega 6; $\omega 6/\omega 3$: razão entre ômega 6 e ômega3; CLA: ácido linoléico conjugado; AGMI/AGS: razão entre ácidos graxos monoinsaturados e saturados; AGPI/AGS: razão entre ácidos graxos poli-insaturados e saturados; IA: índice de aterogenicidade; IT: índice de trombogenicidade; HH: razão ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos; CV: coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si para efeito de tratamento pelo teste de Tukey (P>0,05).

Apesar de essenciais, os ácidos graxos do grupo $\omega 3$ e $\omega 6$ devem apresentar-se balanceados no alimento e/ou na dieta, pois segundo Enser et al. (2000), o excesso de $\omega 6$ promove a produção de eicosanóides com forte tendência trombótica, predispondo o consumidor a doenças coronarianas. Nesse aspecto, os óleos de girassol e soja não apresentaram bons efeitos sobre a qualidade da carne.

O teor total de CLA foi aumentado na carne quando houve inclusão de óleos de girassol e soja na dieta dos cabritos. Isso se deve ao conteúdo de ácido linoléico presente nestes óleos, o qual, no processo de biohidrogenação ruminal, é o principal precursor do CLA, e assim, possibilitou o incremento deste no produto final quando comparado ao tratamento canola e controle. Dessa forma, quando se deseja aumentar o teor de CLA na carne de ruminantes, os óleos de girassol e soja são os mais indicados.

A razão AGMI/AGS não apresentou diferença entre os tratamentos, possivelmente porque as pequenas diferenças observadas no teor total de AGS não foram suficientes para promover alteração para esta relação, uma vez que o teor total de AGMI não foi modificado pelas dietas. Entretanto, para a razão AGPI/AGS, a maior média foi observada para o tratamento com óleo de soja e a menor para o tratamento controle e as variações existentes entre os quatro tratamentos refletem quase que exatamente as variações observadas nos teores de AGPI_{total}.

Os índices de qualidade da fração lipídica caracterizam o grau de risco da dieta/alimento à saúde humana, e o que se deseja são dietas ou alimentos com baixos índices de aterogenicidade e trombogenicidade (IA, IT) e alta razão hipocolesterolêmico e hipercolesterolêmico (HH) para minimizar os efeitos deletérios sobre a saúde. Dessa forma, a inclusão de óleos de girassol e soja promoveu um melhor resultado em função da redução nos valores de IA e aumento nos valores de HH. Para estas características, o tratamento controle apresentou o pior resultado e a inclusão de óleo de canola promoveu resultados semelhantes a todos os tratamentos.

O IT não foi diferente para os tratamentos avaliados, possivelmente pela ausência de diferença nos valores de AGMI, $\omega 3$ e $\omega 6/\omega 3$, que são utilizados para seu cálculo.

Conclusão

A suplementação com 2,5% de óleos de canola, girassol e soja resulta em melhor perfil de ácidos graxos sem influenciar o desempenho, as características de carcaça, composição e qualidade da carne, e pode ser indicada como ferramenta para fornecer ao mercado consumidor um produto com características funcionais.

Os óleos de girassol e soja, em comparação ao óleo de canola, proporcionaram melhor perfil de ácidos graxos para a carne caprina, sendo os mais indicados para gerar produtos com perfil lipídico nutricionalmente mais adequado para o consumidor, e fica a critério do produtor a escolha de qual óleo utilizar em função do custo das dietas.

Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – AOAC. (2007). **Official methods of analysis**. 18th 12ed. Arlington: AOAC International.
- BAS, P.; MORAND-FEHR, P. Effect of nutritional factors on fatty acid composition of lamb fat deposits. **Livestock Production Science**, v. 64; p. 61-79, 2000.
- BESERRA, F.J.; MONTE, A.L.S.; BEZERRA, L.C.N.; NASSU, R.T. Caracterização química da carne de cabritos da raça Moxotó e de cruzas Pardo-Alpina x Moxotó. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.1, p.171-177, 2000.
- 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**, v.96, n.2/3, p. 1850194, 2005.
- BESSA, R.J.B.; ALVES, S.P.; JERÓNIMO, E. et al. Effect of lipid supplements on ruminal biohydrogenation intermediates and muscle fatty acids in lambs. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v.109, p. 868-878, 2007.
- BOLES, J.A.; KOTT, R.W.; HATFIELD, P.G. et al. Supplemental safflower oil affects the fatty acid profile, including conjugated linoleic acid, of lamb. **Journal of Animal Science**, v.83, n.9, p. 2175-2181, 2005.
- BOMFIM, M.A.D.; QUEIROGA, R.C.E.; AGUILA, M.B. et al. Abordagem multidisciplinar de P,D&I para o desenvolvimento de produto lácteo caprino com alto teor de CLA e alegação de propriedade funcional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.98-106, 2011 (suplemento especial).
- CANNAS, A.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G. et al. A mechanistic model for prediction the nutrient requirements and feed biological value for sheep. **Journal of Animal Science**, v.82, p. 149-169, 2004.
- CASTRO, T.; MANO, T.; MANTECÓN, A.R. et al. Fatty acid composition and carcass characteristics of growing lambs fed diets containing palm oil supplements. **Meat Science**, v.69, n.4, p. 757-764, 2005.
- COSTA, R.G.; QUEIROGA, R.C.R.E.; PEREIRA, R.A.G. Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.307-321, 2009 (suplemento especial).
- CUNNIFF, P. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16. ed. Arlington: AOAC International, 1995. v.1.
- DOREAU, M.; BAUCHART, D.; CHILLIARD, Y. Enhancing fatty acid composition of milk and meat through animal feeding. **Animal Production Science**, v.51, p. 19-29, 2011.
- ENSER, M.; RICHARDSON, R.I.; WOOD, J.D. et al. Feeding linseed to increase the n-3 PUFA of pork: fatty acid composition of muscle, adipose tissue, liver and sausages. **Meat Science**, v.55, p.201-212, 2000.
- FAO 2014, Roma, 2014. Disponível em: < <http://faostat.fao.org> > Acesso em: 22 out. 2014.

FOLCH, J.; LEE, M.; SLOANE STANLEY, G.H. A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissue. **Journal Biological Chemistry**, v.226, n.1, p. 497-509, 1957.

GOMES, H.F.B. **Desempenho, características de carcaça e modelos de predição da composição tecidual em caprinos de diferentes grupos raciais**. 2008. 130f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

GRANDE, P.A.; LIMA, L.S.; MACEDO, V.P. et al. Avaliação da carcaça de cabritos Saanen alimentados com dietas com grãos de oleaginosas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n.3, p. 721-728, 2011.

HARFOOT, C.G.; HAZLEWOOD, G.P. Lipid metabolism in the rumen. In: **The Rumen Microbial Ecosystem**. Ed. Hobson, P.N., Elsevier, Londres, 1997, p. 382-426.

HARTMAN, L.; LAGO, B.C.A. Rapid preparation of fatty, methyl esters from lipids. **Laboratory Practical**, v.22, n.6, p. 457-477, 1973.

HONIKEL, K.O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, v. 49, n.4, p. 447-457, 1998.

JOHNSON, R.R.; McCCLURE, K.E. High fat rations for ruminants. II. Effects of fat added to corn plant material prior to ensiling on digestibility and voluntary intake of the silage. **Journal of Animal Science**, v. 36, p. 397-406, 1973.

MADRUGA, M.S.; GALVÃO, M.S.; COSTA, R.G. et al. Perfil aromático e qualidade química da carne de caprinos Saanen alimentados com diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.5, p.936-943, 2008.

MADRUGA, M.S.; SOUSA, W.H.; ROSALES, M.D. et al. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês terminados com diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.309-315, 2005.

MAIA, M.O. **Efeito da adição de diferentes fontes de óleo vegetal na dieta de ovinos sobre o desempenho, a composição e o perfil de ácidos graxos na carne e no leite**. 2011. 140f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MANSO, T.; BODAS, R.; CASTRO, T. et al. Animal performance and fatty acid composition of lambs fed with different vegetable oils. **Meat Science**, v.83, n.3, p. 511-516, 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goat, cervids and new world camelids**. Washington, 2007. 384p.

RODRIGUES-RUIZ, J.R. et al. Rapid simultaneous lipid extraction and transesterification for fatty acid analyses, **Biotechnology Techniques**, v.12, n.9, p. 689-691, 1998.

SAMPATH, H.; NTAMBI, J.M. Polyunsaturated fatty acid regulation of genes of lipid metabolism. **Annual Reviews Nutrition**, v.25, p. 317-340, 2005.

SANTOS-SILVA, J.; BESSA, R.J.B.; SANTOS-SILVA, F. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II. Fatty acid composition of meat. **Livestock Production Science**, v.77, n.2/3, p. 187-194, 2002.

SCHÖNFELDT, H. C.; NAUDÉ, R.T.; BOK, W. et al. Cooking and juiciness related quality characteristics of goat and sheep meat. **Meat Science**, v. 34, p. 381-394, 1993.

SEN, A.R.; SANTRA, A.; KARIN, S.A. Carcass yield, composition and meat quality attributes of sheep and goat under semiarid conditions. **Meat Science**, v.66, p.757-763, 2004.

SIMELLA, L.; NDLOVU, R. L.; SIBANDA, L. M. Carcass characteristics of the marketed matebele goat from South Western. **Small Ruminant Research**, v. 32, p. 173-179, 1999.

SOUZA, P.P.S. **Efeitos do sistema de alimentação e grupo racial no desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de cabritos confinados**. 2012. 116f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

SOUZA, X.R.; BRESSAN, M.C.; PÉREZ, J.R.O. et al. Efeitos do grupo genético, sexo e peso de abate sobre as propriedades físico-químicas da carne de cordeiros em crescimento. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.4, 2004.

ULBRICHT, T.L.V.; SOUTHGATE, D.A.T. Coronary heart disease: seven dietary factors. **Lancet**, v.338, n.8773, p.985-992, 1991.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistema de Análises Estatística e Genéticas – SAEG**. Versao 9.0. Vicoso, MG, 2000.

VAN NEVEL, C.J.; DEMEYER, D.I. Effect of pH on biohydrogenation of polyunsaturated fatty acids and their Ca-salts by rumen microorganisms *in vitro*. **Archives of Animal Nutrition**, v. 49, p. 151-157, 1996.

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**, v.74, p. 3583 – 3597, 1991.

WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminants feeds. In: Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, n. 61, 1999. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, p. 176-185.

YÁÑES, E.A.; RESENDE, K.T.; FERREIRA, A.C.D. et al. Effects of feed restriction on yield, retail cuts and tissue composition of carcass of Saanen kids. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p. 666-673, 2007.

CAPÍTULO V

IMPLICAÇÕES

Os hábitos de vida modernos têm levado as pessoas ao sedentarismo e acarretado vários problemas de saúde, dentre eles, as doenças cardiovasculares. Existe alta correlação entre o tipo de gordura presente no alimento ingerido e o risco de incidência de tais doenças. As gorduras saturadas, encontradas em maior proporção nos produtos oriundos de ruminantes, são consideradas as vilãs, por elevarem a produção de colesterol, auxiliada por fatores genéticos, até que chegue a níveis preocupantes e aumentem o risco de ataques cardíacos.

O leite e a carne caprina são produtos que apresentam certas particularidades que naturalmente os qualificam como alimentos funcionais, como os menores glóbulos de gordura e ausência da proteína caseína alfa-S1 do leite e o baixo teor de gordura intramuscular da carne. Assim, ao produzi-los com um perfil de ácidos graxos mais adequado para a saúde do consumidor, espera-se uma melhor inserção e expansão do mercado, fato que tem impulsionado as pesquisas na área.

Muitos estudos têm sido realizados utilizando diversas fontes lipídicas na alimentação de ruminantes e os resultados obtidos têm se mostrado satisfatórios na questão de melhorar o perfil lipídico do produto gerado, entretanto, alguns resultados, principalmente do metabolismo ruminal, são ainda contraditórios e não estão bem elucidados, tornando importante a continuidade das investigações para que seja possível avaliar o efeito e melhor nível de utilização de cada fonte lipídica na dieta de cada espécie de ruminante, uma vez que o metabolismo entre bovinos, ovinos e caprinos podem apresentar diferenças.

A utilização de óleos de canola, girassol e soja no nível de 3% na dieta de cabras em lactação e 2,5% na dieta de cabritos em crescimento promoveu resultados satisfatórios no perfil de ácidos graxos, com ênfase para os óleos de girassol e de soja, sem ocasionar alterações no consumo de matéria seca, no metabolismo ruminal, na produção e composição dos produtos gerados. Contudo, este resultado abre portas para um novo leque de pesquisas, principalmente para estabelecimento de um nível de inclusão de óleo que promova o máximo de benefícios para o produto final sem que haja comprometimento de outros aspectos da produção animal.

Um entrave que também precisa ser estudado ao se utilizar a suplementação lipídica é a questão de pagamento ao produtor, pois para melhorar a qualidade do produto final é necessário um maior investimento com a dieta oferecida ao rebanho, e, mesmo com pesquisas estabelecendo e comprovando a eficácia das técnicas, é impossível implementá-las sem que o produtor seja adequadamente remunerado.

As pesquisas com alimentos envolvem a multidisciplinaridade. Os experimentos para produção de alimentos de origem animal nutricionalmente mais saudáveis são apenas o início de uma série de pesquisas que devem ser desenvolvidas até constatação do real efeito do alimento sobre a saúde do consumidor. Após a produção, é preciso verificar se os métodos de preparo do alimento, como o cozimento, por exemplo, irá influenciar, positiva ou negativamente, sobre as melhorias alcançadas e a conclusão das pesquisas se dará somente com testes com os consumidores, que permitirão constatar qual o real efeito da melhoria no alimento sobre a saúde humana.