**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**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**

Michelle de Oliveira Maia

**Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal
e Pastagens**

**Piracicaba
2011**

Michelle de Oliveira Maia
Zootecnista

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

Orientadora:
Prof^a. Dr^a. **IVANETE SUSIN**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

**Piracicaba
2011**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Maia, Michelle de Oliveira

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 / Michelle de Oliveira Maia. - - Piracicaba, 2011.

140 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2011.

1. Ácidos graxos 2. Carnes e derivados 3. Carcaça 4. Colza 5. Dieta animal 6. Girassol
7. Leite 8. Lipídeos 9. Mamona 10. Nutrição animal 11. Óleos e gorduras vegetais
comestíveis 12. Ovinos I. Título

CDD 636.3085
M217e

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus pais, *Alcindo e Cenir*, pelo amor, carinho, dedicação, incentivo e valiosos ensinamentos.

À minha irmã, *Danielle*, pelo carinho, companheirismo e amizade.

DEDICO

Ao meu amado esposo *Henrique*, pelo companheirismo, carinho, amor e compreensão

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meus caminhos e me proteger sempre.

À minha família, meu grande porto seguro, pelo incentivo, apoio e por ter acreditado em meus sonhos.

Ao Henrique, uma pessoa muito especial, por fazer parte da minha vida.

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e Universidade Federal da Paraíba (UFPB) pela formação profissional.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) e ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade de realização do curso de Doutorado.

À professora Ivanete Susin, pelos ensinamentos, conselhos, amizade, oportunidade e confiança para a realização deste trabalho.

Ao professor Alexandre Vaz Pires pelas valiosas contribuições, aprendizado e amizade.

Ao professor Roberto Germano pelos conselhos, amizade e grande incentivo em seguir a carreira acadêmica

A todos os professores do Departamento de Zootecnia que contribuíram para a realização deste trabalho, em especial aos professores Wilson Roberto Soares Mattos pelo grande exemplo de profissional e ser humano, Carla Maris Bittar pelas valiosas sugestões e Gerson Barreto Mourão pela colaboração nas análises estatísticas.

À Juliana Petrini, que junto com o professor Gerson, colaborou intensamente com as análises estatísticas deste trabalho.

Ao professor Severino Matias de Alencar e à Ivani Aparecida Moreno pelos esclarecimentos e ensinamentos necessários para a realização das análises de ácidos graxos.

Ao professor Saulo da Luz e Silva da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP) pelo apoio nas análises de perdas por cocção e força de cisalhamento.

À Fundação de Amparo à pesquisa no Estado de São Paulo - FAPESP, pelo financiamento do projeto e concessão da bolsa de estudos.

À Ana Paula Oeda e Carlos César Alves pelo auxílio nas análises laboratoriais.

A todo pessoal do Departamento de Zootecnia, em especial Cláudia, Creide, Ana e Vera, sempre muito atenciosas.

Aos funcionários do SIPOC: Marcos, Joseval, Adilson, Roberto, Alexandre, Expedito e dona Ilda pelo auxílio na condução do experimento, paciência e agradável convívio.

À minha grande companheira Cristine, pela grande amizade cultivada e força nos momentos mais difíceis.

Aos amigos Evandro, meu companheiro de batalha no laboratório e Renato pelos conselhos, amizade e disposição para ajudar sempre.

Aos integrantes do grupo de pesquisa e estagiários que passaram pelo Sipoc: Cris, Renato, Evandro, Fabiane, Rafael (Potter), Rafael (Kneco), Rafa, Daniel, Clayton (Cirilo), Suzana, Marlon, Marcão, Omer, Gustavo, Delci, C-trero, Pirulão, Damaris, Edson e Tássia.

Às minhas grandes amigas Viviane Maia e Eliane Silva por terem me acolhido durante minha chegada e estadia em Piracicaba e pela agradável convivência.

A Ellen e Johana pelo convívio harmonioso e companheirismo.

Aos amigos da pós-graduação: Aline, Eva, Fernanda, Bia, Fábio, Mariana Caetano, Michele Lopes, Monique, Cristiane Nardi e às amigas Marcela e Maíra por ter tornado os momentos em Piracicaba mais agradáveis.

Enfim, a todos aqueles que me estenderam a mão, por me ensinar a caminhar, e aos que me negaram, por me ensinar a levantar.

A vocês,

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	17
LISTA DE SIGLAS	19
LISTA DE ABREVIATURAS.....	21
1 INTRODUÇÃO	23
Referências	24
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
2.1 Adição de lipídeos na dieta de ruminantes.....	27
2.2 Efeito da adição de lipídeos na dieta de ovelhas em lactação	29
2.3 Efeito da suplementação lipídica sobre a qualidade da carne de ovinos	31
2.4 Óleo de canola, girassol e mamona	33
Referências	36
3 DESEMPENHO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO LEITE DE OVELHAS SANTA INÊS ALIMENTADAS COM ÓLEOS DE CANOLA, GIRASSOL OU MAMONA.....	41
Resumo	41
Abstract	41
3.1 Introdução	42
3.2 Material e Métodos.....	43
3.2.1 Animais e instalações experimentais	43
3.2.2 Período experimental, rações e análises bromatológicas	44
3.2.3 Colheita de dados e cálculos.....	46
3.2.4 Determinação do perfil de ácidos graxos do leite.....	48
3.2.5 Ácidos graxos não esterificados (AGNE)	49
3.2.6 Análise estatística	49
3.3 Resultados e Discussão	51
3.4 Conclusões.....	65
Referências	65

4 DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES E PARÂMETROS RUMINAIS DE OVINOS ALIMENTADOS COM ÓLEO DE CANOLA, GIRASSOL OU MAMONA.... 71

Resumo	71
Abstract.....	71
4.1 Introdução.....	72
4.2 Material e Métodos	73
4.2.1 Animais e instalações experimentais.....	73
4.2.2 Período experimental e tratamentos.....	73
4.2.3 Manejo alimentar e colheita de amostras	75
4.2.4 Análises laboratoriais e cálculos.....	75
4.2.5 Colheita de fluido ruminal	76
4.2.6 Determinação de AGCC	77
4.2.7 Determinação de N-NH ₃	78
4.2.8 Análise estatística.....	78
4.3 Resultados e Discussão	79
4.4 Conclusões	87
Referências.....	87

5 DESEMPENHO, DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES E PARÂMETROS RUMINAIS DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM RAÇÕES CONTENDO ALTA PROPORÇÃO DE CONCENTRADO E ÓLEO DE CANOLA, GIRASSOL OU MAMONA91

Resumo	91
Abstract.....	91
5.1 Introdução.....	92
5.2 Material e Métodos	93
5.2.1 Experimento 1: Desempenho de cordeiros confinados.....	93
5.2.1.1 Animais e instalações experimentais.....	93
5.2.1.2 Período experimental, tratamentos e análises bromatológicas.....	94
5.2.1.3 Análise estatística	96
5.2.2 Experimento 2: Digestibilidade dos nutrientes, parâmetros ruminiais e balanço de nitrogênio de ovinos alimentados com óleos vegetais em dietas com alto teor de concentrado	96
5.2.2.1 Animais e instalações experimentais.....	97

5.2.2.2 Período experimental e tratamentos.....	97
5.2.2.3 Manejo alimentar e colheita de amostras	98
5.2.2.4 Análises laboratoriais e cálculos	98
5.2.2.5 Colheita de fluido ruminal	100
5.2.2.6 Determinação de AGCC.....	100
5.2.2.6 Determinação de N-NH ₃	101
5.2.2.7 Análise estatística	101
5.3 Resultados e Discussão	103
5.3.1 Desempenho Animal	103
5.3.2 Digestibilidade, parâmetros ruminais e balanço de nitrogênio	105
5.4 Conclusões.....	113
Referências	113
6 CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA, COMPOSIÇÃO FÍSICO- QUÍMICA E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i> DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM ÓLEOS VEGETAIS.....	117
Resumo	117
Abstract	117
6.1 Introdução	118
6.2 Material e Métodos.....	119
6.2.1 Período experimental e tratamentos	119
6.2.2 Características de carcaça.....	121
6.2.3 Composição físico-química da carne	122
6.2.4 Determinação do perfil de ácidos graxos	123
6.2.5 Análise estatística	124
6.3 Resultados e Discussão	125
6.4 Conclusão	135
Referências	135

RESUMO

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

O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho, a composição e o perfil de ácidos graxos (AG) do leite e da carne de ovinos alimentados com dietas contendo óleo de canola, girassol ou mamona. Adicionalmente, foram realizados dois ensaios de metabolismo para avaliar o efeito das dietas sobre a digestibilidade dos nutrientes e parâmetros ruminais. No Experimento I, 44 ovelhas com suas respectivas crias foram distribuídas em delineamento em blocos completos casualizados. Os animais foram alimentados com dietas compostas por 50% de volumoso, sendo uma dieta controle e as outras contendo 3% de óleo de canola, girassol ou mamona. A adição de óleo reduziu o consumo de matéria seca (CMS) e aumentou o consumo de extrato etéreo. Não houve alteração na produção de leite e desempenho das crias. A adição de óleo de mamona aumentou o teor de gordura e sólidos totais do leite. A adição de óleos de canola e girassol reduziu as concentrações de AG de cadeia curta (AGCC), de cadeia média, saturados e o índice de aterogenicidade; e aumentou as concentrações de C18:0, C18:1 ω -9, C18:2 *cis*-9, *trans*-11 (CLA), C18:1 *trans*-11, AG de cadeia longa, AG monoinsaturados e AG insaturados totais. Estes óleos aumentaram ainda, a relação entre AG poliinsaturados:saturados (P:S) comparado à dieta controle. No experimento II, quatro ovinos canulados no rúmen, foram distribuídos em um delineamento em quadrado latino 4 x 4 para avaliar as dietas utilizadas no Experimento I. Não houve diferença no CMS e digestibilidade dos nutrientes. A adição de óleos aumentou os valores de pH ruminal e reduziu as concentrações de AGCC. No experimento III, foi analisado o desempenho de 36 cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês alimentados com rações com 90% de concentrado e 3% de óleo de canola, girassol ou mamona. Não houve diferença no CMS, ganho de peso médio diário (GMD) e conversão alimentar, sendo a média das dietas de 957,7 g, 326,4 g e 3,0 kg MS/kg GMD, respectivamente. Adicionalmente, foi realizado um ensaio de metabolismo com quatro ovinos canulados no rúmen em um delineamento em quadrado latino 4 x 4. Não houve diferença ($P>0,10$) no CMS, digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio e nos parâmetros ruminais, com exceção da amônia, que diminuiu com a adição de óleos. No experimento IV, foram avaliados: as características da carcaça, composição físico-química e perfil de AG do músculo *Longissimus dorsi* dos cordeiros do experimento III. A adição de óleo de mamona elevou o teor de extrato etéreo da carne. O óleo de girassol reduziu a concentração de C18:1 ω -9, e aumentou a concentração de C18:1 *trans*. A adição de óleo de mamona reduziu a concentração de C18:2 e a relação P:S na carne em comparação aos óleos de canola e girassol. A inclusão de óleos de canola e girassol reduziu a concentração de C16:0, aumentou a concentração de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 (CLA) e C18:3 ω -6. O óleo de canola aumentou a concentração de C18:3 ω -3 e o óleo de girassol aumentou a relação ω 6: ω 3 comparado ao óleo de mamona.

Palavras-chave: Canola; Lipídeos; Girassol; Mamona

ABSTRACT

Effects of different dietary sources of vegetable oils on performance, milk composition and fatty acid profile of milk and meat of sheep

The objective of this study was to evaluate the performance, milk composition, meat and milk fatty acid profile of ewes and lambs fed diets containing canola oil, sunflower oil or castor oil. Additionally, two metabolism trials were conducted to determine the effects of the diets on nutrient digestibility and ruminal measures. Experiment I: 44 Santa Inês ewes with lambs were allotted in a randomized complete block design and fed a control diet (no oil) containing 50% roughage or diets with the addition of 3% of canola oil, sunflower oil or castor oil. The addition of oil decreased DM intake and increased ether extract intake. However, there was no effect on milk production and lamb performance. The percentage of milk fat and milk total solids increased with castor oil. Diets with canola and sunflower oils decreased short chain fatty acids (FA), medium chain, saturated FA and atherogenicity index; and increased C18:0, C18:1 ω -9, C18:2 *cis*-9, *trans*-11 (CLA), C18:1 *trans*-11, long chain and monounsaturated FA. In addition, these diets increased polyunsaturated:saturated (PUFA:SFA) ratio compared to the control diet. Experiment II: Four ruminally cannulated ram lambs were assigned to a 4 x 4 Latin Square design to determine the effects of the diets used in Experiment I on intake, nutrient digestibility and ruminal measures. There was no difference ($P>0.10$) on DM intake and nutrient digestibility. The oil addition increased pH values and decreased short chain FA. Experiment III: the objective was to evaluate the performance of 36 crossbred Dorper x Santa Inês lambs fed diets with 90% concentrate hay with 3% canola oil, sunflower oil or castor oil. There was no difference on DM intake, average daily gain (ADG) and feed conversion, with average across diets of 957.7 g, 326.4 g and 3.0 kg DMI/kg ADG, respectively. These diets were also evaluated in four ruminally cannulated ram lambs in a 4x4 Latin Square design. There was no difference in DM intake, nutrient digestibility, nitrogen metabolism and ruminal measures, with the exception for ammonia concentration that decreased with oil addition. In the Experiment IV were determine: carcass characteristics, *Longissimus dorsi* fatty acid profile and physical-chemical composition of the lambs used in Experiment III. The diet with castor oil increased meat ether extract. Sunflower diet decreased C18:1 ω -9 and increased concentrations of C18:1 *trans*. Castor oil decreased the concentration of C18:2 and PUFA:SFA ratio compared to canola and sunflower oils. Canola and sunflower decreased the concentration of C16:0, increased the concentration of C18:2 *cis*-9, *trans*-11 (CLA) and C18:3 ω -6. Canola oil increased the concentration of C18:3 ω -3 and sunflower oil increased ω 6: ω 3 ratio compared to castor oil.

Keywords: Canola; Castor; Lipids; Sunflower

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Concentração plasmática (mEq/L) de ácidos graxos não esterificados (AGNE) de ovelhas alimentadas com óleo de canola, girassol ou mamona.....	53
Figura 2 - Concentração molar total dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no fluido ruminal de cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês em função da adição de óleo de canola, girassol ou mamona na dieta.....	84
Figura 3 - Valores de pH do fluido ruminal de cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês em função da adição de óleo de canola, girassol ou mamona na dieta.....	85
Figura 4 - Concentração de nitrogênio amoniacal no fluido ruminal de cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês em função da adição de óleo de canola, girassol ou mamona na dieta.....	86
Figura 5- Concentração molar total dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no fluido ruminal de cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês em função da adição de óleo de canola, girassol ou mamona na dieta.....	110
Figura 6 - Concentração de N-NH ₃ no fluido ruminal de cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês em função da adição de óleo de canola, girassol ou mamona na dieta.....	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Proporção dos ingredientes e composição química das rações experimentais (% da matéria seca)	45
Tabela 2 - Perfil de ácidos graxos dos óleos de canola, girassol e mamona	45
Tabela 3 - Peso inicial, peso final, variação de peso corporal, concentração sanguínea de AGNE (mEq/L), consumo de matéria seca e nutrientes de ovelhas Santa Inês alimentadas com óleos vegetais	52
Tabela 4 - Produção de leite, leite corrigido para gordura (LCG), leite corrigido para gordura e proteína (LCGP) em três horas e teores dos componentes do leite de ovelhas Santa Inês alimentadas com óleo de canola, girassol ou mamona.....	55
Tabela 5 - Peso corporal, consumo de concentrado inicial e desempenho das crias em função da adição óleos vegetais na dieta das mães	58
Tabela 6 - Perfil de ácidos graxos do leite de ovelhas Santa Inês alimentadas com óleos vegetais	60
Tabela 7 - Relações entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados, monoinsaturados e saturados, índice de aterogenicidade e índice de atividade da enzima Δ -9 dessaturase do leite de ovelhas Santa Inês alimentadas com óleos vegetais.....	64
Tabela 8 - Proporção dos ingredientes e composição química das rações experimentais (% da matéria seca)	74
Tabela 9 - Perfil de ácidos graxos dos óleos de canola, girassol e mamona	74
Tabela 10 - Peso corporal (PC), peso metabólico ($PC^{0,75}$) e consumo de nutrientes de ovinos Santa Inês alimentados com óleos vegetais	80
Tabela 11 - Digestibilidade dos nutrientes, consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) e de energia digestível (ED) de ovinos Dorper x Santa Inês alimentados com alto teor de concentrado e óleos vegetais.....	82
Tabela 12 - Concentrações ruminiais de ácidos graxos de cadeia curta (mM) e nitrogênio amoniacal (mg/dL) de ovinos mestiços Dorper x Santa Inês alimentados com óleos vegetais.....	83
Tabela 13 - Proporção dos ingredientes e composição químico-bromatológica das dietas experimentais (% da MS).....	94
Tabela 14 - Perfil de ácidos graxos dos óleos de canola, girassol e mamona	95

Tabela 15 - Peso inicial, peso final, consumo (matéria seca e nutrientes), ganho de peso médio diário, conversão alimentar dos cordeiros e dias de confinamento de acordo com as dietas experimentais	103
Tabela 16 - Peso corporal (PC), peso metabólico ($PC^{0,75}$) e consumo de nutrientes de ovinos Santa Inês alimentados com óleos vegetais	106
Tabela 17 - Digestibilidade dos nutrientes, consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) e de energia digestível (ED) de ovinos Dorper x Santa Inês alimentados com alto teor de concentrado e óleos vegetais	107
Tabela 18 - Concentrações ruminais de ácidos graxos de cadeia curta (mM), pH e amônia (mg/dL) de ovinos mestiços Dorper x Santa Inês alimentados com óleos vegetais	109
Tabela 19 - Consumo e balanço de nitrogênio em ovinos alimentados com rações contendo diferentes tipos de óleos	112
Tabela 20 - Proporção dos ingredientes e composição químico-bromatológica das dietas experimentais (% da MS)	120
Tabela 21 - Perfil de ácidos graxos dos óleos de canola, girassol e mamona.....	121
Tabela 22 - Peso ao abate e parâmetros de carcaça de cordeiros alimentados com óleo de canola, girassol ou mamona	126
Tabela 23 - Composição química (g/100g), perdas de água por cozimento (PC) e força de cisalhamento (FC) do músculo <i>Longissimus dorsi</i> de cordeiros Dorper x Santa Inês alimentados com óleo de canola, girassol ou mamona	128
Tabela 24 - Perfil de ácidos graxos (%) no músculo <i>Longissimus dorsi</i> de cordeiros alimentados com óleos vegetais.....	130

LISTA DE SIGLAS

C4:0 – Ácido butírico
C6:0 – Ácido caproico
C8:0 – Ácido caprílico
C10:0 – Ácido cáprico
C12:0 – Ácido láurico
C14:0 – Ácido mirístico
C14:1 – Ácido miristoleico
C15:0 – Ácido pentadecanoico
C16:0 – Ácido palmítico
C16:1 – Ácido palmitoleico
C18:0 – Ácido esteárico
C18:1 ω -9 – Ácido oleico
C18:1 *trans* 11 – Ácido vacênico
C18:1-OH – Ácido ricinoleico
C18:2 *cis*-9, *trans*-11 – Ácido rumênico
C18:2 – Ácido linoleico
C18:3 ω -3 – Ácido linolênico
C18: ω -6 – Ácido γ -linolênico
 ω -3 – Ácido graxo ômega-3
 ω -6 – Ácido graxo ômega-6

LISTA DE ABREVIATURAS

AG – Ácidos graxos
AGCC – Ácidos graxos de cadeia curta
AGM – Ácidos graxos de cadeia média
AGCL – Ácidos graxos de cadeia longa
AGNE – Ácidos graxos não esterificados
AOL – Área de olho de lombo
CA – Conversão alimentar
CCNF – Consumo de carboidratos não fibrosos
CED – Consumo de energia digestível
CEE – Consumo de extrato etéreo
CFDN – Consumo de fibra em detergente neutro
CLA – Ácido linoleico conjugado
CMO – Consumo de matéria orgânica
CMS – Consumo de matéria seca
CNDT – Consumo de nutrientes digestíveis totais
CNF – carboidratos não fibrosos
CPB – Consumo de proteína bruta
DACNF – Digestibilidade aparente dos carboidratos não fibrosos
DAMO – Digestibilidade aparente da matéria orgânica
DAMS – Digestibilidade aparente da matéria seca
DAPB – Digestibilidade aparente da proteína bruta
DFDN – Digestibilidade da fibra em detergente neutro
ED – Energia digestível
EE – Extrato etéreo
EG – Espessura de gordura
EPM – Erro padrão da média
FC – Força de cisalhamento
FDN – Fibra em detergente neutro
GMD – Ganho médio diário
IA – Índice de aterogenicidade

LCG – Leite corrigido para gordura
LCGP – Leite corrigido para gordura e proteína
MM – matéria mineral
MO – Matéria orgânica
MS – Matéria seca
N – Nitrogênio
N-NH₃ – Nitrogênio amoniacal
NDT – Nutrientes digestíveis totais
PC – Peso corporal
PCA – Peso corporal ao abate
PCF – Peso da carcaça fria
PCQ – Peso da carcaça quente
pH – Potencial hidrogeniônico
PF – Peso final
PI – Peso inicial
PR – Perda por resfriamento
RCF – Rendimento de carcaça fria
RCQ – Rendimento de carcaça quente
ST – Sólidos totais

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem sido verificado o interesse crescente dos consumidores sobre o efeito benéfico de determinados alimentos à saúde. O termo “alimento funcional”, ou seja, aquele alimento que, além de fornecer energia para o corpo e uma nutrição adequada, previne diversas doenças, vem sendo difundido com certa velocidade.

Consequentemente, o interesse na manipulação do perfil de ácidos graxos do leite e carne de ruminantes também tem evoluído, pelo fato destes animais representarem fontes de ácidos graxos saturados (JENKINS et al., 2008). Isso porque tanto a carne quanto o leite, representam as principais fontes alimentícias que têm sido apontadas como causadoras de doenças associadas à vida moderna, especialmente câncer e doenças coronárias (WOOD et al., 2003)

Com isso, várias estratégias como a escolha da raça (COSTA et al., 2009), sexo (MADRUGA et al., 2005), peso ao abate (PÉREZ et al., 2002) e, principalmente, alimentação (CASTRO et al., 2009) têm sido utilizadas para modificar a composição do perfil de ácidos graxos desses produtos e assim, atender a procura dos consumidores por alimentos saudáveis.

A manipulação nutricional do ecossistema do rúmen é uma estratégia para alterar o conteúdo e a composição dos lipídeos da carne e do leite de ruminantes (DEMEYER; DOREAU, 1999). Há um consenso dominante de que a gordura é o componente de ambos que mais sofre influência da alimentação.

A adição de fontes lipídicas (como os óleos vegetais) tem sido muito utilizada na dieta de ruminantes (BOLES et al., 2005; EIFERT et al., 2006; CASTRO et al., 2009) com o intuito de obter um produto mais saudável através da produção de ácidos graxos insaturados, inclusive do ácido linoleico conjugado (CLA - C18:2 *cis*-9, *trans*-11).

Ao contrário dos ácidos graxos *trans* gerados pela indústria alimentícia, aqueles provenientes de animais ruminantes não possuem qualquer ligação com o risco de doenças coronarianas em homens, e apresentam ainda relação inversa entre consumo e doenças cardiovasculares em mulheres (JAKOBSEN et al., 2008).

Óleos vegetais provenientes de diferentes sementes possuem composição de ácidos graxos diferenciados e, consequentemente, proporcionam efeitos diferentes no

perfil lipídico dos produtos gerados. Na maior parte dos lipídeos das sementes, o ácido graxo predominante é o linoleico (C18:2 *cis*-9, *cis*-12), no entanto, algumas exceções importantes incluem o óleo de canola que possui alto teor de ácido graxo oleico (C18:1 ω -9) (PALMQUIST; MATTOS, 2006) e o óleo de mamona, com alto teor do ácido ricinoleico (C18:1 OH) que, além de conter apenas uma ligação dupla possui uma hidroxila em sua estrutura.

O Brasil possui um grande potencial para a produção de óleos vegetais, dentre os quais o girassol e a canola estão entre as principais fontes (OSAKI; BATALHA, 2008). Com a implantação do projeto de produção do biodiesel, outra oleaginosa que ganhou bastante destaque foi a mamona. Durante anos, o Brasil foi considerado o maior produtor mundial de mamona e exportador do seu óleo, no entanto, essa posição passou a ser ocupada pela Índia, seguida da China, sendo o Brasil o terceiro produtor mundial (FAO, 2005).

Apesar da grande escala de produção de óleos no Brasil, a disponibilidade de resultados com suplementação lipídica na dieta de ovinos ainda é escassa. Neste contexto, informações a respeito do desempenho de animais suplementados com óleos vegetais, da composição química e do perfil lipídico do leite e carne de ovinos podem apresentar como contribuição na busca do atendimento das exigências do consumidor moderno, podendo apresentar uma alternativa para a ovinocultura nacional e o fortalecimento desta cadeia produtiva.

Referências

- BOLES, J.A.; KOTT, R.W.; HATFIELD, P.G.; BERGMAN, J.W.; FLYNN, C.R. Supplemental safflower oil affects the fatty acid profile, including conjugated linoleic acid, of lamb. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 83, p. 2175-2181, 2005.
- CASTRO, T.; MANSO, T.; JIMENO, V.; DEL ALAMO, M.; MANTECÓN, A.R. Effects of dietary sources of vegetable fats on performance of dairy ewes and conjugated linoleic acid (CLA) in milk. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 84, p. 47-53, 2009.
- COSTA, R.G.; BATISTA, A.S. M.; AZEVEDO, P.S.; QUEIROGA, R.C.R.E.; MADRUGA, M.S.; ARAÚJO FILHO, J.T. Lipid profile of lamb meat from different genotypes submitted to diets with different energy levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 532-538, 2009.

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

EIFERT, E.C.; LANA, R.P.; LANNA, D.P. D.; LEOPOLDINO, W.M.; OLIVEIRA, M.V.M.; ARCURI, P.B.; CAMPOS, J.M.S.; LEÃO, M.I.; VALADARES FILHO, S.C. Consumo, produção e composição do leite de vacas alimentadas com óleo de soja e diferentes fontes de carboidratos na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, p. 211-218, 2006.

FAO. **FAOSTAT**. 2005. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/faostat/collections>>. Acesso em: 01 jun. 2005.

JAKOBSEN, M.U.; OVERVAD, K.; DYERBERG, J.; HEITMANN, B.L. Intake of ruminant trans fatty acids and risk of coronary heart disease. **International Journal of Epidemiology**, Oxford, v. 37, p. 173-182, 2008.

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

OSAKI, M.; BATALHA, M.O. **Produção de biodiesel e óleo vegetal no Brasil: realidade e desafio**. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. Rio Branco: SOBER, 2008. Palestra, p.9-27.

PALMQUIST, D.L.; MATTOS, W.R.S. Metabolismo de lipídeos. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. cap. 10, p. 287-310.

PEREZ, J.R.O.; BRESSAN, M.C.; BRAGAGNOLO, N.; PRADO, O.V., LEMOS, A.L.S.C.; BONAGURIO, S. Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre o perfil de ácidos graxos, colesterol e propriedades químicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 11-18, 2002.

WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R.; FISHER, A.V.; CAMPO, M.M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P.R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, Barking, v. 66, p. 21-32, 2003.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Adição de lipídeos na dieta de ruminantes

Lipídeos podem ser extensivamente alterados no rúmen, resultando em diferenças marcantes entre o perfil de ácidos graxos da dieta (insaturados) e o perfil dos lipídeos que deixam o rúmen (saturados), sendo assim, o metabolismo de ácidos graxos no rúmen tem uma grande influência na composição final dos produtos desses animais. A gordura proveniente da dieta é rapidamente transformada pelos microrganismos ruminais a partir de dois processos conhecidos como lipólise e biohidrogenação (JENKINS et al., 2008).

O pH ruminal apresenta importante papel nas alterações dos lipídeos no rúmen, onde taxas de lipólise e biohidrogenação são menores em situações de alta concentração de carboidratos não estruturais na dieta decorrente da queda de pH (VAN NEVEL; DEMEYER, 1996). Palmquist e Jenkins (1980) citam que as bactérias celulolíticas por serem as mais afetadas pela suplementação com gordura e diminuição de pH sejam os microrganismos responsáveis pela biohidrogenação. Em revisão realizada por Harfoot e Hazlewood (1988), a substituição de fibra na dieta por carboidratos de rápida degradação ruminal resultou na redução das taxas de lipólise e biohidrogenação, reforçando a idéia da ação de microrganismos celulolíticos sobre o processo de biohidrogenação.

A lipólise consiste no início do processo de metabolismo dos lipídeos no rúmen, através da hidrólise dos lipídeos em ácidos graxos e glicerol (HARFOOT; HAZLEWOOD, 1988). Uma vez hidrolisados, os ácidos graxos passam por um processo conhecido como biohidrogenação que consiste na adição de hidrogênio nas ligações duplas, aumentando o grau de saturação destes.

Os principais tipos de lipídeos que entram no rúmen são triglicerídeos, fosfolipídeos e galactolipídeos que sofrem lipólise, ou seja, são hidrolisados pela atividade enzimática de microrganismos ruminais. A lipase de microrganismos hidrolisa as ligações ésteres de lipídeos complexos, causando a liberação dos ácidos graxos (JENKINS et al., 2008). A extensão da lipólise é dependente também da natureza do lipídeo da dieta, sendo que óleos de plantas são quase que completamente hidrolisados

(em torno de 90%) enquanto que óleos de origem animal tendem a ser menos hidrolisados (em torno de 50%) (CHURCH, 1993).

Após a lipólise, os ácidos graxos insaturados sofrem o processo da biohidrogenação, também através da ação enzimática de bactérias ruminais. Esse processo converte os ácidos graxos insaturados em saturados via isomerização para ácidos graxos intermediários *trans*, seguido pela hidrogenação das ligações duplas (HARFOOT; HAZLEWOOD, 1988). Contudo, este processo não é totalmente eficiente e ácidos graxos intermediários contendo ligações conjugadas são formados. Nos ruminantes, parte dos isômeros do CLA são produzidos pela biohidrogenação incompleta do ácido linoleico (C18:2) em ácido esteárico (C18:0) pela enzima secretada pela bactéria *Butirivibrio fibrosolvens* no rúmen (WILLIAMS, 2000).

De acordo com a revisão realizada por Schmidt et al. (2006), pequena quantidade de CLA é diretamente absorvida pelo rúmen e intestino delgado, levando à conclusão de que existe uma fonte alternativa de CLA no leite e carne. Knight, Knowles e Death (2003) descobriram, através de altas correlações entre CLA e ácido vacênico (C18:1 *trans*-11), que a enzima Δ -9 dessaturase é a responsável pela dessaturação do ácido vacênico em CLA no músculo. Griinari e Bauman (1999) citam que a principal fonte de C18:2 *cis*-9 *trans*-11 é a partir da síntese endógena e que outros isômeros de CLA, eventualmente derivam de outros isômeros C18:1 *trans* a partir da ação da Δ -9 dessaturase.

CLA ("Conjugated Linoleic Acid" - Ácido Linoleico Conjugado) consiste em um grupo de ácidos graxos isômeros geométricos e posicionais do ácido linoleico. É utilizado como um termo coletivo, pelo fato de todos os isômeros conhecidos conterem duplas ligações entre carbonos com ligações simples. Dados de pesquisa reportados na literatura científica demonstram que estes compostos apresentam propriedades anticarcinogênicas e antioxidantes, além de estimular o sistema imunológico, proteger contra ateroscleroses (WILLIAMS, 2000) e atuar na redução de agentes citotóxicos existentes nas células cancerígenas (PARODI, 1994).

No tecido adiposo e leite de animais ruminantes, existem pelo menos, uma dúzia de isômeros CLA (KHANAL; DINAL, 2004), mas apenas os isômeros *cis*-9, *trans*-11 também chamado de ácido rumênico e o *trans*-10, *cis*-12 desempenham importantes

atividades fisiológicas (PARODI, 2003). Ip et al. (2004) citam que as exigências diárias de CLA para um homem adulto de 70 kg é de 3,4 gramas/dia, no entanto, o consumo médio de um homem ocidental é de 1 grama/dia, sendo assim a suplementação alimentar de CLA faz-se necessário para alcançar essa recomendação. Com isso, vários estudos têm sido desenvolvidos com o intuito não apenas de elevar a concentração desses ácidos graxos específicos, mas também a concentração geral de ácidos graxos insaturados, reduzindo a quantidade de saturados (WOOD et al., 2008).

2.2 Efeito da adição de lipídeos na dieta de ovelhas em lactação

O principal nutriente que limita a produção de leite é a energia (STRADIOTTO et al., 2010). Maiores exigências são observadas em ovelhas nas primeiras oito semanas de lactação (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 2007). Logo, a suplementação lipídica surge como uma prática para aumentar a densidade energética da dieta de ruminantes (MANZO et al., 2009), atendendo às exigências de animais de alta produção (MAIA et al., 2006), já que os lipídeos possuem maior valor energético do que qualquer outro nutriente, além de representarem a fonte de reserva energética mais importante para os animais (NRC, 2007).

No Brasil, com algumas exceções, a produção de leite ovino é voltada para a produção de cordeiros. No entanto, de acordo com Sampelayo et al. (2007), o leite de pequenos ruminantes como cabras e ovelhas tem um particular interesse econômico em certas regiões do mundo.

Fatores que contribuem para as variações na produção e na qualidade do leite de ovelhas têm sido descritos, tais como, o ambiente, a raça, idade da ovelha, estágio da lactação, número de cordeiros ou técnicas de ordenha, estado sanitário e infecções de úbere, manejo do rebanho e nível nutricional durante a gestação e lactação (BENCINI; PULINA, 1997).

A gordura é um dos componentes mais importantes do leite de ovelha, pois tem função nutricional e influencia as características físicas e organolépticas. Está presente no leite em forma de glóbulos, e sua quantidade varia muito, dependendo da raça, alimentação, período de lactação, entre outros fatores (GUTIÉRREZ, 1991).

De acordo com Chilliard et al. (2003), as respostas da utilização de suplementação de gordura na dieta diferem entre as espécies de ruminantes e, geralmente, o teor de gordura do leite de cabras e ovelhas aumentam, ao contrário do teor de gordura do leite de vaca. No entanto, Sampelayo et al. (2007) afirmam que a extensão deste efeito depende do tipo de gordura utilizado, o nível em que é incluído na dieta, estágio de lactação dos animais, entre outros fatores. Esses autores também afirmam que, independentemente do consumo, a produção de leite de ovelhas não varia significativamente devido à suplementação lipídica.

Em relação ao teor de proteína no leite, normalmente, é relatada uma diminuição no teor deste componente no caso de suplementação lipídica de vacas e ovelhas, mas não em cabras (SAMPELAYO et al., 2007).

Quanto ao perfil de ácidos graxos, o leite de ovelhas possui maior percentual de ácidos graxos de cadeia curta e média se comparado ao leite de vaca (JANDAL, 1996), sendo facilmente manipulado pela alimentação, principalmente no que diz respeito à adição de lipídeos na dieta. De acordo com Bauman (1999), normalmente há um aumento de CLA no leite de animais alimentados com óleos vegetais, devido ao maior suprimento de substratos (ácidos linoleico e linolênico) para a síntese ruminal de CLA e ácido vacênico, seu precursor na glândula mamária.

Sampelayo et al. (2007) afirmam ainda que, algumas pesquisas com suplementação lipídica envolvendo ovelhas leiteiras têm sido desenvolvidas devido aos resultados promissores encontrados com cabras e vacas. Gómez-Cortés et al. (2008), avaliando altos teores (6% na MS) de inclusão de óleo de oliva na dieta de ovelhas lactantes relataram aumento na produção de leite, gordura, proteína e sólidos totais. Enquanto ao perfil de ácidos graxos, houve redução na porcentagem dos ácidos graxos de cadeia média e aumento dos ácidos graxos C18:0 e C18:1 no leite dos animais que receberam óleo na dieta.

Castro et al. (2009), em pesquisa com a adição de óleo de girassol e óleo de palma hidrogenado, concluíram que o óleo de palma hidrogenado aumentou a produção de leite e proteína (gramas/dia) em relação à dieta controle e a adição de óleo de girassol aumentou a concentração de CLA (C18:2 *cis*-9, *trans*-11) e quantidade total de ácidos graxos insaturados em relação aos demais tratamentos.

Zhang, Mustafa e Zhao (2006), ao incluírem 0, 9, 18 e 26% de semente de linhaça no concentrado de ovelhas em lactação encontraram aumento na produção de gordura e sólidos totais no leite dos animais alimentados com 18 e 26% de semente de linhaça, assim como a diminuição linear de ácidos graxos saturados, de cadeia curta e média e aumento linear dos ácidos mono e poliinsaturados. As concentrações de CLA e ácido linolênico no leite também aumentaram linearmente quando as ovelhas foram alimentadas com as sementes.

2.3 Efeito da suplementação lipídica sobre a qualidade da carne de ovinos

O consumo de carne vermelha é frequentemente associado ao aumento na incidência de doenças coronárias no homem por representarem fontes de ácidos graxos saturados (JENKINS et al., 2008). Em muitos países, a gordura é um constituinte da carne que, na maioria das vezes é vista como indesejável, sendo considerada prejudicial à saúde (WOOD et al., 2008).

Com isso, o interesse pela manipulação dos ácidos graxos na composição das carnes em geral tem crescido. As carnes de melhor qualidade nutricional, sensorial e mais saudáveis, aos poucos, estão passando a ser preferência, o que está resultando em um direcionamento de parte do nicho de mercado (COSTA et al., 2008). Nesse sentido, a produção de carnes com níveis adequados de gordura, apresentando maiores concentrações de ácidos graxos insaturados, além dos ácidos graxos ômega 3 e do ácido linoleico conjugado (CLA), deve ser priorizada.

Wood et al. (2003) citam que a relação ideal entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados (P:S) deve ser superior a 0,4. Normalmente, a carne possui relação P:S igual a 0,1, sendo apontada, portanto, como a responsável pelo desbalanço no consumo de ácidos graxos. Além disso, nutricionistas têm focado no tipo de ácidos graxos poliinsaturados e no balanço entre ácidos graxos poliinsaturados da família ω -3 (ômega 3) e ω -6 (ômega 6) na dieta (WILLIAMS, 2000), cuja relação ω 6: ω 3 representa também um fator de risco a doenças coronárias e câncer, devendo ser inferior a 4 (ENSER, 2001).

Normalmente, a carne de ruminantes possui maiores concentrações de CLA quando comparado com a carne de não ruminantes (SHMIDT et al., 2006). Estes autores afirmam ainda que, dentre as espécies de animais ruminantes, a carne de cordeiro contém maior conteúdo de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 (4,3 a 19 mg/g de lipídeo) quando comparada à carne bovina (1,2 a 10 mg/g de lipídeo). De acordo com Wood et al. (1999), a carne de ovinos também possui maior teor de ácidos graxos poliinsaturados, como o linolênico (1,37 mg/100 mg) se comparado à carne bovina e suína (0,70 e 0,95 mg/100 mg, respectivamente), o que é benéfico, auxiliando no controle dos níveis de colesterol.

Comparada à carne suína, a carne ovina possui menor relação de P:S, devido à alta concentração de C18:2 em dietas de suínos, que são baseadas em cereais. Porém, a carne de ovinos possui melhor relação ω 6: ω 3, devido à maior concentração de ácidos graxos poliinsaturados da família ω -3, principalmente o C18:3, na dieta de ruminantes (WOOD et al., 2003).

Os ácidos linoleico (C18:2) e linolênico (C18:3), os principais ácidos graxos dos vegetais, podem ser encontrados em quantidades muito pequenas na gordura corporal dos ruminantes e são considerados essenciais, por não serem sintetizados pelos animais, devendo fazer parte da dieta dos mesmos. Estão presentes em abundância em óleos vegetais como os de girassol, canola, soja e linhaça e sua concentração 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; DOREAU, 1999). O músculo de animais ruminantes possui também pequenas quantidades de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa (C20-22) que são formados a partir dos ácidos linoleico e linolênico pela ação das enzimas Δ -5 e Δ -6 alongase e dessaturase (WOOD et al., 2008).

De acordo com Bas e Morand-Fehr (2000), a adição de lipídeos, além de alterar o perfil de ácidos graxos na carne, pode alterar a quantidade e distribuição da gordura na carcaça, que por sua vez, é um dos fatores importantes na determinação da qualidade da carcaça e da carne.

Kott et al. (2003), avaliando a inclusão de 6% de óleo a partir de sementes de cártamo, acharam melhor espessura de gordura e teor de gordura no músculo dos

animais suplementados com lipídeo. Os animais alimentados com óleo de cártamo apresentaram menores teores dos ácidos oleico e linolênico e maiores teores de ácido linoleico e CLA. Sendo assim, os autores concluíram que a inclusão de altas quantidades de sementes de cártamo possuem um efeito positivo no perfil lipídico de cordeiros em terminação.

Boles et al. (2005), ao testarem a inclusão de 0, 3 e 6% de inclusão de óleo de cártamo (com base na matéria natural) na dieta não observaram alteração nas características de carcaça. A suplementação lipídica aumentou os teores dos ácidos linoleico, vários isômeros do CLA, inclusive C18:2 cis-9, trans-11, em contrapartida, diminuiu o teor do ácido palmítico e oleico.

Bas et al. (2007), avaliando a adição de óleo de linhaça (0, 3, 6 e 9%) no concentrado de cordeiros confinados não encontraram diferença no desempenho animal, no entanto relataram aumento na concentração de ácido linolênico na carne dos animais alimentados com óleo.

Manso et al. (2009), ao pesquisarem a adição de óleos de palma ou girassol no concentrado de cordeiros confinados, não encontraram alterações nas características de carcaça. Em contrapartida, os animais alimentados com óleo de girassol apresentaram menores concentrações de C16:0, C18:1 e C18:3 e maiores concentrações dos ácidos graxos C18:1 trans, confirmando melhor composição lipídica na carne de animais que foram alimentados com este óleo.

2.4 Óleo de canola, girassol e mamona

A canola é uma cultura alternativa de inverno que se adequa bem às condições climáticas das regiões Sul e Centro Oeste. As plantações de canola se encontram, na sua maioria, no Estado do Paraná com algumas lavouras no Rio Grande do Sul, São Paulo e Mato Grosso do Sul. Foi desenvolvida a partir do melhoramento da colza (*Brassica campestris* e *Brassica napus*), apresentando grande importância mundial na produção de óleo comestível (SANTOS et al., 2009). É considerada um alimento protéico com 23 a 25,5% de proteína bruta na matéria seca, porém de valor biológico

inferior ao da soja. Possui altos teores de óleo (30 a 50%) nas sementes e de ácidos graxos insaturados, como o oleico, linoleico e linolênico (BELL, 1993).

A produção mundial de óleo de canola vem crescendo nos últimos anos devido à sua composição de ácidos graxos, possuindo cerca de 60% de ácido oleico, 20% de ácido linoleico e 9,5% de linolênico, em contrapartida do baixo teor de ácidos graxos saturados (6,3%), inferior aos óleos de girassol, linhaça e soja (THE AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY - AOCS, 1992). Alguns pesquisadores têm destacado o ácido oleico, por ser apontado como responsável pela diminuição dos níveis do colesterol LDL, risco de obesidade e doenças cardiovasculares (PÉREZ et al., 2002; RHEE et al., 2000).

Outra oleaginosa que vêm ganhando destaque nos dias atuais é o girassol. Suas sementes possuem cerca de 40% de óleo, sendo a maior parte constituída por ácidos graxos insaturados (GIBB et al., 2004). O óleo de girassol já é o quarto óleo mais produzido no Brasil (75 mil toneladas) sendo superado somente pelos óleos de soja, algodão e dendê. O rendimento de produção pode atingir cerca de 700 kg/ha/ano, o que justifica o crescimento elevado na sua produção (QUEIROZ, 2006). Este óleo apresenta importantes características nutritivas em relação a outros óleos vegetais comestíveis, principalmente por seu alto conteúdo de ácido linoleico (55-75%), o que faz com que também seja bastante recomendado na prevenção das enfermidades cardiovasculares produzidas pelo excesso de colesterol.

A mamona (*Ricinus communis* L.), pertencente à família das Euphorbiaceae, é uma planta de hábito arbustivo, originária da África de onde foi importada no século XVI. O teor de óleo das sementes dessa oleaginosa pode variar de 35 a 55% (VIEIRA et al., 1998), mas a maior parte das cultivares plantadas comercialmente no Brasil possui teor de óleo variando entre 45% e 50% (FREIRE et al., 2006).

Embora seja impróprio para o consumo humano, a importância do óleo de mamona se concentra na ampla aplicação industrial como matéria-prima usada para a fabricação de uma gama de produtos (CHIERICE; CLARO NETO, 2001), cujos derivados são sintetizados pela atuação de reações na molécula do grupo hidroxila, além disso, possui utilização direta na confecção de cosméticos (SAVY FILHO, 1999). Também pode ser utilizado como fonte energética renovável, em substituição ao óleo

diesel e, com base em pesquisas de desenvolvimento de novas tecnologias, o óleo é considerado como matéria-prima do futuro, já que a mamona é uma planta adaptada ao solo brasileiro podendo ser cultivada em qualquer parte do país (CHIERICE; CLARO NETO, 2001); porém, sua utilização mais atual é na obtenção do biodiesel.

De acordo com Moshkin (1986), cerca de 84 a 91% do óleo de mamona é composto pelo ácido graxo ricinoleico (ácido 12-hidroxi-9-*cis*-octadecenóico). O grupo hidroxila presente no carbono 12 do ácido ricinoleico confere, ao óleo de mamona, a propriedade exclusiva de solubilidade em álcool (WEISS, 1983; MOSHKIN, 1986), estabilidade e alta viscosidade, que é permitida em largas faixas de temperatura, explicada pela formação de pontes de hidrogênio intermoleculares (MULLER, 1978). Devido a essa hidroxila, quando submetido a baixas temperaturas, o óleo torna-se sólido e possui também estabilidade oxidativa, responsável pela menor rancidez do óleo, tornando-o uma alternativa para o consumo animal (MULLER, 1978).

As sementes de Mamona após passarem pelo processo de prensagem para extração do óleo originam um resíduo, que é a torta, a qual possui um alto teor de proteína (42%), o que a torna muito atraente para a alimentação animal. No entanto, a presença de princípios tóxicos e alergênicos tem tornado inviável essa alternativa. As características anti-nutricionais se deve a três fatores: a proteína ricina, a ricinina e ao complexo alergênico CB-1A (SEVERINO, 2005). Ao contrário do que se pode pensar, segundo Severino (2005), o óleo de mamona não possui ricina, pois toda a proteína da semente permanece na torta após o processo de extração, até mesmo por se tratar de uma proteína insolúvel em óleo, tornando assim, conveniente a utilização do mesmo na alimentação de animais em produção.

Maia et al. (2010), em estudo realizado com cabras em lactação, não verificaram efeito da adição de 3% de óleo de mamona na dieta sobre o consumo e digestibilidade da matéria seca. Queiroga et al. (2010), afirmaram que a adição de 3% de óleo de mamona não interfere na produção e composição de leite de cabras quando comparado a uma dieta sem óleo (controle).

Informações em relação à utilização de óleo de mamona na dieta de ruminantes ainda são escassas, o que impede, até o momento de recomendações exatas para sua utilização.

Referências

- THE AMERICAN OIL CHEMISTRY SOCIETY. 1992. Disponível em: <<http://www.oilworldanual.com>>. Acesso em: 18 jul. 2007.
- BAS, P.; MORAND-FEHR, P. Effect of nutritional factors on fatty acid composition of lamb fat deposits. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 64, p. 61-79, 2000.
- BAS, P.; BERTHELOT, V.; POTTIER, E.; NORMAND, J. Effect of level of linseed on fatty acid composition of muscles and adipose tissues of lambs with emphasis on trans fatty acids. **Meat Science**, Barking, v. 77, p. 678-688, 2007.
- BAUMAN, D.E.; BAUMGARD, L.H.; CORL, B.A.; GRIINARI, J.M. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminant. **Proceedings of the American Society of Animal Science**, Albany, v. 77, p. 1-15, 1999.
- 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.
- BENCINI, R.; PULINA, G. The quality of sheep milk: a review. **Wool Technology and Sheep Breeding**, New England, v.45, p.182-220, 1997.
- BOLES, J.A.; KOTT, R.W.; HATFIELD, P.G.; BERGMAN, J.W.; FLYNN, C.R. Supplemental safflower oil affects the fatty acid profile, including conjugated linoleic acid, of lamb. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.83, p.2175-2181, 2005.
- CASTRO, T.; MANSO, T.; JIMENO, V.; DEL ALAMO, M.; MANTECÓN, A.R. Effects of dietary sources of vegetable fats on performance of dairy ewes and conjugated linoleic acid (CLA) in milk. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 84, p. 47-53, 2009.
- CHIERICE, G.O.; CLARO NETO, S. Aplicação industrial do óleo. In: AZEVEDO, D.M.P. de; LIMA, E.F. (Org.) **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologias, 2001. p. 89-120.
- CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; ROUEL, J.; LAMBERET, G. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 86, p. 1751-1770, 2003.
- CHURCH, D.C. **The ruminant animal: digestive, physiology and nutrition**. Englewood Cliffs: Simon e Schuster, 1993. 543 p.
- 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.

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

ENSER, M.; SCOLLAN, N.; GULATI, S.; RICHARDSON, I.; NUTE, G.; WOOD, J. The effects of ruminally-protected dietary lipid on the lipid composition and quality of beef muscle. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 47, 2001, Kraków. **Proceedings...** Kraków, 2001. p. 12–13.

FREIRE, M.M.; SOUSA, R.L.; SALDANHA, L.; MILANI, M. Avaliação da qualidade do óleo de mamona de diferentes genótipos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, 2006. 1 CD-ROM.

GIBB, D.J.; OWENS, F.N.; MIR, P.S.; MIR, Z.; IVAN, M.; MCALLISTER, T.A. Value of sunflower seed in finishing diets of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 82, p. 2679-2692, 2004.

GÓMEZ-CORTES, P.; FRUTOS, P.; MANTECON, A.R.; JUÁREZ, M.; DE LA FUENTE, M.A.; HERVÁS, G. Addition of olive oil to dairy ewe diets: effect on milk fatty acid profile and animal performance. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 91, p. 3119-3127, 2008.

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

GUTIÉRREZ, R.B. **Elaboración artesanal de quesos de oveja**. Montevideo: Comunidad del Sur, 1991. 174 p.

HARFOOT, C.G.; HAZLEWOOD, G.P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P.N. **The rumen microbial ecosystem**. New York: Elsevier, 1988. p. 285-322.

IP, C.; SINGH, M.; THOMPSON, H.J.; SCIMECA, J.A. Conjugated linoleic acid suppresses mammary carcinogenesis and proliferative activity of the mammary gland in the rat. **Cancer Research**, Baltimore, v. 54, p. 1212-1215, 1994.

JANDAL, J.M. Comparative aspects of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 22, p. 177-185, 1996.

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

KHANAL, R.C.; DHIMAN, T.R. Biosynthesis of conjugated linoleic acid (CLA): a review. **Pakistan Journal of Nutrition**, Lahore, v. 3, n. 2, p. 72-81, 2004.

KNIGHT, T.W.; KNOWLES, S.; DEATH, A.F. Factors affecting the variation in fatty acid concentrations in lean beef from grass-fed cattle in New Zealand and the implications for human health. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 46, p. 83-95, 2003.

KOTT, R.W.; HATFIELD, P.G.; BERGMAN, J.W.; FLYNN, C.R.; VAN WAGONER, H.; BOLES, J.A. Feedlot performance, carcass composition, and muscle and fat CLA concentrations of lambs fed diets supplemented with safflower seeds. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 49, p. 11-17, 2003.

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

MAIA, M.O.; QUEIROGA, R.C.R.E.; MEDEIROS, A.N.; COSTA, R.G.; BOMFIM, M.A.D.; FERNANDES, M.F. Consumo, digestibilidade de nutrientes e parâmetros sanguíneos de cabras mestiças Moxotó suplementadas com óleos de licuri ou mamona. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 1, p. 149-155, 2010.

MANSO, T.; BODAS, R.; CASTRO, T.; JIMENO, V.; MANTECON, A.R. Animal performance and fatty acid composition of lambs fed with different vegetable oils. **Meat Science**, Barking, v. 83, p. 511-516, 2009.

MOSHKIN, V.A. **Castor**. New Delhi: Oxonian Press, 1986. 315 p.

MULLER, H.G. **Introducción a la reología de los alimentos**. Zaragoza: Editora Acribia, 1978. 174 p.

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

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

PARODI, P.W. Cows' milk fat components as potential anticarcinogenic agent. **Journal Nutrition**, Bethesda, v. 127, p. 1055-1060, 1994.

_____. Conjugated linoleic acid in food. In: SEBEDIO, J.; CHRISTIE, W.W.; ADOLF, R. (Ed.). **Advances in conjugated linoleic acid research**. Champaign: AOAC Press, 2003. v. 2, p. 101-121.

PEREZ, J.R.O.; BRESSAN, M.C.; BRAGAGNOLO, N.; PRADO, O.V.; LEMOS, A.L.S.C.; BONAGURIO, S. Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamãcia sobre o perfil de ácidos graxos, colesterol e propriedades químicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 11-18, 2002.

QUEIROGA, R.C.R.E.; MAIA, M.O.; MEDEIROS, A.N.; COSTA, R.G.; PEREIRA, R.A.G.; BOMFIM, M.A.D. Produção e composição química do leite de cabras mestiças Moxotó sob suplementação com óleo de licuri ou de mamona. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 204-209, 2010.

QUEIROZ, M.S. Conferência e exposição bienal iniciativa do ar limpo nas cidades da América Latina. In: OILWORD ANNUAL, 2006, São Paulo.

RHEE, K.S.; WALDRON, D.F.; ZIPRIN, Y.A.; RHEE, K.C. Fatty acid composition of goat diets vs intramuscular fat. **Meat Science**, Barking, v. 54, p. 313-318, 2000.

SAMPELAYO, M.R.S.; CHILLIARD, Y.; SCHMIDELY, P.; BOZA, J. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 68, p. 42-63, 2007.

SANTOS, V.C.; EZEQUIEL, J.M.B.; OLIVEIRA, P.S.N.; 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.

SAVY FILHO, A.; BANZATTO, N.V.; BARBOZA, M.Z. Mamoneira. In: COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E INTEGRAL. **Oleaginosas no Estado de São Paulo: análise e diagnóstico**. Campinas, 1999. p. 29.

SCHMID, A.; COLLOMB, M.; SIEBER, R.; BEE, G. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: a review. **Meat Science**, Barking, v. 73, p. 29-41, 2006.

SEVERINO, L.S. **O que sabemos sobre a torta de mamona**. Campina Grande: EMBRAPA, CNPA, 2005. 4 p. (Comunicado Técnico, 34).

STRADIOTTO, M.M.; SIQUEIRA, E.R.; EMEDIATO, R.M.S.; MAESTÁ, S.A.; MARTINS, M.B. Efeito da gordura protegida sobre a produção e composição do leite em ovelhas da raça Bergamácia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 5, p. 1154-1160, 2010.

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**, Abingdon, v. 49, p. 151-157, 1996.

VIEIRA, R.M.; LIMA, E.F.; AZEVEDO, D.M.P.; BATISTA, F.A.S.; SANTOS, J.W.; DOURADOS, R.M.F. **Competição de cultivares e linhagens de mamoneira no Nordeste do Brasil- 1993/96**. Campina Grande: EMBRAPA, CNPA, 1998. 4 p. (Comunicado Técnico, 71).

WEISS, E.A. Castor. In: _____. **Oil seed crops**. London: Longman, 1983. p. 31-99.

WILLIAMS, C. Dietary fatty acids and human health. **Annales Zootechnie**, Paris, v. 49, p. 165-180, 2000.

WOOD, J.D.; ENSER, M.; FISHER, A.V.; NUTE, G.R.; RICHARDSON, R.I.; SHEARD, P.R. Manipulating meat quality and composition. In: NUTRITION SOCIETY, 58., 1999, Surrey. **Proceedings...** Surrey, 1999. p. 363–370.

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.

WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R.; FISHER, A.V.; CAMPO, M.M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P.R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, Barking, v. 66, p. 21–32, 2003.

ZHANG, R.H.; MUSTAFA, A.F.; ZHAO, X. Effects of flaxseed supplementation to lactating ewes on milk composition, cheese yield and fatty acid composition of milk and cheese. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 63, p. 233-241, 2006.

3 DESEMPENHO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO LEITE DE OVELHAS SANTA INÊS ALIMENTADAS COM ÓLEOS DE CANOLA, GIRASSOL OU MAMONA

Resumo

O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito da adição do óleo de canola, girassol ou mamona na dieta de ovelhas Santa Inês sobre o consumo, a produção, a composição do leite e o perfil de ácidos graxos (AG), assim como o desempenho das crias. Quarenta e quatro ovelhas ($66,9 \pm 4,7\text{kg PV}$), com suas respectivas crias, foram alojadas em baias cobertas individuais e distribuídas em um delineamento em blocos completos casualizados. Os blocos foram definidos de acordo com o peso das ovelhas, data do parto, tipo de parto e sexo das crias. Os animais foram alimentados com dietas com 50% de volumoso, sendo uma dieta controle (sem óleo) e as outras contendo 3% de óleo de canola, girassol ou mamona (com base na matéria seca, MS). As ovelhas foram ordenhadas mecanicamente, uma vez por semana, da 2ª a 8ª semana de lactação (data do desmame), sendo colhidas amostras para a determinação da composição e perfil de ácidos graxos. A produção de leite foi medida em um intervalo de 3 horas. A adição de óleo reduziu o consumo de matéria seca (CMS) e aumentou o consumo de extrato etéreo (CEE). Entretanto, não houve efeito dos tratamentos sobre a produção de leite e o desempenho das crias. A adição de óleo de mamona aumentou o teor de gordura e sólidos totais do leite. Em relação ao perfil de ácidos graxos, a inclusão de óleos na dieta diminuiu a concentração de C16:0, sendo que, o leite dos animais alimentados com óleos de canola e girassol apresentaram menor concentração quando comparado ao leite dos animais alimentados com óleo de mamona. A adição de óleo de canola e girassol reduziram a concentração dos ácidos graxos de cadeia curta (C8:0, C10:0, C12:0), de cadeia média (C14:0, C15:0, C16:1) e AG saturados. Em contrapartida, aumentou as concentrações de C18:0, C18:1 ω -9, C18:2 *cis*-9, *trans*-11, C18:1 *trans*11, AG de cadeia longa, AG monoinsaturados e AG insaturados totais no leite em relação aos tratamentos controle e com óleo de mamona. Estes tratamentos promoveram ainda, maiores relações entre AG poliinsaturados:saturados, maior índice de atividade da enzima Δ -9 dessaturase e menores índices de aterogenicidade em relação ao tratamento controle. Logo, a adição de óleos de canola e girassol resultaram em melhor perfil de ácidos graxos no leite de ovelhas, sem alterar sua produção e composição.

Palavras-chave: CLA; Lipídeos; Produção de leite

Abstract

The objective of this trial was to determine the effects of adding canola, sunflower or castor oil on dry matter intake, milk production, milk composition, milk fatty acid profile of Santa Inês ewes and performance of their lambs. Forty-four Santa Inês ewes ($66.9 \pm 4.7\text{kg PV}$) were allotted in a randomized complete block design according to BW,

lambing date, number and sex of lambs. Ewes were fed diets containing 50% of roughage. Experimental diets included a control (no oil) and three remaining diets with the addition of 3% of canola oil, sunflower oil or castor oil (DM basis). Ewes were mechanically milked, once a week, from the second to the eight week of lactation (weaning time). Milk production in a 3h interval was recorded and sampled for composition and fatty acids profile determination. The addition of oil decreased DM intake and increased ether extract intake. However, there was no effect on milk production and lamb performance. Regarding milk composition, the percentage of milk fat and milk total solids increased with castor oil. Diets with canola and sunflower oils decreased short chain fatty acids (C8:0, C10:0, C12:0), medium chain (C14:0, C15:0, C16:1) and atherogenicity index; and increased C18:0, C18:1 ω -9, C18:2 *cis*-9, *trans*-11 (CLA), C18:1*trans*11, long chain and monounsaturated fatty acids. In addition, these diets increased polyunsaturated:saturated (PUFA:SFA) ratio and Δ -9 desaturase index compared to control diet. The addition of canola or sunflower oil improved fatty acid profile, without changing milk yield and milk composition.

Keywords: CLA; Lipids; Milk production

3.1 Introdução

Embora no Brasil, a ovinocultura leiteira ainda seja uma atividade recente com pouca expressão de mercado, o leite de ovelha é comumente utilizado na produção de queijos e iogurtes em diversos países devido aos altos conteúdos de gordura e sólidos totais.

Em termos gerais, o alto teor de gordura pode limitar a demanda pelo leite, principalmente na sua forma *in natura*, devido à preocupação com a saúde do consumidor moderno (ZHANG; MUSTAFA; ZHAO, 2007). Devido a isso, existe um interesse crescente em agregar valor tanto ao leite quanto aos produtos lácteos através do aumento da quantidade de ácidos graxos específicos que são conhecidos por proporcionar efeitos benéficos à saúde humana, como o ácido linoleico conjugado (CLA). Sendo assim, muitas fontes de gordura podem ser utilizadas como suplementos na dieta de ruminantes com o intuito, não somente de aumentar a densidade energética da dieta, mas também de modificar o conteúdo de gordura, bem como seu perfil de ácidos graxos.

A adição de sementes de oleaginosas e óleos vegetais é considerado um modo efetivo de manipulação da composição de ácidos graxos no leite de ovelhas (ZHANG et al., 2007), vacas (SHINGFIELD et al., 2008) e cabras (BERNARD et al., 2009) por

reduzir a relação entre ácidos graxos saturados e insaturados. Normalmente, a suplementação lipídica com óleos vegetais altera o perfil dos ácidos graxos do leite com redução na concentração de ácidos graxos de cadeias curta e média e aumento dos ácidos graxos insaturados (LUCAS et al., 2008). Entretanto, as gorduras provenientes de grãos de oleaginosas possuem diferentes composições de ácidos graxos e, conseqüentemente, proporcionam efeitos distintos na composição do leite.

Os óleos de canola, girassol ou mamona são compostos basicamente por ácidos graxos de cadeia longa, como o oleico, o linoleico e o ricinoleico, respectivamente, que por sua vez, possuem diferentes números de ligações duplas, que pode alterar o perfil dos ácidos graxos.

De acordo com Sampelayo et al. (2007), alguns experimentos têm sido desenvolvidos com ovelhas, devido aos resultados promissores encontrados em estudos realizados com bovinos e caprinos. Algumas pesquisas testando o óleo de girassol (CASTRO et al., 2009; TORAL et al., 2010), canola (MIR et al., 1999) e mamona (QUEIROGA et al., 2010) na dieta de pequenos ruminantes foram conduzidas, no entanto, informações disponíveis na literatura comparando a inclusão de óleos com diferentes níveis de saturação na dieta de ovelhas ainda são escassas.

Desta forma, objetivou-se com este estudo avaliar a adição de óleos de canola, girassol ou mamona na dieta de ovelhas em lactação, sobre o desempenho, composição e perfil de ácidos graxos do leite, assim como o desempenho de suas crias.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Animais e instalações experimentais

O experimento foi conduzido no Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ). Foram utilizadas 44 ovelhas ($66,9 \pm 4,7$ kg) da raça Santa Inês, com suas respectivas crias, alojadas individualmente em baias cobertas (1,3 m x 3,5 m) providas de piso de concreto, cocho para ração, saleiro e bebedouro. Todas as matrizes foram everminadas no dia do parto com moxidectina (Cydectin, Fort Dodge

Saúde Animal, Campinas, São Paulo, Brasil) na dosagem de 1 mL/50 kg de peso corporal. Trinta e duas ovelhas tiveram parto duplo e doze ovelhas tiveram parto simples. Todos os cordeiros eram F1 (Dorper x Santa Inês), sendo 21 fêmeas e 35 machos, totalizando 56 cordeiros.

Em cada baia foi colocado um alimentador privativo metálico medindo 0,80 m x 1,0 m, o qual permitia que somente as crias tivessem acesso ao concentrado inicial. Com o objetivo de evitar que as crias tivessem acesso ao alimento das ovelhas, as mesmas foram mantidas em sistema de coleira, de modo que tivessem acesso ao concentrado inicial, água, sal mineral e ao espaço livre da baia até 15 cm de distância do cocho da mãe.

3.2.2 Período experimental, rações e análises bromatológicas

O experimento ocorreu da segunda até a oitava semana de lactação, época do desmame dos cordeiros. As rações experimentais (Tabela 1) foram formuladas para serem isonitrogenadas, atendendo as exigências de ovelhas em lactação (NRC, 2007).

Foi testada uma dieta controle *versus* a inclusão de 3% do óleo de canola, girassol ou mamona, em rações com relação volumoso:concentrado de 50:50. A proporção dos ingredientes, assim como a composição química das dietas com óleo foram similares, tendo em vista que apenas a fonte de lipídeo foi alterada.

O milho foi moído em um moinho da marca Nogueira[®] modelo DPM-4, desprovido de peneira, caracterizando uma moagem grosseira. O feno foi picado utilizando-se o mesmo equipamento provido de peneira com crivo de 1,0 cm. Todos os ingredientes do concentrado previamente pesados foram homogeneizados em um misturador horizontal da marca Lucato[®] com capacidade para 500 kg. O óleo foi pesado diariamente em balança eletrônica com precisão de 5 gramas e misturado ao concentrado momentos antes da oferta, juntamente com o feno.

Tabela 1 - Proporção dos ingredientes e composição química das rações experimentais (% da matéria seca)

	Tratamentos	
	Controle	Óleo ¹
Ingredientes:		
Feno de “coastcross”	50,0	50,0
Milho moído	38,8	35,1
Farelo de soja	8,4	9,1
Óleo ¹	-	3,0
Uréia	0,3	0,3
Calcário	0,6	0,6
Mistura mineral ²	1,9	1,9
Composição química:		
Matéria Seca	86,0	88,5
Proteína bruta	15,1	15,1
Fibra em Detergente Neutro	49,6	49,1
Extrato etéreo	2,4	5,1

¹ Inclusão de 3% de óleo de canola, girassol ou mamona.

² Composição: Ca 22%, P 5,5%, Mg 3,5%, S 2,2%, Cl 10,5%, Na 7,0%, Mn 1500 mg/kg, Fe 500 mg/kg, Zn 1550 mg/kg, Cu 440 mg/kg, Co 50 mg/kg, I 40 mg/kg, Se 20 mg/kg.

. Na Tabela 2 encontram-se os perfis lipídicos dos óleos

Tabela 2 - Perfil de ácidos graxos dos óleos de canola, girassol e mamona

Ácido Graxo (%)	Canola	Girassol	Mamona
C16:0 (Palmítico)	4,4	6,5	1,3
C18:0 (Esteárico)	2,5	3,4	1,1
C18:1 (Oleico)	57,4	22,9	3,6
C18:1-OH (Ricinoleico)	-	-	81,1
C18:2 (Linoleico)	17,3	59,8	5,6
C18:3 ω -3 (Linolênico)	5,3	0,6	0,5
Outros	7,7	5,4	6,0

As dietas experimentais foram fornecidas diariamente, garantindo o consumo à vontade da ração, e as sobras de alimentos de cada baia foram quantificadas semanalmente, possibilitando o cálculo do consumo médio diário. Aproximadamente, 10% das sobras de cada semana foram amostradas e compostas por tratamento. As

amostras das sobras, ingredientes e de cada partida de ração foram conservadas a -20°C para serem realizadas posteriores análises no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP.

Depois de descongeladas, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley com peneira de crivos de 1 mm, para posterior determinação da matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE) segundo a Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2000). A matéria orgânica (MO) foi calculada pela diferença entre a MS e MM.

O teor de fibra em detergente neutro (FDN) foi obtido com o uso de sulfito de sódio e enzima α -amilase termoestável (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991) com o auxílio do analisador de fibra modelo ANKON Fiber Analyser (ANKON® Technology Corp., Macedon, NY, EUA), como descrito por Holden (1999). Os valores obtidos foram corrigidos para cinzas após a incineração dos sacos.

A determinação do nitrogênio total foi realizada com base na combustão das amostras pelo analisador da marca LECO® (St Joseph, MI, EUA), modelo FP 528 com temperatura para combustão de 835°C (WILES; GRAY; KISSLING, 1998). O teor de proteína bruta foi obtido por meio da multiplicação do teor de nitrogênio total por 6,25.

3.2.3 Colheita de dados e cálculos

As ovelhas foram pesadas por três dias consecutivos e sem jejum alimentar no início e fim do experimento para posterior avaliação da variação do peso corporal. Uma vez por semana, as ovelhas foram separadas de suas crias e ordenhadas mecanicamente às 10 h e 13 h, após a aplicação intravenosa de 10 unidades internacionais (UI) de ocitocina sintética injetável (Univet, São Paulo, Brasil). O leite obtido na primeira ordenha foi descartado. Decorrido três horas, as ovelhas receberam nova aplicação de ocitocina, e em seguida foram ordenhadas pela segunda vez. O total de leite produzido por ovelha neste intervalo de 3 horas foi pesado e registrado (SUSIN; LOERCH; MCCLURE, 1995).

Uma amostra de leite (cerca de 30 mL) por animal foi colhida semanalmente e conservada em 2-bromo-2-nitropropano-1-3-diol para posterior determinação de

proteína, gordura, lactose e sólidos totais no Laboratório de Análise de Leite, da Clínica do Leite, do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP. As concentrações de proteína, gordura, lactose e sólidos totais foram determinadas por absorção infravermelha, utilizando-se o equipamento Bentley 2000[®] (BENTLEY INSTRUMENTS, Chasca, MI, EUA). Os cálculos de correção do leite para gordura (6,5%) e proteína (5,8%) foram realizados de acordo com o descrito por Pulina e Nuda (2002). As equações utilizadas foram:

$$\text{LCG (6,5\%)} = \text{Produção} \times (0,37 + 0,097 \times \text{gordura})$$

$$\text{LCGP (6,5 e 5,8\%)} = \text{Produção} \times (0,25 + 0,085 \times \text{gordura} + 0,035 \times \text{proteína})$$

Sendo:

LCG: leite corrigido para gordura.

LCGP: leite corrigido para gordura e proteína.

Produção de leite expressa em kg.

Teor de gordura e proteína expresso em %.

Conjuntamente com o experimento da produção e composição do leite, foi avaliado o desempenho das crias, visando verificar o efeito da inclusão dos óleos na dieta das mães, sobre o ganho de peso médio diário (GMD) e consumo de concentrado inicial das crias (CCI).

O concentrado inicial oferecido às crias continha 70% de milho; 23,9% de farelo de soja; 1,5% de calcário; 1% de mistura mineral e 3,6% de melaço de cana, todos em base da MS. O concentrado foi fornecido a partir da segunda semana de idade das crias, sempre que necessário, e regulado de acordo com a ingestão observada, permitindo-se o consumo à vontade. As sobras foram pesadas semanalmente para o cálculo do consumo. O peso corporal (PC) das crias, sem jejum alimentar, e o consumo de concentrado inicial (CCI) foram acompanhados semanalmente, até as crias completarem oito semanas de vida. Na oitava semana pós-parto, os animais foram desmamados, sendo que o PC das crias e o CCI foram monitorados por mais duas semanas. Desta forma, foi possível acompanhar o ganho de peso médio diário (GMD) e o CCI das crias antes e duas semanas após o desmame.

3.2.4 Determinação do perfil de ácidos graxos do leite

Durante a ordenha, após a pesagem do leite, uma segunda alíquota (aproximadamente 30% do volume da produção em 3 horas) foi colhida, armazenada em garrafas plásticas, formando amostras compostas por animal e conservadas a -20°C para posterior determinação do perfil dos ácidos graxos.

As amostras foram descongeladas em banho maria a uma temperatura de 40°C para extração da gordura (FENG; LOCK; GARNSWORTHY, 2004). Em seguida foram metiladas em duas etapas com 2 mL de 0,5M de metóxido de sódio (10 minutos a 50°C), seguido da adição de HCL metanólico (10 minutos a 80°C), como descrito por Kramer et al. (1997).

Para a quantificação e determinação dos ácidos graxos foi utilizado um cromatógrafo gasoso (Agilent Technologies 7890A, Palo Alto, EUA) com detector de ionização de chama (Agilent Technologies, 7683B, Palo Alto, EUA); e coluna capilar de sílica fundida (J & W 112-88A7, Agilent Technologies, Palo Alto, EUA) de 100 m de comprimento e 250 µm de diâmetro interno, revestido com 0,20 µm de cianopropil polisiloxano. A aquisição de dados foi realizada por meio do software ChemStation (Agilent Technologies, Palo Alto, EUA).

Para a separação cromatográfica, 1 µL da amostra foi injetada com o auxílio de uma seringa de 10 µL em sistema *split* com razão 1:50. O gás de hidrogênio foi utilizado como gás de arraste numa vazão de 1,0 mL/min e o nitrogênio como make-up com vazão regulada para 30 mL/min. No detector, a vazão do ar sintético e hidrogênio foram mantidas em 300 e 30 mL/min. As temperaturas do injetor e do detector foram 250 °C e 255 °C, respectivamente.

A temperatura inicial do forno foi de 70 °C mantida por 1 minuto, aumentando gradativamente a 5 °C/minuto até atingir 100°C, temperatura esta que foi mantida por 2 minutos. Em seguida, com um aumento de 10 °C/ minuto, o forno atingiu temperatura de 175 °C permanecendo por 40 minutos. A terceira rampa correspondeu a uma temperatura de 225 °C através do aumento de 5 °C/ minuto. Em seguida a um aumento

de 20 °C/ minuto, o forno atingiu a temperatura final de 245 °C. O tempo total da corrida estipulado para a realização da análise foi de 87,5 minutos.

A identificação dos ácidos graxos foi realizada pela comparação do tempo de retenção dos ésteres metílicos dos ácidos graxos dos padrões. Utilizou-se um padrão mix Supelco® de 37 compostos (Sigma Aldrich, St Louis, MO, EUA) e padrões individuais para a identificação dos ácidos graxos C18:1 *trans*-11, C18:2 *cis*-9, *trans*-11, C18:2 *trans*-10, *cis*-12 (Nu-Chek Prep, Inc., Elysian, MN, EUA) e C18:1 - OH (Sigma Aldrich, St Louis, MO, EUA).

Foram calculados o índice de aterogenicidade, como descrito por Chilliard et al. (2003): $(C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0) / (\text{insaturados totais})$ e a relação entre os ácidos miristoleico (C14:1) e mirístico (C14), como representante do índice de atividade da enzima Δ -9 dessaturase (GRIINARI et al., 2000).

3.2.5 Ácidos graxos não esterificados (AGNE)

Amostras de sangue foram colhidas da veia jugular das ovelhas em tubos Vacutainer® com gel separador inerte para soro e ativador de coágulo. As colheitas foram realizadas na segunda, quinta e oitava semana pós-parto. Após a colheita, os tubos foram centrifugados durante 15 minutos a 3000 rpm em centrífuga Excelsa 4 280-R (Fanem®, Guarulhos, SP, BR). Foram retiradas duas alíquotas de soro sanguíneo e armazenadas em tubos Eppendorf® de 1,5 mL. Em seguida, estas amostras foram conservadas a - 20 °C.

Os teores de ácidos graxos não esterificados no sangue (AGNE) foram determinados enzimaticamente usando “kits” comerciais (NEFA-C Wako Chemicals®, Richmond, Virginia, EUA). As determinações foram feitas em triplicata, usando-se leitor de microplacas Bio-Rad Modelo 3550 (Analytical Instruments, Golden Valley, MN, EUA) com leituras em 550 nm, sendo realizada no Laboratório de Bromatologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP).

3.2.6 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados com quatro tratamentos e 11 repetições, sendo os blocos definidos pelo peso corporal, data do parto, tipo do parto (simples ou gemelar) e sexo das crias. Um controle leiteiro e monitoramento do CMS foram realizados na primeira semana pós-parto, em que todas as ovelhas receberam a dieta controle, sendo estes dados utilizados como covariáveis de produção e composição do leite.

Foi realizada uma verificação da homogeneidade de variância através do teste de Hartley. O modelo estatístico utilizado para as variáveis PC inicial, PC final, variação do PC das ovelhas ao longo do experimento, perfil de ácidos graxos do leite e as variáveis relacionadas às crias foi:

$Y_{ijk} = M + B_i + T_j + E_{ij}$, em que: M = média geral; B_i = efeito do bloco; T_j = efeito do tratamento; E_{ij} = erro aleatório.

Para os ácidos graxos do leite C4:0, C14:0, C18:1 trans-11, C18:2 cis-9, trans-11 e C18:2 trans-10, cis-12 não foi verificada homogeneidade de variâncias entre os tratamentos. Dessa forma, foi empregada uma transformação de Box-Cox para estas variáveis para a posterior realização da análise de variância.

A transformação de Box-Cox é dada pela equação $(y^\lambda - 1)/\lambda$, em que y é a observação original da característica e λ é um parâmetro ótimo determinado por um critério de máxima verossimilhança. Este processo foi efetuado pelo uso do procedimento PROC TRANSREG, do SAS.

O modelo estatístico utilizado para as variáveis CMS, produção de leite em três horas, concentração plasmática de AGNE, composição e produção de cada constituinte do leite (gordura, proteína, lactose, sólidos totais) foi:

$y_{ijk} = M + t_i + r_j + w_{ij} + s_k + (ts)_{ik} + b(x_{ijk} - \bar{x}) + e_{ijk}$, em que: M = efeito geral da média; t_i é o efeito fixo do tratamento; r_j = é o efeito fixo do bloco; w_{ij} = o resíduo associado à parcela (tratamento*bloco); s_k = o efeito da semana; $(ts)_{ik}$ é o efeito da interação entre tratamento e semana; b é o coeficiente de regressão linear entre x e y ; x_{ij} é o valor da covariável obtida no tratamento e no bloco; $\bar{x}$ é a média da variável independente x ; e_{ijk} é o erro experimental, assumindo $e_{ijk} \sim \text{NID}(0, \sigma_e^2)$.

Em relação aos dados de medidas repetidas no tempo, foi necessária a seleção da estrutura de covariância mais adequada à variação das medidas dentro do

tratamento para cada característica. Essa escolha foi baseada nos valores do Critério de Akaike Corrigido (AICC) e o Critério Bayseano de Schwarz (BIC), de forma que quanto menor os seus valores, melhor a matriz considerada. As características e respectivas estruturas de covariância escolhidas para a modelagem das medidas repetidas que melhor se ajustaram ao conjunto de dados foram: auto regressiva de primeira ordem (AR1) para as variáveis relacionadas ao consumo; componentes de variância (VC) para o conjunto de variáveis relacionadas à produção de leite e teor de seus componentes; e auto-regressiva de primeira ordem com média móvel (ARMA - 1,1) para a produção em 3 horas dos componentes do leite.

A variável AGNE não atendeu a pressuposição de homogeneidade de variâncias para o teste de Hartley, sendo assim, as análises foram realizadas sobre os dados transformados, empregando-se logaritmo na base 10. A estrutura de covariância utilizada neste caso foi a de componentes de variância (VC).

Os dados foram analisados utilizando o PROC MIXED do pacote estatístico SAS (2002). As médias apresentadas foram comparadas pelo teste de Tukey, sendo consideradas significativas quando $P < 0,10$.

3.3 Resultados e Discussão

Não houve efeito ($P > 0,10$) dos tratamentos sobre a variação de peso corporal das ovelhas ao longo do período experimental (Tabela 3). Os animais de todos os tratamentos apresentaram variação positiva no peso corporal, o que indica que não houve restrição nutricional para produção de leite.

A concentração sanguínea de AGNE não foi afetada ($P > 0,10$) pelos tratamentos, entretanto, verificou-se efeito ($P = 0,04$) de semanas experimentais e de interação ($P = 0,03$) de semanas e tratamentos. Estes resultados são condizentes com os observados para variação de peso corporal e indicam que não houve diferença entre os tratamentos na mobilização das reservas corporais.

Os valores de AGNE encontrados neste estudo são semelhantes aos reportados por Bernard et al. (2009), ao avaliarem a adição de óleo de girassol ou semente de linhaça para cabras em lactação que variaram de 0,18 a 0,27 mEq/L.

Tabela 3 - Peso inicial, peso final, variação de peso corporal, concentração sanguínea de AGNE (mEq/L), consumo de matéria seca e nutrientes de ovelhas Santa Inês alimentadas com óleos vegetais

Variáveis ¹	Tratamentos				EPM ²	Efeito ^{3,4}		
	Controle	Canola	Girassol	Mamona		Trat	Sem	TxS
Peso Corporal (kg)								
Inicial	65,49	66,12	69,65	66,71	0,84	0,13	-	-
Final	66,80	67,81	70,35	67,71	0,86	0,37	-	-
Variação	1,36	1,63	0,95	0,99	0,31	0,79	-	-
AGNE	0,21	0,26	0,19	0,19	0,01	0,17	0,04	0,03
Consumo⁴								
MS (kg/d)	2,48a	2,06b	2,18b	2,09b	0,02	0,01	0,02	0,13
MS (%PC)	3,69a	3,06b	3,22b	3,15b	0,04	0,03	0,03	0,14
MS (g/kgPC ^{0,75})	105,52a	87,65b	92,23b	89,89b	1,11	0,03	0,03	0,13
MO (kg/d)	2,38a	1,98b	2,09b	2,01b	0,02	0,01	0,02	0,14
PB (kg/d)	0,38a	0,31b	0,33b	0,32b	0,004	0,01	0,04	0,12
FDN (kg/d)	1,22a	0,99b	1,05b	1,00b	0,01	<0,01	<0,01	0,15
EE (kg/d)	0,06b	0,11a	0,11a	0,11a	0,002	<0,01	0,06	0,24

¹ AGNE: Concentração sanguínea de ácidos graxos não esterificados; MS (kg/d): consumo de matéria seca em kg/dia; MS (%PC): matéria seca com base na % do peso corporal; MS (g/kgPC^{0,75}): matéria seca com base no peso metabólico; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; EE: extrato etéreo.

² Erro padrão da média.

³ Trat: efeito de tratamento; Sem: efeito de Semana; TxS: interação entre tratamento e semana.

⁴ Probabilidade de haver diferença entre os tratamentos (P<0,10).

A Figura 1 apresenta o desdobramento da interação entre os tratamentos e as semanas experimentais observada para a concentração plasmática de AGNE.

Esta interação foi caracterizada pelo grande decréscimo na concentração de AGNE das ovelhas alimentadas com óleo de canola entre a segunda e quinta semanas experimentais, ao mesmo tempo, nos tratamentos controle e mamona, observou-se pequena redução nas concentrações de AGNE ao longo das semanas de lactação, atingindo o valor mínimo na última semana, ou seja, na oitava semana de lactação, ao passo que os animais do tratamento girassol apresentaram aumento gradativo na concentração de AGNE, o que não era esperado, já que a dieta continha a mesma concentração energética das dietas com óleo de canola e mamona e a variação do

peso corporal foi semelhante entre os tratamentos. Provavelmente estas variações foram devido ao efeito de semana no consumo de matéria seca.

Figura 1 - Concentração sanguínea (mEq/L) de ácidos graxos não esterificados (AGNE) de ovelhas alimentadas com óleo de canola, girassol ou mamona

Em relação ao consumo de matéria seca (Tabela 3), foi observado efeito de tratamento ($P < 0,10$) e de semanas ($P < 0,10$). Entretanto, não houve interação ($P > 0,10$) entre tratamento e semanas. Os animais que receberam óleo na dieta apresentaram menor consumo de matéria seca (em kg/dia, %PC e g/kgPC^{0,75}) em relação aos do tratamento controle. Não houve diferença ($P > 0,10$) no CMS entre os animais suplementados com as diferentes fontes de óleos. O aumento na densidade energética com a inclusão de óleo nas dietas justifica o menor consumo de matéria seca observado.

As fontes de óleo utilizadas apresentam altas concentrações de gordura insaturada (Tabela 2), que são relacionadas ao maior potencial de efeito negativo na digestibilidade e, conseqüentemente no consumo (ALLEN, 2000).

O efeito da suplementação lipídica ainda não está bem definido, visto que alguns autores verificaram redução no consumo (JENKIS; THIES, 1997), enquanto outros não observaram influência do lipídio na dieta sobre a ingestão de matéria seca (TORAL et

al., 2010), o que se deve, principalmente, à composição da dieta basal, ao tipo e quantidade de gordura utilizada.

Os mecanismos pelos quais a suplementação lipídica reduz o consumo, embora não estejam bem elucidados, envolvem efeitos na fermentação ruminal, na motilidade intestinal, na palatabilidade das dietas, na liberação de hormônios intestinais e na oxidação da gordura no fígado (ALLEN, 2000).

Em concordância com este estudo, pesquisas realizadas a fim de avaliar a suplementação de lipídeos com cabras (SILVA et al., 2010) e vacas (HAVARTINE; ALLEN, 2006) também relataram redução no CMS.

Em relação ao consumo de matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB) e fibra em detergente neutro (CFDN), os animais que receberam óleo apresentaram menor consumo, o que está relacionado à diminuição no CMS e aos teores semelhantes destes nutrientes nas dietas.

A suplementação lipídica proporcionou maior consumo de extrato etéreo (CEE) em comparação aos animais que receberam ração sem óleo, o que era esperado devido ao fornecimento de extrato etéreo suplementar proveniente do óleo.

A produção de leite, produção de leite corrigida para gordura (LCG), produção de leite corrigida para gordura e proteína (LCGP) e produção dos componentes do leite (gordura, proteína, lactose e sólidos totais) não diferiram ($P>0,10$) entre os tratamentos experimentais (Tabela 4). Para estas variáveis verificou-se efeito de semanas ($P<0,05$), mas não houve interação ($P>0,10$) entre semanas e tratamentos. Estes resultados são coerentes com a ideia de que os animais do tratamento controle aumentaram o consumo de matéria seca para compensar a menor densidade energética, visto que a produção de leite não diferiu entre os tratamentos.

Os dados encontrados neste estudo estão de acordo com a revisão de Sampelayo et al. (2007), que afirmam que, a produção de leite de ovelhas não varia significativamente devido à suplementação lipídica.

Stradiotto et al. (2010) relataram não haver alteração na produção de leite de ovelhas até a sétima semana de lactação entre os grupos alimentados com as dietas controle e com gordura protegida. Da mesma forma, Toral et al. (2010), ao avaliarem a adição da combinação de óleo de girassol com diferentes teores de algas marinhas,

também afirmaram que a suplementação lipídica não interferiu no desempenho das ovelhas.

Tabela 4 - Produção de leite, leite corrigido para gordura (LCG), leite corrigido para gordura e proteína (LCGP) em três horas e teores dos componentes do leite de ovelhas Santa Inês alimentadas com óleo de canola, girassol ou mamona

Variáveis ¹	Tratamentos				EPM ²	Efeito ^{3,4}		
	Controle	Canola	Girassol	Mamona		Trat	Sem	TxS
Produção (g/3h)								
Leite (g)	192,6	184,3	167,9	155,2	3,63	0,13	<0,01	0,62
LCG	220,5	218,4	187,5	197,7	4,97	0,26	<0,01	0,16
LCGP	211,3	207,8	180,5	188,0	4,59	0,26	<0,01	0,18
Gordura	15,4	15,5	13,0	14,5	0,39	0,30	<0,01	0,12
Proteína	9,1	8,5	8,1	7,8	0,16	0,23	<0,01	0,78
Lactose	9,0	8,8	8,3	7,1	0,20	0,18	<0,01	0,26
ST	35,9	34,9	31,2	30,9	0,74	0,25	<0,01	0,25
Teor (%)								
Gordura	7,9b	8,2b	7,6b	9,3a	0,11	0,01	0,84	0,22
Proteína	4,9	4,7	4,9	4,9	0,04	0,49	<0,01	0,17
Lactose	4,5	4,7	4,7	4,6	0,03	0,37	<0,01	0,11
ST	18.6b	18.7b	18.6b	20.0a	0,12	0,02	0,35	0,36

¹ LCG: Leite corrigido para gordura; LCGP: Leite corrigido para gordura e proteína; ST: Sólidos totais.

² Erro padrão da média.

³ Efeito de tratamento; Efeito de Semana; Interação entre tratamento e semana.

⁴ Probabilidade de haver diferença entre os tratamentos ($P < 0,10$).

Em trabalhos com cabras em lactação, Mir et al. (1999) incluíram até 6% de óleo de canola no concentrado e também não encontraram alteração na produção de leite. Em concordância, Queiroga et al. (2010), ao adicionarem diferentes teores de óleo (3% ou 5%) de licuri ou mamona não observaram efeito da adição de 3% de óleo na produção de leite.

Entretanto, alguns trabalhos têm relatado aumento na produção de leite de ovelhas devido à suplementação lipídica (ZHANG; MUSTAFA; ZAO, 2006; GÓMEZ-CORTÉS et al., 2008; CASTRO et al., 2009), o que pode estar relacionado à maior ingestão de energia, já que nestes trabalhos não foi observada alteração no CMS.

Os teores de proteína do leite e de lactose não foram afetados pelos tratamentos ($P > 0,10$). Entretanto, o leite dos animais alimentados com óleo de mamona apresentou maior ($P < 0,10$) concentração de gordura e consequentemente de sólidos totais em

comparação aos demais tratamentos, que não diferiram ($P>0,10$) entre si. Apesar destes resultados, devido à produção de leite semelhante, a produção (g/3 horas) dos componentes do leite (gordura, lactose, proteína e sólidos totais) não diferiu ($P>0,10$) entre os tratamentos.

O conteúdo de gordura é considerado o componente mais variável do leite, tanto no aspecto quantitativo, quanto no qualitativo (RAYNAL-LJUTOVAC et al., 2008).

O óleo de mamona possui menor quantidade de ácidos graxos poliinsaturados (Tabela 2) quando comparado ao óleo de girassol, sendo composto em maior parte pelo ácido graxo monoinsaturado ricinoleico (C18:1-OH), o que pode ter contribuído para os resultados encontrados.

A adição de ácidos graxos poliinsaturados na alimentação de ruminantes altera a fermentação do rúmen, conduzindo a uma biohidrogenação incompleta e a produção de C18:1 *trans*-11 e CLA *trans*-10, *cis*-12, que inibem a síntese *de novo* de ácidos graxos do leite (BAUMAN; GRIINARI, 2001), devido a este fato, normalmente é encontrada uma redução do teor de gordura no leite de vacas suplementadas com lipídeos. Entretanto, as respostas da utilização de suplementação de gordura na dieta diferem entre as espécies de ruminantes, ao contrário do teor de gordura do leite da vaca, geralmente o teor de gordura do leite de cabras e ovelhas aumenta (CHILLIARD et al., 2003).

Essas observações sugerem que a glândula mamária desses animais pode ser menos sensível ao efeito do CLA *trans*-10, *cis*-12 na síntese de gordura do leite, quando comparada a de vacas, concluindo, portanto que, a regulação da síntese de gordura do leite difere entre essas espécies (REYNOLDS; CANNON, LOERCH, 2006). Este fato pode ser confirmado neste estudo, quando observamos os teores de gordura do leite foram similares entre os tratamentos controle e com óleo de girassol.

Em concordância com este estudo, Reynolds, Cannon e Loerch (2006), avaliando fontes de forragem e a adição de óleo de soja e de algas marinhas afirmaram que a adição de óleo aumentou o teor de gordura, ao contrário da fonte de forragem que não interferiu na porcentagem desta variável. Toral et al. (2010), também relataram aumento no teor de gordura do leite de ovelhas alimentadas com óleo de soja, entretanto, ao

avaliar a combinação do óleo de soja com alga marinha verificaram diminuição linear dessa variável.

Gómez-Cortés et al. (2008) relataram que não houve alteração no teor de gordura do leite de ovelhas alimentadas com 6% de óleo de soja na dieta. Stradiotto et al. (2010) também não observaram diferença na composição da gordura do leite de ovelhas alimentadas com gordura protegida até o momento da desmama dos cordeiros (sétima semana de lactação).

Logo, a extensão do efeito da suplementação lipídica depende do tipo de gordura utilizado, o nível em que é incluído na dieta, estágio de lactação, entre outros fatores (SAMPELAYO et al., 2007).

A ausência de efeito dos tratamentos sobre o teor de proteína do leite ($P>0,10$) está de acordo com outros trabalhos que avaliaram a composição do leite de ovelhas (ZHANG; MUSTAFA; ZHAO, 2006; STRADIOTTO et al., 2010; TORAL et al., 2010).

Em trabalhos realizados com vacas, normalmente, é observado redução no teor de proteína do leite quando os animais são suplementados com gordura, que se deve à quantidade insuficiente de aminoácidos na glândula mamária para acompanhar o aumento na produção de leite (WU; HUBER, 1994). Com ovinos, Gómez-Cortés et al. (2007) também reportaram redução no teor de proteína do leite quando os animais foram alimentados com óleo de soja.

A inconsistência nos resultados relacionados à porcentagem da proteína do leite de animais alimentados com lipídeos em alguns trabalhos pode ser devido ao fato de, a maioria dos estudos envolvendo animais em lactação ocorre em curto prazo, enquanto que o declínio na porcentagem de proteína do leite pode levar várias semanas para ocorrer (SCHINGOETHE et al., 1996).

De acordo com Barros (2001), a lactose é um dos nutrientes mais estáveis da composição química do leite, estando diretamente relacionada com a regulação da pressão osmótica, de forma que maior produção de lactose determina maior produção de leite com mesmo teor de lactose. Isto justifica a ausência de efeito dos tratamentos sobre a concentração deste componente

Os dados de peso corporal (PC), consumo de concentrado inicial (CCI) e ganho de peso médio diário (GMD) das crias estão apresentados na Tabela 5.

O óleo adicionado às dietas das ovelhas não influenciou ($P>0,10$) o CCI das crias entre a 2ª e 8ª semana e nos quinze dias pós-desmame, o que é justificado pela ausência de efeito na produção de leite das ovelhas. Logo, fica evidente que os resultados de CCI pré-desmame acompanham os resultados de produção de leite das ovelhas.

Tabela 5 - Peso corporal, consumo de concentrado inicial e desempenho das crias em função da adição óleos vegetais na dieta das mães

Variáveis	Tratamentos				EPM ¹	P ²
	Controle	Canola	Girassol	Mamona		
Peso Corporal (kg)						
Nascimento	4,6	4,6	4,0	4,5	0,11	0,11
2ª semana	7,9	8,2	7,5	8,2	0,27	0,37
8ª semana	18,4	18,7	18,3	18,2	0,59	0,99
15 dias pós-desmame	23,9	22,7	21,9	22,2	0,64	0,52
Consumo (g de MS)						
2ª-8ª semana	149,5	150,2	139,0	150,2	8,78	0,96
Pós-desmame	779,3	716,4	652,7	689,7	19,98	0,20
Ganho médio diário (g)						
2ª-8ª semana	250,0	249,1	257,3	236,4	9,54	0,86
Pós-desmame	335,7	330,6	254,5	282,7	20,17	0,25

¹ Erro padrão da média.

² Probabilidade de haver diferença entre os tratamentos ($P<0,10$).

O comportamento das crias em compensar a produção de leite das mães foi observado por Araújo et al. (2008), ao estudar o desempenho de cordeiros de ovelhas Santa Inês alimentadas com teores crescentes de casca de soja em substituição ao feno de “coastcross”, em que as crias cujas mães produziram mais leite, ingeriram menor quantidade de concentrado inicial.

Durante as primeiras semanas de vida, o desempenho dos cordeiros depende, em grande parte, da produção de leite das ovelhas e a condição nutricional no período pós-parto afeta diretamente a quantidade de leite produzida por ovelhas em lactação (EMEDIATO et al., 2007).

O consumo médio de concentrado inicial (CCI) neste estudo foi de 146,74 g/dia, sendo superior ao valor médio encontrado por Araújo et al. (2008), que foi de 47 g/dia.

Essa diferença pode ser explicada pelo fato da limitação das crias ao acesso da dieta fornecida às mães no presente experimento.

A inclusão de óleo na dieta das mães também não alterou o GMD ($P>0,10$) e o peso das crias na desmama. Isto comprova que o desempenho das crias é fortemente influenciado pela quantidade de leite materno produzido.

O peso médio de desmame (18,39 kg) e o GMD (248,2 g/dia) foram superiores aos relatados por Araújo et al. (2008) que foi de 16,25 kg e 222,75 g/dia, respectivamente. No entanto, deve-se levar em consideração que os animais utilizados neste estudo eram mestiços Dorper x Santa Inês que por sua vez, apresentam maior potencial para ganho de peso, em relação aos cordeiros Santa Inês utilizados no trabalho daqueles autores.

Os tratamentos experimentais afetaram ($P<0,10$) a composição do perfil de ácidos graxos do leite (Tabela 6). A concentração total de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC - C4:0 a C12:0) foi reduzida ($P<0,01$) no leite dos animais alimentados com os tratamentos canola e girassol, devido à diminuição na concentração dos ácidos graxos C8:0, C10:0 e C12:0 com a utilização destes óleos.

A adição de óleos vegetais também afetou ($P<0,10$) a concentração de ácidos graxos de cadeia média (AGCM - C14:0 a C16:1). Dentre os tipos de óleos estudados, o de canola e girassol promoveram menores concentrações de AGCM em relação ao de mamona. A adição de 3% de óleo de canola e girassol reduziu ($P<0,01$) as concentrações dos ácidos graxos C14:0 e C15:0. A concentração de C14:1 também foi menor ($P=0,04$) no leite dos animais alimentados com óleos de canola e girassol em relação à suplementação com óleo de mamona, mas não diferiu do tratamento controle.

Em relação à concentração de C16:0, o leite dos animais alimentados com dieta controle apresentou maior concentração comparado ao dos animais alimentados com as dietas contendo óleo. Entre os óleos estudados, o de mamona apresentou maior concentração de C16:0 quando comparado aos óleos de canola e girassol, que não diferiram entre si.

Tabela 6 - Perfil de ácidos graxos do leite de ovelhas Santa Inês alimentadas com óleos vegetais

Variáveis ¹	Tratamentos				EPM ²	P ³
	Controle	Canola	Girassol	Mamona		
AGCC (C4:0-C12:0)	14,87a	11,00b	11,75b	11,46a	0,38	<0,01
C4:0 (Butírico)	0,94	1,08	1,15	0,92	0,05	0,35
C6:0 (Caproico)	1,38	1,18	1,26	1,34	0,04	0,36
C8:0 (Caprílico)	1,66a	1,30b	1,39b	1,70a	0,04	<0,01
C10:0 (Cáprico)	6,43a	4,41b	4,78b	6,24a	0,18	<0,01
C12:0 (Láurico)	4,37a	2,97b	3,12b	4,17a	0,13	<0,01
AGCM (C14:0-C16:1)	40,74a	31,17c	31,43c	37,60b	0,74	<0,01
C14:0 (Mirístico)	11,14a	8,17b	8,30b	10,95a	0,28	<0,01
C14:1 (Miristoleico)	0,58ab	0,53b	0,53b	0,62a	0,01	0,04
C15:0 (Pentadecanoico)	0,97a	0,82b	0,81b	0,96a	0,02	<0,01
C16:0 (Palmítico)	27,10a	20,86c	20,97c	24,09b	0,47	<0,01
C16:1 (Palmitoleico)	0,78a	0,63b	0,68b	0,76a	0,02	0,08
AGCL (C18:0-C22:6)	44,39b	57,83a	56,81a	47,94b	1,06	<0,01
C18:0 (Estearico)	12,16b	16,22a	16,42a	12,57b	0,41	<0,01
C18:1 t11 (Vacênico)	1,07b	3,45a	3,16a	1,10b	0,22	<0,01
C18:1 ω-9 (Oleico)	21,62b	26,59a	25,89a	23,08b	0,53	<0,01
C18:1-OH (Ricinoleico)	-	-	-	0,34	-	-
C18:2 ω-6 (Linoleico)	6,58	6,91	7,00	7,68	0,19	0,22
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11 (CLA)	0,53b	1,29a	1,26a	0,54b	0,08	<0,01
C18:2 <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12 (CLA)	0,05	0,04	0,05	0,03	0,01	0,32
C18:3 ω-3 (Linolênico)	0,34	0,30	0,30	0,31	0,01	0,67
C18:3 ω-6 (γ-Linolênico)	0,26b	0,39a	0,29ab	0,40a	0,02	<0,01
Outros	2,03b	2,65a	2,37a	2,38a	0,07	0,01
Saturados	67,25a	58,09c	59,24c	64,21b	0,71	<0,01
Insaturados Totais	32,75c	41,91a	40,76a	35,79b	0,71	<0,01
Monoinsaturados	24,55b	32,51a	31,43a	26,32b	0,64	<0,01
Poliinsaturados	8,20	9,40	9,33	9,47	0,16	0,13

¹AGCC: Ácidos graxos de cadeia curta; AGCM: Ácidos graxos de cadeia média; AGCL: Ácidos graxos de cadeia longa; CLA: Ácido linoleico conjugado.

²Erro padrão da média.

³Probabilidade de haver diferença entre os tratamentos (P<0,10).

As respostas à suplementação lipídica dos ácidos graxos C4-C8 são menos acentuadas quando comparadas aos ácidos C10-C14 (CHILLIARD et al., 2003),

estando em concordância com este estudo, no qual não foi observada alteração ($P>0,10$) nos ácidos C4:0 e C6:0.

A suplementação lipídica, particularmente aquelas ricas em ácidos graxos poliinsaturados, tem sido eficiente em reduzir as concentrações de ácidos graxos de cadeia curta e média no leite (ZHANG; MUSTAFA; ZHAO, 2006), o que é desejável, já que estes ácidos graxos são frequentemente associados com doenças coronárias.

Ácidos graxos de cadeia curta e média são sintetizados a partir do acetato e β -hidroxibutirato na glândula mamária (CHILLIARD et al., 2003). A diminuição na porcentagem desses ácidos graxos no leite a partir da adição de lipídeos na dieta é atribuída ao fato de, os ácidos graxos de cadeia longa provenientes da dieta, que escaparam da biohidrogenação ruminal, inibem a síntese de acetil Co-a carboxilase, enzima responsável pela síntese *de novo* de ácidos graxos na glândula mamária (PALMQUIST et al., 1993). Essa inibição pode ser devido à competição destes com os AGCC e AGCM pela esterificação (PALMQUIST et al., 1993) ou até mesmo pela redução na produção de acetato no rúmen (quando há interferência na fermentação ruminal).

De acordo com estas afirmações, supõe-se que o óleo de mamona foi o que menos interferiu na atividade da enzima acetil Co-a carboxilase, pois obteve maior concentração de C16:0 em relação aos tratamentos com óleo de canola e girassol e foi o tratamento que promoveu maior concentração da gordura do leite.

De modo contrário ao observado com os ácidos graxos de cadeia curta e média, a concentração de ácidos graxos de cadeia longa (C18:0 a C22:6) no leite aumentou ($P<0,01$) nas dietas contendo óleo de canola ou girassol, devido às maiores ($P<0,01$) concentrações dos ácidos graxos C18:0, C18:1 ω -9, C18:1 *trans*-11, e C18:2 *cis*-9, *trans*-11 no leite de ovelhas Santa Inês.

O aumento na concentração de C18:0 pode ser resultado do processo completo de biohidrogenação no rúmen de parte dos ácidos insaturados com 18 carbonos na cadeia contidos nos óleos de canola e girassol. Enquanto que, o aumento da concentração do ácido oleico pode ser consequência da ação da enzima Δ -9 dessaturase na glândula mamária sobre o C18:0 produzido no rúmen, além da possível maior absorção intestinal desse ácido graxo, já que a participação do C18:1 ω -9 na

composição dos ácidos graxos dos óleos de canola e girassol é maior em comparação ao óleo de mamona.

Estes dados estão de acordo com os resultados obtidos por Gómez-Cortes et al. (2007), ao trabalharem com adição de óleo de soja e Gómez-Cortes et al. (2008), ao adicionarem óleo de oliva na dieta de ovelhas em lactação.

A adição de óleo de mamona na dieta, quando comparado à dieta controle, não alterou ($P>0,10$) a concentração de CLA e C18:0 no leite. Logo, pode-se concluir que a biohidrogenação no ambiente ruminal permaneceu inerte com a adição de óleo de mamona, provavelmente, devido à sua composição ser basicamente de ácido ricinoleico (aproximadamente 80%) que, apesar ser um ácido graxo monoinsaturado, assim como o oleico, possui uma hidroxila no carbono 12, conferindo a este propriedades particulares. Entretanto, Pereira (2009), ao estudar a inclusão de 3 e 5% de óleo de licuri e mamona na dieta de cabras em lactação afirmaram que a adição de óleo de mamona aumentou a concentração de CLA (C18:2 *cis*-9, *trans*-11) e reduziu a concentração total de ácidos graxos saturados. Isto prova que os efeitos do uso do óleo de mamona na nutrição de ruminantes ainda não estão totalmente elucidados.

A maior concentração de intermediários do processo de biohidrogenação no leite é característico de dietas ricas em ácidos graxos insaturados administrados na sua forma livre (GÓMEZ-CORTES et al., 2007). Os animais alimentados com óleo de canola e girassol apresentaram aumento ($P<0,01$) de aproximadamente 70% e 60% nas concentrações de C18:1 *trans*-11 e CLA (C18:2 *cis*-9, *trans*-11) no leite, respectivamente, quando comparado aos tratamentos controle e mamona. Isso provavelmente ocorreu devido a altos conteúdos de precursores do ácido rumênico nestes tratamentos (Tabela 2), que aumentam a produção de C18:1 *trans*-11 no rúmen, através do processo incompleto da biohidrogenação e, conseqüentemente, aumentam a quantidade de CLA produzida na glândula mamária a partir da ação da enzima Δ -9 dessaturase sobre o C18:1 *trans*-11.

O fornecimento de ácidos graxos poliinsaturados (AGP), quando submetidos ao processo incompleto de biohidrogenação, representa uma fonte de CLA *cis*-9, *trans*-11 na gordura do leite. Entretanto, a principal fonte deste ácido graxo é representada pela síntese endógena na glândula mamária através da ação da enzima Δ -9 dessaturase

sobre o ácido vacênico, um intermediário que também escapa da biohidrogenação no rúmen (GRIINARI et al., 2000).

Frequentemente, a biohidrogenação do ácido oleico não gera intermediários formando diretamente o ácido esteárico (KELLENS; GODERIS; TOBBACK, 1986). Entretanto, neste trabalho, a carne dos animais alimentados com óleo de canola, que por sua vez, possui grande participação do ácido oleico (57,38%) em sua composição, apresentou, juntamente com o óleo de girassol, maior teor de C18:1 *trans*-11, como já relatado. Isto pode ter acontecido porque, algumas bactérias têm a capacidade de isomerizar o *cis* para *trans* (PAVAN; DUCKET, 2006) para alterar a permeabilidade do plasma da membrana como um artifício de proteção contra o crescimento de inibidores. Contudo, a produção de 18:1 *trans* a partir do ácido oleico é dependente de condições do conteúdo ruminal que favoreçam essa isomerização (JENKINS et al., 2008), inclusive sua disponibilidade.

O ácido ricinoleico (C18:1 - OH) é encontrado exclusivamente no óleo de mamona, sendo por isso presente apenas no leite dos animais alimentados com este óleo.

A adição de óleos na dieta de ovelhas diminuiu ($P<0,01$) a proporção dos ácidos graxos saturados (AGS) e aumentou a dos ácidos graxos insaturados (AGI) totais. Dentre os tipos de óleo, o de mamona promoveu maior teor de AGS e menor de AGI totais em relação aos óleos de canola e girassol. Em relação aos AGM, o leite ($P<0,01$) dos animais alimentados com óleo de canola e girassol apresentou maior concentração, provavelmente devido a um maior suprimento dietético destes compostos. Já em relação aos ácidos graxos poliinsaturados, não foi observado efeito ($P>0,10$) de tratamento sobre sua concentração (Tabela 6).

Relações ou proporções têm sido sugeridas como uma maneira de avaliar o fator de risco de alimentos com relação ao aumento nos níveis de colesterol no sangue, desde que se sabe que alta quantidade de AGS aumenta os níveis de colesterol no plasma, enquanto os AGP os diminui (COSTA et al., 2009).

A adição de óleos de canola e girassol aumentou ($P<0,01$) a relação entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados (P:S) no leite, quando comparado à dieta controle. Já o óleo de mamona proporcionou relação P:S igual ao tratamento controle e demais

óleos avaliados (Tabela 7). Apesar da quantidade total de AG poliinsaturados não ter sido modificada com a adição de óleos, houve redução da concentração de ácidos graxos saturados com adição dos óleos de canola e girassol, o que proporcionou maiores relações P:S nestes tratamentos.

Tabela 7 - Relações entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados, monoinsaturados e saturados, índice de aterogenicidade e índice de atividade da enzima Δ -9 dessaturase do leite de ovelhas Santa Inês alimentadas com óleos vegetais.

Variáveis ¹	Tratamentos				EPM ²	P ³
	Controle	Canola	Girassol	Mamona		
P:S	0,12b	0,16a	0,16a	0,15ab	0,004	<0,01
M:S	0,37b	0,56a	0,54a	0,41b	0,02	<0,01
IA	2,36a	1,35b	1,43b	2,03a	0,08	<0,01
Índice Δ -9 dessaturase	0,05b	0,07a	0,07a	0,06ab	0,001	0,08

¹P:S Poliinsaturados:Saturados; M:S Monoinsaturados:Saturados; IA: Índice de aterogenicidade; Índice Δ -9 dessaturase: índice de atividade da enzima Δ -9 dessaturase

² Erro padrão da média

³ Probabilidade de haver diferença entre os tratamentos (P<0,10).

A relação entre ácidos graxos monoinsaturados e saturados (M:S) apresentou-se maior (P<0,01) no leite dos animais alimentados com óleo de canola e girassol em relação aos demais tratamentos. Além da concentração dos AGS ter sido menor na carne dos animais alimentados com estes óleos, a concentração dos AGM foi maior nestes tratamentos, o que resultou nos maiores valores para esta relação.

O índice de aterogenicidade (IA) caracteriza o grau de risco da dieta à saúde humana, da forma que, dietas com alto IA assumem maior efeito prejudicial à saúde humana. Neste estudo, os óleos de canola e girassol reduziram o IA no leite, o que está relacionado à diminuição nas concentrações dos ácidos graxos C12:0 a C16:0 e ao mesmo tempo, maiores concentrações de ácidos graxos insaturados destes tratamentos.

Relações entre produto e seus respectivos ácidos graxos precursores têm sido muito utilizadas como possíveis indicadores da atividade da enzima Δ -9 dessaturase (ALLRED et al., 2006). Existem, pelo menos, quatro principais produtos da atividade enzimática da Δ -9 dessaturase na glândula mamária de ruminantes, são eles: C14:1, C16:1, C18:1 ω -9 e C18:2 cis-9, trans-11, que são produzidos a partir dos ácidos

graxos: C14:0, C16:0, C18:0 e C18:1 trans-11, respectivamente. Entretanto, destas relações, o melhor indicador da atividade da Δ -9 dessaturase é a relação C14:1/C14:0 (GRIINARI et al., 2000), devido ao fato de todo o C14:0 encontrado no leite de animais ruminantes ser produzido via síntese *de novo* na glândula mamária, conseqüentemente, a dessaturação é a única fonte de C14:1 (CASTRO et al., 2009).

O índice da atividade da enzima Δ -9 dessaturase foi maior no leite dos animais alimentados com óleo de canola e girassol em relação à dieta controle, no entanto não diferiu do tratamento mamona. Isto significa que, a maior concentração de C18:2 cis-9, trans-11 no leite de ovelhas alimentadas com óleo de canola e girassol foi proveniente da ação da enzima Δ -9 dessaturase que promoveu a dessaturação do C18:1 trans-11 na glândula mamária em CLA cis-9, trans-11, estando de acordo com Griinari et al. (2000) que afirmaram que a atividade da enzima Δ -9 dessaturase pode ser responsável por 64 a 98% do CLA (C18:2 cis9, trans11) encontrado no leite de ruminantes.

3.4 Conclusões

A adição de óleo de canola e girassol promoveu melhor perfil de ácidos graxos no leite de ovelhas Santa Inês, com maiores concentrações de ácidos graxos de cadeia longa e insaturados, inclusive o CLA (C18:2 *cis*-9, *trans*-11), sem alterar a produção e composição química do leite. Por outro lado, o óleo de mamona promoveu maior teor de gordura no leite, o que pode ser interessante quando o mesmo é destinado à fabricação de queijos e alterou o perfil lipídico do leite em menores proporções.

Referências

ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 83, p. 1598-1624, 2000.

ALLRED, S.L.; DHIMAN, T.R.; BRENNAND, C.P.; KHANAL, D.J.; LUCHINI, N.D. Milk and cheese from cows fed calcium salts of palm and fish oil alone or in combination with soybean products. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 89, p. 234-248. 2006.

ARAUJO, R.C. ; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; RODRIGUES, G.H.; PACKER, I.U.; EASTRIDGE, M.L. Milk yield, milk composition, eating behavior, and lamb performance of ewes fed diets containing soybean hulls replacing coastcross (Cynodon species) hay. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 86, p. 3511-3521, 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 19th ed. Arlington, 2000. 1219 p.

BARROS, L. Transtornos metabólicos que afetam a qualidade do leite. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; DURR, J.W.; FONTANELI, R.S. (Ed.). **Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. p. 44-57.

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

BENTLEY INSTRUMENTS. **Bentley 2000**: operator's manual. Chaska, 1995. 77 p.

BERNARD, L.; BONNET, M.; LEROUX, C.; SHINGFIELD, K.J.; CHILLIARD, Y. Effect of sunflower-seed oil and linseed oil on tissue lipid metabolism, gene expression, and milk fatty acid secretion in alpine goats fed maize silage-based diets. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 92, p. 6083-6094, 2009.

CASTRO, T.; MANSO, T.; JIMENO, V.; DEL ALAMO, M.; MANTECÓN, A.R. Effects of dietary sources of vegetable fats on performance of dairy ewes and conjugated linoleic acid (CLA) in Milk. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 84, p. 47-53, 2009.

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

COSTA, R.G.; BATISTA, A.S.M.; AZEVEDO, P.S.; QUEIROGA, R.C.R.E.; MADRUGA, M.S.; ARAÚJO FILHO, J.T. Lipid profile of lamb meat from different genotypes submitted to diets with different energy levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 532-538, 2009.

EMEDIATO, R.M.S. **Efeito da gordura protegida sobre parâmetros produtivos de ovelhas da raça Bergamácia e na elaboração de queijos**. 2007. 106 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2007.

FENG, S.; LOCK, A.L.; GANSWORTHY, P.C. Technical note: a rapid lipid separation method for determining fatty acid composition of milk. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 87, p. 3785-3788, 2004.

GÓMEZ-CORTÉS, P.; FRUTOS, P.; MANTECÓN, A.R.; JUÁREZ, M.; DE LA FUENTE, M.A.; HERVÁS, G. 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**, Savoy, v. 91, p. 1560-1569, 2007.

_____. Addition of olive oil to dairy ewe diets: effect on milk fatty acid profile and animal performance. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 91, p. 3119-3127, 2008.

GRIINARI, J.M.; CORL, B.A.; LACY, S.H.; CHUMINARD, P.Y.; NURMELA, K.V.V.; BAUMAN, D.E. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by $\Delta 9$ desaturase. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 130, p. 2285-2291, 2000.

HARVATINE, K.J.; ALLEN, M.S. Effects of fatty acid supplements on feed intake, and feeding and chewing behavior of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 89, p. 1104-1112, 2006.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 82, p. 1791-1794, 1999.

JENKINS, T.C.; THIES, E. Plasma fatty acids in sheep fed hydroxyethylsoyamide: a fatty acylamide that resist biohydrogenation. **Lipids**, Heidelberg, v.32, p.173-178, 1997.

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

KELLENS, M.J.; GODERIS, H.L.; TOBBACK, P.P. Biohydrogenation of unsaturated fatty acids by a mixed culture of rumen microorganisms. **Biotechnology Bioengineer**, Hoboken, v. 28, p. 1268-1276, 1986.

KRAMER, J.K.G.; FELLNER, V.; DUGAN, M.E.R.; SAUNER, F.D.; MOSSOBA, M.M.; YURAWECZ, M.P. Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis conjugated dieno and total trans fatty acids. **Lipids**, Heidelberg, v. 32, p. 1219-1228, 1997.

LUCAS, A.; ROCK'S, C.; AGABRIEL, L.; CHILLIARD, Y.; COULON, J.B. Relationships between animal species (cow versus goat) and some nutritional. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 74, n. 1/3, p. 243-248, 2008.

MIR, Z.; GOONEWARDENE, L.A.; OKINE, E.; JAEGAR, S.; SCHEER, H.D. Effect of feeding canola oil on constituents, conjugated linoleic acid (CLA) and long chain fatty acids in goats milk. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 33, p. 137-143, 1999.

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

PALMQUIST, D.L.; BEAULIEU, A.D.; BARBANO, D.M. Feed and animal factors influencing milk fat composition. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 76, p. 1753-1771, 1993.

PAVAN, E.; DUCKETT, S.K. Corn oil supplementation to steers grazing endophyte-free tall fescue. II. Effects on LM and S.C. fatty acid composition and Stearoyl-CoA desaturase activity and expression. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 1, p. 732, 2006.

PEREIRA, R.A.G. **Impacto de dietas contendo óleo de licuri ou mamona nas características físico-químicas, sensoriais e aromáticas do leite de cabra**. 2009. 111 p. Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.

PULINA, G.; NUDDA, A. Milk production. In: PULINA, G. (Ed.). **Dairy sheep feeding and nutrition**. Bologna: Avenue media, 2002. chap. 1, p. 11-27.

QUEIROGA, R.C.R.E.; MAIA, M.O.; MEDEIROS, A.N.; COSTA, R.G.; PEREIRA, R.A.G.; BOMFIM, M.A.D. Produção e composição química do leite de cabras mestiças Moxotó sob suplementação com óleo de licuri ou de mamona. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 204-209, 2010.

RAYNAL-LJUTOVAC, K.; LAGRIFFOUL, G.; PACCARD, P.; GUILLET, I.; CHILLIARD, Y. Composition of goat and sheep milk products: an update. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 79, p. 57-72, 2008.

REYNOLDS, C.K.; CANNON, V.L.; LOERCH, S.C. Effects of forage source and supplementation with soybean and marine algal oil on milk fatty acid composition of ewes. **Animal Feed Science and Technology**, New York, v. 131, p. 333-357, 2006.

SAMPELAYO, M.R.S.; CHILLIARD, Y.; SCHMIDELY, P.; BOZA, J. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 68, p. 42-63, 2007.

SAS INSTITUTE. **SAS systems for windows**: version 9. Cary, 2002.

SCHINGOETHE, D.J.; BROUK, M.J.; LIGHTFIELD, K.D.; BAER, R.J. Lactational responses of dairy cows fed unsaturated fat from extruded soybeans or sunflower seeds. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 79, p. 1244-1249, 1996.

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**, Cambridge, v. 99, p. 971-983, 2008.

SILVA, G.L.S.; SILVA, A.M.A.; NÓBREGA, G.H.; AZEVEDO, S.A.; PEREIRA FILHO, J.M.; ALCALDE, C.R. Consumo, digestibilidade e produção de cabras leiteiras

alimentadas com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 47-53, 2010.

STRADIOTTO, M.M.; SIQUEIRA, E.R.; EMEDIATO, R.M.S.; MAESTÁ, S.A.; MARTINS, M.B. Efeito da gordura protegida sobre a produção e composição do leite em ovelhas da raça Bergamácia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 5, p. 1154-1160, 2010.

SUSIN, I.; LOERCH, S.C.; MCCLURE, K.E. Effects of feeding a high grain diet at a restricted intake on lactating performance and rebreeding of ewes. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 73, p. 3199-3205, 1995.

TORAL, P.G.; HERVÁS, G.; GÓMEZ-CORTÉS, P.; FRUTOS, P.; JUÁREZ, M.; DE LA FUENTE, M.A. Milk fatty acid profile and dairy sheep performance in response to diet supplementation with sunflower oil plus incremental levels of marine algae. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 93, p. 1655-1667, 2010.

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

WILES, P.G.; GRAY, I.K.; KISSLING, R.C. Routine analysis of proteins by Kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study using dairy products. **Journal of AOAC International**, Washington, v. 81, n. 3, p. 620-632, 1998.

WU, Z.; HUBER, J.T. Relationship between dietary fat supplementation and protein concentration in lactating cows: A review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 39, p. 141-155, 1994.

ZHANG, R.; MUSTAFA, A.F.; ZHAO, X. Effects of flaxseed supplementation to lactating ewes on milk composition, cheese yield, and fatty acid composition of milk and cheese. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 63, p. 233-241, 2006.

_____. Effects of feeding oilseeds on nutrient utilization by lactating ewes. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 67, p. 307-311, 2007.

4 DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES E PARÂMETROS RUMINAIS DE OVINOS ALIMENTADOS COM ÓLEO DE CANOLA, GIRASSOL OU MAMONA

Resumo

Os objetivos deste experimento foram avaliar o efeito da adição de óleos de canola, girassol ou mamona sobre o consumo, digestibilidade dos nutrientes e os parâmetros ruminiais de ovinos mestiços Dorper x Santa Inês. Quatro animais, canulados no rúmen, com peso corporal (PC) médio de $90,2 \pm 11,4$ kg foram distribuídos em um delineamento em quadrado latino 4 x 4. Os animais permaneceram individualmente em gaiolas para ensaio de metabolismo. Os animais foram alimentados com dietas com 50% volumoso, sendo uma dieta controle (sem óleo) e as outras contendo 3% de óleo de canola, girassol ou mamona (com base na matéria seca, MS). Não houve diferença ($P>0,10$) no consumo de MS e nutrientes, com exceção do EE que foi maior quando os animais receberam óleo na dieta. Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, carboidratos não fibrosos, fibra em detergente neutro também não foram alterados ($P>0,10$), no entanto, a adição de óleo aumentou ($P<0,01$) a digestibilidade do extrato etéreo. Os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) (% da MS), energia digestível (ED) (Mcal/kg de MS), consumo de NDT (CNDT) e consumo de ED (CED) também não foram alterados com a inclusão de lipídeos. Em relação aos parâmetros ruminiais, a adição de óleos vegetais aumentou os valores de pH ruminal e reduziu as concentrações de acetato, butirato e AGCC total.

Palavras-chave: Ácidos graxos de cadeia curta; Amônia; Lipídeos; Metabolismo

Abstract

The objectives of this trial was to determine the effects of adding canola, sunflower or castor oil on dry matter intake, nutrient digestibility and ruminal measures of crossbred Dorper x Santa Inês ram lambs. Four ruminally cannulated ram lambs (BW 90.2 ± 11.4 kg) were assigned to a 4 x 4 Latin Square design. The animals were allotted individually in suspended metabolism cages. Animals were fed diets containing 50% of roughage. Experimental diets included a control (no oil), canola, sunflower oil or castor oil. There was no difference ($P>0.10$) on dry matter and nutrient intakes, except for ether extract, that was higher for animals fed oils. Dry matter, organic matter, crude protein, non fiber carbohydrate and neutral detergent fiber digestibilities did not differ among diets ($P>0.10$), except for ether extract that was higher ($P=0.02$) for animals fed vegetable oil. The values for total digestible nutrients (TDN) (%MS), digestible energy (DE) (Mcal/kg MS), TDN and DE intake did not change. The oil addition increased pH values and decreased acetate, butyrate and total AGCC.

Keywords: Ammonia; Lipids; Metabolism; Short-chain fatty acids

4.1 Introdução

A dieta dos ruminantes, normalmente, é composta por ácidos graxos predominantemente insaturados, enquanto que a carne e o leite desses animais contêm concentrações elevadas de ácidos graxos saturados devido ao metabolismo extensivo que estes sofrem no rúmen durante o processo conhecido como biohidrogenação (SHINGFIELD; GRIINARI, 2007).

Modificações nas características da dieta podem ser responsáveis por várias alterações no metabolismo ruminal, nos processos digestivos e, conseqüentemente, dos nutrientes que chegam ao duodeno. Apesar dessas alterações, a suplementação lipídica, normalmente é utilizada com o intuito de aumentar a densidade energética da dieta e modificar a composição do produto gerado.

Estudos com inclusão de lipídios na dieta têm demonstrado variações nos resultados, sendo ainda, motivo de muitas contradições. Os parâmetros fermentativos do rúmen podem ser modificados pela adição de fontes de lipídio à dieta (JENKINS, 1993), no entanto, algumas pesquisas não encontraram alteração (BEAUCHEMIN; MCGINN; PETIT, 2007). A extensão dessa interferência depende tanto da composição da dieta basal (TORAL et al., 2009), quanto da fonte e porcentagem de adição da gordura à dieta (HOMEM JUNIOR et al., 2010).

Segundo Palmquist e Mattos (2006), alguns ácidos graxos são tóxicos aos microrganismos ruminais responsáveis pela biohidrogenação, como os ácidos graxos de cadeia média (de 10 a 14 átomos de carbono) e ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa, o que sugere que, não apenas o tamanho da cadeia, mas também o grau de insaturação pode afetar a fermentação ruminal e, por conseguinte, o consumo. No entanto, Bateman, Spain e Eilersiek (1996) relatam que a interferência da gordura na fermentação ruminal parece ser menos enfática quando são utilizadas maiores proporções de volumoso na dieta.

Apesar de possuírem o mesmo tamanho de cadeia, os óleos de canola, girassol e mamona são compostos por ácidos graxos que apresentam diferentes níveis de saturação. Somando-se a este fato, o ácido ricinoleico, presente no óleo de mamona,

possui uma hidroxila em sua cadeia, cujo efeito na fermentação ruminal ainda não está bem elucidado.

Com isso, objetivou-se com este estudo avaliar o consumo, digestibilidade de nutrientes e parâmetros ruminais de ovinos alimentados com óleo de canola, girassol ou mamona em dietas com alta proporção de volumoso.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Animais e instalações experimentais

O experimento foi conduzido no Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), em Piracicaba, SP.

Foram utilizados quatro ovinos mestiços Dorper x Santa Inês canulados no rúmen com peso médio inicial de $90,2 \pm 11,4$ kg. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas metálicas para ensaios de metabolismo em um quadrado latino 4 x 4, com dimensões de 1,30 x 0,55 m, providas de cocho, bebedouro e sistema para colheita de fezes e urina separadamente.

4.2.2 Período experimental e tratamentos

O experimento teve duração de 84 dias, sendo dividido em quatro períodos de 21 dias. Os primeiros 17 dias de cada período foram destinados à adaptação dos animais às dietas e nos quatro dias subseqüentes foram realizadas as colheitas de dados e amostras para determinação do consumo, digestibilidade aparente total da matéria seca e nutrientes, assim como os parâmetros ruminais (AGCC, pH e N amoniacal).

Foi testada uma dieta controle *versus* a inclusão de 3% do óleo de canola, girassol ou mamona, em rações com relação volumoso:concentrado de 50:50 (Tabela 8). A proporção dos ingredientes, assim como a composição química dos tratamentos com óleo foram similares, tendo em vista que apenas a fonte de lipídeo foi alterada.

Tabela 8 - Proporção dos ingredientes e composição química das rações experimentais (% da matéria seca)

	Tratamentos	
	Controle	Óleo ¹
Ingredientes:		
Feno de “coastcross”	50,0	50,0
Milho moído	38,8	35,1
Farelo de soja	8,4	9,1
Óleo ¹	-	3,0
Uréia	0,3	0,3
Calcário	0,6	0,6
Mistura mineral ²	1,9	1,9
Composição química:		
Matéria Seca	86,0	88,5
Proteína bruta	15,1	15,1
Fibra em Detergente Neutro	49,6	49,1
Extrato etéreo	2,4	5,1

¹Inclusão de 3% de óleo de canola, girassol ou mamona.

²Composição: Ca 22%, P 5,5%, Mg 3,5%, S 2,2%, Cl 10,5%, Na 7,0%, Mn 1500 mg/kg, Fe 500 mg/kg, Zn 1550 mg/kg, Cu 440 mg/kg, Co 50 mg/kg, I 40 mg/kg, Se 20 mg/kg.

Na tabela 9 encontram-se os perfis lipídicos dos óleos utilizados no experimento.

Tabela 9 - Perfil de ácidos graxos dos óleos de canola, girassol e mamona

Ácido Graxo (%)	Canola	Girassol	Mamona
C16:0 (Palmítico)	4,4	6,5	1,3
C18:0 (Estearico)	2,5	3,4	1,1
C18:1 (Oleico)	57,4	22,9	3,6
C18:1-OH (Ricinoleico)	-	-	81,1
C18:2 (Linoleico)	17,3	59,8	5,6
C18:3 ω -3 (Linolênico)	5,3	0,6	0,5
Outros	7,7	5,4	6,0

O milho foi moído em um moinho da marca Nogueira[®] modelo DPM-4, desprovido de peneira, caracterizando uma moagem grosseira. O feno foi picado utilizando-se o mesmo equipamento provido de peneira com crivo de 1,0 cm. Todos os ingredientes do concentrado previamente pesados foram homogeneizados em um misturador horizontal

da marca Lucato® com capacidade para 500 kg. O óleo foi pesado diariamente em balança eletrônica com precisão de 5 gramas e misturado ao concentrado momentos antes da oferta, juntamente com o feno.

4.2.3 Manejo alimentar e colheita de amostras

Todos os dias do período de colheita, as rações foram pesadas em balança eletrônica com precisão de 5 gramas e ofertadas, à vontade às 7:30 da manhã. A quantidade de ração ofertada foi ajustada com base no consumo de ração obtido durante o período de adaptação dos animais, não permitindo-se sobras superiores a 10% da quantidade ofertada. Durante os quatro dias do período de colheita, às 7:30 da manhã, foram pesadas as sobras de ração, para obtenção do consumo de matéria seca (CMS) por animal, e a quantidade total de fezes produzidas em 24 horas. Para a colheita de fezes, utilizou-se arreios providos de bolsa coletora de fezes, com o objetivo de evitar a mistura de fezes e urina.

4.2.4 Análises laboratoriais e cálculos

Amostras de alimento oferecido, sobras e fezes (10% da quantidade total) foram colhidas, formando assim amostras compostas por animal, e conservadas a -20 °C, para posteriores análises no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da ESALQ - USP. As amostras de fezes foram descongeladas e secas em estufa de ventilação forçada (55 °C) por 72 horas, e moídas em moinho tipo Wiley com peneiras com crivos de 1 mm, juntamente com as amostras da ração ofertada, assim como as sobras.

As determinações de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE) foram realizadas de acordo com a AOAC (2000).

Para a análise do EE das fezes, foi utilizado o éter acidificado com ácido acético a 10% para remover os sais de ácidos graxos (MATTOS; PALMQUIST, 1974).

A matéria orgânica foi obtida por diferença entre o teor de MS e MM. O teor de fibra em detergente neutro (FDN) foi obtido com o uso de sulfito de sódio e α -amilase

termoestável (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991) com o auxílio do analisador de fibra modelo ANKON Fiber Analyser (ANKON® Technology Corp., Macedon, NY, EUA), como descrito por Holden (1999). Os valores obtidos foram corrigidos para cinzas após a incineração dos sacos. Os valores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados de acordo com Van Soest, Robertson e Lewis (1991) e os nutrientes digestíveis totais (NDT) conforme Weiss, Conrad e St. Pierre (1992) a partir das fórmulas: $CNF = 100 - (FDN + PB + EE + MM)$ e $NDT = PBD + (EED \times 2,25) + FDND + CNFD$, respectivamente. A concentração de energia digestível (ED) foi calculada conforme Swift (1957) pela fórmula: $ED \text{ (Mcal/kg)} = 0,04409 \times NDT \text{ (\%)}$.

A determinação do nitrogênio total foi realizada com base na combustão das amostras pelo analisador da marca LECO® modelo FP 528 (LECO®, St Joseph, MI, EUA) com temperatura para combustão de 835 °C (WILES; GRAY; KISSLING, 1998). O teor de proteína bruta foi obtido por meio da multiplicação do teor de nitrogênio total por 6,25.

A digestibilidade aparente dos nutrientes no trato digestório total (DATT) foi calculada pela seguinte fórmula:

$$DATT \text{ (\%)} = \frac{(MSC \cdot NMS) - (MSF \cdot NMF)}{(MSC \cdot NMS)} \cdot 100, \text{ em que:}$$

MSC = matéria seca consumida;

MSF = matéria seca fecal;

NMF = porcentagem do nutriente na matéria seca fecal;

NMS = porcentagem do nutriente na matéria seca consumida.

4.2.5 Colheita de fluido ruminal

As amostras de conteúdo ruminal foram obtidas no 21^o dia de cada período, com intervalos de duas horas entre cada colheita que tiveram como início o momento da alimentação, sendo a hora zero o momento antes da oferta de alimento e 2, 4, 6, 8, 10 e 12 horas pós-fornecimento do alimento. Foram determinados o nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) do fluido ruminal.

Uma amostra representativa do conteúdo ruminal de cada animal foi colhida via cânula, sendo rapidamente filtrada em tecido de algodão, obtendo-se, aproximadamente 200 mL de fluido ruminal filtrado, e em seguida, o pH foi determinado em potenciômetro digital (DIGIMED® DM20). A fase sólida do conteúdo ruminal que permaneceu no tecido após a filtração, foi devolvida ao rúmen.

Após a determinação do pH, retirou-se 2 alíquotas de 25 mL do fluido ruminal que foram armazenadas em frascos plásticos contendo 1,25 mL de ácido clorídrico e, congeladas a -20 °C para posteriores análises de AGCC e N-NH₃.

4.2.6 Determinação de AGCC

Para a determinação de AGCC, 1,6 mL de fluido ruminal foi centrifugado (Sorvall Superspeed RC2-B, Newton, CT, EUA; 15.000 g; 15 minutos; 4°C) com 0,4 mL de solução 3:1 de metafosfórico 25% com ácido fórmico 98-100% (COTTYN; BOUCQUE, 1968; FILIPEK; DVORAK, 2009) + 0,2 mL de solução de ácido 2-etil-butírico 100 mM (padrão interno; PM=116,16; Sigma Chemie, GmbH, Steinheim, Alemanha). Após a centrifugação, aproximadamente 1,2 mL foi transferido para o *vial* cromatográfico.

Para a separação cromatográfica, 1 µL da amostra foi injetada com o auxílio de uma seringa de 10 µL em sistema *split* com razão 1:20 com fluxo de H₂ de 31,35 mL/min em cromatógrafo gasoso (7890-A, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EUA), equipado com um detector de ionização de chama (7683B, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EUA) e coluna capilar de sílica fundida DB-WAX (30m, 0,25 mm, 0,25 µm de propilenoglicol, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EUA). A aquisição de dados foi realizada por meio do software ChemStation (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EUA).

O injetor e o detector foram mantidos a 260°C. A rampa de aquecimento do forno foi: 80°C (1 min), 120°C (20°C/min; 3 min), 205°C (10°C/min, 2 min), sendo 16,5 min o tempo total da corrida. O hidrogênio a 1,35 mL/min foi utilizado como gás de arraste. No detector, os fluxos de hidrogênio, ar sintético e nitrogênio (make up) foram mantidos a 40, 400 e 40 mL/min, respectivamente.

A curva de calibração externa foi feita com padrões cromatográficos (Chem Service, West Chester, PA, EUA) de ácido acético, propiônico, isobutírico, butírico,

isovalérico e valérico. A mistura padrão de maior concentração (denominada “super alta”) continha 200 mM de ácido acético, 54 mM de ácido propiônico, 6 mM de ácido isobutírico, 45 mM de ácido butírico, 9 mM de ácido isovalérico e 9 mM de ácido valérico. As soluções padrões subsequentes foram obtidas diluindo-se a mistura “super alta” por 1/2 (“alta”), 1/4 (“média”), 1/8 (“baixa”) e 1/16 (“super baixa”). Em seguida, para a preparação dos *vials* de soluções-padrão foram incluídas as mesmas quantidades de solução 3:1 ácido metafosfórico: ácido fórmico e padrão interno usadas no preparo das amostras.

4.2.7 Determinação de N-NH₃

O segundo frasco de plástico de cada amostra foi descongelado para realização do N amoniacal pelo método colorimétrico descrito por Chaney e Marbach (1962), adaptado para leitor de microplaca (BIO – RAD, Hercules, CA, EUA), utilizando-se filtro para absorvância de 550 nm (CAMPOS; NUSSIO; NUSSIO, 2004).

4.2.8 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino 4 x 4, sendo quatro tratamentos, quatro animais e quatro períodos experimentais.

Foi realizada a verificação da homogeneidade de variância através do teste de Hartley. Tendo-se homogeneidade de variância, prosseguiu-se com a análise de variância, efetuada através do procedimento PROC MIXED do SAS empregando a metodologia de máxima verossimilhança restrita.

Para as variáveis relacionadas ao consumo e digestibilidade, empregou-se o seguinte modelo de análise: $Y_{ijk} = M + T_i + V_j + P_k + E_{ijk}$, em que: Y_{ijk} = Observação do animal j , no período k , submetida ao tratamento i ; M = efeito geral da média; T_i = efeito do tratamento i , sendo $i = 1, 2, 3, 4$; V_j = efeito do animal j , sendo $j = 1, 2, 3$ e 4 ; P_k = efeito do período k , sendo $k = 1, 2, 3$ e 4 ; E_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação ijk .

As variáveis de parâmetros ruminais foram analisadas como medidas repetidas no tempo, conforme o modelo: $Y_{ijk} = M + T_i + V_j + P_k + W_{ij} + H_k + T_j \times H_k + E_{ijk}$, em que: Y_{ijk} = Observação do animal j, no período k, submetida ao tratamento i; M = efeito geral da média; T_i = efeito do tratamento i, sendo i = 1, 2, 3, 4; V_j = efeito do animal j, sendo j = 1, 2, 3 e 4; P_k = efeito do período k, sendo k = 1, 2, 3 e 4; W_{ij} = resíduo associado à parcela; H_k = efeito da hora da coleta, sendo k = 1,2,3,4,5,6, 7; $T_j \times H_k$ = interação entre tratamento e hora de coleta; E_{ijk} = erro experimental.

Em relação aos dados de medidas repetidas no tempo, foi necessária a seleção da estrutura de covariância mais adequada à variação das medidas dentro do tratamento para cada característica. Essa escolha foi baseada nos valores do Critério de Akaike Corrigido (AICC) e o Critério Bayseano de Schwarz (BIC), de forma que quanto menor os seus valores, melhor a matriz considerada. As características e respectivas estruturas de covariância escolhidas para a modelagem das medidas repetidas que melhor se ajustaram ao conjunto de dados foram: auto regressiva de primeira ordem (AR1) para as variáveis amônia, pH, isobutirato e valérico; componentes de variância (VC) para a concentração ruminal de acetato e ácidos graxos de cadeia curta total (AGCC); auto-regressiva heterogênea de primeira ordem (ARH -1) para a concentração ruminal de propionato, isovalérico e relação acetato:propionato (A:P); e *Toeplitz* heterogênea (TOEPH) para a concentração de butirato.

As médias foram obtidas pelo comando LSMEANS e comparadas pelo teste de Tukey, sendo as médias consideradas significativas quando $P < 0,10$.

4.3 Resultados e Discussão

A adição de lipídeos na dieta não influenciou ($P > 0,10$) o consumo de matéria seca e nutrientes (Tabela 10).

A redução no consumo, normalmente, é causada pela toxicidade do ácido graxo aos microrganismos ruminais, que está relacionada à sua natureza anfílica, isto é, aqueles que são solúveis, tanto em solventes orgânicos, quanto em água, são mais tóxicos. Tais ácidos incluem os ácidos graxos de cadeia média (de 10 a 14 átomos de

carbono) e ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa (PALMQUIST; MATTOS, 2006).

Tabela 10 - Peso corporal (PC), peso metabólico ($PC^{0,75}$) e consumo de nutrientes de ovinos Santa Inês alimentados com óleos vegetais

Variáveis ¹	Tratamentos				EPM ²	P ³
	Controle	Canola	Girassol	Mamona		
PC (kg)	91,6	93,6	90,80	93,1	1,97	0,20
$PC^{0,75}$ (kg)	29,6	30,1	29,4	30,0	0,48	0,21
Consumo MS						
g/d	1241,6	1338,5	1306,0	1413,0	51,46	0,32
g/kg $PC^{0,75}$	42,7	44,7	44,9	47,3	2,14	0,47
Consumo MO						
g/d	1196,6	1290,0	1258,5	1362,2	49,40	0,32
g/kg $PC^{0,75}$	41,1	43,1	43,2	45,6	2,05	0,46
Consumo PB						
g/d	188,4	203,7	202,8	212,0	7,85	0,42
g/kg $PC^{0,75}$	6,5	6,8	6,9	7,1	0,33	0,54
Consumo FDN						
g/d	596,9	622,5	593,4	660,6	26,62	0,29
g/kg $PC^{0,75}$	20,5	20,8	20,4	22,1	1,05	0,44
Consumo CNF						
g/dia	377,1	385,2	385,4	405,8	13,53	0,85
g/kg $PC^{0,75}$	12,9	12,9	13,3	13,6	0,62	0,91
Consumo EE						
g/d	34,2a	78,5b	76,7b	83,7b	5,54	<0,01
g/kg $PC^{0,75}$	1,2a	2,6b	2,6b	2,8b	0,19	<0,01

¹ PC: Peso corporal; $PC^{0,75}$: peso metabólico; MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; CNF: carboidratos não fibrosos; EE: extrato etéreo.

² Erro padrão da média.

³ Probabilidade de haver diferença entre os tratamentos ($P < 0,10$).

Dentre os óleos estudados, o de canola é composto, em sua maioria, pelo ácido graxo oleico que, apesar de ser um ácido graxo de cadeia longa (C18), é monoinsaturado, igualmente ao óleo de mamona que é composto, basicamente, pelo ácido ricinoleico, com apenas uma ligação dupla em sua cadeia, sendo, portanto, menos tóxicos aos microrganismos ruminais. Este último possui ainda, uma hidroxila ligada ao carbono-9 que confere ao óleo de mamona propriedades particulares. Por outro lado, o óleo de girassol, é composto por grande quantidade de ácidos graxos poliinsaturados, possuindo aproximadamente 60% de ácido linoleico em sua composição (Tabela 9), o que torna conclusivo que, o fato de não ter sido observado

efeito da suplementação lipídica sobre o CMS e nutrientes está relacionado à quantidade de óleo adicionada e não ao tipo de óleo ou nível de insaturação.

A adição de lipídeos na dieta pode reduzir o consumo e digestibilidade da MS quando o teor de EE ultrapassa 7% na dieta (PALMQUIST; JENKINS, 1980). Neste experimento, o teor de EE das dietas que continham óleo foi de 5,13%, provavelmente devido a este motivo, mesmo com a inclusão do óleo de girassol que contém grande quantidade de AG poliinsaturado, não houve redução do consumo.

A adição de óleo também não alterou o consumo de matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB) e fibra em detergente neutro (CFDN), seguindo o mesmo comportamento do CMS. No entanto, proporcionou maior consumo de extrato etéreo (CEE) em comparação aos animais que receberam o tratamento controle, o que era esperado, devido ao fato das dietas com óleo terem sido formuladas com contribuição do EE suplementar.

Em concordância com este estudo, Maia et al. (2010), ao avaliar a inclusão de 3 e 5% de óleo de licuri ou mamona na dieta de cabras com 47% de volumoso, também não relataram redução do CMS e nutrientes quando 3% de óleo de mamona foi oferecido aos animais na ração total, e da mesma forma, observaram aumento do CEE. Corrêa et al. (2009) também não relataram alteração no CMS de ovinos alimentados com 8% de grão de canola em uma dieta com 40% de volumoso.

Com relação à digestibilidade aparente da matéria seca (DAMS), matéria orgânica (DAMO), proteína bruta (DAPB), carboidratos não fibrosos (DACNF) e digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN), os valores atribuídos à dieta controle e às dietas com óleo mantiveram-se semelhantes ($P>0,10$), o que sugere que, a inclusão dessas fontes de lipídios preservou o equilíbrio dos microrganismos ruminais e, como consequência, uma digestão semelhante à da dieta controle (Tabela 11).

Dentre os vários fatores que podem afetar a digestibilidade dos nutrientes com a utilização de lipídeos na dieta (teor de gordura basal da dieta, tipo e quantidade de lipídeos a ser adicionado, entre outros), o nível de forragem é um item importante a ser considerado (NÖRNBERG et al., 2004).

Os ácidos graxos associam-se com as superfícies hidrofóbicas das partículas de alimento, o que explica a baixa toxicidade das gorduras quando o animal é alimentado com rações mais ricas em volumosos (PALMQUIST; MATTOS, 2006).

Em todos os tratamentos analisados, há uma boa participação de volumoso (50% de feno na MS) na dieta, o que pode ter sido um dos fatores que contribuíram para estes resultados, pois a alta proporção de fibra, possivelmente, competiu com a adesão dos ácidos graxos nas partículas de alimento no rúmen e, conseqüentemente, preveniu a interferência da digestão ruminal da fibra (BATEMAN; JENKINS, 1998).

Tabela 11 - Digestibilidade dos nutrientes, consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) e de energia digestível (ED) de ovinos Dorper x Santa Inês alimentados com alto teor de concentrado e óleos vegetais

Variáveis ¹	Tratamentos				EPM ²	P ³
	Controle	Canola	Girassol	Mamona		
DAMS	67,0	67,5	68,5	68,6	0,85	0,95
DAMO	68,7	69,0	69,9	70,1	0,82	0,95
DAPB	71,4	72,0	74,3	73,5	0,82	0,79
DFDN	52,2	51,7	51,7	54,8	1,47	0,91
DACNF	91,5	90,6	91,00	88,6	0,44	0,20
DAEE	72,6b	83,6a	82,7a	81,3a	1,36	0,02
NDT (%MS)	69,2	73,3	74,3	74,4	0,94	0,36
NDT (g/d)	858,7	982,9	978,2	1050,8	43,87	0,25
ED (Mcal/kg MS)	3,05	3,23	3,28	3,28	0,04	0,36
ED (Mcal)	3,8	4,3	4,3	4,6	0,19	0,25

¹DAMS: digestibilidade aparente da matéria seca; DAMO: digestibilidade aparente da matéria orgânica; DAPB: digestibilidade aparente da proteína bruta; DFDN: digestibilidade da fibra em detergente neutro; DAEE: digestibilidade aparente do extrato etéreo; NDT: nutrientes digestíveis totais; ED: energia digestível.

²Erro padrão da média.

³Probabilidade de haver diferença entre os tratamentos (P<0,10).

Maia et al. (2010) ao avaliarem diferentes teores (3 e 5%) de óleo de licuri ou mamona na dieta de cabras em lactação com 47% de feno também não observaram alteração da DAMS. Da mesma forma, Palmquist e Griinari (2006) não observaram efeito adverso na fermentação ruminal a partir da adição de uma combinação dos óleos de girassol e peixe na dieta de bovinos com 60% de volumoso.

Em se tratando da digestibilidade aparente do extrato etéreo (DAEE), notou-se aumento quando os animais foram suplementados com óleos, estando de acordo com

Maia et al. (2010) que também relataram maior DAEE dos animais alimentados com óleo de licuri ou mamona.

Os valores de NDT (% da MS) e concentração de ED (Mcal/kg de MS) não foram afetados pelos tratamentos. Esperava-se aumento nesses valores, pois a energia dos alimentos advém dos compostos orgânicos como PB e EE e também das frações fibrosas. Apesar de não ter sido encontrada alteração no consumo e digestibilidade da MS, PB e FDN, houve aumento do CEE dos animais alimentados com óleo e, além disso, a DAEE das dietas com óleo foi aproximadamente, 10 % superior em relação ao tratamento controle.

Como não foi observada alteração entre os valores de CMS, NDT (% da MS) e concentração de ED (Mcal/kg de MS), também não foram encontradas diferença para consumos de NDT (kg/dia) e ED (Mcal/dia).

A suplementação lipídica foi associada com a diminuição nas concentrações de acetato ($P<0,01$), butirato ($P=0,01$) e AGCC total ($P=0,02$) e aumento no pH ruminal ($P=0,04$). Foi observado efeito de horas para todas as variáveis analisadas, entretanto não houve interação entre tratamentos e horas (Tabela 12).

Tabela 12 - Concentrações ruminiais de ácidos graxos de cadeia curta (mM) e nitrogênio amoniacal (mg/dL) de ovinos mestiços Dorper x Santa Inês alimentados com óleos vegetais

Variáveis ¹	Tratamentos				EPM ²	Efeito ³		
	Controle	Canola	Girassol	Mamona		Trat	H	T*H
Acetato (mM)	55,3a	46,6b	43,3b	43,2b	0,96	<0,01	<0,01	0,80
Propionato (mM)	15,8	15,2	15,9	13,5	0,34	0,55	<0,01	0,10
Isobutirato (mM)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,02	0,21	<0,01	0,10
Butirato (mM)	8,2a	5,8b	6,1b	5,3b	0,17	0,01	<0,01	0,41
Isovalerato (mM)	1,5	1,6	1,3	1,4	0,05	0,51	<0,01	0,15
Valerato (mM)	0,9	0,8	0,8	0,8	0,02	0,75	<0,01	0,22
A:P	3,6	3,1	2,8	3,2	0,05	0,18	<0,01	0,11
AGCC total (mM)	82,4a	70,8b	68,1b	65,0b	1,42	0,03	<0,01	0,73
pH	6,1b	6,3a	6,4a	6,3a	0,04	0,07	<0,01	0,37
N-NH ₃	17,3	16,5	15,3	17,4	0,65	0,78	<0,01	0,36

¹ mM: milimol, AGCC: ácidos graxos de cadeia curta, A:P: relação entre a concentração molar de acetato e propionato, N-NH₃: concentração ruminal de nitrogênio amoniacal.

² Erro padrão da média

³ Trat: efeito de tratamento, H: efeito de hora, T*H: efeito de interação entre tratamento e hora ($P<0,10$).

Apesar da digestibilidade da fibra não ter sido alterada, ocorreu redução na concentração de acetato no rúmen. A digestão de grãos ocorre em uma maior taxa em relação à digestão da celulose (RUSSEL; WILSON, 1996) e, provavelmente ao lipídeo. Nas dietas com óleo, houve uma redução da quantidade do milho na composição da ração (aproximadamente 10%), que por sua vez, ocasionou uma redução na disponibilidade de substrato para a fermentação no rúmen e, conseqüentemente resultou na diminuição das concentrações de acetato e butirato. Embasado nesta teoria, era de se esperar que a concentração molar de propionato também fosse reduzida, no entanto, a digestão do lipídeo no rúmen favorece a produção de ácidos graxos livres (os quais são submetidos à biohidrogenação) e glicerol, que por sua vez, é convertido em propionato no rúmen (CHALUPA et al., 1986).

Shingfield et al. (2008), ao incluírem diferentes teores de óleo de linhaça na dieta de vacas em lactação também relataram redução nas concentrações de acetato, apesar dos valores de AGCC não terem sido alterados.

A Figura 2 apresenta a concentração molar total dos AGCC no fluido ruminal em função dos tratamentos e das horas de colheita. A menor concentração total dos AGCC no fluido ruminal ($P=0,03$) nos tratamentos com óleo é devido à menor concentração tanto de acetato, quanto de butirato nestes tratamentos.

Figura 2 - Concentração molar total dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no fluido ruminal de cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês em função da adição de óleo de canola, girassol ou mamona na dieta

Normalmente, não é relatada na literatura, alteração dos valores de pH ruminal com a suplementação lipídica (ATHINKSON et al., 2006; BEAUCHEMIN; MCGINN; PETIT, 2007; MONTGOMERY et al., 2008; SHINGFIELD et al., 2008; HOMEM JUNIOR et al., 2010). No presente estudo, os valores médios de pH ruminal foram superiores ($P<0,01$) quando os animais receberam óleo na dieta, o que, provavelmente, está relacionado à menor concentração de AGCC.

Figura 3 - Valores de pH do fluido ruminal de cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês em função da adição de óleo de canola, girassol ou mamona na dieta

Em experimento com bovinos, Vargas et al. (2002) também relataram aumento de pH ruminal com o fornecimento de grãos e óleo de soja e afirmaram que este efeito pode ocorrer quando os animais são alimentados com lipídeos devido a uma provável queda do CMS e fermentação ruminal ou redução da degradação da fibra dietética que culmina na diminuição da produção de AGCC e, conseqüentemente impede a queda de pH ruminal. Com ovinos, Ivan et al. (2003) também verificaram aumento no pH ruminal de 6,1 para 6,5 devido à inclusão de 14% de grãos de girassol.

Homem Junior et al. (2010), embasado no trabalho de Hightshoe et al. (1991) em que o pH ruminal foi reduzido com a suplementação lipídica proveniente de gordura

animal e aumentou quando foi utilizado óleos vegetais, afirmam que os valores de pH, estão ainda, altamente relacionados com a fonte de lipídeo utilizada.

As dietas experimentais não afetaram a concentração ruminal de N-NH_3 , o que era esperado devido ao fato das dietas terem sido formuladas para serem isonitrogenadas e não ter sido observada alteração no CMS. O pico da concentração de N-NH_3 no rúmen ocorreu duas horas após o fornecimento das rações (Figura 4), sendo, portanto, observado efeito de horas.

Figura 4 - Concentração de nitrogênio amoniacal no fluido ruminal de cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês em função da adição de óleo de canola, girassol ou mamona na dieta

A amônia ruminal, originada da degradação de aminoácidos e do nitrogênio não protéico da dieta, quando não utilizada para a síntese de proteína microbiana, é absorvida pela parede do rúmen, atinge a corrente sanguínea e passa pelo fígado, onde é metabolizada para dar origem à uréia (MOURO et al., 2002), que pode ser excretada através da urina ou ainda, reciclado através da saliva.

Experimentos prévios com fluido ruminal de ovinos apresentaram resultados inconsistentes com o estudo de fontes de ácidos linoleico ou linolênico (GÓMEZ-CORTÉS et al., 2007; ZHANG et al., 2008) no que diz respeito à concentração de N-NH_3 .

De acordo com Mehrez, Oskov e McDonald (1977) e Satter e Slyter (1974), o máximo de atividade fermentativa ruminal é obtido quando o N-NH₃ alcança valores entre 5 e 23 mg/dL. Isto sugere que não houve deficiência de amônia no fluido ruminal para a síntese de proteína microbiana.

4.4 Conclusões

A adição de 3% de óleo de canola, girassol ou mamona em dietas com 50% de volumoso não apresentou efeito deletério sobre o consumo, digestibilidade dos nutrientes e pH ruminal, no entanto, reduziu a quantidade de acetato, butirato e AGCC total.

Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 19th ed. Arlington, 2000. 1219 p.

ATKINSON, R.L.; SCHOLLJEGERDES, E.J.; LAKE, S.L.; NAYIGIHUGU, V.; HESS, B.W.; RULE, D.C. Esterified fatty acids in sheep fed a high-concentrate diet supplemented with Site and extent of digestion, duodenal flow, and intestinal disappearance of total and high-linoleate safflower oil. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 84, p. 387-396, 2006.

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**, Savoy, v. 81, p. 2451-2458, 1998.

BATEMAN, H.G.; SPAIN, J.N.; ELLERSIECK, M.R. Influence of by-product feeds and tallow on lactation performance of Holstein cows during two seasons. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 79, p. 114-120, 1996.

BEAUCHEMIN, K.A.; MCGINN, S.M.; PETIT, H.V. Methane abatement strategies for cattle: lipid supplementation of diets. **Canadian Journal of Animal Science**, Alberta, v. 87, p. 431-440, 2007.

CAMPOS, F.P.; NUSSIO, C.M.B.; NUSSIO, L.G. **Métodos de análises de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 135 p.

CHALUPA, W.; VECCHIATELLI, B.; ESLER, A.E.; KRONFELD, D.S. Ruminal fermentation in vivo as influenced by long-chain fatty acids. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 69, p. 1293-1301, 1986.

CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination for urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, Washington, v. 8, p. 130-137, 1962

CORRÊA, S.V.; EZEQUIEL, J.M.B.; OLIVEIRA, P.S.N.; 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.

COTTYN, B.G.; BOUCQUE, C.V. Rapid method for the gas-chromatographic determination of volatile fatty acids in rumen fluid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 16, p. 105-107, 1968.

FILIPEK, J.; DVORAK, R. Determination of the volatile fatty acids content in the rumen liquid: comparison of gas-chromatography and capillary isotachopheresis. **Acta Veterinaria Brno**, Brno, v. 78, n. 4, p. 637-633, 2009.

GÓMEZ-CORTÉS, P.; FRUTOS, P.; MANTECÓN, A.R.; JUÁREZ, M.; DE LA FUENTE, M.A.; HERVÁS, G. 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**, Savoy, v. 91, p. 1560-1569, 2007.

HIGHTSHOE, R.B.; COCHRAN, R.C.; CORAH, L.R.; KIRACOFÉ, G.H.; HARMON, D.L.; PERRY, R.C. Effects of calcium soaps of fatty acids on postpartum reproductive function in beef cows. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 69, p. 4097-4103, 1991.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 82, p. 1791-1794, 1999.

HOMEM JUNIOR, A.C.; EZEQUIEL, J.M.B.; FÁVARO, V.R.; OLIVEIRA, P.S.N.; D'AUREA, 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**, Belo Horizonte, v. 62, n. 1, p. 144-153, 2010.

IVAN, M.; ENTZ, T.; MIR, P.S.; MIR, Z.; McALLISTER, T.A. Effects of sunflower seed supplementation and different dietary protein concentrations on the ciliate protozoa population dynamics in the rumen of sheep. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 83, p. 809-817, 2003.

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

MACHMÜLLER, A.; OSSOWSKI, D.A.; KREUZER, M. Comparative evaluation of the effects of coconut oil, oilseeds and crystalline fat on methane release, digestion and energy balance in lambs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 85, p. 41-60, 2000.

MAIA, M.O.; QUEIROGA, R.C.R.E.; MEDEIROS, A.N.; COSTA, R.G.; BOMFIM, M.A.D.; FERNANDES, M.F. Consumo, digestibilidade de nutrientes e parâmetros sanguíneos de cabras mestiças Moxotó suplementadas com óleos de licuri ou mamona. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 1, p. 149-155, 2010.

MATTOS, W.; PALMQUIST, D.L. Increased polyunsaturated fatty acid yields in milk of cows fed protected fat. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 57, n. 9, p. 1050-1054, 1974.

MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 38, n. 3, p. 437-443, 1977.

MONTGOMERY, S.P.; DROUILLARD, J.S.; NAGARAJA, T.G.; TITGEMEYER, E.C.; SINDT, J.J. Effects of supplemental fat source on nutrient digestion and ruminal fermentation in steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 86, p. 640-650, 2008.

MOURO, G.F.; BRANCO, A.F.; MACEDO, F.A.F. GUIMARÃES, K. C.; ALCALDE, C. R.; FERREIRA, R.A.; PROHMANN, P.E.F. Substituição do milho pela farinha de mandioca de varredura em dietas de cabras em lactação: fermentação ruminal e concentrações de uréia plasmática e no leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1840-1848, 2002.

NÖRNBERG, J.L.; STUMPF JR., W.; LÓPEZ, J.; COSTA, P.B. Valor do farelo de arroz integral como fonte de gordura na dieta de vacas jersey na fase inicial de lactação: digestibilidade aparente de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 2412-2421, 2004.

PALMQUIST, D.L.; GRIINARI, J.M. Milk fatty acid composition in response to reciprocal combinations of sunflower and fish oils in the diet. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 131, n. 3/4, p. 358-369, 2006.

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

PALMQUIST, D.L.; MATTOS, W.R.S. Metabolismo de lipídeos. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. cap. 10, p. 287-310.

RUSSELL, J.B.; WILSON, D.B. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 79, p. 1503-1509, 1996.

SAS INSTITUTE. **SAS systems for windows**: version 9. Cary, 2002.

SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 32, n. 2, p. 199-208, 1974.

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

SHINGFIELD, K.J.; AHVENJARVI, S.; TOIVONEN, V.; VANHATAL, 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**, Cambridge, v. 99, p. 971-983, 2008.

SWIFT, R.W. The caloric value of TDN. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 16, p. 753-756, 1957.

TORAL, P.G.; BELENGUER, A.; FRUTOS, P.; HERVÁS, G. Effect of the supplementation of a high-concentrate diet with sunflower and fish oils on ruminal fermentation in sheep. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.81, p. 119-125, 2009.

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**, Savoy, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

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**, Viçosa, v. 31, p. 522-529, 2002.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; ST.PIERRE, N.R. A therotically-based model for predicting total digestible nutrient values of forage and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 39, n. 1/2, p. 95-110, 1992.

WILES, P.G.; GRAY, I.K.; KISSLING, R.C. Routine analysis of proteins by Kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study using dairy products. **Journal of AOAC International**, Washington, v. 81, n. 3, p. 620-632, 1998.

ZHANG, C.M.; GUO, Y.Q.; YUAN, Z.P.; WU, Y.M.; WANG, J.K.; LIU, J.X.; ZHU, W.Y. Effect of octadeca carbon fatty acids on microbial fermentation, methanogenesis and microbial flora *in vitro*. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 146, p. 259-269, 2008.

5 DESEMPENHO, DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES E PARÂMETROS RUMINAIS DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM RAÇÕES CONTENDO ALTA PROPORÇÃO DE CONCENTRADO E ÓLEO DE CANOLA, GIRASSOL OU MAMONA

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de óleo de canola, girassol ou mamona na dieta sobre o desempenho de cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês. Adicionalmente foram avaliados a digestibilidade aparente dos nutrientes, os parâmetros ruminais e o metabolismo de nitrogênio das rações. Na avaliação de desempenho, 36 cordeiros machos, não castrados foram distribuídos em blocos completos casualizados, com quatro tratamentos e nove repetições. Os blocos foram definidos de acordo com o peso e idade inicial dos animais. Os tratamentos experimentais consistiram em quatro dietas contendo 90% de concentrado: uma dieta controle (sem óleo) e as outras contendo 3% de óleo de canola, girassol ou mamona (com base na matéria seca, MS). A adição de óleo nas rações não alterou ($P>0,10$) o consumo de matéria seca (CMS). Do mesmo modo, o consumo de proteína bruta, fibra em detergente neutro e de carboidratos não fibrosos também não diferiu ($P>0,10$) entre os tratamentos, entretanto, o consumo de extrato etéreo (CEE) aumentou com a adição de óleo nas dietas. A suplementação lipídica também não interferiu no ganho de peso médio diário (GMD) e conversão alimentar, sendo a média das dietas de 326,4 g e 3,0 kg MS/kg GMD, respectivamente. Na avaliação de digestibilidade dos nutrientes e parâmetros ruminais, quatro ovinos, canulados no rúmen com peso médio inicial de $72,7 \pm 2,7$ kg, foram distribuídos em um delineamento em quadrado latino 4×4 . Os animais foram alimentados com as mesmas rações do experimento de desempenho. Não houve diferença ($P>0,10$) no consumo de MS e nutrientes. Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, carboidratos não fibrosos, extrato etéreo e fibra em detergente neutro também não foram alterados ($P>0,10$). Os valores de NDT (% da MS) e ED (Mcal/kg de MS) foram maiores nos tratamentos com óleo, entretanto o CNDT e CED não diferiram entre as dietas. Não houve diferença entre os tratamentos para o balanço de nitrogênio e parâmetros ruminais, com exceção da concentração de amônia ruminal que reduziu com a adição de óleos na dieta. Os óleos de canola, girassol ou mamona podem ser adicionados (3% da MS) em dietas de alto teor de concentrado sem prejuízos no desempenho, assim como na digestibilidade dos nutrientes da dieta e nos parâmetros ruminais de cordeiros confinados.

Palavras-chave: Ganho de peso; Lipídeos; Metabolismo; Ovinos

Abstract

The objective of this trial was to determine the effect of adding canola, sunflower or castor oil on performance of crossbred Dorper x Santa Inês lambs. Additionally, the

apparent digestibility of nutrients, ruminal measures and nitrogen metabolism of diets were determined. In the performance trial, 36 lambs were allotted in a randomized complete block design with four treatments and nine replicates. Blocks were defined by weight and initial age. Experimental treatments consisted of four diets with 90% of concentrate: a control diet (no oil) and 3% canola, sunflower or castor oil added to the diet (dry matter basis). The inclusion of oil in the diet did not affect dry matter intake. Additionally, the intake of crude protein (CP) and neutral detergent fiber (NDF) were not affected by oil supplementation, however, the oil addition increased ether extract (EE) intake. There was no difference on average daily gain (ADG) and feed conversion, with average across diets of 326.4 g and 3.0 kg DMI/kg ADG, respectively. In the digestibility trial, four rams, ruminally cannulated (BW=72.7±2.73 kg) were assigned to a 4 x 4 Latin Square design. The lambs received the same diets of performance experiment. There was no difference in DM and nutrient intakes, except for EE, that was higher for supplemented animals. Dry matter, organic matter, crude protein, non fiber carbohydrates and neutral detergent fiber digestibility did not change among treatments ($P>0.10$), however oil diets increased EE digestibility. The oil addition increased values for total digestible nutrients (TDN) (%MS) and digestible energy (DE) (Mcal/kg DM), however, the TDN and DE intake did not alter. The nitrogen metabolism and ruminal measures didn't change ($P>0.10$) with the exception for ammonia concentration that decreased with oil addition. Canola, sunflower or castor oil can be added in high concentrate diet without detrimental effect on performance, digestibility and ruminal measures of confined ram lambs.

Keywords: Lambs; Lipids; Metabolism; Weight gain

5.1 Introdução

A ovinocultura é uma atividade em pleno desenvolvimento no Brasil, confirmado pelo interesse do mercado consumidor pelos seus produtos. Esse crescente aumento na demanda por carne ovina impulsionou o aumento da produção de cordeiros para abate, gerando a necessidade de melhoria nos sistemas de produção. Diante dessa situação, o confinamento da espécie ovina surge como opção viável e, conjuntamente, estratégias de alimentação devem ser mais bem estudadas com o objetivo de estabilizar a oferta deste produto no mercado (PARENTE et al., 2009).

Problemas associados ao uso de ingredientes de origem animal na dieta de ruminantes aumentaram o interesse na utilização de gordura de origem vegetal como suplementação de animais destinados à engorda (CASTRO et al., 2005). Lipídeos na forma de óleos vegetais têm sido muito utilizados na dieta de ruminantes com o intuito de aumentar a densidade energética, já que possuem valor energético elevado (NRC,

2007), capaz de promover melhor desempenho e qualidade da carcaça (MANSO et al., 2006). No entanto, sua utilização pode diminuir a ingestão de alimentos e reduzir a digestibilidade dos outros ingredientes da dieta, devido às modificações na digestão ruminal e hidrogenação de ácidos graxos no rúmen (DOREAU; CHILLIARD, 1997). Logo, a eficácia da utilização dos ácidos graxos suplementares com o objetivo de aumentar a densidade energética da dieta de animais ruminantes depende do seu efeito na digestibilidade dos outros nutrientes (HARVATINE; ALLEN, 2006).

O Brasil possui grande potencial para a produção de óleos vegetais, dentre os quais o girassol e a canola estão entre as principais fontes. Com a implantação do projeto de produção do biodiesel, outra oleaginosa que ganhou bastante destaque foi a mamona. O Brasil foi considerado o maior produtor mundial de mamona e exportador do seu óleo, no entanto, essa posição vem sendo ocupada atualmente pela Índia, seguida da China, sendo o Brasil o terceiro produtor mundial (OSAKI; BATALHA, 2008).

Apesar da grande escala de produção de óleos no Brasil, a disponibilidade de resultados com suplementação lipídica na dieta de ovinos de corte ainda é insuficiente. Com isso, objetivou-se avaliar a influência da inclusão dos óleos de canola, girassol ou mamona na dieta sobre o desempenho de cordeiros confinados, assim como digestibilidade dos nutrientes da dieta, balanço de nitrogênio e parâmetros ruminais.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Experimento 1: Desempenho de cordeiros confinados

5.2.1.1 Animais e instalações experimentais

O experimento foi conduzido no Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ). Foram utilizados 36 cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês com peso médio inicial de $21,2 \pm 3,2$ kg e idade média de 72 ± 7 dias. Os animais foram alojados, individualmente, em baias cobertas com piso de concreto com dimensões de 4,00 x 1,35 m, com cocho e bebedouros automáticos.

Todos os animais foram vacinados contra clostridiose e pasteurelose antes do início do experimento.

5.2.1.2 Período experimental, tratamentos e análises bromatológicas

Os animais foram confinados, até atingirem o peso vivo médio de 35 kg. Os mesmos foram pesados em balança eletrônica com precisão de 50 gramas, no primeiro e último dia de experimento após jejum alimentar de 14 horas, para determinação do ganho médio diário de peso corporal (GMD) dos animais.

As rações foram formuladas para serem isonitrogenadas (Tabela 13), sendo constituídas por 10% de volumoso e 90% de concentrado com base na matéria seca (MS), visando atender as exigências de cordeiros com potencial de crescimento moderado (NRC, 2007).

Tabela 13 - Proporção dos ingredientes e composição químico-bromatológica das dietas experimentais (% da MS)

Ingredientes	Tratamentos	
	Controle	Óleo
Feno de "coastcross"	10,0	10,0
Milho moído	72,5	68,8
Farelo de soja	14,3	15,0
Óleo ¹	-	3,0
Calcário	1,2	1,2
Suplemento Mineral ²	1,5	1,5
Cloreto de Amônio	0,5	0,5
Composição química		
Matéria Seca	89,2	89,6
Proteína bruta	15,6	15,6
Fibra em Detergente Neutro	26,5	25,9
Carboidratos não fibrosos	51,4	49,2
Extrato etéreo	3,4	6,3

¹ Inclusão de 3% de óleo de canola, girassol ou mamona

² Composição: Ca 13,4%, P 7,5%, Mg 1%, S 7%, Cl 21,8%, Na 14,5%, Mn 1100 mg/kg, Fe 500 mg/kg, Zn 4600 mg/kg, Cu 300 mg/kg, Co 40 mg/kg, I 55 mg/kg, Se 30 mg/kg.

Os tratamentos experimentais consistiram em quatro rações, sendo uma dieta controle (sem óleo) e as outras contendo 3% de óleo de canola, girassol ou mamona (%)

da MS). A proporção dos ingredientes, assim como a composição química dos tratamentos com óleo foram similares, tendo em vista que apenas a fonte de lipídeo foi alterada. O milho foi moído em um moinho da marca Nogueira[®] modelo DPM-4, desprovido de peneira, caracterizando uma moagem grosseira deste. O feno foi picado utilizando-se o mesmo equipamento provido de peneira com crivo de 1,0 cm. Todos os ingredientes do concentrado previamente pesados foram homogeneizados em um misturador horizontal da marca Lucato[®] com capacidade para 500 kg. Em todas as rações adicionou-se 25 g de monensina sódica por 100 kg de matéria original da ração total para controle de coccidiose. O óleo foi pesado diariamente em balança eletrônica com precisão de 5 gramas e misturado ao concentrado momentos antes da oferta, juntamente com o feno.

Na tabela 14 encontram-se os perfis lipídicos dos óleos utilizados no experimento.

Tabela 14 - Perfil de ácidos graxos dos óleos de canola, girassol e mamona

Ácido Graxo (%)	Canola	Girassol	Mamona
C16:0 (Palmítico)	4,4	6,5	1,3
C18:0 (Esteárico)	2,5	3,4	1,1
C18:1 (Oleico)	57,4	22,9	3,6
C18:1-OH (Ricinoleico)	-	-	81,1
C18:2 (Linoleico)	17,3	59,8	5,6
C18:3 ω -3 (Linolênico)	5,3	0,6	0,5
Outros	7,7	5,4	6,0

As rações foram pesadas em balança eletrônica com precisão de 20 gramas e ofertadas à vontade diariamente. Uma vez por semana, as sobras das rações foram pesadas para estimar o consumo de matéria seca (CMS) médio diário por unidade experimental. Foram realizadas amostras compostas por tratamento de 10% das sobras de cada semana.

As amostras das sobras, ingredientes e de cada partida de ração foram conservadas a -20 °C para posteriores análises no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP.

Depois de descongeladas, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley com peneira de crivos de 1 mm, para posterior determinação da matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE) segundo a AOAC (2000). A matéria orgânica (MO)

foi obtida por diferença entre o teor de MS e MM. O teor de fibra em detergente neutro (FDN) foi obtido com o uso de sulfito de sódio e enzima α -amilase termoestável (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991) com o auxílio do analisador de fibra modelo ANKON Fiber Analyser (ANKON[®] Technology Corp., Macedon, NY, EUA), descrito por Holden (1999). Os valores obtidos foram corrigidos para o teor de matéria seca a 105°C e cinzas após a incineração dos sacos.

A determinação do nitrogênio total foi realizada com base na combustão das amostras pelo analisador da marca LECO[®], modelo FP 528 (LECO[®], St Joseph, MI, EUA) com temperatura para combustão de 835°C (WILES; GRAY; KISSLING, 1998). O teor de proteína bruta foi obtido por meio da multiplicação do teor de nitrogênio total por 6,25.

5.2.1.3 Análise estatística

O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados com quatro tratamentos e nove repetições, sendo definidos previamente pelo peso e idade inicial dos animais.

Após o desmame, os cordeiros foram separados de acordo com as dietas experimentais fornecidas às ovelhas. O fato dos animais receberem o mesmo tipo de óleo que as ovelhas receberam durante a lactação, foi um pré-requisito para a blocagem dos animais.

Os dados foram analisados pelo PROC MIXED do pacote estatístico SAS (2002). As médias foram obtidas pelo comando LSMEANS e comparadas pelo teste de Tukey, sendo as médias consideradas significativas quando $P < 0,10$. Foi utilizado o seguinte modelo estatístico: $Y_{ijk} = M + B_i + T_j + E_{ij}$, em que: M = média geral; B_i = efeito do bloco; T_j = efeito do tratamento; E_{ij} = erro aleatório.

5.2.2 Experimento 2: Digestibilidade dos nutrientes, parâmetros ruminais e balanço de nitrogênio de ovinos alimentados com óleos vegetais em dietas com alto teor de concentrado

5.2.2.1 Animais e instalações experimentais

O experimento foi conduzido no Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), em Piracicaba, SP.

Foram utilizados quatro ovinos mestiços Dorper x Santa Inês canulados no rúmen com peso médio inicial de $72,7 \pm 2,73$ kg. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas metálicas para ensaios de metabolismo em um quadrado latino 4 x 4, com dimensões de 1,30 x 0,55 m, providas de cocho, bebedouro e sistema para colheita de fezes e urina separadamente.

5.2.2.2 Período experimental e tratamentos

O experimento teve duração de 84 dias, sendo dividido em quatro períodos de 21 dias. Os primeiros 17 dias de cada período foram destinados à adaptação dos animais às dietas e nos quatro dias subsequentes foram realizadas as colheitas de dados e amostras para determinação do consumo e digestibilidade aparente total da matéria seca e nutriente assim como balanço de nitrogênio e parâmetros ruminais (AGV, pH e N amoniacal).

Os tratamentos experimentais foram definidos a partir da adição de 3% de óleos vegetais em rações com relação volumoso:concentrado de 10:90 (Tabela 14), ou seja, mesma dieta utilizada no confinamento dos cordeiros.

O milho foi moído em um moinho da marca Nogueira[®] modelo DPM-4, desprovido de peneira, caracterizando uma moagem grosseira destes. O feno foi picado utilizando-se o mesmo equipamento provido de peneira com crivo de 1,0 cm. Todos os ingredientes do concentrado previamente pesados foram homogeneizados em um misturador horizontal da marca Lucato[®] com capacidade para 500 kg. O óleo foi pesado diariamente em balança eletrônica com precisão de 5 gramas e misturado ao concentrado momentos antes da oferta, juntamente com o feno.

5.2.2.3 Manejo alimentar e colheita de amostras

Todos os dias do período de colheita, as rações foram pesadas em balança eletrônica com precisão de 5 gramas e ofertadas à vontade às 7:30 da manhã. A quantidade de ração ofertada foi ajustada com base no consumo de ração obtido durante o período de adaptação dos animais, não permitindo-se sobras superiores a 10% da quantidade ofertada. Durante os quatro dias do período de colheita, às 7:30 da manhã, foram pesadas as sobras de ração, para obtenção do CMS por animal, e a quantidade total de fezes produzidas em 24 horas. Para a colheita de fezes, utilizou-se arreios providos de bolsa coletora de fezes, com o objetivo de evitar a mistura de fezes e urina.

5.2.2.4 Análises laboratoriais e cálculos

Amostras de alimento oferecido, sobras e fezes (10% da quantidade total) foram colhidas, formando assim amostras compostas por animal, e conservadas a -20°C, para posteriores análises no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da ESALQ - USP. As amostras de fezes foram descongeladas e secas em estufa de ventilação forçada (55°C) por 72 horas, e moídas em moinho tipo Wiley com peneiras com crivos de 1 mm, juntamente com as amostras da ração ofertada, assim como as sobras.

As determinações de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE) foram realizadas de acordo com a AOAC (2000). Para a análise do EE das fezes, foi utilizado o éter acidificado com ácido acético a 10% para remover os sais de ácidos graxos (MATTOS; PALMQUIST, 1974).

A matéria orgânica foi obtida por diferença entre o teor de MS e MM. O teor de fibra em detergente neutro (FDN) foi obtido com o uso de sulfito de sódio e α -amilase termoestável (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991) com o auxílio do analisador de fibra modelo ANKON Fiber Analyser (ANKON® Technology Corp., Macedon, NY, EUA), como descrito por Holden (1999). Os valores obtidos foram corrigidos para cinzas após a incineração dos sacos. Os valores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram

calculados de acordo com Van Soest, Robertson e Lewis (1991) e os nutrientes digestíveis totais (NDT) conforme Weiss, Conrad e St Pierre (1992) a partir das fórmulas: $CNF = 100 - (FDN + PB + EE + MM)$ e $NDT = PBD + (EED \times 2,25) + FDND + CNFD$, respectivamente, A concentração de energia digestível (ED) foi calculada conforme Swift (1957) pela fórmula: $ED \text{ (Mcal/kg)} = 0,04409 \times NDT \text{ (\%)}$.

A determinação do nitrogênio total foi realizada com base na combustão das amostras pelo analisador da marca LECO® (WILES; GRAY; KISSLING, 1998), modelo FP 528 com temperatura para combustão de 835°C. O teor de proteína bruta foi obtido por meio da multiplicação do teor de nitrogênio total por 6,25.

A digestibilidade aparente dos nutrientes no trato digestório total (DATT) foi calculada pela seguinte fórmula:

$$DATT \text{ (\%)} = \frac{(MSC \cdot NMS) - (MSF \cdot NMF)}{(MSC \cdot NMS)} \cdot 100, \text{ em que:}$$

MSC = matéria seca consumida;

MSF = matéria seca fecal;

NMF = porcentagem do nutriente na matéria seca fecal;

NMS = porcentagem do nutriente na matéria seca consumida.

Durante os quatro dias de colheita, a quantidade total de urina produzida em 24 horas foi colhida em recipiente plástico contendo ácido clorídrico (HCL - 6N), a fim de manter o pH sempre inferior a 3. O total colhido foi quantificado, homogeneizado e filtrado em tecido de algodão, em seguida 10% do volume total foram recolhidos e armazenados a -20°C para posterior determinação da concentração de nitrogênio total pelo método de Microkjeldahl (CAMPOS; NUSSIO; NUSSIO, 2004).

O balanço de nitrogênio foi calculado através das fórmulas abaixo apresentadas:

$$\text{Retenção de N (g/dia)} = (N_{\text{consumido}} - N_{\text{fezes}} - N_{\text{urina}});$$

$$\text{Retenção de N (\%N consumido)} = [(N_{\text{consumido}} - N_{\text{fezes}} - N_{\text{urina}}) / N_{\text{consumido}}]$$

$$\text{Retenção de N (\%N absorvido)} = [(N_{\text{consumido}} - N_{\text{fezes}} - N_{\text{urina}}) / N_{\text{consumido}}] \cdot \text{Absorção N}$$

5.2.2.5 Colheita de fluido ruminal

As amostras de conteúdo ruminal foram obtidas no 21^o dia de cada período, com intervalos de duas horas entre cada colheita que tiveram como início o momento da alimentação, sendo a hora zero o momento antes da oferta de alimento e 2, 4, 6, 8, 10 e 12 horas pós-fornecimento do alimento. Foram determinados N-amoniacal e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) do fluido ruminal.

Uma amostra representativa do conteúdo ruminal de cada animal foi colhida via cânula, sendo rapidamente filtrada em tecido de algodão, obtendo-se, aproximadamente 200 mL de fluido ruminal filtrado, e em seguida, foi utilizado para medição imediata do pH em potenciômetro digital (DIGIMED® DM20). A fase sólida do conteúdo ruminal que permaneceu no tecido após a filtração, foi devolvida ao rúmen.

Após a determinação do pH, retirou-se 2 alíquotas de 25 mL do fluido ruminal que foram armazenadas em frascos plásticos contendo 1,25 mL de ácido clorídrico e, congeladas a -20°C para posteriores análises de AGCC e N amoniacal.

5.2.2.6 Determinação de AGCC

Para a determinação de AGCC, 1,6 mL de fluido ruminal foi centrifugado (Sorvall Superspeed RC2-B, Newton, CT, EUA; 15.000 g; 15 minutos; 4°C) com 0,4 mL de solução 3:1 de metafosfórico 25% (Vetec Química Fina Ltda., Rio de Janeiro) com ácido fórmico 98-100% (Merck KGaA, Darmstadt, Alemanha; COTTYN; BOUCQUE, 1968; FILIPEK; DVORAK, 2009) + 0,2 mL de solução de ácido 2-etil-butírico 100 mM (padrão interno; PM=116,16; Sigma Chemie, GmbH, Steinheim, Alemanha). Após a centrifugação, aproximadamente 1,2 mL foi transferido para o *vial* cromatográfico.

Para a separação cromatográfica, 1 µL da amostra foi injetada com o auxílio de uma seringa de 10 µL em sistema *split* com razão 1:20 com fluxo de H₂ de 31,35 mL/min em cromatógrafo gasoso (7890-A, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EUA), equipado com um detector de ionização de chama (7683B, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EUA) e coluna capilar de sílica fundida DB-WAX (30m, 0,25 mm, 0,25 µm de

propilenoglicol, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EUA). A aquisição de dados foi realizada por meio do software ChemStation (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EUA).

O injetor e o detector foram mantidos a 260°C. A rampa de aquecimento do forno foi: 80°C (1 min), 120°C (20°C/min; 3 min), 205°C (10°C/min, 2 min), sendo 16,5 min o tempo total da corrida. O hidrogênio a 1,35 mL/min foi utilizado como gás de arraste. No detector, os fluxos de hidrogênio, ar sintético e nitrogênio (make up) foram mantidos a 40, 400 e 40 mL/min, respectivamente.

A curva de calibração externa foi feita com padrões cromatográficos (Chem Service, West Chester, PA, EUA) de ácido acético, propiônico, isobutírico, butírico, isovalérico e valérico. A mistura padrão de maior concentração (denominada “super alta”) continha 200 mM de ácido acético, 54 mM de ácido propiônico, 6 mM de ácido isobutírico, 45 mM de ácido butírico, 9 mM de ácido isovalérico e 9 mM de ácido valérico. As soluções padrões subsequentes foram obtidas diluindo-se a mistura “super alta” por 1/2 (“alta”), 1/4 (“média”), 1/8 (“baixa”) e 1/16 (“super baixa”). Em seguida, para a preparação dos *vials* de soluções-padrão foram incluídas as mesmas quantidades de solução 3:1 ácido metafosfórico: ácido fórmico e padrão interno usadas no preparo das amostras.

5.2.2.6 Determinação de N-NH₃

O segundo frasco de plástico de cada amostra foi descongelado para realização do N amoniacal pelo método colorimétrico descrito por Chaney e Marbach (1962), adaptado para leitor de microplaca (BIO – RAD, Hercules, CA, EUA), utilizando-se filtro para absorvância de 550 nm (CAMPOS; NUSSIO; NUSSIO, 2004).

5.2.2.7 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino 4 x 4, sendo quatro tratamentos, quatro animais e quatro períodos experimentais.

Foi realizada uma verificação da homogeneidade de variância através do teste de Hartley. Tendo-se homogeneidade de variância, prosseguiu-se com a análise de

variância, efetuada através do procedimento PROC MIXED do SAS empregando a metodologia de máxima verossimilhança restrita.

Para as variáveis relacionadas ao consumo, digestibilidade e metabolismo de nitrogênio, empregou-se o seguinte modelo de análise: $Y_{ijk} = M + T_i + V_j + P_k + E_{ijk}$, em que: Y_{ijk} = Observação do animal j , no período k , submetida ao tratamento i ; M = efeito geral da média; T_i = efeito do tratamento i , sendo $i = 1, 2, 3, 4$; V_j = efeito do animal j , sendo $j = 1, 2, 3$ e 4 ; P_k = efeito do período k , sendo $k = 1, 2, 3$ e 4 ; E_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação ijk .

As variáveis de parâmetros ruminais foram analisadas como medidas repetidas no tempo, conforme o modelo: $Y_{ijk} = M + T_i + V_j + P_k + W_{ij} + H_k + T_j \times H_k + E_{ijk}$, em que: Y_{ijk} = Observação do animal j , no período k , submetida ao tratamento i ; M = efeito geral da média; T_i = efeito do tratamento i , sendo $i = 1, 2, 3, 4$; V_j = efeito do animal j , sendo $j = 1, 2, 3$ e 4 ; P_k = efeito do período k , sendo $k = 1, 2, 3$ e 4 ; W_{ij} = resíduo associado à parcela; H_k = efeito da hora da coleta, sendo $k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$; $T_j \times H_k$ = interação entre tratamento e hora de coleta; E_{ijk} = erro experimental.

Em relação aos dados de medidas repetidas no tempo, foi necessária a seleção da estrutura de covariância mais adequada à variação das medidas dentro do tratamento para cada característica. Essa escolha foi baseada nos valores do Critério de Akaike Corrigido (AICC) e o Critério Bayseano de Schwarz (BIC), de forma que quanto menor os seus valores, melhor a matriz considerada. As características e respectivas estruturas de covariância escolhidas para a modelagem das medidas repetidas que melhor se ajustaram ao conjunto de dados foram: auto regressiva de primeira ordem (AR1) para as concentrações de acetato, ácidos graxos de cadeia curta total (AGCC) e isovalérico; componentes de variância (VC) para a concentração ruminal de amônia e butirato; auto-regressiva heterogênea de primeira ordem (ARH -1) para as variáveis pH, propionato, isobutirato e relação acetato:propionato (A:P); e Simetria composta heterogênea (CSH) para a concentração de ácido valérico.

As médias foram obtidas pelo comando LSMEANS e comparadas pelo teste de Tukey, sendo as médias consideradas significativas quando $P < 0,10$.

5.3 Resultados e Discussão

5.3.1 Desempenho Animal

A adição de óleo de canola, girassol ou mamona na dieta não alterou ($P>0,10$) o consumo de matéria seca (kg/d, % do PC e g/kg PC^{0,75}) (Tabela 15).

Resultados semelhantes foram encontrados com cordeiros alimentados com diferentes fontes de lipídeos (gordura protegida, óleo de girassol e grãos de girassol) na dieta (MANSO et al., 2009; HOMEM JÚNIOR et al., 2010) e diferentes teores (1,5; 3,0 e 4,5%) de gordura protegida (SALINAS et al., 2006).

No entanto, alguns trabalhos com suplementação lipídica de cordeiros confinados relataram redução no CMS, ao avaliarem diferentes teores (7, 14 e 21%) de grão de soja na dieta (URANO et al., 2006) e óleo de palma (0; 2,5; 5; 7,5 e 10%) no concentrado (DUTTA et al., 2008).

Tabela 15 - Peso inicial, peso final, consumo (matéria seca e nutrientes), ganho de peso médio diário, conversão alimentar dos cordeiros e dias de confinamento de acordo com as dietas experimentais

Variáveis ¹	Tratamentos				EPM ²	P ³
	Controle	Canola	Girassol	Mamona		
PI (kg)	21,5	21,3	21,0	20,9	0,55	0,81
PF (kg)	37,2	36,7	36,8	36,1	0,25	0,55
CMS (g/dia)	936,5	1019,0	945,8	929,4	18,88	0,15
CMS (%PC)	3,2	3,5	3,3	3,3	0,07	0,13
CMS (g/kg PC ^{0,75})	74,3	81,5	76,2	75,5	1,53	0,13
CMO (g/dia)	910,8	989,7	917,9	902,6	18,31	0,15
CPB (g/dia)	144,5	156,7	145,6	142,6	2,91	0,16
CFDN (g/dia)	255,0	265,4	244,3	242,1	4,92	0,15
CFDA (g/dia)	130,5	135,9	124,3	124,1	2,51	0,11
CEE(g/dia)	34,6b	64,1a	61,0a	58,2a	2,20	<0,01
GMD (g)	314,9	339,8	321,4	329,9	8,19	0,63
CA (kg MS/kg GMD)	3,0	3,0	3,0	2,9	0,07	0,75
DC	49,9	45,4	49,0	46,1	1,40	0,49

¹ PI: Peso inicial; PF: Peso Final; GMD: Ganho de peso médio diário; CMS: Consumo de matéria seca; CMS (%PC): Consumo de matéria seca em porcentagem do peso corporal; CMS (g/kg PC^{0,75}): Consumo de matéria seca em gramas por quilo de peso metabólico; CPB: Consumo de proteína bruta; CMO: Consumo de matéria orgânica; CFDN: Consumo de fibra em detergente neutro; CEE: Consumo de extrato etéreo; CA: Conversão alimentar; DC: Dias de confinamento.

²Erro padrão da média.

³ Probabilidade de haver diferença entre os tratamentos ($P<0,10$).

Os resultados controversos obtidos com a adição de lipídeos na dieta de ruminantes não pode ser atribuído somente ao tipo e quantidade de gordura adicionada, mas também à composição da dieta basal (MANO et al., 2009). Neste estudo, 3% de óleo foram adicionados na dieta, assim o teor de EE representou 3,4% da MS no tratamento controle e 6,3% da MS no tratamento com óleo. Normalmente, a redução no CMS é percebida quando o teor EE na dieta ultrapassa 7% na MS (PALMQUIST; JENKINS, 1980).

Além do fato do CMS ter permanecido inalterado neste estudo, as dietas eram isonitrogenadas e possuíam teores de fibra semelhantes, com isso, o consumo de proteína bruta e fibra em detergente neutro também não foram modificados ($P>0,10$). Já o consumo de extrato etéreo dos animais alimentados com óleo de canola, girassol ou mamona superou o consumo dos animais submetidos à dieta controle, devido ao seu maior suprimento de extrato etéreo.

A adição de óleos na dieta não alterou o GMD dos cordeiros. Os dados estão de acordo com o NRC (2007) que recomenda GMD entre 200 e 400 gramas/dia para animais com peso médio de 30 kg.

Esperava-se aumento no ganho de peso desses animais, já que as dietas com óleo possuíam maior densidade energética e o CMS não foi alterado. Kott et al. (2003) não encontraram alteração no CMS com a suplementação lipídica, entretanto, os animais alimentados com sementes de cártamo apresentaram maior GMD. Por outro lado, Urano et al. (2006) não encontraram alteração no GMD, entretanto foi observada redução linear do CMS com a inclusão de diferentes teores de grão de soja na dieta de cordeiros Santa Inês.

Em concordância com este estudo, Mano et al. (2009) não observaram diferença no CMS e GMD de cordeiros alimentados com 4% de óleo de girassol ou óleo de palma hidrogenado de cordeiros.

Os resultados encontrados neste trabalho para GMD (332,6 g/dia) são superiores aos de Mano et al. (2009) que compararam diferentes fontes de lipídeos na dieta (257 g/dia), Homem Júnior et al. (2010) que avaliaram o efeito da adição de 15% de grãos de girassol ou 7% de gordura protegida na MS (250 g/dia) e Urano et al. (2006) que testaram a adição de grãos de soja (277 g/dia).

Esse maior GMD em relação aos resultados encontrados na literatura se deve ao genótipo do animal utilizado (Dorper x Santa Inês). Sabe-se que a raça Dorper possui um grande potencial para ganho de peso. Aliado a isto, a dieta utilizada no experimento continha alta teor de concentrado (90% na MS), com objetivo de elevar o ganho de peso e reduzir o tempo de confinamento.

A gordura contém mais energia do que os carboidratos, portanto espera-se aumento na eficiência de utilização da ração consumida, quando a concentração energética da ração é aumentada, desde que o CMS não seja afetado (GIBB et al., 2004). No entanto, neste estudo não foi observada alteração na conversão alimentar (CA), provavelmente, devido à ausência de efeito tanto no GMD, como no CMS dos cordeiros.

Ao incluir três níveis (1,5; 3,0 e 4,5%) de gordura protegida numa dieta controle, Salinas et al. (2006) não detectaram efeitos sobre a conversão de alimento. Yamamoto et al. (2005) também não relataram diferença neste parâmetro com a inclusão de óleo de soja, canola ou linhaça na dieta de cordeiros confinados.

Os resultados encontrados nesta pesquisa indicam melhor conversão alimentar em comparação aos resultados encontrados na literatura (MANSO et al., 2009; URANO et al., 2006; HOMEM JUNIOR et al., 2010), provavelmente devido ao alto GMD dos cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês.

A inclusão de fontes de lipídios é uma forma de elevar a densidade energética da dieta com o objetivo de reduzir o tempo de confinamento (YAMAMOTO et al., 2005), no entanto, não foi observado efeito da adição de lipídeos sobre o tempo de confinamento de cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês, devido provavelmente à semelhança dos pesos inicial e final, assim como o GMD, dos animais no experimento.

O período médio de confinamento foi de 47 ± 8 dias, permitindo que os cordeiros fossem terminados precocemente, uma vez que no início do experimento, possuíam em média 72 ± 7 dias de idade.

5.3.2 Digestibilidade, parâmetros ruminais e balanço de nitrogênio

A adição de óleo de canola, girassol ou mamona na dieta de ovinos com alto teor de concentrado não alterou o CMS (Tabela 16). Em concordância com este estudo, Toral et al. (2009), ao avaliarem a adição de uma combinação de óleos de girassol e peixe em dieta com alto grão, totalizando uma concentração de EE de 6,5% e Santos et al. (2009), ao estudarem a inclusão de grãos de canola na dieta de ovinos também não observaram alteração no CMS. Em trabalho realizado com bovinos, a adição de óleo de canola, milho ou a combinação destes com óleo de peixe, da mesma forma, não afetou o CMS (DUCKETT; GILLIS, 2010).

Tabela 16 - Peso corporal (PC), peso metabólico (PC^{0,75}) e consumo de nutrientes de ovinos Santa Inês alimentados com óleos vegetais

Variáveis ¹	Tratamentos				EPM ²	P ³
	Controle	Canola	Girassol	Mamona		
PC (kg)	83,2	80,1	79,8	78,7	1,73	0,52
PC^{0,75} (kg)	27,5	26,8	26,7	26,4	0,43	0,52
Consumo MS						
g/d	1280,1	1460,8	1413,1	1354,78	53,69	0,62
g/kgPC ^{0,75}	46,5	55,1	53,3	51,2	2,21	0,58
Consumo MO						
g/d	1254,82	1437,57	1377,87	1320,22	51,94	0,58
g/kgPC ^{0,75}	45,6	54,2	52,0	49,9	2,15	0,56
Consumo PB						
g/d	180,9	211,6	202,2	196,0	9,40	0,63
g/kgPC ^{0,75}	6,6	8,0	7,6	7,4	0,38	0,58
Consumo FDN						
g/d	364,7	396,1	389,6	371,8	13,41	0,83
g/kgPC ^{0,75}	13,3	15,0	14,7	14,1	0,56	0,77
Consumo EE						
g/d	51,9b	98,0a	91,9a	92,6a	6,00	<0,01
g/kgPC ^{0,75}	1,9b	3,7a	3,5a	3,5a	0,23	<0,01
Consumo CNF						
g/d	657,1	731,8	694,3	659,9	25,83	0,68
g/kgPC ^{0,75}	23,9	27,6	26,2	24,9	1,07	0,67

¹PC: Peso corporal; MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; EE: extrato etéreo; CNF: carboidratos não fibrosos.

²Erro padrão da média.

³Probabilidade de haver diferença entre os tratamentos (P<0,10).

Os consumos de MO, PB e FDN também não foram modificados, o que está intimamente relacionado com o resultado encontrado para CMS, já que as dietas eram isonitrogenadas e possuíam concentrações muito próximas de FDN e MS. O consumo

de extrato etéreo se apresentou maior à medida que os óleos foram adicionados às dietas, o que era esperado devido à maior concentração de extrato etéreo das dietas com óleo.

Há uma idéia difundida que o fornecimento de ácidos graxos insaturados pode ser prejudicial à fermentação ruminal (MANSO et al., 2009), fato este que não foi observado neste estudo, o que pode ser comprovado pela ausência de efeito ($P>0,10$) na digestibilidade aparente de matéria seca (DAMS), matéria orgânica (DAMO), proteína bruta (DAPB), extrato etéreo (DAEE), carboidratos não fibrosos (DCNF) e digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) (Tabela 17).

Dentre os diversos fatores que podem causar variação na digestibilidade da MS e de nutrientes, estão incluídos: teor relativamente baixo de gordura na dieta basal (3,4% neste estudo); fontes de gordura com ácidos graxos na forma esterificada (triglicerídeos) e quantidade de ácidos graxos insaturados condizentes com a capacidade de hidrogenação dos microrganismos no rúmen (NÖRNBERG et al., 2004). Sendo assim, um ou mais desses fatores podem ter contribuído de forma isolada ou conjunta para a ausência de efeito na digestibilidade dos nutrientes.

Tabela 17 - Digestibilidade dos nutrientes, consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) e de energia digestível (ED) de ovinos Dorper x Santa Inês alimentados com alto teor de concentrado e óleos vegetais

Variáveis ¹	Tratamentos				EPM ²	P ³
	Controle	Canola	Girassol	Mamona		
DAMS	82,9	82,9	84,2	84,5	0,43	0,50
DAMO	84,6	84,9	85,8	86,1	0,39	0,64
DAPB	79,8	78,3	81,0	81,9	0,64	0,35
DFDN	63,2	60,4	64,9	66,0	1,24	0,46
DAEE	79,3	75,0	73,0	80,8	1,47	0,39
NDT (%MS)	87,6b	91,5a	91,4a	91,9a	0,59	<001
NDT (g/d)	1120,6	1333,5	1293,0	1242,8	48,60	0,43
ED (Mcal/kg MS)	3,9b	4,0a	4,0a	4,1a	0,03	0,01
ED (Mcal/d)	4,9	5,9	5,7	5,5	0,21	0,43

¹DAMS: digestibilidade aparente da matéria seca; DAMO: digestibilidade aparente da matéria orgânica; DAPB: digestibilidade aparente da proteína bruta; DFDN: digestibilidade da fibra em detergente neutro; DAEE: digestibilidade aparente do extrato etéreo; NDT: nutrientes digestíveis totais; ED: energia digestível.

²Erro padrão da média.

³Probabilidade de haver diferença entre os tratamentos ($P<0,10$).

Da mesma forma, Duckett e Gillis (2010) não encontraram diferença na DAMS de bovinos alimentados com 4% de óleo de canola ou milho ou na combinação destes com óleo de peixe. Kucuk, Hess e Rule (2004), ao adicionarem teores crescentes de óleo de soja (0; 3,2; 6,3 e 9,4%) na MS da dieta de ovinos submetidos a restrição alimentar (CMS=1,4% do peso vivo) também não encontraram alteração na DAMS, DAMO e DFDN.

Toral et al. (2009), ao avaliarem a inclusão de uma combinação de óleos de girassol e peixe em dieta com alto grão, não encontraram diferença na taxa de desaparecimento dos nutrientes, afirmando também que o óleo adicionado não apresentou efeito negativo na fermentação ruminal. Segundo os mesmos, embora a dieta de alto grão tivesse limitado o número de bactérias celulolíticas predominantes, que são geralmente mais afetadas com a suplementação lipídica, outras bactérias capazes de digerir fibra podem ter assumido este papel, o que pode explicar a ausência de efeito na degradação da fibra.

Embora a extensão da hidrólise seja, geralmente, maior que 85%, alguns fatores podem modificá-la, como por exemplo, o aumento do nível de gordura na dieta (BEAM et al., 2000) e redução do pH ruminal (VAN NEVEL; DEMEYER, 1995). O fornecimento de dietas com baixos teores de volumosos tem afetado as taxas de extensão da hidrólise, uma vez que ocorre a inibição da atividade de crescimento dos microrganismos responsáveis pela atuação no metabolismo dos lipídeos (LATHAM et al., 1972).

Os valores de NDT (% da MS) e concentração de ED (Mcal/kg de MS) foram maiores com a adição de óleo na dieta, devido à maior densidade energética dos óleos. Como não houve efeito da adição de óleo sobre o CMS, esperava-se aumento dos consumos de NDT (kg/dia) e ED (Mcal/dia) dos animais alimentados com óleos, que embora os valores tenham sido maiores, não apresentou diferença estatística.

A suplementação lipídica não afetou ($P>0,10$) as concentrações molares de acetato e AGCC total (Tabela 18), concordando com os dados encontrados para digestibilidade da matéria seca e nutrientes (Tabela 17).

Tabela 18 - Concentrações ruminiais de ácidos graxos de cadeia curta (mM), pH e amônia (mg/dL) de ovinos mestiços Dorper x Santa Inês alimentados com óleos vegetais

Variáveis ¹	Tratamentos				EPM ²	Efeito ³		
	Controle	Canola	Girassol	Mamona		Trat	H	T*H
Acetato (mM)	43,5	48,6	51,6	43,4	0,83	0,15	<0,01	0,69
Propionato (mM)	22,7	30,3	28,4	23,5	1,11	0,46	<0,01	0,59
Isobutirato (mM)	0,5	0,6	0,6	0,6	0,02	0,79	<0,01	0,73
Butirato (mM)	8,7	9,0	10,2	7,7	0,24	0,39	0,10	0,76
Isovalerato (mM)	1,1	1,5	1,7	1,7	0,06	0,50	0,01	0,88
Valerato (mM)	1,0	0,9	1,0	0,9	0,03	0,24	<0,01	0,43
A:P	2,1	1,9	2,0	2,3	0,07	0,85	<0,01	0,22
AGCC (mM)	77,6	90,9	93,5	77,6	1,85	0,13	<0,01	0,56
pH ruminal	5,7	5,7	5,7	5,8	0,04	0,84	<0,01	0,21
Amônia (mg/dL)	22,3a	17,1b	16,2b	18,9ab	0,61	0,02	<0,01	0,18

¹ AGCC: ácidos graxos de cadeia curta, A:P: relação entre a concentração molar de acetato e propionato, N-NH₃: concentração ruminal de nitrogênio amoniacal.

² Erro padrão da média

³ Trat: efeito de tratamento, H: efeito de hora, T*H: efeito de interação entre tratamento e hora (P<0,10).

A adição de óleos vegetais também não alterou (P>0,10) as concentrações de propionato, isobutirato, butirato, isovalerato, valerato, pH ruminal e relação entre a concentração de acetato e propionato (A:P). Não foi observada interação entre tratamentos e horas, no entanto, observou-se efeito de horas para todas as variáveis estudadas, exceto para butirato.

A Figura 5 apresenta a concentração molar total dos AGCC no fluido ruminal em função dos tratamentos e das horas de colheita. Foi observado efeito de horas, no entanto não houve interação entre tratamento e horas.

Figura 5 - Concentração molar total dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no fluido ruminal de cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês em função da adição de óleo de canola, girassol ou mamona na dieta

Os valores das concentrações de amônia em função das horas após a alimentação estão apresentadas na Figura 6.

Figura 6 - Concentração de N-NH₃ no fluido ruminal de cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês em função da adição de óleo de canola, girassol ou mamona na dieta

O tratamento controle proporcionou aumento na concentração de N-NH_3 em relação aos tratamentos com óleo de canola e girassol. Não foi observada diferença entre tratamentos e interação ($P>0,10$) entre tratamentos e horas, entretanto, verificou-se efeito de horas ($P<0,01$), com o pico da concentração de N-NH_3 ocorrendo 2 horas após a oferta do alimento.

De acordo com Mehrez, Oskov e McDonald (1977) e Satter e Slyter (1974), o máximo de atividade fermentativa ruminal é obtido quando o N amoniacal alcança valores entre 5 e 23 mg N/dL. Isto sugere que não houve deficiência de amônia no fluido ruminal para a síntese de proteína microbiana.

Em geral, a adição de lipídeos na dieta não altera o pH ruminal (ZHANG et al.; 2008, TORAL et al., 2009, 2010). Em todos esses trabalhos, a inclusão de volumoso nas dietas experimentais foi maior ($\geq 20\%$ de volumoso na MS da dieta) do que a utilizada neste experimento (10% de feno), devido a este motivo, os valores de pH encontrados neste trabalho são inferiores aos encontrados na literatura.

De forma geral, os resultados de parâmetros de fermentação ruminal de animais alimentados com lipídeos ainda são inconsistentes, devido ao fato das respostas serem dependentes da relação volumoso:concentrado, tipo e quantidade de gordura adicionada à dieta.

Toral et al. (2009) ao testarem a adição da combinação de óleos de girassol e peixe em dieta com alto grão relataram diminuição na concentração de acetato e butirato e uma tendência à redução de AGCC no rúmen de animais alimentados com óleo, enquanto que a concentração de N-NH_3 não foi alterada. Zhang et al. (2008), ao testarem a inclusão de ácidos graxos com 18 carbonos em sua cadeia (ácido esteárico, oleico, linoleico e linolênico) e diferentes níveis de inclusão (35 e 70 gramas/kg) observaram diferença na concentração molar de acetato, propionato e butirato, no entanto, a concentração de AGCC, pH e amônia não foram alterados.

Toral et al. (2010), ao testarem a adição da combinação de óleos de girassol e peixe em dieta com alto grão não encontraram diferença nos parâmetros de fermentação ruminal, com exceção da concentração de butirato que foi maior no terceiro e décimo dia de fornecimento de óleo.

A adição de óleo de canola, girassol ou mamona não alterou ($P>0,10$) o consumo e o balanço de nitrogênio (Tabela 19).

Tabela 19 - Consumo e balanço de nitrogênio em ovinos alimentados com rações contendo diferentes tipos de óleos

Variáveis ¹	Tratamentos				EPM ²	P ³
	Controle	Canola	Girassol	Mamona		
Consumo N, g/d	28,8	35,1	32,6	33,0	2,51	0,84
N nas fezes, g/d	2,7	2,9	2,7	2,7	0,05	0,11
N na urina, g/d	17,8	18,7	18,5	18,3	0,86	0,96
N retido, g/d	8,5	12,3	11,2	10,3	1,08	0,66
% N consumido	28,8	35,1	32,6	33,0	1,50	0,84
% N absorvido	31,8	38,2	35,5	36,2	2,68	0,84

¹ g/d: gramas/dia

²EPM: Erro padrão da média

³ Probabilidade de haver diferença entre os tratamentos ($P<0,10$)

Como as dietas eram isonitrogenadas e não houve alteração no CMS, consequentemente, não foi observado diferença no consumo de N (g/dia) e N nas fezes (g/dia).

A quantidade de N contido na urina (g/dia) também não foi alterado ($P>0,10$), evidenciando que os tratamentos não promoveram nenhuma alteração no metabolismo de N.

A retenção de N é considerada uma boa estimativa da quantidade de N que estará disponível para a deposição de tecidos corporais (OWENS; ZINN, 1988). Devido à ausência de efeito das variáveis do N retido, pressupõe-se que a quantidade de N depositado para ganho de peso e para atividades metabólicas do animal seja o mesmo. Este dado é coerente com os resultados encontrados no experimento de cordeiros confinados, em que não houve alteração no desempenho.

Em concordância com este estudo, Dutta et al. (2008), ao incluírem diferentes quantidades (0; 2,5; 5; 7,5 e 10%) de óleo de palma no concentrado também não encontraram diferença para o consumo de N, quantidade de N nas fezes e urina. No entanto, houve aumento do N retido como %N absorvido dos animais alimentados com

5 e 7,5% de óleo de palma, o que está condizente com o maior ganho de peso dos animais submetidos a estes tratamentos.

5.4 Conclusões

A adição de óleos de canola, girassol ou mamona na dieta não modificou ($P>0,10$) o desempenho de cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês, assim como a digestibilidade dos nutrientes e parâmetros ruminais, comprovando que a inclusão de óleos vegetais pode ser utilizada como fonte de lipídeos na terminação de cordeiros em confinamento.

Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 19th ed. Arlington, 2000. 1219 p.

BEAM, T.M.; JENKINS, T.C.; MOATE, P.J.; KOHN R.A.; PALMQUIST, D.L. Effects of amount and source of fat on the rates of lipolysis and biohydrogenation of fatty acids in ruminal contents. **Journal Dairy Science**, Savoy, v. 83, p. 2564-2573, 2000.

CASTRO, T.; MANSO, T.; MANTECÓN, A. R.; GUIRAO, J.; JIMENO, V. Fatty acid composition and carcass characteristics of growing lambs fed diets containing palm oil supplements. **Meat Science**, Barking, v. 69, p. 757-764, 2005.

CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination for urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, Washington, v. 8, p. 130-137, 1962

COTTYN, B.G.; BOUCQUE, C.V. Rapid method for the gas-chromatographic determination of volatile fatty acids in rumen fluid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 16, p. 105-107, 1968.

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.

DUCKETT, S.K.; GILLIS, M.H. Effects of oil source and fish oil addition on ruminal biohydrogenation of fatty acids and conjugated linoleic acid formation in beef steers fed finishing diets. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 88, p. 2684-2691, 2010.

DUTTA, T.K.; AGNIHOTRI, M.K.; RAO, S.B.N. Effect of supplemental palm oil on nutrient utilization, feeding economics and carcass characteristics in post-weaned

Muzafarnagari lambs under feedlot condition. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 78, p. 66-73, 2008.

FILIPEK, J.; DVORAK, R. Determination of the volatile fatty acids content in the rumen liquid: comparison of gas-chromatography and capillary isotachopheresis. **Acta Veterinaria Brno**, Brno, v. 78, n. 4, p. 637-633, 2009.

GIBB, D.J.; OWENS, F.N.; MIR, P.S.; MIR, Z.; IVAN, M.; MCALLISTER, T.A. Value of sunflower seed in finishing diets of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 82, p. 2679-2692, 2004.

HARVATINE, K.J.; ALLEN, M.S. Effects of fatty acid supplements on ruminal and total tract nutrient digestion in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 89, p. 1092-1103, 2006.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 82, p. 1791-1794, 1999.

HOMEM JUNIOR, A.C.; EZEQUIEL, J.M.B.; FÁVARO, V.R.; OLIVEIRA, P.S.N.; D'AUREA, 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**, Belo Horizonte, v. 62, n. 1, p. 144-153, 2010.

KOTT, R.W.; HATFIELD, P.G.; BERGMAN, J.W.; FLYNN, C.R.; VAN WAGONER, H.; BOLES, J.A. Feedlot performance, carcass composition, and muscle and fat CLA concentrations of lambs fed diets supplemented with safflower seeds. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 49, n. 1, p. 11-17, 2003.

KUCUK, O.; HESS, B.W.; RULE, D.C. Soybean oil supplementation of a high-concentrate diet does not affect site and extent of organic matter, starch, neutral detergent fiber, or nitrogen digestion, but influences both ruminal metabolism and intestinal flow of fatty acids in limit-fed lambs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 82, p. 2985-2994, 2004.

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

MANSO, T.; CASTRO, T.; MANTECÓN, A.R.; JIMENO, V. Effect of palm oil and calcium soaps of palm oil fatty acids in fattening diets on digestibility, performance and chemical body composition of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 127, n. 3/4, p. 175-186, 2006.

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

MATTOS, W.; PALMQUIST, D.L. Increased polyunsaturated fatty acid yields in milk of cows fed protected fat. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 57, n. 9, p. 1050-1054, 1974.

MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 38, n. 3, p. 437-443, 1977.

NÖRNBERG, J.L.; STUMPF JR., W.; LÓPEZ, J.; COSTA, P.B. Valor do farelo de arroz integral como fonte de gordura na dieta de vacas Jersey na fase inicial de lactação: digestibilidade aparente de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 2412-2421, 2004.

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

OSAKI, M.; BATALHA, M.O. **Produção de biodiesel e óleo vegetal no Brasil: realidade e desafio**. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. Rio Branco: SOBER, 2008. Palestra, p.9-27.

OWENS, F.N.; ZINN, R. Protein metabolism of ruminant animals. In: CHURCH, D.C. (Ed.). **The ruminant animal**. Englewood Cliffs: Waveland Press, 1998. chap. 12, p. 227-249.

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

PARENTE, H.N.; MACHADO, T.M.M.; CARVALHO, F.C.; GARCIA, R.; ROGÉRIO, M.C.P.; BARROS, N.N.N.; ZANINE, A.M. Desempenho produtivo de ovinos em confinamento alimentados com diferentes dietas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61, n. 2, p. 460-466, 2009.

SALINAS, J.; RAMÍREZ, R.G.; DOMINGUEZ, M.M.; REYES-BERNAL, N.; TRINIDAD-LÁRRAGA, N.; MONTAÑO, M.F. Effects of calcium soaps of tallow on growth performance and carcass characteristics of Pelibuey lambs. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 66, n. 1/3, p. 135-139, 2006.

SANTOS, V.C.; EZEQUIEL, J.M.B.; OLIVEIRA, P.S.N.; 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.

SAS INSTITUTE. **SAS systems for windows**: version 9. Cary, 2002.

SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 32, n. 2, p. 199-208, 1974.

SWIFT, R.W. The caloric value of TDN. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 16, p. 753-756, 1957.

TORAL, P.G.; BELENGUER, A.; FRUTOS, P.; HERVÁS, G. Effect of the supplementation of a high-concentrate diet with sunflower and fish oils on ruminal fermentation in sheep. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.81, p. 119-125, 2009.

TORAL, P.G.; SHINGFIELD, K. J; HERVÁS, G.; TOIVONEN, V.; FRUTOS, P. Effect of fish oil and sunflower oil on rumen fermentation characteristics and fatty acid composition of digesta in ewes fed a high concentrate diet. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 93, n. 10, p. 4804-4817, 2010.

URANO, F.S.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; RODRIGUES, G.H.; ARAÚJO, R.C.; MATTOS, W.R.S. Desempenho e características da carcaça de cordeiros confinados alimentados com grãos de soja. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 10, p. 1525-1530, 2006.

VAN NEVEL, C.; DEMEYER, D.I. Lipolysis and biohydrogenation of soybean in the rumen in vitro: inhibition by antimicrobials. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 78, p. 2797-2806, 1995.

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**, Savoy, v.74, p. 3583-3597, 1991.

WILES, P.G.; GRAY, I.K.; KISSLING, R.C. Routine analysis of proteins by Kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study using dairy products. **Journal of AOAC International**, Washington, v. 81, n. 3, p. 620-632, 1998.

YAMAMOTO, S.M.; MACEDO, F.A.F.; ZUNDT, M.; MEXIA, A.A.; SAKAGUTI, E.S.; ROCHA, G.B.L.; REGAÇONI, C.T.; MACEDO, R.M.G. Fontes de óleo vegetal na dieta de cordeiros em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 703-710, 2005.

ZHANG, C.M.; GUO, Y.Q.; YUAN, Z.P.; WU, Y.M.; WANG, J.K.; LIU, J.X.; ZHU, W.Y. Effect of octadeca carbon fatty acids on microbial fermentation, methanogenesis and microbial flora in vitro. **Animal Feed Science and Technology**, New York, v. 146, p. 259-269, 2008.

6 CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA, COMPOSIÇÃO FÍSICO- QUÍMICA E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO MÚSCULO *LONGISSIMUS DORSI* DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM ÓLEOS VEGETAIS

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de óleo de canola, girassol ou mamona na dieta sobre as características da carcaça, composição físico-química e perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* de trinta e seis cordeiros, não castrados, mestiços Dorper x Santa Inês, abatidos com idade média de 120 dias e peso médio de 36,7 kg. Os animais ($21,2 \pm 3,2$ kg de peso inicial e 72 ± 7 dias de idade) foram alimentados com dietas contendo 90% de concentrado: uma dieta controle (sem óleo) e as outras contendo 3% de óleo de canola, girassol ou mamona (com base na matéria seca). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados que foram definidos de acordo com o peso e idade inicial dos animais. A inclusão de óleo de canola, girassol ou mamona na dieta não afetou ($P>0,10$) as características da carcaça. A adição de óleo de mamona elevou ($P<0,01$) o teor de extrato etéreo, sem afetar os teores de umidade, proteína, cinzas, FC (força de cisalhamento) e PC (perdas de água por cozimento). Os tratamentos controle e óleo de mamona promoveram ($P=0,01$) maior concentração de C16:0 na carne. Os animais alimentados com óleos de canola e girassol apresentaram menor quantidade de C16:1 na carne em comparação aos alimentados com mamona. A carne dos animais alimentados com óleo de girassol diminuiu ($P=0,02$) a concentração de C18:1 ω -9 e aumentou a concentração de C18:1 *trans* ($P<0,01$). Este óleo aumentou também a relação entre ácidos graxos ω 6: ω 3 em relação à dieta com óleo de mamona. A adição de óleo de mamona reduziu a concentração de ácido linoleico ($P=0,02$) e a relação entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados (P:S) ($P=0,03$) na carne em comparação à suplementação com os óleos de canola e girassol. A inclusão de óleos de canola e girassol aumentou ($P<0,01$) a concentração de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 (CLA) e C18:3 ω -6. O óleo de canola aumentou a concentração de C18:3 ω -3 e em relação às demais dietas. O ácido graxo C18:1-OH foi encontrado apenas na carne dos animais alimentados com óleo de mamona, devido à composição do óleo. Em conclusão, a adição de 3% de óleos de canola e girassol na dieta melhorou o perfil de ácidos graxos sem comprometer as características de carcaça e composição físico-química do músculo *Longissimus dorsi*.

Palavras-chave: Canola; Girassol; Mamona; Qualidade de carne

Abstract

The objective of this trial was to determine the effects of adding canola, sunflower or castor oil on carcass characteristics, physical-chemical composition and fatty acid (FA) profile in *Longissimus dorsi* of thirty six crossbred Dorper x Santa Inês lambs (BW=36.7 kg and 120 days years old). Animals (21.2 ± 3.2 kg initial BW and 72 ± 7 days years old) were fed with four diets with 90% of concentrate: a control diet (no oil) and 3%

of canola, sunflower or castor oil added diet (DM basis). The design used was complete randomized block that were defined by weight and initial age of the animals in the beginning of performance trial. The lipid supplementation did not affect carcass characteristics of lambs. Regarding the physical-chemical composition, the castor oil increased ($P<0.01$) the ether extract, without affecting ($P>0.10$) moisture, ash, protein, shear force and water-holding capacity. Control and castor diets increased concentrations of C16:0 in meat. Canola and sunflower diets decreased C16:1 compared of castor diet. Sunflower diet increased ($P<0.01$) concentrations of C18:1 *trans* and decreased ($P=0.02$) of C18:1 ω -9. Sunflower oil also increased ω 6: ω 3 ratio compared to castor oil. Castor oil decreased the concentration of C18:2 and polyunsaturated:saturated (PUFA:SFA) ratio compared to canola and sunflower oils. Canola and sunflower increased the concentration of C18:2 *cis*-9, *trans*-11 (CLA) and C18:3 ω -6. Canola oil increased the concentration of C18:3 ω -3. The FA C18:1-OH was present only in the castor oil diet, due to the composition of castor oil. Because of this, the addition of 3% of canola and sunflower oils in the diet improved the fatty acid profile, without affecting carcass characteristics and physical-chemical composition of *Longissimus dorsi* muscle.

Keywords: Canola; Castor; Sunflower; Quality of meat

6.1 Introdução

A adição de óleos vegetais tem sido bastante utilizada na dieta de ruminantes com o intuito de aumentar a densidade energética da dieta, além disso, a manipulação nutricional do ecossistema do rúmen é uma estratégia para alterar o conteúdo e a composição dos lipídeos da carne e do leite de ruminantes (DEMEYER; DOREAU, 1999).

A carne ovina é considerada uma fonte protéica de alto valor biológico (COSTA et al., 2009). Entretanto, o consumo da gordura contida neste alimento tem sido frequentemente, associada ao aumento da incidência de doenças coronárias, por representarem fontes de ácidos graxos saturados (JENKINS et al., 2008), e até mesmo o câncer, embora tenha sido evidente nos dias atuais que, a gordura animal também possui ácidos graxos com propriedades fisiológicas funcionais (NUERNBERG et al., 2008; WOOD et al., 2008).

Em revisão realizada por Wood et al. (2008) sobre lipídeos e qualidade de carne, estes autores recomendam aos consumidores redução na ingestão de gordura, especialmente aquelas ricas em colesterol e ácidos graxos saturados e aumento na

ingestão de gorduras mono e poliinsaturadas, com o objetivo de reduzir os riscos com obesidade, câncer e doenças cardiovasculares.

Entretanto, a composição de ácidos graxos tem pequena ou até mesmo não possui nenhuma influência no valor de mercado do produto (BANSKALIEVA; SAHLU; GOETSCH, 2000), o que desestimula os produtores de ovinos a investirem e adotarem métodos que busquem alterações na composição da gordura da carne.

Na Europa e em alguns países desenvolvidos da América do Norte, o consumo de carne de animais ruminantes tem reduzido, pelo fato de representarem fontes de ácidos graxos saturados (BAS et al., 2007). Para solucionarem este problema, a busca pela produção de animais com baixo teor de gordura e menores concentrações de gordura saturada e maiores de ácidos graxos mono e poliinsaturados nesses países têm crescido. Além da alteração na composição dos lipídeos dos produtos, a suplementação lipídica proporciona maiores taxas de ganho de peso e melhor acabamento de carcaça (MARINOVA et al., 2001).

De acordo com Bas e Morand-Fehr (2000), não apenas a quantidade, mas o tipo de lipídeo na dieta afeta consideravelmente a quantidade, distribuição e composição da gordura corporal, a qual por sua vez, é um dos fatores importantes na determinação da qualidade da carcaça e da carne.

Com isso, torna-se relevante o estudo com óleos compostos por diferentes ácidos graxos, como os óleos de canola, girassol e mamona. Com isso, objetivou-se avaliar o efeito da adição de óleo de canola, girassol ou mamona na dieta sobre as características de carcaça, composição físico-química e perfil de ácidos graxos de cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês.

6.2 Material e Métodos

6.2.1 Período experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido no Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), em Piracicaba, SP.

Foram utilizados 36 músculos *Longissimus dorsi* de cordeiros não castrados, mestiços Dorper x Santa Inês, com peso médio inicial de $21,2 \pm 3,2$ kg e idade média de 72 ± 7 dias quando do início do fornecimento das dietas experimentais.

Os cordeiros foram alimentados com rações formuladas para serem isonitrogenadas (Tabela 20), constituídas de 10% de volumoso (feno de “coastcross”) e 90% de concentrado na matéria seca (MS), visando atender as exigências de cordeiros em crescimento (NRC, 2007).

Tabela 20 - Proporção dos ingredientes e composição químico-bromatológica das dietas experimentais (% da MS)

Ingredientes	Tratamentos	
	Controle	Óleo
Feno de “coastcross”	10,0	10,0
Milho moído	72,5	68,8
Farelo de soja	14,3	15,0
Óleo ¹	-	3,0
Calcário	1,2	1,2
Suplemento Mineral ²	1,5	1,5
Cloreto de Amônio	0,5	0,5
Composição química		
Matéria Seca	89,24	89,55
Proteína bruta	15,56	15,56
Fibra em Detergente Neutro	26,49	25,86
Carboidratos não fibrosos	51,39	49,17
Extrato etéreo	3,42	6,28

¹ Inclusão de 3% de óleo de canola, girassol ou mamona

² Composição: Ca 13,4%, P 7,5%, Mg 1%, S 7%, Cl 21,8%, Na 14,5%, Mn 1100 mg/kg, Fe 500 mg/kg, Zn 4600 mg/kg, Cu 300 mg/kg, Co 40 mg/kg, I 55 mg/kg, Se 30 mg/kg.

Os tratamentos experimentais consistiram em quatro rações, sendo uma dieta controle (sem óleo) e as outras contendo 3% de óleo de canola, girassol ou mamona (% da MS). A proporção dos ingredientes, assim como a composição química dos tratamentos com óleo foram similares, tendo em vista que apenas a fonte de lipídeo foi alterada.

Na Tabela 21 encontram-se os perfis lipídicos dos óleos utilizados no experimento.

Tabela 21 - Perfil de ácidos graxos dos óleos de canola, girassol e mamona

Ácido Graxo (%)	Canola	Girassol	Mamona
C16:0 (Palmítico)	4,4	6,5	1,3
C18:0 (Esteárico)	2,5	3,4	1,1
C18:1 (Oleico)	57,4	22,9	3,6
C18:1-OH (Ricinoleico)	-	-	81,1
C18:2 (Linoleico)	17,3	59,8	5,6
C18:3 ω -3 (Linolênico)	5,3	0,6	0,5
Outros	7,7	5,4	6,0

6.2.2 Características de carcaça

Os animais foram abatidos quando atingiram peso corporal médio ao abate (PCA) de $36,7 \pm 1,5$ kg após jejum alimentar de 14 horas. Após o abate e evisceração, os cordeiros foram pesados, obtendo-se o peso da carcaça quente (PCQ), em seguida, as carcaças foram resfriadas por 24 horas em câmara de refrigeração a 4 °C. Após esse período, as carcaças foram novamente pesadas para a obtenção do peso da carcaça fria (PCF). Para a determinação do rendimento de carcaça quente (RCQ), rendimento de carcaça fria (RCF) e perda por resfriamento (PR) foram utilizadas as fórmulas que seguem: $RCQ = (PCQ/PCA) \times 100$; $RCF = (PCF/PCA) \times 100$; $PR = [(PCQ-PCF)/PCQ] \times 100$. Após as pesagens, as carcaças resfriadas foram seccionadas longitudinalmente em duas meias carcaças aproximadamente simétricas e, posteriormente o músculo *Longissimus dorsi* foi exposto entre a 12ª e 13ª vértebra torácica para a medição da espessura de gordura (EG), parede corporal (PC) e área de olho de lombo (AOL).

A medida de EG do músculo *Longissimus dorsi* foi determinada entre a 12ª e 13ª costela da parte posterior da meia carcaça por meio de paquímetro digital (Battery, modelo SR44) graduado em milímetros. Para a medida AOL, o contorno do músculo *L. dorsi* foi desenhado em papel vegetal do lado esquerdo e direito da carcaça. Posteriormente, a área do músculo foi determinada com auxílio de planímetro graduado em cm². A espessura de parede corporal (PC) foi medida 12,5 cm lateralmente da linha média da coluna vertebral entre a 12ª e 13ª vértebra torácica (NOTTER; GREINER; WAHLBERG, 2004), também por meio de paquímetro digital (Battery, modelo SR44)

graduado em milímetros. Da mesma forma que na EG, a AOL foi determinada nas duas meia carcaças e calculada a média para ter uma medida por animal.

6.2.3 Composição físico-química da carne

Após a avaliação da carcaça, foi retirado o músculo *Longissimus dorsi* de cada meia carcaça esquerda, que em seguida foram embalados a vácuo e armazenados a - 20°C para posterior determinação do perfil de ácidos graxos e teores de umidade, proteína, cinzas, extrato etéreo, perdas de peso por cozimento (PC) e força de cisalhamento (FC).

Os teores de umidade e cinzas foram determinados de acordo com a AOAC (2000). A análise de proteína foi realizada com base na combustão das amostras pelo analisador da marca LECO® (FP 528, St Joseph, MI, EUA) com temperatura para combustão de 835°C (WILES; GRAY; KISSLING, 1998). O teor de proteína bruta foi obtido por meio da multiplicação do teor de nitrogênio total por 5,88 (BALDWIN, 1995). O extrato etéreo foi obtido pelo analisador da marca LECO® (TFE 2000, St Joseph, MI, EUA) através da utilização do gás CO₂ comprimido como solvente.

As análises químicas da carne foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP e as análises de PC e FC foram realizadas na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - USP.

Para a análise de PC foi retirada uma amostra de aproximadamente 2,5 cm de espessura do músculo *L. dorsi* congelado, com auxílio de uma serra elétrica de fita. Essas amostras foram descongeladas por 12 horas em geladeira a 4°C, posteriormente foram pesadas em balança semi-analítica para obtenção do peso inicial das amostras (PI), e colocadas sobre grelhas em bandejas de alumínio. Em cada amostra, um termômetro individual com sonda metálica de perfuração (Good Cook Meat Thermometer) foi inserido até sua parte central. Em seguida, as amostras de carne foram assadas em forno elétrico a temperatura de 170°C até que a temperatura no centro geométrico dos bifes atingisse, aproximadamente 71°C. Ao atingirem a temperatura determinada, os bifes foram retirados do forno, e deixados em temperatura de 19°C até esfriar, e pesados novamente para a obtenção do peso final (AMSA 1995).

A PC foi calculada pela fórmula: $PC = (\text{Peso inicial do bife} - \text{peso final do bife}) / \text{Peso inicial do bife} \times 100$.

Após o cozimento e pesagem, os bifes foram refrigerados a 4,0 °C por 12 horas, em seguida, foram retirados de cada bife quatro cilindros de 12 mm de diâmetro cada, utilizando um vazador elétrico. Os cilindros foram retirados no sentido da fibra, evitando nervos e gordura, em seguida foram cortados no sentido transversal da fibra utilizando aparelho WARNER-BRATZLER para determinação da FC. Os valores da FC apresentados são oriundos da média aritmética resultante das quatro leituras obtidas de cada bife.

6.2.4 Determinação do perfil de ácidos graxos

Para a determinação da composição de ácidos graxos da carne, utilizou-se uma amostra de, aproximadamente 2 g retirada da porção central do músculo *Longissimus dorsi*. A amostra congelada foi homogeneizada em 20 mL de solução de clorofórmio e metanol (2:1) com o auxílio de um homogeneizador, desintegrador e emulsificador tipo Turrax (Marconi, MA102/PLUS). Em seguida o homogeneizado, foi centrifugado por 20 min a 2400 rpm em tubos Falcon, a porção líquida resultante foi transferida utilizando uma seringa de vidro para outro tubo Falcon de 50 mL. Adicionou-se 4,4 mL de solução de NaCl (1,5%) ao líquido e realizou-se nova centrifugação por 20 minutos a 2400 rpm. Este processo ocasionou a separação da mistura em duas fases, contendo uma camada de NaCl entre elas. Com auxílio da seringa de vidro, rompendo-se a camada de NaCl, retirou-se a fase inferior, onde encontram-se os componentes lipídicos diluídos em clorofórmio, e transferiu-se para um tubo com tampa. Para finalizar o processo de extração o conteúdo do tubo foi submetido a nitrogênio gasoso, até evaporação completa do solvente restando apenas a gordura (FOLCH; LEES; STANLEY, 1957).

Posteriormente, a alíquota do extrato de lipídeos foi metilada (KRAMER et al., 1997) e armazenada a -20 °C em frasco âmbar com capacidade para 2 mL, contendo nitrogênio para evitar oxidação.

Para a quantificação e determinação dos ésteres de ácidos graxos foi utilizado cromatógrafo gasoso (7890-A, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EUA) equipado com um detector de ionização de chama (7683-B, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EUA) e coluna capilar de sílica fundida (J & W 112-88A7, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EUA), de 100 m de comprimento e 250 µm de diâmetro interno, contendo 0,20 µm de cianopropil polisiloxano. A aquisição de dados foi realizada por meio do software ChemStation (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EUA).

Para a separação cromatográfica, um µl da amostra foi injetada com o auxílio de uma seringa de 10 µL em sistema *split* com razão 1:50. Hidrogênio foi utilizado como gás de arraste numa vazão de 1,0 mL/min e o nitrogênio como make-up com vazão regulada para 30 mL/min. A vazão do ar sintético foi mantida em 300 mL/min e as temperaturas do injetor e do detector foram 250 °C e 255°C, respectivamente.

A temperatura inicial do forno foi de 70°C, aumentando gradativamente a 5°C/minuto até atingir 100°C, temperatura esta que foi mantida por 2 minutos. Em seguida, com um aumento de 10°C/minuto, o forno atingiu temperatura de 175 °C permanecendo por 40 minutos. A terceira rampa correspondeu a uma temperatura final de 225°C através do aumento de 5°C/minuto. Em seguida com um aumento de 20°C/minuto, o forno atingiu a temperatura final de 245 °C, a temperatura final. O tempo total da corrida estipulado para a realização da análise foi de 87,5 minutos.

A identificação dos ácidos graxos foi realizada pela comparação do tempo de retenção de ésteres metílicos dos ácidos graxos dos padrões. Utilizou-se um padrão mix Supelco® de 37 compostos (Sigma Aldrich, St Louis, MO, EUA) e padrões individuais para a identificação dos ácidos graxos C18:1 trans-11, C18:2 cis-9, trans-11, C18:2 trans-10, cis-12 (Nu-Chek Prep, Inc., Elysian, MN, EUA) e C18:1 - OH (Sigma Aldrich, St Louis, MO, EUA).

6.2.5 Análise estatística

O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados com quatro tratamentos e nove repetições. Foi realizada uma verificação da homogeneidade de variância através do teste de Hartley. O modelo estatístico utilizado foi: $Y_{ijk} = \mu + \mu_i + \mu_j + \mu_k$

+ E_{ij} , em que: M = média geral; B_i = efeito do bloco; T_j = efeito do tratamento; E_{ij} = erro aleatório.

Nas variáveis relacionadas ao perfil de ácidos graxos: C12, C14:1, C16:1, C18:1trans, C18:2 cis-9, trans-11, C18:3 ω -6, C18:3 ω -3 não foi verificada homogeneidade de variâncias entre os tratamentos. Dessa forma, foi empregada uma transformação de Box-Cox para estas variáveis para a posterior realização da análise de variância.

A transformação de Box-Cox é dada pela equação $(y^\lambda - 1)/\lambda$, em que y é a observação original da característica e λ é um parâmetro ótimo determinado por um critério de máxima verossimilhança. Este processo foi efetuado pelo uso do procedimento PROC TRANSREG, do SAS.

Os dados foram analisados utilizando o PROC MIXED do pacote estatístico SAS (2002). As médias apresentadas foram comparadas pelo teste de Tukey, sendo as médias consideradas significativas quando $P < 0,10$.

6.3 Resultados e Discussão

A adição de óleo de canola, girassol ou mamona na dieta não alterou ($P > 0,10$) o PCA, PCQ, PCF, RCQ, RCF, PR e a espessura de gordura (EG) dos animais (Tabela 22). Os parâmetros de rendimento de carcaça são fortemente influenciados pelo peso de abate dos animais, como não foi encontrada alteração no PCA, este pode ter sido o motivo para os resultados relacionados à carcaça encontrados.

Segundo Sañudo e Sierra (1986), os rendimentos de carcaça variam de 40 a 60%, conforme a raça, os cruzamentos e o sistema de criação. Os maiores rendimentos das carcaças ovinas são encontrados em animais mais jovens, com aumento da idade, verifica-se redução no rendimento da carcaça em função do aumento do trato gastrointestinal.

Urano et al. (2006), ao avaliarem a inclusão de teores crescentes de grãos de soja na dieta de cordeiros Santa Inês reportaram valores médios de 48,9 e 47,7% para RCQ e RCF, respectivamente. Santos et al. (2009) encontraram RCQ de 46,12% e 45,62% de RCF de cordeiros alimentados com grãos de canola. Logo, os dados desta pesquisa

são compatíveis com os descritos por esses autores, em que foi encontrado médias de 49,14% e 47,83% para RCQ e RCF, respectivamente.

Tabela 22 - Peso ao abate e parâmetros de carcaça de cordeiros alimentados com óleo de canola, girassol ou mamona

Variáveis ¹	Tratamentos				EPM ²	P ³
	Controle	Canola	Girassol	Mamona		
Peso Corporal ao Abate (kg)	37,2	36,7	36,8	36,1	0,25	0,55
Peso Carcaça Quente (kg)	18,4	18,1	18,2	17,4	0,18	0,12
RCQ (%)	49,5	49,4	49,5	48,2	0,38	0,41
Peso Carcaça Fria (kg)	18,0	17,6	17,7	16,8	0,18	0,11
RCF (%)	48,4	48,1	48,2	46,7	0,37	0,24
Perdas por Resfriamento (%)	2,3	2,7	2,5	3,1	0,16	0,30
Espessura de gordura (mm)	1,9	1,6	1,7	1,7	0,10	0,94
Parede Corporal (cm)	12,2	13,8	14,0	12,8	0,37	0,36
AOL (cm ²)	14,7	13,8	14,3	13,1	0,32	0,30

¹RCQ: Rendimento de carcaça quente; RCF: Rendimento de carcaça fria, AOL: área de olho de lombo.

²Erro padrão da média.

³Probabilidade de haver diferença entre os tratamentos (P<0,10).

Os resultados encontrados na literatura com suplementação lipídica de cordeiros são bastante variados (URANO et al., 2006; MANSO et al., 2009; YAMAMOTO et al., 2005), o que se deve, principalmente, à quantidade, tempo de fornecimento e ao tipo de lipídeo que é adicionado à dieta.

Em concordância com este estudo, Castro et al. (2005), ao avaliarem o efeito da adição de óleo de palma ou sais de cálcio de ácidos graxos de óleo de palma e Santos et al. (2009) ao estudarem a influência da adição de grãos de canola palma na dieta de cordeiros também não encontraram diferença para estes parâmetros. Por outro lado, Yamamoto et al. (2005), ao estudarem o efeito de 3% de óleos vegetais (soja, canola e linhaça) na MS da dieta de cordeiros confinados encontraram maior peso ao abate para os animais que foram alimentados com óleo de canola.

Homem Junior et al. (2010), ao avaliarem o efeito da suplementação com grãos de girassol e gordura protegida, encontraram maior RCQ dos animais alimentados com gordura protegida em relação à dieta controle.

A perda por resfriamento (PR) indica o percentual de peso que é perdido durante o resfriamento da carcaça em função de alguns fatores, como perda de umidade e

reações químicas que ocorrem no músculo (BUENO et al., 2000). Neste estudo, os tratamentos não afetaram ($P>0,10$) a PR das carcaças devido à ausência ($P>0,10$) de efeito na espessura de gordura (EG). A quantidade de gordura de cobertura, ou seja, a espessura de gordura da carcaça determina maiores ou menores porcentagens de perda, pois a mesma atua como um isolante térmico, protegendo as carcaças contra o ressecamento causado pelo resfriamento (RIBEIRO et al., 2001).

Os valores de PR obtidos neste trabalho foram superiores aos encontrados por Santos et al. (2009), ao testarem a adição de grãos de canola na dieta de cordeiros confinados (1,09%) e equivalentes aos relatados por Urano et al. (2006) que, ao incluírem grão de soja na dieta de cordeiros Santa Inês em confinamento acharam valores entre 2,3 e 2,5% de PR, também não detectando diferença para esta variável com a inclusão de lipídeos na dieta.

Considerando os valores médios de EG obtidos neste trabalho, pressupõe-se que os maiores níveis de extrato etéreo das dietas que continham óleo não resultaram em maior deposição de gordura subcutânea. Em concordância com este estudo, Manso et al. (2009), ao incluírem 4% de óleo de palma hidrogenado ou óleo de girassol e Castro et al. (2005), ao investigarem a adição de diferentes teores de óleo de palma ou sais de cálcio de ácidos graxos de óleo de palma também não verificaram efeito sobre a EG. Por outro lado, Kott et al. (2003) relataram maior espessura de gordura na carne de cordeiros alimentados com grãos de cártamo em relação aos animais submetidos à dieta controle.

Urano et al. (2006) encontraram valores de EG de 1,5 mm para os animais alimentados com dieta controle e valores entre 1,3 e 1,7 mm para animais alimentados com diferentes teores de grão de soja. Santos et al. (2009) encontraram valores de 1,4 mm de EG para animais alimentados com grão de canola. Os valores encontrados neste trabalho foram similares aos encontrados por estes autores, no entanto, deve-se considerar que os mesmos trabalharam com a raça Santa Inês.

A utilização da raça Dorper em cruzamentos com a Santa Inês melhora a conformação e o acabamento de carcaça, obtendo carcaças com maiores espessuras de gordura (CARTAXO et al., 2011). Neste trabalho, o valor de EG foi considerado baixo para animais da raça Dorper x Santa Inês, o que pode estar relacionada à idade

reduzida dos cordeiros abatidos, os quais apresentaram média de 120 dias de idade. Animais jovens tendem a apresentar menor teor de gordura na carcaça, atendendo às exigências do mercado consumidor moderno.

A exigência de mercado para EG pode variar entre os consumidores de diferentes regiões, sendo necessárias pesquisas que visem determinar um padrão de qualidade para diferentes mercados consumidores (SANTOS et al., 2009). Entretanto, é desejável uma cobertura mínima de gordura que seja capaz de manter o balanço entre a capacidade de satisfazer a preferência do consumidor e garantir a conservação adequada da carcaça, evitando perda de água e queimaduras.

A medida de área de olho de lombo (AOL) tem como objetivo avaliar o índice de musculabilidade do animal, ou seja, é uma medida que, de certa forma, estima a quantidade de músculo na carcaça. Neste trabalho, não houve diferença ($P>0,10$) desta variável entre os tratamentos

Santos et al. (2009) relataram $14,85 \text{ cm}^2$ como valor médio de AOL de cordeiros alimentados com grãos de canola, também não encontrando diferença em relação à dieta controle. Em relação à PC, valores superiores aos encontrados aqui têm sido relatados na literatura (BURKE et al., 2003; ABDULKHALIQ et al., 2007), o que está intimamente relacionado ao maior peso ao abate (45 kg).

Em relação à composição química da carne (Tabela 23), os teores de umidade, proteína e cinzas não foram alterados ($P>0,10$). Em contrapartida, a adição de óleo de mamona aumentou o teor de gordura da carne em relação aos demais tratamentos.

Tabela 23 - Composição química (g/100g), perdas de água por cozimento (PC) e força de cisalhamento (FC) do músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros Dorper x Santa Inês alimentados com óleo de canola, girassol ou mamona

Variáveis	Tratamentos				EPM ¹	P ²
	Controle	Canola	Girassol	Mamona		
Umidade	74,8	75,7	75,5	75,7	0,30	0,72
Proteína	20,2	19,4	19,7	19,2	0,26	0,62
Extrato Etéreo	1,9b	1,7b	2,1b	2,5a	0,08	<0,01
Cinzas	1,0	0,9	0,9	0,9	0,01	0,21
PC (%)	21,1	19,9	19,2	24,2	1,17	0,56
FC (kg)	3,6	3,7	3,9	3,7	0,15	0,99

¹ Erro padrão da média

² Probabilidade de haver diferença entre os tratamentos ($P<0,10$)

Entende-se que a composição química da carne, de uma maneira geral, é menos susceptível a alterações quando comparada à composição do leite. Neste estudo, a adição de 3% de óleo pode não ter sido suficiente para alterar a composição química da carne de cordeiros, com exceção do óleo de mamona, cuja composição é basicamente o ácido ricinoleico (Tabela 21), que por sua vez possui propriedades particulares, conferindo resultados ainda não totalmente esclarecidos.

Santos et al. (2009) encontraram valores inferiores aos deste estudo para umidade (71,0%) e proteína bruta (16,1%) na carne de cordeiros alimentados com grão de canola. Enquanto que os valores de cinzas (2,4%) e extrato etéreo (9,7%) foram maiores.

As diferentes metodologias de extração da gordura existentes e até mesmo grande variação de uma mesma metodologia entre os diversos laboratórios, torna difícil a comparação dos valores relacionados ao teor de gordura na carne.

A força de cisalhamento (FC) é uma medida de maciez da carne, quanto maior a FC menor a maciez. No presente experimento, não foi verificado efeito ($P>0,10$) dos tratamentos sobre este parâmetro (Tabela 24). Os dados estão de acordo com Bessa et al. (2005) que encontraram valores entre 3,2 e 3,6 kg na carne de cordeiros alimentados com óleo de soja e diferentes tipos de concentrado.

Santos-Silva et al. (2003), avaliando a inclusão de sementes ou farelo de girassol, encontraram FC de 5,8 kg para a carne de animais alimentados com grão de girassol e afirmaram que esse valor é característico de carne macia. Santos-Silva et al. (2004), estudando a inclusão de óleo de soja ou tamanho da partícula do alimento encontraram valores superiores aos deste estudo (média de 8,1) e afirmaram que a adição de óleo na dieta não interferiu na FC da carne de cordeiros.

A perda de água por cozimento (PC) é uma medida diretamente relacionada ao rendimento da carne no momento do consumo, logo quanto menor o seu valor, melhor. Neste estudo não foi observada diferença para esta variável.

Os valores obtidos neste estudo foram superiores aos encontrados por Manso et al. (2009), que ao adicionarem óleo de girassol na dieta de cordeiros encontraram valores de 17,7% para PC e 17,6% para os animais alimentados com dieta controle.

Maiores PC da carne de cordeiros têm sido encontrados na literatura: 34,2 a 37,6% (SANTOS-SILVA et al., 2003), 39,2 a 40,9% (SANTOS-SILVA et al., 2004).

Aproximadamente 40% do total de ácidos graxos no músculo *Longissimus dorsi* foram saturados (Tabela 24), estando de acordo com os valores observados por Kott et al. (2003), ao avaliarem a adição de grãos de girassol na dieta de cordeiros.

Tabela 24 - Perfil de ácidos graxos (%) no músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros alimentados com óleos vegetais

Variáveis ¹	Tratamentos ²				EPM ³	P ⁴
	Controle	Canola	Girassol	Mamona		
Saturados	42,02	40,90	40,54	41,88	0,26	0,13
C10:0 (Cáprico)	0,16	0,15	0,13	0,17	0,01	0,60
C12:0 (Láurico)	0,12	0,14	0,12	0,14	0,01	0,54
C14:0 (Mirístico)	2,03	2,10	1,95	2,15	0,06	0,67
C16:0 (Palmítico)	23,00a	21,63b	21,77b	22,71a	0,22	0,07
C18:0 (Esteárico)	14,47	14,88	14,33	14,26	0,18	0,58
Monoinsaturados	45,66	45,26	45,36	47,46	0,53	0,41
C14:1 (Miristoleico)	0,18	0,18	0,34	0,25	0,03	0,16
C16:1 (Palmitoleico)	1,63ab	1,42c	1,47b	1,72a	0,04	0,02
C18:1 t (Oleico isômeros)	4,12b	4,00b	6,57a	3,88b	0,30	<0,01
C18:1 ω 9 (Oleico)	38,62a	38,47a	35,53b	39,99a	0,54	0,02
C18:1-OH (Ricinoleico)	nd	nd	nd	0,21	-	-
Poliinsaturados	12,32b	13,84ab	14,10a	10,67c	0,54	0,06
C18:2 ω-6 (Linoleico)	7,68ab	8,45a	9,03a	6,33b	0,34	0,02
C18:3 ω-3 (Linolênico)	0,21b	0,36a	0,21b	0,20b	0,02	<0,01
C18:3 ω-6 (γ-Linolênico)	0,13b	0,23a	0,18a	0,12b	0,02	0,04
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	0,31b	0,59a	0,44a	0,33b	0,03	<0,01
C18:2 <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12	0,15	0,17	0,18	0,15	0,01	0,56
Outros	7,19	7,23	7,64	7,42	0,21	0,88
M:S	1,09	1,11	1,12	1,14	0,02	0,77
P:S	0,29ab	0,34a	0,35a	0,25b	0,01	0,03
ω6: ω3	2,23ab	2,25ab	2,57a	2,03b	0,06	<0,01
(C18:0+C18:1)/C16:0	2,32	2,47	2,29	2,40	0,03	0,17

¹ M:S: Relação entre ácidos graxos monoinsaturados e saturados; P:S: relação entre ácidos graxos poliinsaturados e saturados; ω6:ω3: relação entre ácidos graxos da família ω6 e ω3.

² nd: não detectado

³EPM: Erro padrão da média.

⁴Probabilidade de haver diferença entre os tratamentos (P<0,10).

Os valores da composição do perfil de ácidos graxos foram similares aos encontrados na literatura (CASTRO et al., 2005; MANSO et al., 2009), em que os

ácidos graxos predominantes foram o oleico (C18:1 ω -9) seguido do palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0).

A adição de óleos de canola e girassol reduziram ($P=0,07$) a concentração de ácido palmítico, estando de acordo com os dados encontrado na literatura (BESSA et al., 2005; BOLES et al., 2005), que afirmam que o fornecimento de lipídeos ricos em ácidos graxos insaturados normalmente diminuem a concentração de C16:0.

Não foi observada alteração quanto à quantidade total de ácidos graxos saturados e monoinsaturados ($P>0,10$). Em relação aos ácidos graxos poliinsaturados, houve diminuição ($P=0,06$) destes quando os animais foram alimentados com óleo de mamona e aumento no caso da suplementação com óleo de girassol, enquanto que a carne dos animais alimentados com óleo de canola não diferiu da dieta controle.

O óleo de girassol possui mais de 60% de ácidos graxos poliinsaturados em sua composição, o que pode ter contribuído para as maiores concentrações destes na carne dos cordeiros. O óleo de mamona apresenta em sua composição 81,06% de ácido ricinoleico, que é um ácido graxo monoinsaturado. Devido a este motivo, este tratamento promoveu menor concentração de ácidos graxos poliinsaturados.

Os animais alimentados com óleos de canola e girassol apresentaram menor quantidade de C16:1 na carne em comparação aos alimentados com mamona. Em relação à dieta controle, houve redução apenas com o tratamento canola. A obtenção desses resultados é devido às respostas encontradas com o C16:0, que sofre a ações da enzimas no músculo e é convertido em C16:1.

Em concordância com este estudo, Manso et al. (2009), avaliando a inclusão de 4% de óleo de palma hidrogenado ou óleo de girassol também reportaram diminuição nos teores desse ácido graxo.

A adição de óleo de girassol diminuiu a quantidade de ácido oleico na carne. A redução de ácido oleico no tecido de ruminantes é frequentemente associado à suplementação com ácidos graxos poliinsaturados (BESSA et al., 2005; BOLES et al., 2005), devido a inibição da enzima responsável pela síntese *de novo* de ácidos graxos (BESSA et al., 2007).

Apesar do óleo de mamona conter menor quantidade de ácido oleico em sua composição (3,6%) frente aos óleos de canola (57,4%) e girassol (22,9%), contém

grande quantidade de ácido ricinoleico (Tabela 22), que por sua vez, é um isômero do ácido oleico. Isto sugere que, o aumento na concentração de ácido oleico na carne, verificada na dieta contendo óleo de mamona pode ser atribuído a síntese ruminal do ácido oleico, oriundo da biohidrogenação incompleta do ácido ricinoleico no rúmen. O óleo de canola possui grande quantidade de ácido oleico, o que favoreceu maior ingestão e absorção deste ácido graxo. Com relação à dieta controle, o milho contém maior quantidade de ácido oleico (35,3%) (RODRIGUES et al., 2010) quando comparado ao óleo de girassol. Nos tratamentos com óleo, parte do milho foi retirada para a adição deste ingrediente. Logo, todos esses fatores podem ter sido decisivos para que as dietas controle, canola e mamona apresentassem maior quantidade de C18:1 ω -9 em relação à carne de animais alimentados com óleo de girassol.

O ácido ricinoleico (C18:1 - OH) é encontrado exclusivamente no óleo de mamona, estando por isso presente apenas na carne dos animais alimentados com este óleo.

Os animais alimentados com óleo de canola ou girassol obtiveram maior teor de C18:2 ω -6 no músculo *Longissimus dorsi* em relação à carne dos animais alimentados com óleo de mamona, não havendo diferença entre os animais alimentados com as dietas contendo óleo e a controle. Isto ocorreu provavelmente, devido à menor concentração de ácido linoleico (5,6%) em sua composição (Tabela 21) frente aos óleos de canola (17,3%) e girassol (59,8%).

A maior concentração ($P < 0,10$) de C18:3 ω -3 e C18:3 ω -6 na carne de cordeiros alimentados com óleo de canola é devido à maior quantidade de ácido graxo linolênico na composição deste óleo (5,29%) em relação aos demais óleos estudados, e consequentemente, ao aumento da quantidade ingerida pelo animal.

Atualmente, através dos estudos já desenvolvidos, sabe-se que apenas dois isômeros do ácido linoleico conjugado desempenham importantes atividades fisiológicas, que são o *cis*-9 *trans*-11 e o *trans*-10 *cis*-12 (PARODI, 2003).

A adição de óleo de canola e girassol aumentou ($P < 0,01$) a concentração de CLA (C18:2 *cis*-9, *trans*-11) na carne em relação a dieta controle e a contendo óleo de mamona, não havendo diferença entre eles ($P > 0,10$). O fornecimento de óleos vegetais tende a aumentar a concentração deste ácido graxo na carne, devido à disponibilização

de maiores quantidades de ácidos graxos insaturados no rúmen, principalmente o linoleico. No rúmen, o ácido linoleico é utilizado como substrato para bactérias realizarem a isomerização e/ou biohidrogenação (SCHMID et al., 2006), processo que dar origem ao CLA (C18:2 *cis*-9, *trans*-11) como produto intermediário. Para o C18:2 *trans*-10, *cis*-12 não verificou-se efeito ($P>0,10$) dos tratamentos.

Em experimentos com ovinos, Mir et al. (2000), ao adicionarem 6% de óleo de girassol, também encontraram aumento no conteúdo de CLA (C18:2 *cis*-9, *trans*-11) no músculo. Aumento substancial na concentração de CLA também tem sido reportado na carne de bovinos na fase de recria e terminação quando o óleo de girassol foi adicionado à dieta (MIR et al., 2002; BASARAB et al., 2007).

Em contrapartida, Manso et al. (2009), apesar de terem observado aumento do C18:2 *trans*-10, *cis*-12 na carne de cordeiros, não encontraram alteração no C18:2 *cis*-9, *trans*-11 com a adição de óleo de girassol. Em estudo conduzido também com cordeiros, Bessa et al. (2005) observaram aumento no C18:2 *trans*-10 *cis*-12, mas afirmaram que o C18:2 *cis*-9, *trans*-11 não foi alterado em resposta à adição de óleo de soja em dietas com alto concentrado. Beaulieu, Drackley e Merchen (2002), ao adicionarem óleo de soja na dieta de bovinos com alto teor de concentrado acharam maiores valores para CLA *trans*-10, *cis*-12 na carne dos animais suplementados, mas também não encontraram alteração na quantidade de CLA *cis*-9 *trans*-11.

Geralmente, o C18:2 *cis*-9, *trans*-11 é encontrado em quantidade bem menor na carne de cordeiros e bovinos quando comparado ao leite (RAES; SMET; DEMEYER, 2004), assim como o aumento na sua concentração é menor na fração lipídica da carne do que do leite em situações de fornecimento de dietas similares (AHARONI; ORLOV; BROSH, 2004).

Dietas com alta proporção de concentrado, são associadas com altos teores de C18:1 *trans*-10 (BESSA et al., 2005). Em ruminantes alimentados com dietas contendo altas proporções de concentrado, a biohidrogenação do ácido linoleico pode ser alterada, favorecendo a formação de C18:2 *trans*-10, *cis*-12 que é reduzido a C18:1 *trans*-10 (GRIINARI; BAUMAN, 1999).

Embora no presente experimento, os picos correspondentes ao C18:1 *trans*-10 e ao seu isômero C18:1 *trans*-11 não puderam ser diferenciados, o pico foi interpretado como C18:1 *trans* (MANSO et al., 2009).

Sendo assim, os animais alimentados com óleo de girassol apresentaram maior concentração de C18:1 *trans*, este fato pode explicar a menor proporção de ácido oleico na carne desses animais, ou seja, pode ter havido maior isomerização do ácido oleico em C18:1 *trans*, motivo este que fez com que a carne dos animais que foram alimentados com óleo de girassol apresentassem menor quantidade de ácido oleico, já que não foi detectada diferença entre os tratamentos para o C18:2 *trans*-10, *cis*-12.

Em concordância com este estudo, Manso et al. (2009), avaliando a inclusão de 4% de óleo de palma hidrogenado ou óleo de girassol também reportaram aumento nos teores de C18:1 *trans* na carne dos animais alimentados com óleo de girassol. Bessa et al. (2005) observaram aumento no C18:1 *trans*-10, enquanto que o C18:1 *trans*-11 não diferiram estatisticamente em resposta à adição de óleo de soja em dietas com alto concentrado.

Toral et al. (2010), ao avaliarem a composição da digesta de ovinos alimentados com uma combinação de óleo de girassol e peixe, confirmaram que a adição de fontes de gordura ricos em C18:2 ω -6 aumentam o acúmulo de C18:1 *trans* no ambiente ruminal, devido provavelmente, à biohidrogenação incompleta no rúmen.

Não foi observada diferença entre os tratamentos ($P>0,10$) para a relação monoinsaturados:saturados. A adição de óleo de canola e girassol promoveram aumento ($P=0,03$) na relação entre ácidos graxos poliinsaturados:saturados em relação à carne dos animais alimentados com a dieta controle e com óleo de mamona. Desde que se sabe que AGS aumentam os níveis de colesterol do plasma e que os AGP reduzem os níveis de colesterol sanguíneo (COSTA et al., 2009), aumentos na relação AGP:AGS são desejáveis. O reduzido valor médio encontrado de 0,31 é característico de carne de ruminantes, devido à baixa concentração de C18:2 em comparação à carne suína (ENSER et al., 1996).

Houve efeito ($P<0,01$) da adição de óleo na relação $w6:w3$. A adição de óleo de girassol promoveu maior relação $w6:w3$ quando comparado à carne dos animais alimentados com óleo de mamona. No entanto, os valores médios de todos os

tratamentos estão dentro do recomendado por Wood et al. (2003) que reportam relação w6:w3 dos ácidos graxos poliinsaturados inferior a 4, considerada como ideal, a fim de evitar riscos de doenças coronárias.

Não foi encontrada alteração na relação (C18:0+C18:1)/C16:0. Pelo fato desses ácidos graxos representarem a maioria dos ácidos graxos, a relação (C18:0+C18:1)/C16:0 poderia descrever melhor possíveis efeitos benéficos dos diferentes tipos de lipídeos. Dados reportados na revisão de Banskalieva et al. (2000) demonstram que, normalmente, a relação (C18:0+C18:1)/C16:0 encontrada na literatura com cordeiros se situam entre 2 e 3, estando em concordância com os valores obtidos no presente experimento (Tabela 25).

6.4 Conclusão

A adição de 3% de óleos de canola e girassol na dieta de cordeiros confinados promoveram melhor composição de ácidos graxos sem comprometer as características de carcaça e composição físico-química do músculo *Longissimus dorsi*, comprovando que óleos com alta proporção de ácidos graxos insaturados podem ser adicionados em dietas de ruminantes proporcionando benefícios à qualidade do produto.

Referências

ABDULKHALIQ, A.M.; MEYER, H.H.; BUSBOOM, J.R. THOMPSON, J.M. Growth, carcass and cooked meat characteristics of lambs sired by Dorset rams heterozygous for the Callipyge gene and Suffolk and Texel rams. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 71, n. 1/3, p. 92-97, 2007.

AHARONI, Y.; ORLOV, A.; BROSH, A. Effects of high-forage content and oilseed supplementation of fattening diets on conjugated linoleic acid (CLA) and trans fatty acids profiles of beef lipid fractions. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 117, n. 1/2, p. 43-60, 2004.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION **Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness of fresh meat**. Chicago: American Meat Science Association; National Live Stock and Meat Board, 1995. 47p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**, 19th ed. Arlington, 2000. 1219 p.

BALDWIN, R.L. Energy requirements for maintenance and production. In: _____. (Ed.). **Modeling ruminant digestion and metabolism**. London: Chapman and Hall, 1995. p. 148-188.

BANSKALIEVA, V.; SAHLU, T.; GOETSCH, A.L. Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: a review. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 37, n. 3, p. 255-268, 2000.

BAS, P.; MORAND-FEHR, P. Effect of nutritional factors on fatty acid composition of lamb fat deposits. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 64, p. 61-79, 2000.

BAS, P.; BERTHELOT, V.; POTTIER, E.; NORMAND, J. Effect of level of linseed on fatty acid composition of muscles and adipose tissues of lambs with emphasis on trans fatty acids. **Meat Science**, Barking, v. 77, n. 4, p. 678-688, 2007.

BASARAB, J.A.; MIR, P.S.; AALHUS, J.L.; SHAH, M.A.; BARON, V.S.; OKINE, E.K.; ROBERTSON, W.M. Effect of sunflower seed supplementation on the fatty acid composition of muscle and adipose tissue of pasture-fed and feedlot finished beef. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 87, n. 1, p. 71-86, 2007.

BEAULIEU, A.D.; DRACKLEY, J.K.; MERCHEN, N.R. Concentrations of conjugated linoleic acid (cis-9, trans-11-octadecadienoic acid) are not increased in tissue lipids of cattle fed a high-concentrate diet supplemented with soybean oil. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 80, n. 3, p. 847-861, 2002.

BESSA, R.J.; 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**, Amsterdam, v. 96, n. 2/3, p. 185-194, 2005.

BESSA, R.J.B.; ALVES, S.P.; JERÔNIMO, E.; ALFAIA, C.M.; PRATES, J.A.M.; SANTOS-SILVA, J. Effect of lipid supplements on ruminal biohydrogenation intermediates and muscle fatty acids in lamb. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 109, n. 8, p. 868-883, 2007.

BOLES, J.A.; KOTT, R.W.; HATFIELD, P.G.; BERGMAN, J.W.; FLYNN, C.R. Supplemental safflower oil affects the fatty acid profile, including conjugated linoleic acid, of lamb. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.83, n. 9, p. 2175-2181, 2005.

BUENO, M.S.; CUNHA, E.A.; SANTOS, L.E.; RODA, D.S.; LEINZ, F.F. Características de carcaças de cordeiros Suffolk abatidos em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1803-1810, 2000.

BURKE, J.M.; APPLE, J.K.; ROBERTS, W.J.; BOGER, C.B.; KEGLEY, E.B. Effect of breed-type on performance and carcass traits of intensively managed hair sheep. **Meat Science**, Barking, v. 63, n. 3, p. 309-315, 2003.

CARTAXO, F.Q.; SOUSA, W.H.; CEZAR, M.F.; COSTA, R.G.; CUNHA, M.G.G.; GONZAGA NETO, S. Características de carcaça determinadas por ultrassonografia em tempo real e pós-abate de cordeiros terminados em confinamento com diferentes níveis de energia na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n.1, p. 160-167, 2011.

CASTRO, T.; MANSO, T.; MANTECÓN, A.R.; GUIRAO, R.; JIMENO, V. Fatty acid composition and carcass characteristics of growing lambs fed diets containing palm oil supplements. **Meat Science**, Barking, v. 69, n. 4, p. 757-764, 2005.

COSTA, R.G.; BATISTA, A.S. M.; AZEVEDO, P.S.; QUEIROGA, R.C.R.E.; MADRUGA, M.S.; ARAÚJO FILHO, J.T. Lipid profile of lamb meat from different genotypes submitted to diets with different energy levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 532-538, 2009.

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

ENSER, M.; HALLETT, K.; HEWITT, B. FURSEY, G.A.J; WOOD, J.D. Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. **Meat Science**, Barking, v.42, n. 4, p. 443-456, 1996.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G.H.S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **The Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 226, n. 1, p. 497-509, 1957.

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

HOMEM JUNIOR, A.C.; EZEQUIEL, J.M.B.; FÁVARO, V.R.; OLIVEIRA, P.S.N.; D'AUREA, 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**, Belo Horizonte, v. 62, n. 1, p. 144-153, 2010.

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

KOTT, R.W.; HATFIELD, P.G.; BERGMAN, J.W.; FLYNN, C.R.; VAN WAGONER, H.; BOLES, J.A. Feedlot performance, carcass composition, and muscle and fat CLA concentrations of lambs fed diets supplemented with safflower seeds. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 49, n. 1, p. 11-17, 2003.

KRAMER, J.K.G.; FELLNER, V.; DUGAN, M.E.R.; SAUNER, F.D.; MOSSOBA, M.M.; YURAWECZ, M.P. Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and

rumen fatty acids with special emphasis conjugated dieno and total trans fatty acids. **Lipids**, Heidelberg, v. 32, p. 1219-1228, 1997.

MANSO, T.; BODAS, R.; CASTRO, T.; JIMENO, V.; MANTECON, A.R. Animal performance and fatty acid composition of lambs fed with different vegetable oils. **Meat Science**, Barking, v. 83, n. 3, p. 511–516, 2009.

MARINOVA, P.; BANSKALIEVA, V.; ALEXANDROV, S.; TZVETKOVA, V.; STANCHEV, H. Carcass composition and meat quality of kids fed sunflower oil supplemented diet. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 42, n. 3, p. 219-227, 2001.

MIR, P.S.; MCALLISTER, T.A.; ZAMAN, S.; MORGAN JONES, S.D.; HE, M.L.; AALHUS, J.L.; JEREMIAH, L.E.; GOONEWARDENE, L.A.; WESELAKE, R.J.; MIR, Z. Effect of dietary sunflower oil and vitamin E on beef cattle performance, carcass characteristics and meat quality. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 83, n. 1, p. 53-66, 2002.

MIR, Z.; RUSHFELDT, M.L.; MIR, P.S.; PATERSON, L.J.; WESELAKE, R.J. Effect of dietary supplementation with either conjugated linoleic acid (CLA) or linoleic acid rich oil on the CLA content of lamb tissues. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 36, n. 1, p. 25-31, 2000.

NOTTER, D.R.; GREINER, S.P.; WAHLBERG, M.L. Growth and carcass characteristics of lambs sired by Dorper and Dorset rams. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 82, n. 5; p. 1323-1328, 2004.

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

NUERNBERG, K.; FISCHER, A.; NUERNBERG, G.; ENDER, K.; DANNENBERGER, D. Meat quality and fatty acid composition of lipids in muscle and fatty tissue of Skudde lambs fed grass *versus* concentrate. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 74, n. 1/3, p. 279–283, 2008.

OSÓRIO, J.C.S.; OSÓRIO, M.T.M.; JARDIM, P.O.C.; PIMENTEL, M.; POUEY, J.; LUDER, W.; CARDELLINO, R.; OLIVEIRA, N.M.; GULARTE, M.; BORBA, M.; MOTTA, L.; ESTEVES, R.; MONTEIRO, E.; ZAMBIAZI, R. **Métodos para avaliação de carne ovina “in vivo”, na carcaça e na carne**. Pelotas: UFPEL, Ed. Universitária, 1998. 107 p.

PARODI, P.W. Conjugated linoleic acid in food. In SEBEDIO, J.; CHRISTIE, W.W.; ADOLF, R. (Ed.). **Advances in conjugated linoleic acid research**. Champaign: AOAC Press, 2003. p. 101-121.

RAES, K.; SMET, S.; DEMEYER, D. Effect of dietary fatty acids on v. 2, incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 113, n. 1/4, p. 199-221, 2004.

RIBEIRO, T.R.; PEREIRA, J.C.; OLIVEIRA, M.V.M.; QUEIROZ, A.C.Q.; CECON, P.R.; LEÃO, M.I.; MELO, R.C.A. Características da carcaça de bezerros holandeses para produção de vitelos recebendo dietas com diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, p. 2154-2162, 2001.

RODRIGUES, G.H.; SUSIN, I.; PIRES, A.V. ALENCAR, S.M.; MENDES, C.Q.; GENTIL, R.S. Perfil de ácidos graxos e composição química do músculo *longissimus dorsi* de cordeiros alimentados com dietas contendo polpa cítrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.6, p.1346-1352, 2010.

SANTOS, V.C.; EZEQUIEL, J.M.B.; PINHEIRO, R.S.B.; BARBOSA, J.C.; GALATI, R.L. Características de carcaça de cordeiros alimentados com grãos e subprodutos da canola. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 389-395, 2009.

SANTOS-SILVA, J.; BESSA, R.J.B.; MENDES, I.A. The effect of supplementation with expanded sunflower seed on carcass and meat quality of lambs raised on pasture. **Meat Science**, Barking, v. 65, n. 4, p. 1301- 1308, 2003.

SANTOS-SILVA, J.; MENDES, I.A.; PORTUGAL, P.V.; BESSA, R.J.B. Effect of particle size and soybean oil supplementation on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular lipids of lambs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 90, n. 2/3, p. 79-88, 2004.

SAÑUDO, C.; SIERRA, I. Calidad de la canal en la especie ovina. In: _____. **Ovino**. Madrid: Exclusivas ONE, 1986. p. 127-153.

SAS INSTITUTE. **SAS systems for windows**: version 9. Cary, 2002.

SCHMID, A.; COLLOMB, M.; SIEBER, R.; BEE, G. Conjugated linoleic acid in meat and Meat products: A review. **Meat Science**, Barking, v. 73, n1, p. 29-41, 2006.

TORAL, P.G.; SHINGFIELD, K.J.; HERVÁS, G.; TOIVONEN, V.; FRUTOS, P. Effect of fish oil and sunflower oil on rumen fermentation characteristics and fatty acid composition of digesta in ewes fed a high concentrate diet. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 93, n. 10, p. 4804-4817, 2010

URANO, F.S.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; RODRIGUES, G.H.; ARAÚJO, R.C.; MATTOS, W.R.S. Desempenho e características da carcaça de cordeiros confinados alimentados com grãos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 10, p. 1525-1530, 2006.

YAMAMOTO, S.M.; MACEDO, F.A.F.; ZUNDT, M.; MEXIA, A.A.; SAKAGUTI, E.S.; ROCHA, G.B.L.; REGAÇONI, C.T.; MACEDO, R.M.G. Fontes de óleo vegetal na dieta de cordeiros em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 703-710, 2005.

WILES, P.G.; GRAY, I.K.; KISSLING, R.C. Routine analysis of proteins by Kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study using dairy products. **Journal of AOAC International**, Washington, v. 81, n. 3, p. 620-632, 1998.

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, n. 4, p. 343-358, 2008.

WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.L.; NUTE, G.R.; FISHER, A.V.; CAMPO, M.M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P.R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, Barking, v. 66, p. 21-32, 2003.