

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL – PPGCA

RICARDO DRESCH

**PARÂMETROS PRODUTIVOS, PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO LEITE E
BALANÇO ENERGÉTICO DE CABRAS ALIMENTADAS COM DIETA
CONTENDO FONTE NÃO PROTEGIDA DE ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO
(CLA)**

LAGES – SC

2012

RICARDO DRESCH

**PARÂMETROS PRODUTIVOS, PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO LEITE E
BALANÇO ENERGÉTICO DE CABRAS ALIMENTADAS COM DIETA
CONTENDO FONTE NÃO PROTEGIDA DE ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO
(CLA)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade do Estado de Santa Catarina, para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, área de concentração: Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Dimas Estrasulas de Oliveira

Co-Orientador: Dr. Marco Antônio S. da Gama

LAGES – SC

2012

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região
(Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC)

Dresch, Ricardo
Parâmetros produtivos, perfil de ácidos graxos do leite e balanço energético de cabras alimentadas com dieta contendo fonte não protegida de ácido linoleico conjugado (CLA) / Ricardo Dresch; orientador: Dimas Estrasulas de Oliveira . – Lages, 2012.
65f.

Inclui referências.
Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias / UEDESC.

1. Cabras Toggenburg. 2. Glândula mamária. 3. Depressão de gordura do leite. 4. Balanço energético. I. Título.

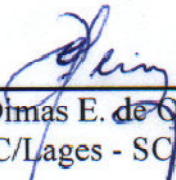
CDD – 636.39089

**PARÂMETROS PRODUTIVOS, PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO
LEITE E BALANÇO ENERGÉTICO DE CABRAS ALIMENTADAS
COM DIETAS CONTENDO FONTE NÃO PROTEGIDA DE ÁCIDO
LINOLEICO CONJUGADO (CLA)**

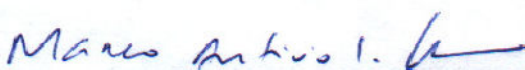
Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Aprovado em: 25/06/2012


Banca Examinadora:



Orientador: Dr. Dimas E. de Oliveira
(UDESC/Lages - SC)



Co-orientador: Dr. Marco A. S. da Gama
(EMBRAPA/Juiz de Fora – MG)



Membro: Dr. André Fischer Sbrissia
(UDESC/Lages – SC)

Lages, Santa Catarina
25 de Junho de 2012

"Não está na natureza das coisas que um único homem realize um descobrimento súbito e inesperado; o conhecimento avança passo a passo e cada homem depende do trabalho dos seus pares e de seus predecessores".

Ernest Rutherford

Dedico este trabalho aos meus pais José Mario e Ivanilde, por toda a força, admiração, segurança e carinho que me deram todos esses anos.

“Torço para que um dia possa ter uma família e que eu seja um exemplo de vida para meus filhos assim como meus pais foram para mim”.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Dimas Estrasulas de Oliveira, pela orientação, confiança depositada e conhecimentos compartilhados.

Ao Pesquisador da EMBRAPA Dr. Marco Antônio Sundfeld da Gama, por estar envolvido desde o “molde” inicial deste projeto, pelo seu exemplo de seriedade e por todo apoio concedido durante esse período.

Ao colega e amigo Michel Baldin, pelo convívio durante os anos da faculdade, mestrado, experimentos, por seu comprometimento e responsabilidade de trabalho, e pela imensurável ajuda concedida em todo o desenvolvimento deste trabalho.

Aos ex-colegas do grupo de pesquisa: Diego Fernandes, Jonas de Souza, Fernanda Batistel, Elvis Ticiani e Dileta Regina Moro Alessio.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela concessão da bolsa de estudos (Processo nº 556927/2010-9).

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento do projeto (Projeto CVZ APQ 02187/09).

Aos meus pais pelo carinho, incentivo e amor incondicional.

As minhas irmãs Fernanda e Gabriela pelo nosso companheirismo e convívio agradável de sempre.

Ao Dr. José Henrique Bruschi (*in memoriam*) por ceder as instalações e animais e por todo o apoio para a realização deste trabalho.

A minha namorada Maikeli Tessaro pela força depositada e apoio mesmo distante.

RESUMO

DRESCH, Ricardo. **Parâmetros produtivos, perfil de ácidos graxos do leite e balanço energético de cabras alimentadas com dieta contendo fonte não protegida de ácido linoleico conjugado (CLA)**. 2012. 65f, Dissertação (Mestrado em Ciência Animal – Área: Produção Animal). Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Lages, 2012.

O fornecimento de ácido linoleico conjugado (CLA) em uma forma inerte no rúmen tem demonstrado efeitos consistentes sobre o teor de gordura e perfil de ácidos graxos do leite. Contudo, poucos estudos utilizaram esse suplemento na forma desprotegida da bio-hidrogenação ruminal. Os objetivos deste estudo foram avaliar os efeitos do fornecimento de um suplemento de CLA desprotegido da bio-hidrogenação ruminal (29,8% de *cis*-9, *trans*-11 e 29,9% de *trans*-10, *cis*-12) sobre parâmetros produtivos, perfil de ácidos graxos do leite e no balanço energético de cabras leiteiras. Vinte cabras Toggenburg foram utilizadas em um delineamento *cross-over* e receberam os seguintes tratamentos: a) Controle: 30 g/d de Megalac-E[®] e; B) CLA: 30 g/d de um suplemento de CLA. Os suplementos lipídicos foram misturados a um concentrado à base de milho (1 kg/d) fornecidos duas vezes ao dia em porções iguais, logo após as ordenhas da manhã e da tarde. Cada período experimental consistiu de 14 dias, separados por um período de seis dias para minimizar efeitos residuais. O tratamento CLA reduziu a concentração e a produção da gordura do leite em 13,9 e 13,3%, respectivamente. O tratamento reduziu ainda a concentração e produção de sólidos totais em 4,8 e 4,6%, respectivamente. O tratamento CLA reduziu o consumo de forragem em 6,6%. O peso vivo e a produção de leite não diferiram entre tratamentos, com médias de 39,9 ± 0,5 kg e 2,6 ± 0,1 kg/dia, respectivamente. Quando os ácidos graxos foram agrupados conforme a origem, houve uma redução de 13% naqueles derivados da síntese “*de novo*” (<C16), um aumento de 15,5% nos pré-formados oriundos da circulação (>C16) e uma redução de 9,45% para os originários de ambas as fontes (C16:0 e C16:1). A suplementação com CLA reduziu os índices de dessaturase do C14:1/C14:0 em 31,7%, do C16:1/C16:0 em 5,9%, do C17:1/C17:0 em 25,2%, do C18:1/C18:0 em 25,5% e do CLA *cis*-9, *trans*-11/*trans*-11 C18:1 em 5,2%. As concentrações de CLA *trans*-10, *cis*-12 e CLA *cis*-9, *trans*-11 foram 1376 e 29,2% maiores nas cabras que receberam CLA, respectivamente. As concentrações de C18:1 *trans*-10 e C18:1 *trans*-11 foram elevadas em 134,1 e 39,9%, respectivamente. A secreção de CLA *trans*-10, *cis*-12 aumentou 993,42% no tratamento CLA. O tratamento CLA reduziu a concentração de ácidos graxos não esterificados (AGNE) no plasma sanguíneo em 22,4%. O balanço energético dos animais melhorou no tratamento CLA em 123,8% quando comparado ao tratamento controle.

Palavras-chave: Cabras Toggenburg. Glândula mamária. Depressão da gordura do leite. Balanço energético.

ABSTRACT

DRESCH, Ricardo. **Productive parameters, milk fatty acid profile and energy balance in goats receiving diet with an unprotected conjugated linoleic acid (CLA)**. 2012. 65f, Dissertation (Master in Animal Science – Area: Animal Production). Santa Catarina State University. Graduate Program in Animal Science. Lages, 2012.

The supplementation with rumen protected conjugated linoleic acid (CLA) has demonstrated to change milk composition and also milk fatty acid profile. However, few studies have fed this supplement in a rumen unprotected form. The objective of this study was to evaluate the effects of a rumen unprotected CLA supplement (29.8% of *cis*-9, *trans*-11 CLA and 29.9% of *trans*-10, *cis*-12 CLA) on productive parameters, milk fatty acid profile and energy balance of lactating goats. Twenty Toggenburg lactating goats were used in a cross-over design and received the following treatments: a) Control: 30 g/d of Megalac-E[®]; b) CLA: 30 g/d of a CLA supplement. Treatments were mixed into a concentrate (1 kg/d) which was fed in two equal meals after the morning and afternoon milking. Experimental periods lasted 14 d and were separated by a 6 d interval. There was a 13.9 and 13.3% reduction in milk fat content and yield, respectively, in CLA-fed goats. Moreover, the CLA treatment induced a 6.6% reduction in the forage intake, a 4.8 and 4.6% reduction in the concentration and yield of total solids in milk, respectively. Milk yield and body weight were unaffected by the CLA treatment and averaged 2.6 ± 0.1 kg/d and 39.9 ± 0.5 kg (mean \pm SE), respectively. When fatty acids were grouped according to origin, there was a 13% decrease in “*de novo*” synthesized fatty acids (<C16), a 15.5% increase in preformed fatty acids taken up from blood circulation (>C16), and a 9.5% decrease in those fatty acids (C16) derived from both sources. Furthermore, on desaturase indexes, supplementation with CLA reduced by 31.76% the C14:1/14:0 ratio, by 5.9% the C16:1/C16: ratio, by 25.2% the C17:1/C17:0 ratio, by 25.56% the C18:1/C18:0 and by 5.22% the CLA *cis*-9, *trans*-11/ C18:1 *trans*-11 ratio. The inclusion of CLA also increased the concentration of *cis*-9, *trans*-11 CLA and *trans*-10, *cis*-12 CLA by 29.2 and 1376%, respectively, which resulted in a 993.4% increase in the *trans*-10, *cis*-12 CLA secretion in milk fat. Likewise, the concentration of *trans*-10 C18:1 and *trans*-11 C18:1 was 134.1 and 39.9% higher in CLA-fed goats, respectively. The non-esterified fatty acids (NEFA) were reduced in 22.4% in CLA-fed goats. The energy balance improved in 123.8% of CLA-treatment when compared to control treatment.

Key-words: Toggenburg goats. Mammary gland. Milk fat depression. Energy balance.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1 Caprinocultura.....	11
2.2 Síndrome da depressão da gordura do leite (DGL).....	11
2.3 Regulação nutricional da síntese de gordura do leite em cabras.....	13
2.3.1 Relação volumoso:concentrado da dieta.....	13
2.3.2 Suplementação lipídica.....	13
2.4 Ácido linoleico conjugado (CLA).....	14
2.5 Biossíntese do ácido linoleico conjugado (CLA) em ruminantes.....	15
2.6 Efeito do ácido linoleico conjugado (CLA) no metabolismo da glândula mamária.....	18
2.7 Efeitos do ácido linoleico conjugado (CLA) em cabras leiteiras.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Animais e Local.....	21
3.2 Dieta.....	22
3.3 Delineamento experimental e tratamentos.....	22
3.4 Medições e amostragens.....	25
3.4.1 Alimentos.....	25
3.4.2 Leite.....	25
3.4.3 Parâmetros metabólicos e peso corporal.....	25
3.5 Análises químicas.....	26
3.6 Análise do perfil de ácidos graxos do leite e suplementos lipídicos.....	26
3.7 Cálculo da eficiência de transferência do CLA da dieta para o leite e da estimativa de bio-hidrogenação ruminal.....	28
3.8 Cálculo do escore linear da contagem de células somáticas.....	28
3.9 Análises estatísticas.....	28
4 RESULTADOS.....	29
4.1 Desempenho e Composição do Leite.....	29
4.2 Perfil de Ácidos Graxos do leite.....	32
5 DISCUSSÃO.....	39
6 CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
APÊNDICES.....	52

1 INTRODUÇÃO

O leite de pequenos ruminantes, particularmente de cabras, é de interesse econômico em diversas regiões do mundo. Em alguns países, principalmente aqueles em desenvolvimento, a produção desse tipo de leite apresenta-se como uma estratégia alimentar de combate a subnutrição infantil. O Brasil, não diferente disso, apresenta uma produção considerável de leite de pequenos ruminantes, especialmente nas regiões sudeste e nordeste, onde o consumo da carne desses animais também é muito maior do que em outros locais do país.

De outra forma, o recente interesse por parte da população com relação à composição dos elementos da dieta e a implicação destes na saúde, tem levado ao desenvolvimento de pesquisas que visem à obtenção de produtos com propriedades nutricionais modificadas, os quais são usualmente referenciados como funcionais e/ou nutracêuticos, e que possuem efeitos benéficos à saúde humana.

Nesse contexto, como componente da gordura dos produtos de ruminantes, destaca-se o Ácido Linoleico Conjugado (CLA) sendo representado por um grupo de isômeros do ácido octadecadienoico (C18:2) com duplas ligações conjugadas. De todos os isômeros conhecidos, apenas dois têm sido alvos de maiores estudos, estando o CLA *trans*-10, *cis*-12 relacionado, com a inibição da síntese de gordura na glândula mamária e tecido adiposo e, o CLA *cis*-9, *trans*-11 com uma série de efeitos positivos à saúde como a prevenção de doenças crônicas como certos tipos de câncer, diabetes (Tipo II) e efeito anti-aterogênico, sendo este último o isômero presente em maior quantidade no leite.

A inibição na síntese de gordura no leite através do isômero *trans*-10, *cis*-12 tem sido identificada em vacas (BAUMGARD et al., 2000), ovelhas (LOCK et al., 2006; Oliveira et al., 2012) e cabras (LOCK et al., 2008), sendo que essa última espécie tem sido considerada como menos sensível aos efeitos anti-lipogênicos do CLA (SHINGFIELD et al., 2009).

Os mecanismos pelos quais essa inibição acontece envolve a diminuição na síntese *de novo* de ácidos graxos, mecanismo responsável pela formação dos ácidos graxos de cadeia curta e média (4 a 16 carbonos), redução na captação dos ácidos graxos pré-formados, oriundos da dieta ou da mobilização das reservas corporais. Estudos demonstraram que, quando altas doses são fornecidas, a maior diminuição ocorre nos ácidos graxos sintetizados *de novo*, observando-se a redução na expressão gênica de algumas enzimas lipogênicas (BAUMGARD et al., 2002).

O objetivo deste trabalho foi determinar se a suplementação com ácido linoleico conjugado (CLA) desprotegido da bio-hidrogenação ruminal, misturado ao concentrado da dieta afeta a produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite e também alguns parâmetros metabólicos sanguíneos como glicose, insulina e ácidos graxos não-esterificados (AGNE).

As seguintes hipóteses foram testadas:

- A suplementação da dieta de cabras leiteiras com CLA não protegido ruminalmente é capaz de reduzir o teor e a secreção de gordura do leite;
- A alteração na composição do leite mencionada acima é acompanhada por mudanças no perfil de ácidos graxos e metabólico dos animais;
- A suplementação da dieta de cabras leiteiras com CLA via dieta resulta em aumento da concentração dos isômeros de CLA *trans*-10, *cis*-12 e *cis*-9, *trans*-11 no leite.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Caprinocultura

A cabra doméstica (*Capra hircus*), foi o primeiro animal domesticado pelo homem para a produção de alimentos e provavelmente descende de dois ancestrais: a *Capra sivalencis* e *Capra perimensis*, conhecidos apenas em forma de fósseis. Os ancestrais que ainda são encontrados vivos são a *Capra aegagrus*, da qual descende a maioria das raças (Alpina, Angorá, etc.), da região da Pérsia e da Ásia Menor, e a *Capra falconezi* que resultou nas cabras da região do Egito (SUASSUNA, 2003).

Os primeiros animais a chegarem ao Brasil foram através dos colonizadores e hoje a maior parte do rebanho fica na região nordeste (SUASSUNA, 2003) a qual juntamente com a região sudeste do país são os maiores produtores de leite.

De acordo com dados da FAOSTAT (2011) a produção de leite de cabras no Brasil aumentou de 136.500 toneladas em 2007 para 143.768 em 2009 representando um acréscimo de mais de 5%.

Na Tabela 1. segue um demonstrativo do rebanho caprino mundial e também da produção de leite com o posicionamento do Brasil, segundo dados do IBGE (2007).

Tabela1. Efetivos de rebanhos caprinos e produção de leite de cabra no mundo.

País	Rebanho	País	Leite (ton.)
1º China	172.957.200	1º Índia	3.890.000
2º Índia	124.500.000	2º Bangladesh	2.016.000
3º Sudão	52.800.000	3º Sudão	1.456.000
4º Paquistão	40.000.000	4º Paquistão	682.000
5º Bangladesh	34.500.000	5º França	571.000
6º Nigéria	27.000.000	6º Grécia	498.000
7º Irã	26.000.000	7º Espanha	591.090
8º Indonésia	12.450.000	8º Irã	410.000
9º Tanzânia	11.700.000	9º Somália	393.000
11º Brasil	9.850.000	19º Brasil	136.500

IBGE, 2007.

2.2 Síndrome da depressão da gordura do leite (DGL)

A gordura é o principal componente energético do leite (JENSEN et al., 1991) e entre esses componentes, é o mais facilmente alterado por ação da dieta (BAUMAN et al., 2006), podendo ocorrer variações no teor, produção e também no perfil de ácidos graxos do leite.

Existem algumas condições específicas de dieta, observadas em situações práticas, como baixo teor de fibra, grande quantidade de concentrados ou inclusão de óleos insaturados (ex: óleos vegetais, óleo de peixe) (BAUMAN e GRINARI, 2001) que levam a uma situação que se tornou conhecida como síndrome da depressão da gordura do leite (DGL), onde o leite dos animais que recebem dietas com essas características tem o teor de gordura reduzido. Existem algumas teorias que tentaram explicar tal fenômeno, as quais foram baseadas no conceito de que a redução na gordura do leite era consequência de um fornecimento limitado de precursores lipídicos ou por ação direta na síntese de lipídios por alguns ácidos graxos formados no rúmen.

A teoria mais antiga ficou conhecida como envolvendo a relação acetato/propionato, onde foi sugerido que a concentração ruminal de acetato era diminuída com elevado teor de grãos na dieta, reduzindo a relação acetato/propionato no rúmen e podendo com isso reduzir a síntese de gordura via glândula mamária. Mais tarde foi comprovado que a concentração de acetato não era reduzida e o que ocorria era uma elevação de propionato (BAUMAN et al., 1971).

A segunda teoria, conhecida como insulino/glicogênica, sugeria um aumento na concentração plasmática de insulina como a responsável pela queda na gordura do leite (McCLYMONT e VALLANCE, 1962), onde a elevação de propionato (dietas de alto grão) estimularia uma maior secreção de insulina pelo pâncreas devido ao aumento da glicemia através da gliconeogênese. Em função disso ocorreria uma diminuição da lipólise e/ou aumento da lipogênese no tecido adiposo diminuindo o aporte de precursores lipídicos para a glândula mamária. McGUIRE et al. (1995) submetem vacas a concentrações elevadas de insulina e mantiveram os níveis de glicose dentro do normal (infusão de glicose) e notaram pequenas diferenças na secreção de gordura pela glândula mamária mas não capazes de justificarem a depressão na gordura observadas nas situações das dietas citadas anteriormente. De forma geral, a ideia é que com aumento de insulina no plasma ocorreria uma redução de ácidos graxos pré-formados na circulação oriundos da lipólise e com isso a secreção de gordura na glândula mamária acabaria sendo afetada.

A terceira teoria e mais aceita pela comunidade científica, é que no processo de bio-hidrogenação ruminal, ocorre à formação de ácidos graxos “*trans*” como intermediários do metabolismo dos ácidos graxos poliinsaturados da dieta. Para Grinari et al. (1998) existem duas situações necessárias para a formação de ácidos graxos “*trans*” no rúmen, sendo: a) presença de ácidos graxos insaturados e, b) ambiente ruminal modificado, levando a uma bio-

hidrogenação incompleta destes ácidos graxos. Dentre os ácidos graxos formados como intermediários, o C18:1 *trans*-10 se mostrou correlacionado com a redução da gordura.

A partir de então, vários trabalhos vêm sendo conduzidos nesse sentido. Em especial, àqueles que associaram a DGL a isômeros de CLA, como o *trans*-10, *cis*-12, já comprovado em diversos estudos (PIPEROVA et al., 2000; BAUMGARD et al., 2000; BAUMGARD et al., 2002).

2.3 Regulação nutricional da síntese de gordura do leite em cabras

2.3.1 Relação volumoso:concentrado da dieta

Diversos estudos têm avaliado os efeitos de modificações na relação concentrado:volumoso da dieta sobre a composição do leite de cabras. Chilliard e Ferlay (2004) demonstraram que o nível de concentrado na dieta não causou efeito sobre a produção de leite nem sobre os componentes do leite. Andrade e Schmidely (2006) avaliando os efeitos de dietas alto concentrado/baixa fibra, também descreveram que o aumento do concentrado na dieta não causou modificações no conteúdo ou produção de gordura do leite de cabras. Chilliard et al. (2007) compilaram os dados de experimentos que avaliaram o efeito de dietas contendo alto concentrado/baixa fibra sobre a composição do leite de cabras e, da mesma forma, em nenhum experimento o aumento no concentrado da dieta reduziu o conteúdo de gordura do leite. Schmidely e Sauvant (2001) encontraram diminuição no conteúdo de gordura quando o nível de concentrado da dieta aumentou, acompanhado de maior produção de leite e aumento de C18:1 *trans*-10. Mele et al. (2005) encontraram elevação na gordura do leite com o aumento de volumoso da dieta.

2.3.2 Suplementação lipídica

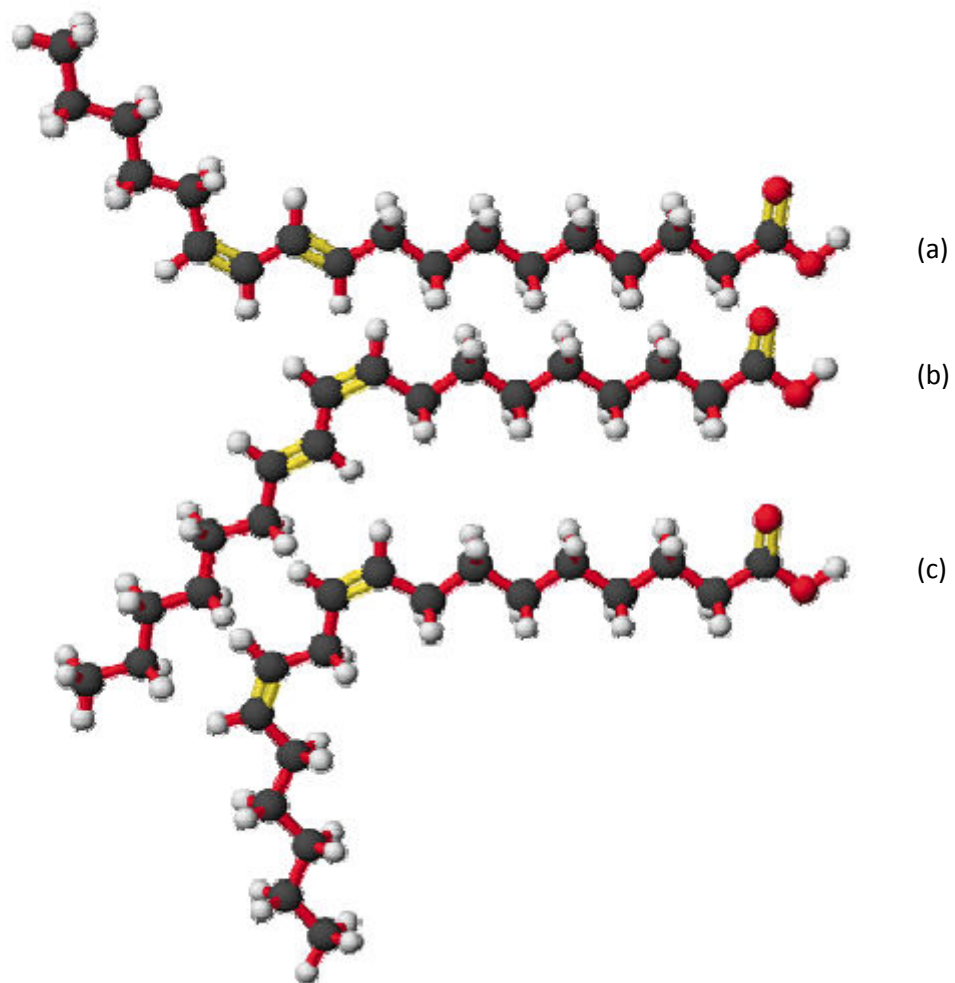
Estudos com a adição de lipídios na dieta para avaliar a composição do leite em cabras, geralmente encontraram aumento na concentração de gordura, como o trabalho de Mele et al. (2005). Diferentemente do que ocorre em vacas, a suplementação de ácidos graxos poliinsaturados para cabras não induz a DGL, como observado em trabalhos com vacas (BAUMAN e GRIINARI, 2001), sugerindo que existem diferenças entre essas duas espécies quanto a regulação nutricional da síntese de gordura do leite. De acordo com outros estudos, dietas pobres em lipídios fazem com que a produção de leite e a concentração da gordura do leite de cabras diminuam (CHILLIARD et al., 2003).

2.4 Ácido linoleico conjugado (CLA)

Descoberto nos anos 70 o Ácido Linoleico Conjugado (CLA), do inglês “Conjugated Linoleic Acid”, é uma mistura de isômeros de posição e geométricos do Ácido Linoleico (C18:2 *n*-6), onde suas duplas ligações são separadas por apenas uma ligação simples entre carbonos (PARIZA et al., 2001). No início, essas pesquisas buscavam identificar compostos carcinogênicos na carne grelhada de ruminantes e ao isolar alguns ácidos graxos descobriu-se que estes possuíam propriedades anti-carcinogênicas e eram derivados do ácido linoleico com duplas ligações conjugadas.

Existem várias combinações de isômeros do CLA cujas configurações podem ser do tipo *cis,cis*; *cis, trans*; *trans, trans* e *trans, cis*. Entretanto existem dois isômeros principais (Figura 1) que possuem efeitos biológicos comprovados e que têm despertado o interesse de pesquisadores, sendo o C18:2 *cis*-9, *trans*-11 e o C18:2 *trans*-10, *cis*-12 (BAUMAN et al., 1999).

Figura 1. Estrutura dos dois principais isômeros do CLA. (a) *trans*-10, *cis*-12; (b) *cis*-9, *trans*-11; (c) ácido linoleico *cis*-9, *cis*-12. Adaptado de Pariza et al. (2001).



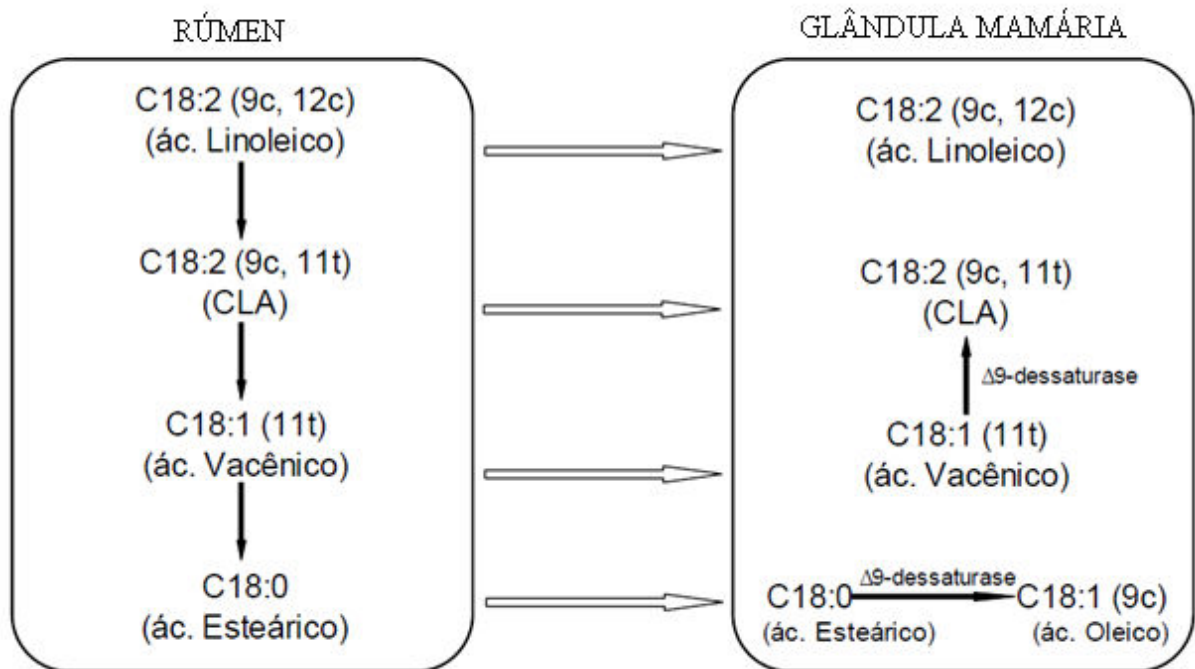
Ambos ocorrem naturalmente em produtos de ruminantes (carne e leite) e o isômero *cis-9, trans-11* representa de 80 a 90% do CLA total na gordura do leite, enquanto que em condições normais o isômero *trans-10, cis-12* representa de 3 a 5% e, na gordura da carne de ruminantes, as proporções de *cis-9, trans-11* são menores que as encontradas no leite (BAUMAN et al., 1999).

2.5 Biossíntese do ácido linoleico conjugado (CLA) em ruminantes

O CLA é formado naturalmente no rúmen através da bio-hidrogenação microbiana parcial dos ácidos graxos poliinsaturados presentes na dieta. No rúmen, os lipídios da dieta sofrem inicialmente uma lipólise e após uma bio-hidrogenação sendo formados alguns dos isômeros como intermediários desse processo. A outra forma de síntese do CLA é a endógena, onde o ácido vacênico (C18:1 *trans-11*) sofre dessaturação pela enzima Esteroil-CoA Dessaturase (Δ -9 Dessaturase) no tecido adiposo e glândula mamária, sendo essa via a responsável por mais de 70% do CLA presente no leite em condições normais de dieta.

No rúmen, a bio-hidrogenação do ácido linoleico (C18:2 *cis*-9, *cis*-12), tem início com a isomerização da dupla ligação na posição *cis*-12 catalisada pela enzima *cis*-12, *trans*-11 linoleato isomerase, proveniente de uma gama de bactérias ruminais mas, em maior quantidade, da bactéria *Butyrivibrio fibrosolvens* e da *Anaerovibrio lipolítica* (LOURENÇO et al., 2010). Essa enzima necessita de grupos COOH (carboxila) livres para completar a reação. Como a maioria dos lipídios oriundos da dieta está na forma de triacilglicerois e/ou galactolipídios, há a necessidade de lipólise dessas moléculas previamente à bio-hidrogenação. Seguindo essa etapa, a dupla ligação *cis* do carbono 12 do ácido linoleico é transferida para o carbono 11 na configuração *trans*, formando o isômero *cis*-9, *trans*-11 (Figura 2.) A etapa que se segue é a saturação da dupla *cis*-9 através da ação de uma redutase, resultando no ácido vacênico C18:1 *trans*-11. Seguido a isso, a próxima etapa é a mais lenta e passível de inibição, envolve uma redução subsequente até ácido esteárico C18:0, o qual representa o principal ácido graxo disponível para absorção no intestino do ruminante. Assim, a bio-hidrogenação ocorre de forma incompleta, e alguns intermediários atravessam o rúmen e são utilizados na síntese de lipídios na glândula mamária.

Figura 2. Via metabólica para produção de CLA em ruminantes (Adaptado de BAUMAN et al, 1999).



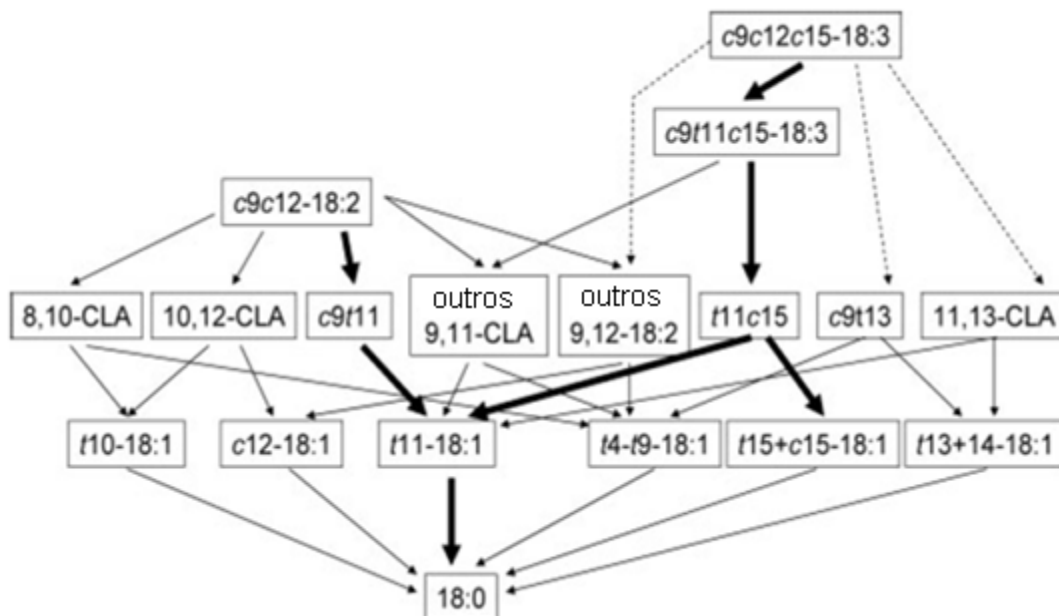
Além disso, existe uma outra forma de síntese de CLA pós-rúmen, em tecidos como glândula mamária ou adiposo através da ação da enzima Estearoil-CoA Dessaturase (Δ -9

Dessaturase) onde o ácido vacênico (C18:1 *trans*-11) que escapou do rúmen recebe uma dupla ligação *cis* em seu carbono 9 e torna-se CLA *cis*-9, *trans*-11 novamente. Ainda, o CLA *cis*-9, *trans*-11 e o ácido esteárico C18:0 podem ser absorvidos na glândula mamária, e no caso do último ser convertido a ácido oleico (C18:1) pela Δ -9 Dessaturase na glândula mamária.

Paralelamente, pensando em tecido mamário e adiposo, sabe-se que mamíferos, pelo complexo enzimático dessaturase, adicionam duplas ligações até o carbono nove dos ácidos graxos, sendo inexistente a presença da enzima Δ -12 Dessaturase (PARIZA et al., 2001) e nesse caso, eles não podem converter novamente C18:1 *trans*-10 em CLA *trans*-10, *cis*-12. Dessa forma, o isômero de CLA *trans*-10, *cis*-12 encontrado no leite ou tecido adiposo é originário do rúmen e foi absorvido via intestino (DHIMAN et al., 2000).

Ainda na bio-hidrogenação ruminal, os ácidos graxos ingeridos via dieta são extensivamente metabolizados, resultando na formação de vários intermediários além do C18:0, os quais podem ser vistos na Figura 3.

Figura 3. Principais intermediários da bio-hidrogenação ruminal dos ácidos linoleico e α -linolênico. As setas grossas representam as principais vias. (Adaptado de CHILLIARD et al., 2007).



Existem algumas condições de dieta que acabam alterando/modificando os ácidos graxos que saem do rúmen, por agir sobre a lipólise e a bio-hidrogenação ruminal. A

quantidade e a natureza dos lipídios da dieta e sua associação com a relação volumoso/concentrado da dieta são os principais fatores que determinam a extensão da hidrogenação dos ácidos graxos (Chilliard et al., 2007; Lourenço et al., 2010). A inclusão de lipídios insaturados em dietas com alto volumoso para aumentar a densidade energética da dieta faz com que a lipólise e a bio-hidrogenação sejam inibidas, mas, com alta forragem esses efeitos tendem a ser minimizados (BEAM et al., 2000). De outra forma, em dietas com alta inclusão de concentrados, o pH ruminal tende a diminuir, inibindo grandemente a lipólise e bio-hidrogenação e formando, nesse caso, diversos intermediários durante esse processo. Nesse contexto entra o isômero de CLA *trans*-10, *cis*-12, que não faz parte da via normal de bio-hidrogenação no rúmen.

2.6 Efeito do ácido linoleico conjugado (CLA) no metabolismo da glândula mamária

Reconhecidamente, o CLA possui efeitos no metabolismo da glândula mamária de ruminantes, levando a alterações tanto da composição do leite com redução da gordura como do perfil dos ácidos graxos.

A descoberta de qual isômero do CLA era responsável pela redução de gordura do leite foi inicialmente feita por Baumgard et al. (2000) utilizando a infusão abomasal de três tratamentos em vacas, sendo eles: 1) leite em pó desnatado; 2) 10 g/d de CLA *cis*-9, *trans*-11 e; 3) 10 g/d de CLA *trans*-10, *cis*-12, onde observaram que no grupo do CLA *trans*-10, *cis*-12 ocorreu uma queda acentuada no percentual e na produção de gordura de 42 e 44%, respectivamente, enquanto que os outros dois tratamentos não tiveram nenhum efeito. Com isso confirmaram que o isômero *trans*-10, *cis*-12 é um dos isômeros que deprime a síntese de gordura do leite.

Em outro experimento, Baumgard et al. (2002) avaliaram qual era a forma como o *trans*-10, *cis*-12 levava a depressão da gordura do leite, e verificaram que o mecanismo envolve a redução na expressão gênica de enzimas envolvidas na síntese de gordura (Acetil-CoA Carboxilase - ACC, Sintase de Ácido Graxo - FAS), dessaturação (Estearoil Coenzima A Dessaturase - ECD), captação (Lipoproteína Lipase - LPL) e transporte de ácidos graxos (Glicerol Fosfato Aciltransferase - GPAT, Acilglicerol Fosfato Aciltransferase - AGPAT) na glândula mamária. Assim, determinaram que, pelo menos em parte, a forma pelo qual o *trans*-10, *cis*-12 deprime a gordura do leite envolve redução na expressão do mRNA para diversas enzimas-chave que estão associadas com a síntese de gordura na glândula mamária.

Dessa forma, sabe-se que o fornecimento do CLA *trans*-10, *cis*-12, faz com que a capacidade lipogênica e a expressão de enzimas envolvidas na síntese de lipídios na glândula

mamária sejam reduzidas. Isso ocorre porque a expressão dessas enzimas é coordenada por uma classe de fatores de transcrição que são conhecidos como reguladores principais da síntese de lipídios, dentre estes o SREBP-1 (*SterolResponse Element Binding Protein-1*) que é uma via de sinalização na regulação mamária de ácidos graxos (HARVATINE, BOISCLAIR e BAUMAN, 2008), sendo sua expressão reduzida em casos de fornecimento de CLA (HARVATINE e BAUMAN, 2006)

2.7 Efeitos do ácido linoleico conjugado (CLA) em cabras leiteiras

O efeito do CLA *trans*-10, *cis*-12 em vacas leiteiras já está bem estabelecido, mas em cabras, há uma escassez de estudos para avaliar os efeitos sobre a produção, composição, perfil de ácidos graxos do leite e metabolismo dessa espécie. A cabra, em comparação à vaca, responde de forma diferente a fatores dietéticos, tanto para a secreção de gordura do leite como para a composição dos ácidos graxos (CHILLIARD et al., 2007).

Chilliard et al. (2003) ressaltaram que dietas pobres em lipídios para cabras leiteiras, fazem com que ocorra redução na concentração de gordura do leite e, por outro lado, a inclusão de óleos vegetais na dieta faz com que não ocorra a DGL. Entretanto, apesar do efeito da suplementação lipídica ser diferente entre cabras e vacas, o perfil de ácidos graxos do leite é alterado de uma forma bastante semelhante. De acordo com Chilliard et al. (2007) os ácidos graxos saturados de cadeia curta (C4:0, C6:0 e C8:0) sofrem pequenas alterações com suplementação lipídica na dieta, enquanto que os de cadeia média (C10:0 a C16:0) são fortemente modificados pela dieta. Já o fornecimento de lipídios na forma saturada faz com que ocorra um aumento na concentração daqueles ácidos graxos presentes no suplemento (SAMPELAYO et al., 2007).

Contudo, alguns trabalhos com cabras encontraram efeitos semelhantes àqueles sobre a composição do leite em vacas. Um dos pioneiros foram Gulati et al. (2000), fornecendo 10,9 g/d de CLA *trans*-10, *cis*-12 na dieta, por quatro dias e encontraram modificações no perfil de ácidos graxos com aumento no teor de *trans*-10, *cis*-12 na gordura do leite. Disseram que houve alterações na síntese *de novo* de ácidos graxos e na esterificação destes na glândula mamária.

Erasmus et al. (2004) forneceram níveis crescentes de CLA (17,5% de *trans*-10, *cis*-12) equivalentes a 50, 100 e 150% do sugerido pelo fabricante para vacas e não encontraram efeitos sobre a produção e composição de gordura do leite. Com isso foram os primeiros a sugerir que cabras necessitam de uma dose mais elevada de CLA *trans*-10, *cis*-12 do que vacas para que possam ter redução no teor de gordura do leite.

Schmidely e Morand-Fehr (2004) forneceram uma dose de 0,2 g/d de CLA *trans*-10, *cis*-12 na forma intravenosa para cabras em lactação durante dois dias consecutivos, e não encontraram efeitos sobre o teor e produção de gordura do leite e nem alterações no perfil de ácidos graxos, com exceção do ácido linoleico que aumentou a sua concentração. Eles sugeriram que o metabolismo da glândula mamária de cabras e vacas respondem de forma diferente para esse isômero e que a duração e frequência diferentes de infusão do CLA quando comparado a trabalhos com vacas também teria sido definitivo para que não apresentasse efeito.

Andrade e Schmidely (2006) infundiram 2 g/d de CLA *trans*-10, *cis*-12 no duodeno de cabras durante três dias e os efeitos foram aumentos nas concentrações de C18:0, C18:1 *trans*-10, C18:1 *trans*-11 e CLA *trans*-10, *cis*-12 e redução na relação C18:2 *cis*-9, *trans*-11/C18:1 *trans*-11, concluindo que nessas condições a lipogênese na glândula mamária das cabras não foi afetada pelo CLA *trans*-10, *cis*-12.

Lock et al. (2008) suplementaram duas doses de CLA *trans*-10, *cis*-12 encapsulado (3,0 e 6,0 g/d) por 14 dias e obtiveram reduções na concentração de gordura (5 e 18%, respectivamente) e na produção de gordura (8 e 21%, respectivamente). Os disseram que a redução observada na gordura do leite foi devido à diminuição na síntese *de novo* de ácidos graxos e na captação de ácidos graxos pré-formados, embora de uma forma menos sensível ao CLA do que vacas.

Shingfield et al. (2009) incluíram 7,47,14,9 e 22,4 g/d de *trans*-10, *cis*-12 na forma de sais de cálcio na dieta de cabras leiteiras durante 10 dias. Quando o CLA substituiu o milho em grão no concentrado, houve uma redução de 19,9, 27,9 e 32,3% na produção de gordura do leite e de 16,2; 22,7 e 29,4% no conteúdo de gordura do leite, respectivamente. A substituição de sais de cálcio de óleo de palma por CLA na dieta reduziu 17,5; 39,0 e 49,3% a produção de gordura do leite e 24,0; 33,8 e 35,8% o conteúdo de gordura do leite, respectivamente. Em ambos os ensaios, a suplementação com CLA aumentou a concentração de CLA *trans*-10, *cis*-12 na gordura do leite. Conforme os autores, a redução na gordura do leite foi devido a uma diminuição na secreção de ácidos graxos sintetizados *de novo* na glândula mamária, sem nenhuma alteração na captação de ácidos graxos pré-formados, levando a uma modificação no perfil de ácidos graxos do leite, com maior participação dos ácidos graxos de cadeia longa.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Animais e Local

O experimento foi conduzido com a aprovação do Comitê de Ética em Experimentação Animal – CETEA (protocolo número 10611) de acordo com o Protocolo de Projetos de Pesquisa Envolvendo Animais (PPPEA) da Universidade do Estado de Santa Catarina, baseado na legislação vigente e com os princípios éticos publicados pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal.

Foram utilizadas vinte cabras primíparas da raça Toggenburg, com média inicial de produção de leite de $2,8 \pm 0,4$ kg/dia e peso corporal de $40 \pm 3,7$ kg, provenientes da Granja Água Limpa, no município de Piau – MG ($21^{\circ}31'43''S$ $43^{\circ}16'36''O$), onde o experimento foi conduzido. A granja fica nas proximidades do Campo Experimental José Henrique Bruschi da EMBRAPA Gado de Leite de Juiz de Fora – MG.

Os animais foram mantidos confinados em baias com dois animais cada, das quais saíam apenas nos momentos das ordenhas da manhã (05:00 h) e da tarde (15:00 h). O concentrado foi fornecido individualmente, através da contenção de cada animal dentro da baia. Após o total consumo do concentrado, os animais eram soltos dentro da baia e era oferecida a silagem de milho *ad libitum* como único volumoso sendo mensurado o consumo deste por baia. Cada baia possuía água e um suplemento mineral para caprinos a livre acesso, em cocho suspenso com duas divisões, piso ripado, cobertura com folhas de zinco e com as laterais do galpão abertas para circulação de ar.

Os animais foram divididos em dois grupos de mesmo número, escolhidos de acordo com o peso corporal, produção de leite e dias em lactação, e foram monitoradas durante todo o experimento em relação à presença de mastite através dos testes da “Caneca de Fundo Preto” e California Mastitis Test (CMT). As médias de cada lote ao início do experimento pode ser visualizada na Tabela 2. As medições do peso corporal foram realizadas no início (d0) e no final (d14) de cada período experimental.

Tabela 2. Média das condições dos animais de cada lote no início do experimento

	DEL*	Produção de leite (kg)	Peso vivo (kg)
Lote 1	71,6	2,8	39,5
Lote 2	77,7	2,8	40,9

*Dias em lactação

3.2 Dieta

Os animais receberam silagem de milho *ad libitum* e 1,0 kg em base natural/animal/dia de um concentrado com os percentuais de cada ingrediente na matéria natural sendo: milho moído (51,3%), farelo de soja (38,5%), torta de algodão (5,1%), calcário calcítico (1,3%) e um núcleo vitamínico-mineral (3,8%) para cabras em lactação. O concentrado foi fornecido duas vezes ao dia (após as ordenhas da manhã e da tarde) e foi formulado para complementar ou exceder às exigências nutricionais dos animais (NRC, 2007) em relação ao suprido pela silagem de milho usando o software Small Ruminant Nutrition System (TEDESCHI et al., 2010).

A composição bromatológica da silagem e concentrado pode ser visualizada na Tabela 3.

Tabela 3. Composição bromatológica da silagem de milho e do concentrado.

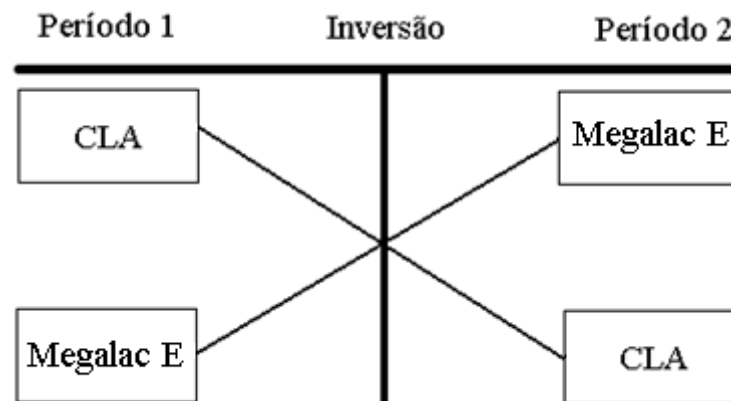
Componente Químico*	Silagem	Concentrado
MS (%)	26,7	90,1
PB (%MS)	6,7	25,1
EE (%MS)	1,4	3,1
FDN (%MS)	58,3	11,9
NIDN (%MS)	1,1	0,8
FDA (%MS)	32,6	6,7
NIDA (%MS)	0,6	0,6
Lignina (%MS)	4,1	3,1
Cinzas (%MS)	3,5	3,1
NDT (%)	65,6	79,7
EM (Mcal/kg) ^a	2,4	2,9

* MS: Matéria Seca; PB: Proteína Bruta; EE: Extrato Etéreo; FDN: Fibra em Detergente Neutro; NIDN: Nitrogênio Insolúvel em Detergente Neutro; FDA: Fibra em Detergente Ácido; NIDA: Nitrogênio Insolúvel em Detergente Ácido; NDT: Nutrientes Digestíveis Totais;

^a EM: Energia Metabolizável. De acordo com: E (Kika) of the Garza Institute for Goat Research–Langston University.

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento utilizado foi um *cross-over* com dois períodos de tratamento de 14 dias cada, separados por um período de seis dias de intervalo sem fornecimento dos tratamentos para minimizar possíveis efeitos residuais (Figura 4).

Figura4. Diagrama ilustrando o delineamento *cross-over* do experimento.

Os tratamentos avaliados foram os seguintes: a) **Controle**: 30 g/dia de um suplemento de sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa- Megalac-E[®] (Church& Dwight, Nova Ponte, MG, Brasil), com a concentração de ácidos graxos na Tabela 4e; b) **CLA**: 30 g/dia de um suplemento lipídico (Luta CLA 60[®], BASF AG, São Paulo, SP, Brasil) contendo 4,1% de ácido palmítico, 3,6% ácido esteárico, 27,4% de ácido oleico, 1,2% de ácido linoleico, 29,8% de CLA *cis*-9, *trans*-11, 29,9% de CLA *trans*-10, *cis*-12 e 3,0% de outros ácidos graxos, na forma de ésteres metílicos. A dose de CLA foi escolhida conforme trabalho de Lock et al., (2006) onde, segundo esses autores, uma dose de 0,4 g/d de *trans*-10, *cis*-12 alcançando o abomaso resultaria em uma redução de 20 a 25% na secreção de gordura do leite de ovelhas. Considerando que o suplemento de CLA utilizado no presente experimento continha 29,9% de *trans*-10, *cis*-12 e assumindo uma bio-hidrogenação em torno de 95% (JENKINS et al., 2008), uma dose de 30 g/d do suplemento CLA deveria ser fornecida para que em torno de 0,4 g/d de *trans*-10, *cis*-12 alcançasse o abomaso dos animais. Os suplementos lipídicos foram misturados ao concentrado da dieta e fornecidos individualmente em duas vezes (50% em cada) após as ordenhas da manhã e tarde, respectivamente. Após o consumo total do concentrado, foi fornecida silagem de milho *ad libitum* para cada grupo de dois animais.

Tabela 4. Perfil de ácidos graxos do Megalac-E®.

Ácido Graxo	Concentração (g/100g de AG total)
C4:0	0,038
C6:0	0,062
C8:0	0,300
C10:0	0,253
C11:0	0,016
C12:0	2,847
C14:0	1,123
C14:1 <i>cis</i> -9	0,015
C15:0	0,057
C16:0	17,091
C16:1 <i>cis</i> -9	0,207
C17:0	0,147
C17:1 <i>cis</i> -9	0,055
C18:0	6,646
C18:1 <i>trans</i> -4	0,014
C18:1 <i>trans</i> -5	0,016
C18:1 <i>trans</i> -6+ <i>trans</i> -8	0,296
C18:1 <i>trans</i> -9	0,382
C18:1 <i>trans</i> -10	2,088
C18:1 <i>trans</i> -11	1,440
C18:1 <i>trans</i> -12	0,240
C18:1 <i>trans</i> -13+ <i>trans</i> -14	0,223
C18:1 <i>cis</i> -9	18,639
C18:1 <i>cis</i> -11	1,881
C18:1 <i>cis</i> -12	0,328
C18:1 <i>cis</i> -13	0,117
C18:1 <i>trans</i> -16	0,065
C18:2 <i>trans</i> -9, <i>trans</i> -12	0,051
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -12	0,314
C18:2 <i>trans</i> -9, <i>cis</i> -12	0,477
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	35,317
C20:0	0,347
C18:3 <i>n</i> -6	0,059
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	3,087
CLA <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	0,164
CLA <i>trans</i> -9, <i>cis</i> -11	0,074
C21:0	0,529
C20:2 <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14	0,022
C22:0	0,483
C23:0	0,110
C20:5	0,026
∑ Não identificados	4,520

3.4 Medições e amostragens

3.4.1 Alimentos

A ingestão de alimentos foi registrada individualmente e diariamente durante todo o período experimental, sendo que as sobras de silagem eram computadas para posterior análise do consumo de forragem por baía e por tratamento. Amostras compostas de silagem ($\pm 1,0$ kg) foram coletadas semanalmente diretamente do silo (o mesmo durante todo o experimento). Amostras de concentrado foram coletadas a cada nova mistura ($\pm 1,0$ kg/mistura), tendo sido realizadas 2 “batidas” do concentrado durante todo o período experimental. Os suplementos Megalac-E (± 200 g) e CLA foram coletados uma vez, no início do período experimental. Todas as amostras ficaram armazenadas a -20°C para análises posteriores.

3.4.2 Leite

A ordenha diária era manual, duas vezes ao dia (manhã e tarde). A produção foi medida diariamente e somando a produção das duas ordenhas obteve-se a produção total diária. Amostras de leite para análise da composição e contagem de células somáticas (CCS) foram coletadas a cada dois dias e foram armazenadas em frascos contendo bromopol (bromopol tablet; D&F Control System, San Ramon, CA). Os frascos eram preenchidos até $2/3$ de sua capacidade na ordenha da manhã e o $1/3$ restante na ordenha da tarde e permaneciam refrigerados a 4°C até o momento de serem enviados para análise, no dia seguinte à coleta.

A coleta para análise do perfil de ácidos graxos do leite ocorreu no último dia de cada período de tratamento (dia 14), com as proporções já descritas anteriormente, divididas entre as ordenhas. Neste procedimento o leite era armazenado em frascos sem conservante e colocado a -20°C até o momento das análises.

3.4.3 Parâmetros metabólicos e peso corporal

Amostras de sangue foram coletadas no último dia de cada período de tratamento (dia 14) logo após a ordenha da manhã. O método utilizado foi por venopunção jugular, com tubos estéreis do tipo “Vacuntainer” (Zhejiang Kangshi Medical Devices Co., Hangzhou, China) com anticoagulante (EDTA), de 5 ml cada. Após a coleta, os frascos foram imediatamente colocados em recipientes e armazenados em isopor com gelo e posteriormente submetidos à centrifugação ($2800 \text{ g} \times 15 \text{ min}$) e o plasma extraído e armazenado em frascos do tipo “Eppendorf” e congelados a -20°C para posterior análise das concentrações de glicose, insulina e ácidos graxos não-esterificados (AGNE).

O balanço energético (BE) diário em Mcal de energia metabolizável (EM) foi calculado subtraindo-se da EM ingerida (Mcal/d) a EM exigida para manutenção e produção de leite (Mcal/d), por baía.

3.5 Análises químicas

Exceto onde descrito, todas as análises foram feitas na Embrapa Gado de Leite em Juiz de Fora (MG). As amostras de silagem de milho e concentrado foram analisadas de acordo com a AOAC (2000) para MS (método 934.01), proteína bruta (método 988.05), extrato etéreo (método 925.38) e cinzas (método 923.03), enquanto o conteúdo de FDN, FDA, NIDN, NIDA e lignina foi determinado de acordo com Van Soest et al. (1991). A determinação do conteúdo de FDN da silagem de milho foram determinados usando alfa-amilase termoestável e corrigido para cinzas. Os nutrientes digestíveis totais dos alimentos foram calculados através da fórmula proposta por Weiss (1993) e a exigência de energia metabolizável de lactação assim como a energia metabolizável da dieta foram obtidas utilizando o sistema da Universidade de Langston (<http://www.luresext.edu/goats/research/me4.html>). A exigência em energia metabolizável para manutenção foi determinada conforme NRC (2007).

A composição do leite (teor de gordura, proteína, lactose e sólidos totais) foram determinados por infravermelho utilizando o aparelho Bentley 2000 (AOAC, 2000; método 972.160) e a contagem de células somáticas (CCS) foi determinada por citometria de fluxo com o aparelho Somacount 300.

A concentração plasmática de glicose foi determinada no analisador automático YSI 2700 (Biochemistry Analyser; Yellow Springs Instrument Co. Inc., Yellow Springs, OH), enquanto que a concentração de ácidos graxos não-esterificados (AGNE) foi determinada pelo método enzimático-colorimétrico, utilizando-se um “kit” comercial (NEFA C, Wako Pure Chemicals Industries, Osaka, Japan) com microplaca de ELISA com 96 poços. A concentração plasmática de insulina foi determinada por radioimunoensaio (UNESP/Botucatu, São Paulo, Laboratório de Endocrinologia).

3.6 Análise do perfil de ácidos graxos do leite e suplementos lipídicos

A gordura do leite foi extraída conforme descrito por Hara e Radin (1978) usando uma mistura 3:2 (volume/volume) de hexano e isopropanol (18 mL/g de gordura extraída) seguida por uma solução de sulfato de sódio 67 g/L (12 mL/g de gordura extraída). A fração gordurosa foi obtida previamente por centrifugação do leite a 17.800 x g por 30 min a 8°C. Os ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAG) do leite foram obtidos por transmetilação base-

catalisada usando um reagente de metilação (0,4 mL de 5,4 mol/L de solução de metóxido de sódio + 1,75 mL de metanol) de acordo com Christie (1982) com modificações (CHOUINARD et al., 1999). A mistura foi neutralizada com ácido oxálico (1g ácido oxálico em 30 ml de éter dietílico) e cloreto de cálcio foi adicionado para remover resíduos de metanol. Os EMAG foram determinados por cromatografia gasosa (modelo 6890 N; Agilent Technologies Brasil Ltda, Barueri, São Paulo, Brasil), equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida CP-Sil 88 (100 m × 0,25 mm de diâmetro interno × 0,2 µm de espessura de filme; Varian Inc., Mississauga, ON). As condições de operação incluíram temperatura de injeção e detecção a 250°C, H₂ como gás carreador (1 mL/min) e para o detector de ionização de chamas (35 mL/min), N₂ como gás make-up (30 mL/min) e ar purificado (286 mL/min). A temperatura inicial foi de 45°C, mantida por 4 min, aumentada 13°C/min até 175°C e mantida por 27 min, aumentada novamente 4°C/min até 215°C e mantida por 35 min (CRUZ-HERNANDES et al., 2007). Os EMAG foram identificados por comparação com quatro isômeros padrões de referência (Supelco37 mix#47885-U, Linoleic acid isomers mix#47791 e CLA isomers mix#05632; Sigma Aldrich, St. Louis, MO) como descrito por Kramer et al. (2001) e Cruz-Hernandez et al. (2007). Fatores de resposta teóricos foram utilizados para calcular a porcentagem de peso verdadeiro dos ácidos graxos (g/100g de ácidos graxos totais) com base na área dos picos, de acordo com o trabalho de Wolff et al. (1995, Tabela 1, coluna do C1).

O perfil de ácidos graxos do Megalac-E (sais de cálcio) foi determinado por método de extração e metilação em etapa única ('one-step procedure') descrito originalmente por Sukhija e Palmquist (1988), com modificações (Jenkins e Palmquist, 2003). Basicamente, as modificações incluíram o uso de uma solução de metilação mais concentrada (10% de HCl em metanol) e incubação a 90°C por 2 h. Além disso, C13:0 em vez de C19:0 foi usado como padrão interno para determinação da concentração de ácidos graxos totais na amostra. Para determinação do perfil de ácidos graxos do CLA (Luta CLA 60[®]), uma amostra de 40 µL foi misturada a 2 mL de hexano e adicionada de cloreto de cálcio (~ 200 mg); a solução foi então agitada em *vortex* e deixada descansar por 1 hora antes de ser transferida para frascos de 2 mL para posterior injeção de 2 µL no cromatógrafo. As condições cromatográficas utilizadas foram as mesmas descritas previamente para determinação do perfil de ácidos graxos do leite.

3.7 Cálculo da eficiência de transferência do CLA da dieta para o leite e da estimativa de bio-hidrogenação ruminal

A eficiência de transferência do CLA *trans*-10, *cis*-12 da dieta para o leite foi calculada através do quociente entre a secreção do isômero na gordura do leite (g/d) e a quantidade do isômero provida pelo tratamento CLA (g/d), descontando a quantidade secretada no tratamento controle daquela encontrada no tratamento CLA. A quantidade de CLA *trans*-10, *cis*-12 chegando ao abomaso foi estimada usando a Equação nº 5 proposta por de Veth et al. (2004). A bio-hidrogenação do CLA *trans*-10, *cis*-12 foi estimada através do quociente entre a quantidade do isômero alcançando o abomaso (g/d) e aquela provida pelo tratamento CLA (g/d).

3.8 Cálculo do escore linear da contagem de células somáticas

Os valores iniciais obtidos para a contagem de células somáticas foram convertidos para escore linear utilizando a transformação logarítmica ($\log \text{CCS} = \log_2 (\text{CCS}/100.000) + 3$) proposta por Dabdoub e Shook (1984).

3.9 Análises estatísticas

Os dados foram analisados como um delineamento “*cross-over*” usando o PROC MIXED do pacote estatístico SAS (SAS INSTITUT, 2002). Os efeitos de sequência (Controle – CLA ou CLA – Controle) e tratamentos (Controle ou CLA) foram assumidos como efeitos fixos, os efeitos de período (1 ou 2) e animal dentro da sequência foram assumidos como efeitos aleatórios como indicado por Kuehl (2000). Para análises ao longo do tempo (ex. produção de leite e componentes do leite), utilizou-se como medidas repetidas assumindo animal dentro da sequência como efeito aleatório. O modelo de estrutura da matriz de covariância auto-regressiva 1 foi utilizado. As médias e erro padrão da média (EPM) estão apresentadas e as diferenças entre os tratamentos foram consideradas significantes quando $P < 0,05$.

4 RESULTADOS

4.1 Desempenho e Composição do Leite

Os dados de desempenho e composição do leite dos animais são apresentados na Tabela 5. É importante salientar que, os animais consumiram todo o concentrado oferecido e, no decorrer do experimento apresentaram boas condições de saúde e ausência de sinais clínicos de mastite.

Tabela 5. Desempenho e composição do leite de cabras Toggenburg recebendo controle ou CLA na dieta.

Variável	Tratamentos		SE ³	P ⁴
	Controle ¹	CLA ²		
Peso vivo (kg)	39,9	40,0	2,20	0,63
CF ⁵ kg de MS/baia	1,08	1,01	0,26	<0,001
Produção de leite kg/d	2,47	2,46	0,25	0,12
Sólidos totais				
%	10,7	10,1	0,33	<0,001
g/d	260,9	248,9	24,83	<0,001
ESD ⁶				
%	7,65	7,62	0,22	0,03
g/d	188,2	187,5	16,85	0,57
Gordura				
%	2,95	2,54	0,17	<0,001
g/d	71,4	61,9	8,47	<0,001
Proteína				
%	2,67	2,67	0,18	0,93
g/d	64,6	64,4	6,11	0,69
Lactose				
%	4,17	4,14	0,09	0,01
g/d	101,4	100,4	10,25	0,30
Escore linear da CCS	5,53	5,41	0,79	0,12

¹ 30 g/d de Megalac-E[®].

² 30 g/d de um suplemento lipídico contendo 29,9% de CLA *trans*-10, *cis*-12 e 29,8% do CLA *cis*-9, *trans*-11.

³ erro padrão da média.

⁴ valor de P.

⁵ consumo de forragem por baia em matéria seca.

⁶ extrato seco desengordurado.

O peso vivo e a produção de leite não foram afetados pelo tratamento, com médias de $39,9 \pm 0,5$ kg e $2,6 \pm 0,1$ kg/dia, respectivamente (média \pm erro padrão). Por outro lado, a ingestão de matéria seca de forragem foi reduzida pelo tratamento CLA ($P < 0,001$).

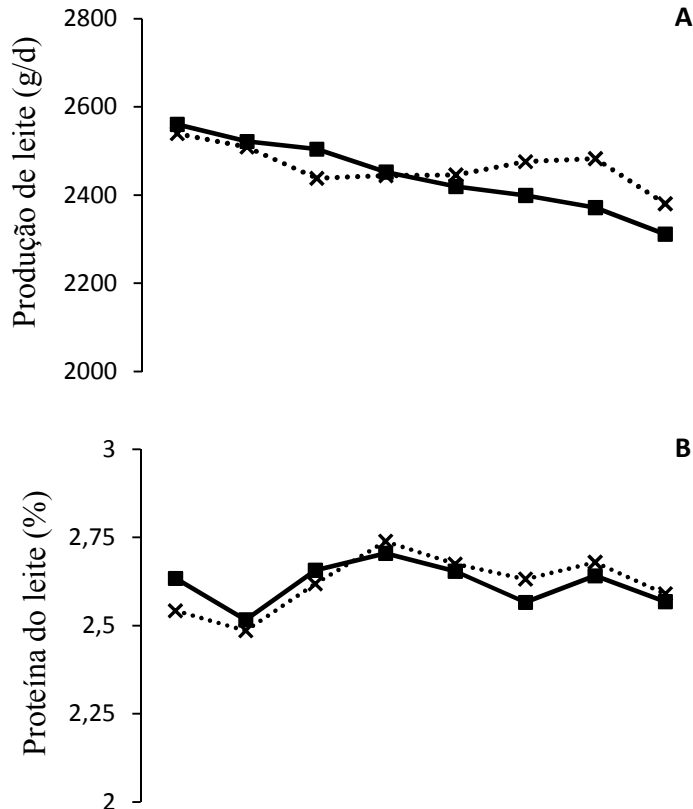
Com relação à composição do leite, observou-se redução da concentração e produção de sólidos totais ($P < 0,001$), da concentração de extrato seco desengordurado ($P < 0,05$), da concentração de lactose ($P < 0,01$), e da produção e concentração da gordura do leite ($P < 0,001$).

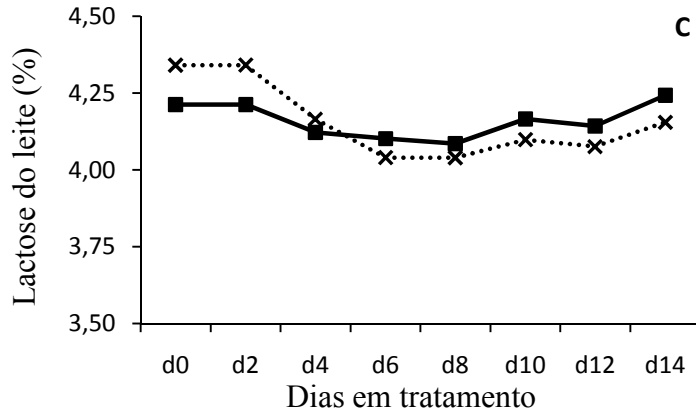
em resposta ao tratamento CLA. Em contraste, a produção e a concentração de proteína no leite e o escore linear para contagem de células somáticas (CCS) não diferiram entre tratamentos.

A redução na concentração de gordura do leite nos animais submetidos ao tratamento CLA em relação ao controle foi de 13,9%, enquanto que a produção de gordura do leite foi reduzida em 13,3%. O tratamento CLA reduziu a ingestão de forragem em 6,8%, a concentração e a produção de sólidos totais em 4,8 e 4,6%, respectivamente, e a concentração de lactose em 0,7%.

A análise da variação temporal da produção de leite e das concentrações de proteína e lactose no leite mostrou que estas variáveis apresentaram comportamento similar entre os tratamentos ao longo do período de suplementação, embora a lactose tenha sido reduzida no leite de cabras recebendo CLA (Figura 5, A, B e C, respectivamente).

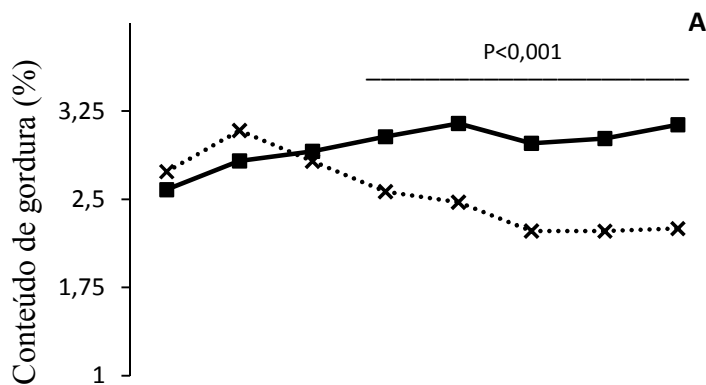
Figura 5. Variação temporal da produção de leite (A), teor de proteína (B) e teor de lactose (C) do leite em cabras Toggenburg recebendo dietas suplementadas com Megalac-E® (Controle ■) ou ácido linoleico conjugado (CLA x).

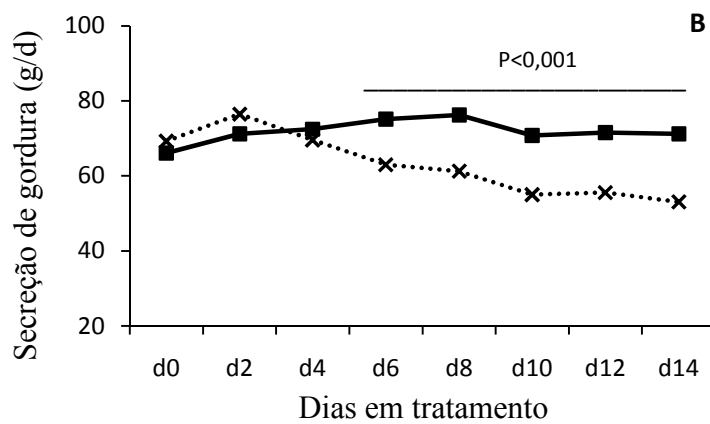




Entretanto, a análise da variação temporal da concentração e secreção da gordura do leite demonstrou reduções destas variáveis no tratamento CLA ao longo do período de suplementação (Figura 6, A e B, respectivamente). A diferença entre tratamentos na síntese de gordura do leite passou a ser significativa ($P < 0,001$) a partir do sexto dia de suplementação tanto para o teor como para a secreção diária de gordura, tendo atingido um “plateau” a partir do 10º dia.

Figura 6. Variação temporal do teor(A) e da secreção de gordura do leite (B) em cabras Toggenburg recebendo dietas suplementadas com Megalac-E[®] (Controle ■) ou ácido linoleico conjugado (CLA x).





4.2 Perfil de Ácidos Graxos do leite

O efeito inibitório do fornecimento do CLA sobre a síntese de gordura do leite resultou em alterações no perfil de ácidos graxos do leite, as quais podem ser visualizadas na Tabela 6.

Tabela 6. Perfil de ácidos graxos do leite de cabras Toggenburg recebendo dieta suplementada com controle ou ácido linoleico conjugado (CLA)

AG (g/100g de AG totais) ¹	Controle ²	CLA ³	SE ⁴	P ⁵
C4:0	2,741	2,971	0,137	0,002
C6:0	2,577	2,166	0,141	<0,001
C8:0	2,757	2,064	0,177	<0,001
C10:0	8,822	6,513	0,704	<0,001
C11:0	0,194	0,095	0,008	<0,001
C12:0	3,613	2,843	0,550	<0,001
C13:0	0,076	0,087	0,008	0,058
C14:0	8,854	8,774	0,222	0,567
C15:0 <i>iso</i>	0,253	0,241	0,007	0,096
C15:0 <i>anteiso</i>	0,406	0,429	0,013	0,084
C14:1 <i>cis</i> -9	0,076	0,051	0,005	0,001
C15:0	0,678	0,710	0,018	0,085
C16:0	25,591	23,209	0,948	<0,001
C16:1 <i>cis</i> -9	0,432	0,353	0,022	<0,001
C17:0	0,500	0,519	0,015	0,139
C17:1 <i>cis</i> -9	0,175	0,126	0,008	<0,001
C18:0	14,086	21,527	0,633	<0,001
C18:1 <i>trans</i> -4	0,025	0,032	0,004	0,041
C18:1 <i>trans</i> -5	0,039	0,044	0,008	0,439
C18:1 <i>trans</i> -6+ <i>trans</i> -7+ <i>trans</i> -8	0,193	0,272	0,012	<0,001
C18:1 <i>trans</i> -9	0,287	0,351	0,010	<0,001
C18:1 <i>trans</i> -10	0,529	1,239	0,057	<0,001
C18:1 <i>trans</i> -11	1,498	2,095	0,180	<0,001
C18:1 <i>trans</i> -12	0,380	0,518	0,016	<0,001

C18:1 <i>trans</i> -13+ <i>trans</i> -14	0,464	0,590	0,043	<0,001
C18:1 <i>cis</i> -9 + <i>trans</i> -15	18,287	15,554	0,911	<0,001
C18:1 <i>cis</i> -11	0,976	0,979	0,068	0,897
C18:1 <i>cis</i> -12	0,461	0,538	0,018	0,001
C18:1 <i>cis</i> -13	0,067	0,068	0,008	0,973
C18:1 <i>trans</i> -16	0,407	0,344	0,082	0,204
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -12	0,037	0,027	0,003	0,009
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	2,791	2,553	0,109	0,001
C20:0	0,221	0,260	0,012	0,001
C20:1 <i>cis</i> -11	0,041	0,055	0,005	0,024
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	0,159	0,134	0,007	<0,001
CLA <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	0,540	0,698	0,042	<0,001
CLA <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12	0,023	0,336	0,039	<0,001
C20:2 <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14	0,011	0,007	0,002	0,080
C22:0	0,053	0,057	0,003	0,201
C20:3 <i>n</i> -6	0,023	0,021	0,002	0,419
C20:4 <i>n</i> -6	0,203	0,156	0,013	<0,001
C24:0	0,031	0,019	0,002	0,001
∑Não identificados	0,308	0,272	0,119	0,622

¹ ácido graxo.

² 30 g/d de Megalac-E[®].

³ 30 g/d de um suplemento lipídico contendo 29,9% de CLA *trans*-10, *cis*-12 e 29,8% do CLA *cis*-9, *trans*-11.

⁴ erro padrão da média.

⁵ valor de P.

A concentração (g/100g de ácidos graxos totais) dos ácidos graxos oriundos da síntese “*de novo*” (até C16), daqueles oriundos da circulação sanguínea (maiores que C16) e de ambas as fontes (C16 e C16:1) (BAUMAN e GRINARI, 2003) apresentaram variações de -12,7, +15,9 e -9,3% em resposta ao tratamento CLA, respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7. Concentração dos principais grupos de ácidos graxos e índices de dessaturase na gordura do leite de cabras Toggenburg recebendo dieta suplementada com Megalac-E® (Controle) ou ácido linoleico conjugado (CLA).

Σ de AG(g/100g de AG totais)*	Tratamentos		SE ³	P ⁴
	Controle ¹	CLA ²		
<C16	31,131	27,034	1,043	<0,001
C16 e C16:1	26,023	23,562	0,959	<0,001
>C16	42,544	49,125	0,711	<0,001
C18:1 <i>cis</i>	19,793	17,140	0,984	<0,001
C18:1 <i>trans</i>	3,820	5,486	0,224	<0,001
AG saturados	71,538	72,577	0,855	0,057
AG monoinsaturados	24,342	23,197	0,873	0,021
AG poliinsaturados	3,811	3,954	0,186	0,113
Índice de Dessaturase ⁵				
14:1 <i>cis</i> -9/14:0+14:1 <i>cis</i> -9	0,0085	0,0058	0,0005	0,002
16:1 <i>cis</i> -9/16:0+16:1 <i>cis</i> -9	0,0168	0,0158	0,0007	0,024
17:1 <i>cis</i> -9/17:0+17:1 <i>cis</i> -9	0,2573	0,1925	0,0074	<0,001
18:1 <i>cis</i> -9/18:0+18:1 <i>cis</i> -9	0,5645	0,4202	0,0193	<0,001
CLA/18:1 <i>trans</i> -11+CLA ⁶	0,2737	0,2594	0,0122	0,011

¹ 30 g/d de sais de Megalac-E®.

² 30 g/d de um suplemento lipídico contendo 29,9% de CLA *trans*-10, *cis*-12 e 29,8% do CLA *cis*-9, *trans*-11.

³ erro padrão.

⁴ valor de P.

⁵ valores representam a relação produto/(substrato + produto) para a enzima Esteroil-CoA Dessaturase (KELSEY et al., 2003).

⁶ CLA *cis*-9, *trans*-11.

* conforme isomeria, insaturação e fonte.

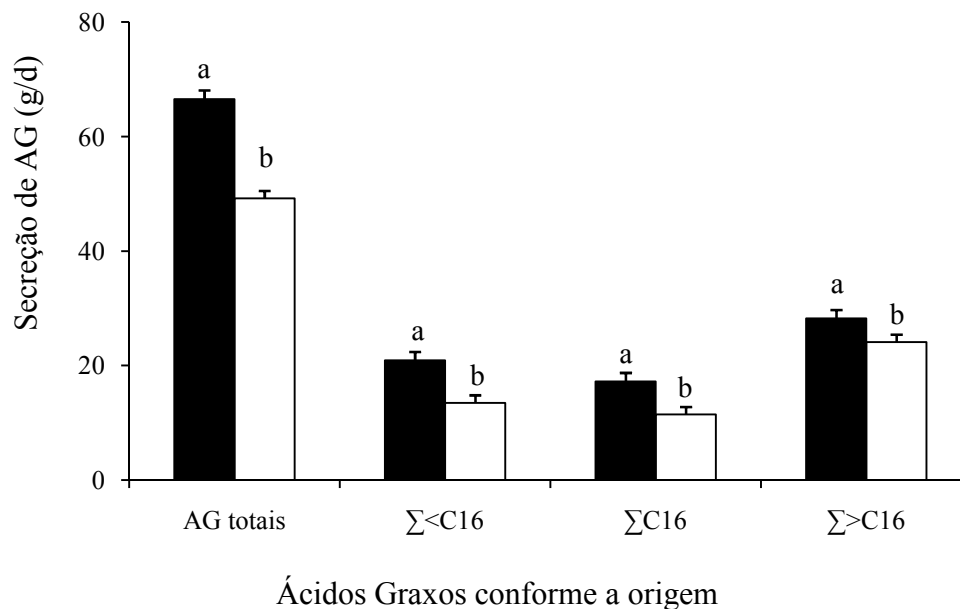
O tratamento CLA também alterou a concentração de ácidos graxos conforme o grau de insaturação, onde os C18:1 *trans* aumentaram, os monoinsaturados diminuíram, enquanto que os AG saturados e poliinsaturados foram inalterados, conforme mostrado na Tabela 7. Esse aumento na concentração dos AG saturados ocorreu devido a elevação do C18:0 na gordura do leite para o tratamento CLA, o qual teve um incremento de 52,8%. A suplementação com CLA diminuiu todos os índices de dessaturase (C14/C14:1, C16/C16:1, C17/C17:1, C18/C18:1 e CLA *cis*-9, *trans*-11/C18:1 *trans*-11), considerando a relação produto/(substrato+produto) para a enzima Esteroil Coenzima-A Dessaturase(Tabela 7).

O tratamento CLA aumentou os teores de C18:1 *trans* em 43,6% (Tabela 7) e o C18:1 *trans*-10 em 134,1% na gordura do leite (Tabela 6). A secreção dos C18:1 *trans* é demonstrada na Figura 9 A e a do C18:1 *trans*-10 na Figura 9 B, onde a variação foi de 6,5 e 70,7%, respectivamente. Já a concentração do isômero C18:1 *trans*-11 (ácido vacênico) aumentou em 39,9% (P<0,001) na gordura do leite para o tratamento CLA.

A secreção diária de ácidos graxos foi reduzida em 26,1% nas cabras recebendo CLA. Considerando a fonte (origem), houve redução da secreção de ácidos graxos com menos de 16

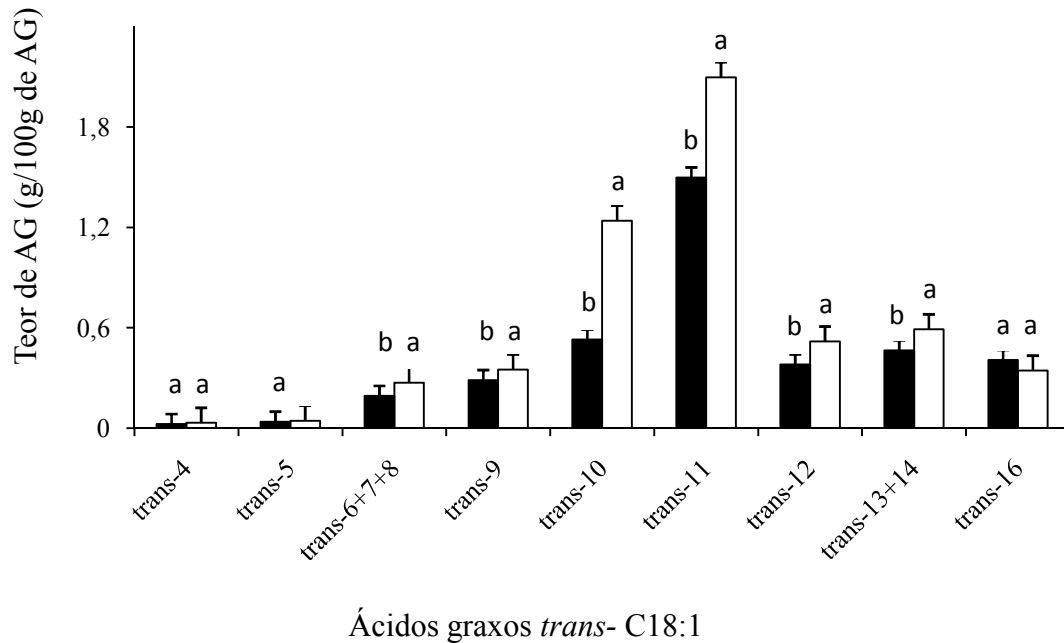
carbonos (<C16) e do par C16/C16:1 em 13,15 e 9,45%, respectivamente. A secreção de ácidos graxos de cadeia longa (>C16) foi reduzida em menor amplitude que os demais (5,7%) para o tratamento CLA conforme observado na Figura 7.

Figura 7. Secreção de ácidos graxos (AG) no leite de cabras Toggenburg recebendo dieta suplementada com Megalac-E® (Controle■) ou ácido linoleico conjugado (CLA□). Os AG estão categorizados de acordo com a origem: <C16 representam AG sintetizados “*de novo*”; >C16 representam AG pré-formados captados da circulação; C16 e C16:1 representam AG derivados de ambas as fontes. O erro padrão é indicado pelas barras acima de cada coluna. Efeitos de tratamento com diferença significativa são indicados por letras distintas acima de cada coluna.



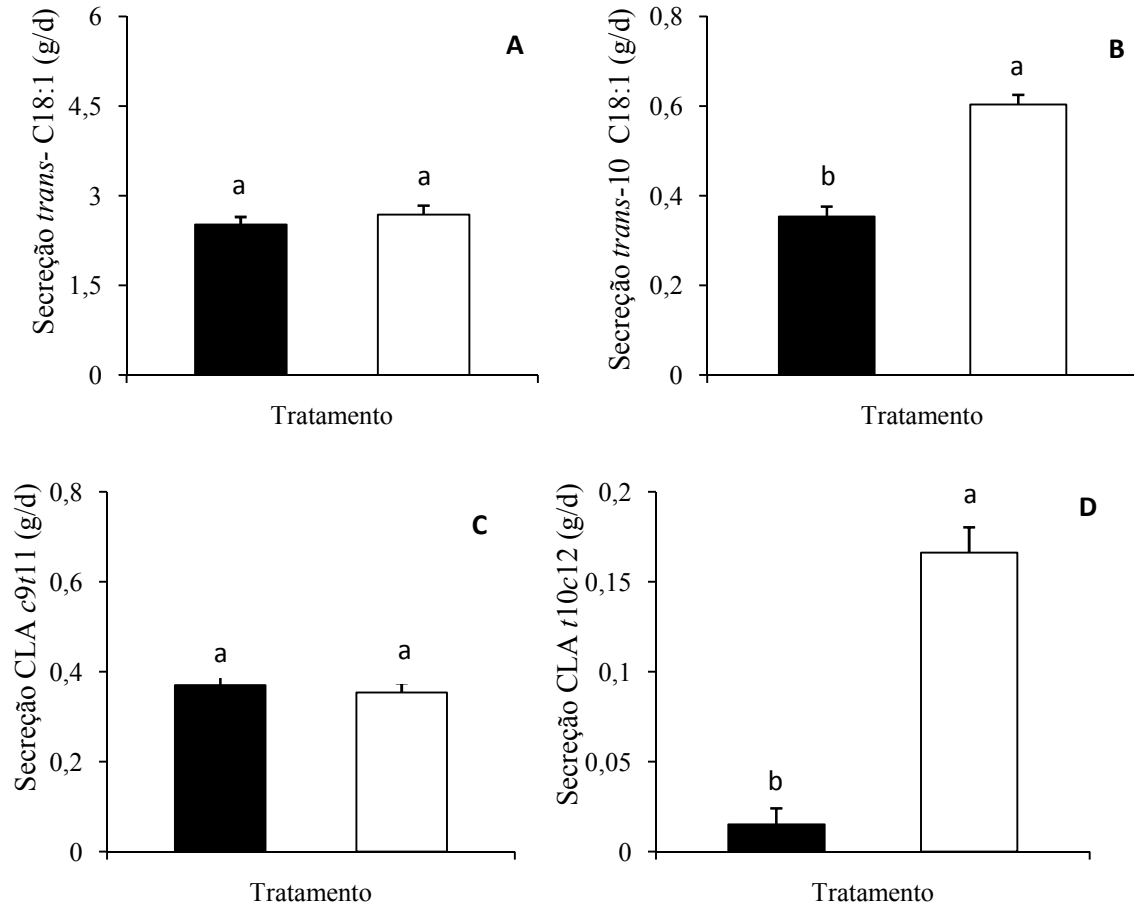
Na Figura 8. podemos visualizar a contribuição de cada isômero C18:1 *trans* identificado na gordura do leite em cada tratamento.

Figura 8. Teores dos isômeros de C18:1 *trans* (g/100g de AG totais) na gordura do leite de cabras Toggenburg recebendo dieta suplementada com Megalac-E® (Controle ■) ou ácido linoleico conjugado (CLA □). O erro padrão é indicado pelas barras acima de cada coluna. Diferenças entre tratamentos são indicadas por letras distintas acima das colunas.



A secreção de CLA *cis*-9, *trans*-11, apesar no aumento de sua concentração, não foi afetada pelo tratamento CLA (Figura 9 C), enquanto que a secreção do CLA *trans*-10, *cis*-12 teve aumento para o tratamento CLA (993,4%), Figura 9 D. Descontando do tratamento CLA os valores de *trans*-10, *cis*-12 observados no tratamento controle, a eficiência de transferência média estimada desse isômero da dieta para a gordura do leite (g ingerido/g secretado) foi de 1,71%. Da mesma forma, a quantidade estimada desse isômero presente no suplemento que escapou da bio-hidrogenação ruminal foi em média 7,3%.

Figura 9. Secreção de ácidos graxos C18:1 *trans* (A), *trans*-10 C18:1 (B), ácido linoleico conjugado (CLA) *cis*-9, *trans*-11 (C) e CLA *trans*-10, *cis*-12 (D) no leite de cabras Toggenburg recebendo dieta suplementada com Megalac-E® (Controle ■) ou ácido linoleico conjugado (CLA □). O erro padrão é indicado pelas barras acima de cada coluna. Efeitos de tratamento com diferenças significativas são indicados por letras distintas acima das colunas (Figuras A e C, P>0,05; Figuras B e D, P<0,001).



A suplementação com CLA reduziu em aproximadamente 6,1% a produção de leite corrigida para 3,5% de gordura. O tratamento CLA diminuiu em 6,6% a concentração de energia do leite (Tabela 8). A variação no padrão temporal demonstrou uma crescente redução na secreção diária de energia no leite para o tratamento CLA (Figura 11). Ao avaliar o ganho médio diário dos animais, foi verificado que em ambos os tratamentos os animais perderam peso, mas sem efeito do tratamento CLA. A análise das variáveis sanguíneas insulina e glicose também não sofreram efeito do tratamento CLA. Entretanto, a concentração plasmática dos ácidos graxos não-esterificados (AGNE) foi afetada pelo tratamento CLA (Tabela 8).

Tabela 8. Parâmetros produtivos e metabólicos de cabras Toggenburg suplementadas Megalac-E[®] (Controle) ou com ácido linoleico conjugado.

Variável	Tratamentos		SE ³	P ⁴
	Controle ¹	CLA ²		
PL 3,5% gordura (kg/d) ⁵	2,24	2,09	0,24	<0,001
Energia no leite (Mcal/kg) ⁶	0,582	0,544	0,02	<0,001
Ganho médio diário (g/d)	-0,46	-7,60	18,78	0,79
AGNE(mmol/L) ⁷	0,272	0,211	0,021	0,002
Insulina (µg/L)*	0,88	1,44	0,33	0,37
Glicose (mg/dL)	56,21	57,77	0,77	0,17

¹ 30 g/d de Megalac-E[®].

² 30 g/d de um suplemento lipídico contendo 29,9% de CLA *trans*-10, *cis*-12 e 29,8% do CLA *cis*-9, *trans*-11.

³ erro padrão.

⁴ valor de P.

⁵ produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (kg) = produção de leite (kg) x (313+11,2 x conteúdo de gordura (g/kg))/704 (SAUVANT, 1981).

⁶ concentração de energia no leite (Mcal/kg) = 0,0929 x %gordura + 0,0547 x %proteína bruta + 0,0395 x %lactose (NRC, 2001).

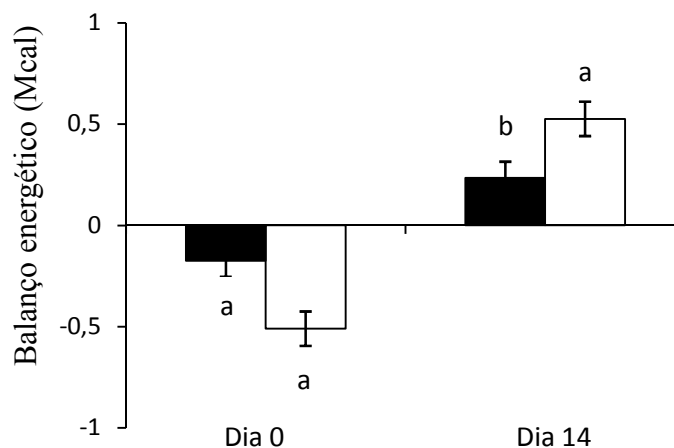
⁷ ácidos graxos não esterificados no plasma.

* n: 24 animais.

4.3 Balanço Energético (BE)

No início do período de suplementação (dia 0), ambos os grupos estavam em BE negativo com médias para Megalac-E[®] de -0,16 e para CLA de -0,49 Mcal, respectivamente, conforme pode ser visualizado na Figura 10. Entretanto, ao final do período de tratamento (dia 14), ocorreu um efeito inverso, onde o balanço energético se apresentou positivo para ambos, com médias de +0,22 para o grupo controle e de +0,52 Mcal para o CLA (Figura 10).

Figura 10. Balanço energético de cabras Toggenburg suplementadas com Megalac-E[®] (Controle■) ou com ácido linoleico conjugado (CLA□). O erro padrão é indicado pelas barras acima e abaixo de cada coluna. Efeitos de tratamento com diferenças significativas são indicados pelas letras acima das colunas (dia 0, P>0,05, EPM=0,56; dia14, P<0,05, EPM= 0,44).



5 DISCUSSÃO

Já é sabido que os efeitos do CLA *trans*-10, *cis*-12 em ruminantes em lactação incluem redução na concentração e produção de gordura do leite e também alteração no perfil de ácidos graxos. Em revisão de Griinari e Bauman (2006), resultados como esse têm sido observados em diversos estudos com vacas leiteiras. No presente estudo a concentração e produção de gordura, a concentração de lactose, o consumo de forragem e a concentração de extrato seco desengordurado sofreram efeito do tratamento CLA. O perfil de ácidos graxos do leite também foi amplamente modificado pela suplementação com CLA, juntamente com os índices de dessaturação de ácidos graxos, produção de leite corrigida para gordura, teor e secreção de energia no leite, ácidos graxos não esterificados (AGNE) e também balanço energético dos animais.

Nesse âmbito, sabe-se que os efeitos do *trans*-10, *cis*-12 são mais especificamente na gordura e perfil de ácidos graxos do leite, sendo que os demais componentes são pouco ou nada afetados (BAUMAN et al., 2008), com exceção de alguns estudos onde a redução da gordura do leite causou um redirecionamento de nutrientes com aumentos na produção de proteína do leite em ovelhas (LOCK et al., 2006) e teor de proteína do leite em vacas (MEDEIROS et al., 2010). Contudo, no presente estudo, ocorreu uma redução de 13,9% na concentração de gordura do leite nos animais submetidos ao tratamento CLA em relação ao controle, enquanto que a produção de gordura do leite foi reduzida em 13,3%.

A análise da variação temporal da concentração e secreção da gordura do leite demonstrou reduções destas duas variáveis no tratamento CLA ao longo do período de suplementação e, esse efeito ocorreu possivelmente devido à ação do CLA sobre a atividade de enzimas lipogênicas na glândula mamária. As enzimas-chave para lipogênese na glândula mamária são a Acetil-CoA Carboxilase e a Ácido Graxo Sintase, as quais possuem uma meia-vida de 48 a 72 horas (CRAIG et al., 1972) e estão envolvidas no mecanismo de redução da gordura do leite pela ação do CLA.

A suplementação com CLA alterou o perfil de ácidos graxos do leite, incluindo uma redução na concentração dos ácidos graxos de cadeias curta e média e um aumento nos ácidos graxos de cadeia longa (>C16). Esses dados corroboram em parte com os dados encontrados por Lock et al. (2008) onde a síntese “*de novo*” e a incorporação de ácidos graxos circulantes no leite de cabras foram reduzidas com o CLA e também com os de Shingfield et al. (2009) que encontraram reduções nos ácidos graxos oriundos da síntese “*de novo*” mas menor inibição na incorporação de ácidos graxos pré-formados no leite em resposta ao CLA *trans*-10, *cis*-12.

De acordo com Baumgard et al. (2002) o *trans*-10, *cis*-12 diminui a expressão de genes que codificam várias enzimas envolvidas na síntese “*de novo*”, absorção e transporte de ácidos graxos e síntese de triglicerídeos. Portanto, os dados do presente experimento assemelham-se ao mecanismo de ação do CLA em vacas, onde a síntese “*de novo*” de ácidos graxos é reduzida e ocorre uma diferença na magnitude da depressão entre as duas vias de síntese (BAUMGARD et al., 2002).

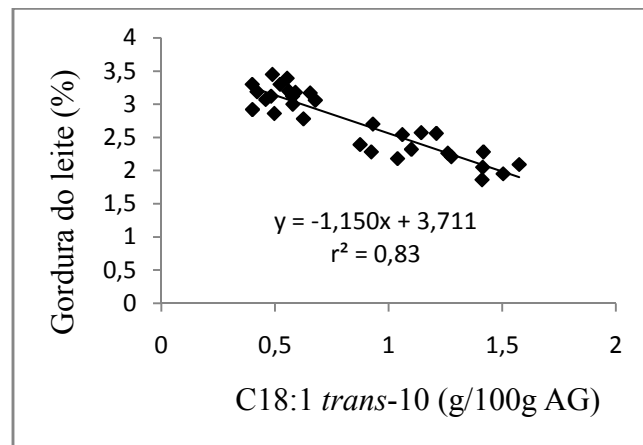
Na Tabela 7 podemos verificar na análise do somatório de ácidos graxos que o tratamento CLA reduziu os <C16:0, os C16:0 e C16:1 e aumentou os >C16:0. Esses resultados são consistentes com os de Shingfield et al. (2009), os quais relataram que o decréscimo de ácidos graxos no leite de bovinos em início de lactação que recebem CLA na dieta envolve uma redução dos ácidos graxos tanto da síntese “*de novo*” como dos pré-formados oriundos da circulação. Houve um aumento nos ácidos graxos monoinsaturados para o tratamento CLA e, conforme Jenkins et al. (2007), quando não protegidos da bio-hidrogenação ruminal, os ácidos graxos poliinsaturados podem ter mais de 90% de bio-hidrogenação pelos microrganismos ruminais. Possivelmente, esse aumento tenha ocorrido devido à bio-hidrogenação parcial, onde aconteceria um escape desses na forma monoinsaturada e incorporando-os na gordura do leite.

Ainda sobre o perfil de ácidos graxos, houve aumento nos ácidos graxos C18:1 *trans* e redução dos *cis* na gordura do leite para o tratamento CLA, possivelmente pela metabolização dos ácidos graxos presentes no suplemento e na dieta pelos microrganismos ruminais, uma vez que os C18:1 *trans* são intermediários da bio-hidrogenação dos ácidos graxos insaturados (GRIINARI et al., 1999). Para sustentar essa ideia é necessário ver que as concentrações de C18:1 *trans*-10 e C18:1 *trans*-11 aumentaram em grandes proporções no presente estudo, com incrementos de 134 e 40%, respectivamente, sendo ainda, esses dois isômeros os principais intermediários da bio-hidrogenação ruminal (CHILLIARD et al., 2007). É conveniente ressaltar que o C18:1 *trans*-11 é o precursor para a síntese endógena do CLA *cis*-9, *trans*-11 na glândula mamária, o qual teve sua concentração aumentada no presente experimento.

O incremento do C18:1 *trans*-10 pode ser sustentado por algumas hipóteses: a) isomerização ruminal do C18:1 *cis*-9 para C18:1 *trans*-10 (JENKINS et al., 2008), visto que o nosso suplemento de CLA tinha uma concentração alta de C18:1 *cis*-9, ou, b) bio-hidrogenação parcial do CLA *trans*-10, *cis*-12 presente no suplemento. Nesse caso, a formação de C18:1 *trans*-10 é natural, visto que o suplemento CLA continha *trans*-10, *cis*-12 em uma forma não protegida da bio-hidrogenação ruminal. Isto pode ser provado pelo coeficiente de correlação de Pearson entre os dois ácidos graxos ($r=0,96$; $P<0,001$). Em vacas,

o C18:1 *trans*-10 está associado a depressão da gordura do leite (GRIINARI et al., 1998). Contudo, em cabras alguns trabalhos o associam ou não com a depressão da gordura do leite, dependendo da dose que sai do abomaso (SHINGFIELD et al., 2009). No presente estudo foi encontrado uma correlação de 0,83 (n=32, P<0,001) entre o teor de C18:1 *trans*-10 e a queda na gordura do leite. Sabidamente, aumentando CLA *trans*-10, *cis*-12, diminui a gordura do leite (relação dose-dependente) assim, aumentando CLA *trans*-10, *cis*-12 no leite, aumenta C18:1*trans*-10 (correlação de Pearson supracitada). Então, a relação entre C18:1*trans*-10 e gordura do leite pode ser apenas um reflexo dos efeitos do CLA *trans*-10, *cis*-12 sobre a gordura.

Figura 11. Correlação entre C18:1 *trans*-10 no leite e gordura do leite



O ácido esteárico (C18:0) foi aumentado para o tratamento CLA, sugerindo que, juntamente com o aumento de vacênico, o suplemento foi amplamente bio-hidrogenado no rúmen, pois estes dois isômeros são o produto final e um intermediário da bio-hidrogenação ruminal (JENKINS et al., 2007). Ao analisarmos a concentração daqueles ácidos graxos que caracteristicamente existem em grandes quantidades no leite de cabras C6:0, C8:0 e C10:0, encontramos reduções para ambos no tratamento CLA, demonstrando que a síntese *de novo* foi reduzida. Estes ácidos graxos supracitados são reconhecidos por causar o sabor característico do leite de cabras e, que muitas vezes, causam rejeição por parte dos consumidores. No presente estudo, as características sensoriais não foram medidas, mas presume-se que pela redução desses ácidos graxos, possivelmente as características sensoriais desse leite tenham sido modificadas.

Os índices de dessaturação dos ácidos graxos geralmente são utilizados como indicadores da atividade da enzima Δ -9Dessaturase (KELSEY et al., 2003), pois possuem alta

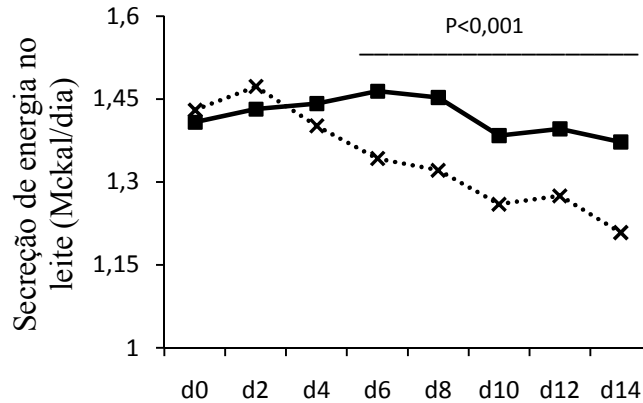
correlação com a quantidade de mRNA e a sua atividade enzimática. A suplementação com CLA reduz a quantidade de mRNA para a Δ -9 Dessaturase na glândula mamária de bovinos (HARVATINE e BAUMAN, 2006). No presente estudo, o tratamento CLA reduziu todos os índices de dessaturação dos ácidos graxos, o que sugere que a redução atividade da Δ -9 Dessaturase ocorreu devido aumento na concentração do CLA *trans*-10, *cis*-12 no leite, pois esses índices são correlacionados com a abundância e atividade da Δ -9 Dessaturase na glândula mamária de cabras (BERNARD et al., 2005), um efeito também observado em vacas e ovelhas.

Os efeitos anti-lipogênicos do CLA *trans*-10, *cis*-12 na glândula mamária envolve ação de redução na abundância do mRNA de enzimas envolvidas na síntese *de novo*, absorção e transporte de ácidos graxos e síntese de triglicerídeos (BAUMGARD et al., 2002). Essa expressão de enzimas lipogênicas é coordenada por uma classe de fatores de transcrição. Um destes é o SREBP-1, como descrito por Harvatine e Bauman (2006), onde os mesmos encontraram redução na expressão do SREBP-1 e de proteínas associadas à ativação dele em resposta a infusão de CLA *trans*-10, *cis*-12.

Os valores de AGNE diferiram entre os tratamentos. As concentrações de AGNE são altamente correlacionadas com a taxa de lipólise no tecido adiposo e com o balanço energético (CORL et al., 2006). Essa concentração de AGNE reduzida no tratamento CLA sugere que a depressão da gordura feita pelo CLA juntamente com a mudança no perfil de ácidos graxos do leite e menor secreção de energia no leite fez com que ocorresse uma sobra de energia, melhorando com isso o balanço energético dos animais. Essas condições fizeram com que menores quantidades desses ácidos graxos circulantes fossem encontradas no plasma derivados da mobilização de tecidos, sugerindo que a economia energética para a síntese de gordura (ver ilustração da energia no leite na Figura 12) na glândula mamária tenha redirecionado esse “nutriente” para outras finalidades e evitando com isso que os animais mobilizassem as reservas energéticas corporais para manutenção da produção do leite (GRIINARI e BAUMAN, 2006).

Outro fato importante foi à menor ingestão de forragem pelos animais suplementados com CLA, o que reforça a ideia da economia energética, pois mesmo consumindo menos alimento e mantendo a produção de leite, os animais mobilizaram menos reservas que o grupo controle.

Figura 11. Padrão temporal da secreção diária de energia no leite de cabras Toggenburg suplementadas com Megalac-E[®] (Controle■) ou com ácido linoleico conjugado (CLA x).



Esse redirecionamento energético não foi medido no presente estudo, mas, dados da literatura mostraram que a redução da gordura no leite de animais que recebem CLA fez com que ocorresse um aumento na expressão de mRNA para enzimas lipogênicas no tecido adiposo em vacas (HARVATINE et al., 2009), suportando essa suposição. Ainda sobre o consumo, já é conhecido que reduções na secreção de gordura do leite em animais lactantes geralmente vem acompanhada de diferenças como maior secreção de proteína, melhora no escore corporal ou maiores produções de leite. Nesse estudo, provavelmente os animais estavam usando todo o seu potencial para produção de leite, sem alteração na produção bem como no teor de proteína. Assim sendo, o consumo foi reduzido nesse caso de economia energética, sugerindo que houve mudanças positivas no metabolismo dos animais, ocasionadas pela menor demanda energética causada pela diminuição na síntese de gordura do leite. Ainda, ao relacionar o consumo com perfil de ácidos graxos do leite, encontramos reduções naqueles ácidos graxos que são encontrados em maiores quantidades no leite em condições normais, dentre estes destacam-se o palmítico, oleico e linoleico. Isso ocorre possivelmente devido a menor mobilização dos tecidos e menor utilização desses ácidos graxos mobilizados para a síntese de outros no leite. O aumento de esteárico, como comentado anteriormente, possivelmente ocorreu devido a ampla bio-hidrogenação do suplemento no rúmen e após incorporação na gordura do leite.

Seguindo essa linha, foi encontrada uma pequena diminuição no teor de lactose no leite para o CLA em relação ao controle. Sabe-se que a lactose é o regulador osmótico para a produção de leite, e no caso dos ruminantes seu principal precursor é o ácido propiônico. Possivelmente a alta dose de *trans*-10, *cis*-12 que chegou ao abomaso, conforme o cálculo do

escape estimado de 7,3% de uma dose diária de 8,7 g/d, isso representa 0,63 g/d, ou seja, é 59% a mais do que o esperado (0,4 g/d), o que demonstrado com outras espécies pode trazer alguns efeitos negativos, como alterações na osmolaridade do leite (BELL e KENNELLY., 2003, Oliveira et al., 2012) ou inibição da proliferação celular e indução de apoptose de células epiteliais da glândula mamária (KEATING et al., 2007) o que possivelmente alteraria a composição do leite. Outra possibilidade seria com relação ao menor consumo de matéria seca e menor mobilização pelos animais, diminuindo o aporte de glicerol da molécula de triacilglicerol, o qual reconhecidamente é um precursor gliconeogênico e está diretamente envolvido na síntese de lactose.

A eficiência de transferência do CLA *trans*-10, *cis*-12 do suplemento lipídico para a gordura do leite foi de 1,71%, valor próximos a trabalhos da literatura quando doses de CLA *trans*-10, *cis*-12 semelhantes à desse estudo foram utilizadas na forma de sais de cálcio ou encapsulada (2,22% no trabalho de Lock et al., 2008 e 1,89 no trabalho de Shingfield et al., 2009).

A redução de 13,9% na concentração de gordura do leite ocasionou uma redução de 6,6% na concentração de energia (Mcal/kg) do leite para o tratamento CLA, fruto de uma queda diária na secreção de gordura que ocorreu desde o sexto dia de suplementação, início da redução no teor de gordura do leite. A suplementação com CLA também reduziu a produção de leite corrigida para 3,5% de gordura em 6,7%, sugerindo que existiu uma diminuição na exigência de energia para lactação, pois como a gordura é o componente do leite mais caro energeticamente, uma redução na síntese de gordura diminuiria a exigência de energia para lactação (HARVATINE et al., 2009). Essa produção de leite corrigida para gordura padroniza a produção de leite para produção de energia, possibilitando que ocorra uma padronização em diferentes produções ou diferentes percentuais de gordura (SAUVANT et al., 1981).

6 CONCLUSÕES

De forma geral, o presente estudo forneceu evidências de que a adição de um suplemento de ácido linoleico conjugado (CLA) desprotegido da bio-hidrogenação ruminal contendo 29,9% de isômeros *trans*-10, *cis*-12 na dieta de cabras leiteiras reduziu de forma efetiva a síntese de gordura na glândula mamária dos animais, com efeitos tanto no teor como na produção de gordura. Além disso, alterou o perfil de ácidos graxos do leite com redução dos ácidos graxos sintetizados pela via *de novo*, daqueles oriundos em parte dessa via e da circulação sanguínea e aumentou aqueles oriundos da circulação sanguínea.

O teor dos ácidos graxos C18:1 *trans* foi aumentado com a suplementação de CLA, indicando que ocorreu bio-hidrogenação parcial dos ácidos graxos no rúmen. As concentrações dos principais isômeros de CLA também foram aumentadas no leite, com destaque para o isômero *trans*-10, *cis*-12.

Ocorreu também redução em todos os índices de dessaturase, sugerindo com isso o efeito inibitório do *trans*-10, *cis*-12 na atividade da enzima Esteroil CoA Dessaturase, como já observado em estudos com vacas, ovelhas e cabras leiteiras.

Observou-se também, uma melhora no balanço energético, juntamente com diminuição no consumo de matéria seca e no teor de AGNE circulantes. Possivelmente devido a diminuição na síntese de gordura do leite, o que ocasionou menor gasto energético para a síntese da mesma no leite e utilização dessa sobra energética para outras finalidades, nesse caso manutenção da produção de leite mas, com diminuição no consumo de matéria seca e menor teor de AGNE circulantes no plasma sanguíneo dos animais recebendo CLA na dieta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, P.V.D.; SCHMIDELY, P. Effect of duodenal infusion of *trans*-10, *cis*-12CLA on milk performance and milk fatty acid profile in dairy goats fed high or low concentrate diet in combination with rolled canola seed. **Reproduction Nutrition Development**, v.46, p.31–48, 2006.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Analytical Chemists**.17 ed. Washington, 2000.v.2.

BAUMAN, D.E. Regulation of nutrient partitioning during lactation: homeostasis and homeorhesis revisited. In: **ruminant physiology: digestion, metabolism and growth, and reproduction**, New York: PJ Conge, p.311-327, 2000.

BAUMAN, D. E.; BAUMGARD, L. H.; CORL, B. A.; GRINARI, J. M. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. **Proceedings of the American society of animal science**, p. 1 – 11, 1999.

BAUMAN, D. E.; DAVIS, C. L.; BUCHOLTZ, H. F. Propionate production in the rumen of cows fed either a control or high grain, low fiber diet. **Journal of dairy science**, v.54, p.1282-1287, 1971.

BAUMAN, D.E.; GRINARI, J.M. Nutritional regulation of milk fat synthesis. **Annual Review of Nutrition**, v.23, p.203–227, 2003.

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

BAUMAN, D. E.; MATHER, I. H.; WALL, R. J.; LOCK, A. L. Major advances associated with the biosynthesis of milk. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.1235–1243, 2006.

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

BAUMGARD, L. H.; MATITASHVILI, E.; CORL, B. A.; DWYER, D. A.; BAUMAN, D. E. *trans*-10, *cis*-12 Conjugated Linoleic Acid decreases lipogenic rates and expression of genes involved in milk lipid synthesis in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.2155-2163, 2002.

BAUMGARD, L. H.; CORL, A. B.; DWYER, D. A.; SAEBO, A.; BAUMAN, D. E. Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. **American Journal Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v.278, p.179-184, 2000.

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 of Dairy Science**, v. 83, p. 2564-2573, 2000.

- BELL, J. A.; KENNELLY, J. J. Short-Communication: postruminal infusion of conjugated linoleic acids negatively impacts milk synthesis in Holstein cows. **Journal of dairy science**, v.86, p.1321-1324, 2003.
- BERNARD, L.; ROUEL, J.; LEROUX, C.; FERLAY, A.; FAULCONNIER, Y.; LEGRAND, P.; CHILLIARD, Y. Mammary lipid metabolism and milk fatty acid secretion in alpine goats fed vegetable lipids. **Journal of dairy science**, v.88, p.1478-1489, 2005.
- CHILLIARD, Y.; FERLAY, A. Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. **Reprod. Nutr. Dev.**, v.44, p.467-492, 2004.
- 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**, v.86, p.1751-1770, 2003.
- CHILLIARD, Y.; GLASSER, F.; FERLAY, A.; BERNARD, L.; ROUEL, J.; DOREAU, M. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v.109, p.828-855, 2007.
- CHOUINARD, P.I., CORNEAU, L., SAEBO, A., BAUMAN, D.E. Milk yield and composition during abomasal infusion of conjugated linoleic acids in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.2737-2745, 1999.
- CHRISTIE, W.W. A simple procedure for rapid transmethylolation of glycerolipids and cholesterol esters. **Journal of Lipid Research**, v.23, p.1072, 1982.
- CORL, B. A.; BUTLER, S. T.; BUTLER, W. R.; BAUMAN, D. E. Short Communication: Regulation of Milk Fat Yield and Fatty Acid Composition by Insulin. **Journal of dairy science**, v.89, p.4172 - 4175, 2006.
- CRAIG, M. C., NEPOKROEFF, C. M.; LAKSHMANAN, M. R.; PORTER, J. W. Effect of dietary change on the rates of synthesis and degradation of rat liver fatty acid synthetase. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.152, p.619-630, 1972.
- CRUZ-HERNANDEZ, C.; KRAMER, J.K.G.; KENNELLY, J.J.; GLIMM, D.R.; SORENSEN, B.M.; OKINE, E.K.; GOONEWARDENE, L.A.; WESELAKE, R.J. Evaluating the conjugated linoleic acid and trans 18:1 isomers in milk fat of dairy cows fed increasing amounts of sunflower oil and a constant level of fish oil. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.3786-3801, 2007.
- DABDOUB, S. M.; SHOOK, G. E. Phenotypic relations among milk yield, somatic cell count and clinical mastitis. **J. Dairy Sci.** v.34 (Suppl.1):163-164, 1984.
- DE VETH, M.J.; GRIINARI, J.M.; PFEIFFERC, A.M.; BAUMAN, D.E. Effect of CLA on milk fat synthesis in dairy cows: comparison of inhibition by methyl esters and free fatty acids, and relationships among studies. **Lipids**, v.39, p.365-372, 2004.
- DHIMAN, T. R.; SATTER, L. D.; PARIZA, M. W.; GALLI, M. P.; ALBRIGHT, K.; TOLOSA, M. X. Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. **Journal of dairy science**, v.83, n.5, p.1016-1027, 2000.

E (Kika) of the Garza Institute for Goat Research - Langston University. **Metabolizable energy (ME) requirement for lactating goats**. Langston University, Langston, OK. Technical Version Calculator. Disponível em: <http://www.luresext.edu/goats/research/me4.html>. Acessado em: 17/10/2010.

ERASMUS, L.J.; BESTER, Z.; FOURIE, T.; COERTZE, R.J.; HALL, L. Effect of level of rumen protected CLA supplementation on milk yield and composition in Saanen goats. **South African Journal of Animal Science**, v.34, Suppl.1, p.42–45,2004.

FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 2009. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/569/DesktopDefault.aspx?PageID=569#ancor> . Acesso em: 29/09/2011.

GRIINARI, J. M.; BAUMAN, D. E. Milk fat depression: Concepts, mechanisms and management. **In: Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism and Impact of Nutrition on Gene Expression, Immunology and Stress**. p.389–417. SEJRSEN, K.; HVELPLUND, T.; NIELSON, M. O. Wageningen Academic Publishers: Netherlands, 2006.

GRIINARI, J.M.; CORL, B.A.; LACY, S.H.; CHOUINARD, P.Y.; NURMELA, K.V.V.; BAUMAN, D.E. Conjugated Linoleic acid is synthesized endogenously in lactating cows by Δ^9 desaturase. **J.Nutr.**, v.130, p.2285-2291, 2000.

GRIINARI, J. M.; DWYER, D. A.; McGUIRE, M. A.; BAUMAN, D. E.; PALMQUIST, D. L.; NURMELA, K. V. V. Trans-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. **Journal of dairy science**, v.81, p.1251-1261, 1998.

GRIINARI, J.M.; NURMELA, K.; DWYER, D.A.; BARBANO, D.M.; BAUMAN, D.E. Variation of milk fat concentration of conjugated linoleic acid and milk fat percentage is associated with a change in ruminal biohydrogenation. **Journal of Animal Science**, v.77, Supp.1, 1999.

GULATI, S.K.; KITESSA, S.M.; ASHES, J.R.; FLECK, E.; BYERS, E.B.; BYERS, Y.G.; SCOTT, T.W. Protection of conjugated linoleic acids from ruminal hydrogenation and their incorporation into milk fat. **Animal Feed Science and Technology**, v.86, p.139-148, 2000.

HARA, A.; RADIN, N.S. Lipid extraction of tissues with low-toxicity solvent. **Analytical Biochemistry**, v.90, p.420-426, 1978.

HARVATINE, K. J.; BAUMAN, D. E. SREBP1 and Thyroid Hormone Responsive Spot14(S14) Are Involved in the Regulation of Bovine Mammary Lipid Synthesis during Diet-Induced Milk Fat Depression and Treatment with CLA. **Journal of nutrition**, v.136, p. 2468-2474, 2006.

HARVATINE, K.J.; BOISCLAIR, Y.R.; BAUMAN, D.E. Recent advances in the regulation of milk fat synthesis. **Animal**, v.3, p.40–54, 2008.

HARVATINE, K.J.; PERFIELD II, J.W.; BAUMAN, D.E. Expression of Enzymes and Key Regulators of Lipid Synthesis Is Up regulated in Adipose Tissue during CLA-Induced Milk Fat Depression in Dairy Cows. **The Journal of Nutrition**, v.139, p.849–854, 2009.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo Agropecuário, 2007.

Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1061&id_pagina=1#> Acesso em: 31 de outubro de 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**, v.86, p.397-412, 2008.

JENSEN, R. G., FERRIS, A. M., LAMMI-KEEFE, C.J. The composition of milk fat. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3228–3243, 1991.

KEATING, A. F., ZHAO, F. Q., FINUCANE, K. A., GLIMM, D. R.; KENNELLY, J. J. Effect of conjugated linoleic acid on bovine mammary cell growth, apoptosis and stearoyl Co-A desaturase gene expression. **Domestic Animal Endocrinology**, v.34, p. 284-292, 2007.

KELSEY, J.A.; CORL, B.A.; COLLIER, R.J., BAUMAN, D. E. The effect of breed, parity, and stage of lactation on conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat from dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.2588–2597, 2003.

KRAMER, J.K.G.; CRUZ-HERNANDEZ, C.; DENG, Z.Y.; ZHOU, J.Q.; JAHREIS, G.; DUGAN, M.E.R. Analysis of conjugated linoleic acid and trans 18 : 1 isomers in synthetic and animal products. *Am. J. Clin. Nutr.*, v.79, p.1137S–1145S, 2001.

KUEHL, R.O. **Design of experiments: Statistical principles of research design and analysis**. 2ed. Brooks, Cole: Duxbury Press, 2000. 666p.

LOCK, A.L.; ROVAI, M.; GIPSON, T.A.; DE VETH, M.J.; BAUMAN, D.E. A conjugated linoleic acid supplement containing *trans*-10, *cis*-12 conjugated linoleic acid reduces milk fat synthesis in lactating goats. **Journal of Dairy Science**, 91: 3291-3299, 2008.

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

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

McClymont, G. L.; Vallance, S. Depression of blood glycerides and milk fat synthesis by glucose infusion. **Proceedings of the nutrition society**, v.21, p. 151, 1962.

McGUIRE, M. A.; GRINARI, J. M.; DWYER, D. A.; BAUMAN, D. E. Role of insulin in the regulation of mammary synthesis of fat and protein. **Journal of dairy science**, v.78, p.816-824, 1995.

- MEDEIROS, S. R.; OLIVEIRA, D. E.; AROEIRA, L. J. M.; McGUIRE, M. A.; BAUMAN, D. E.; LANNA, D. P. D. Effects of dietary supplementation of rumen-protected conjugated linoleic acid to grazing cows in early lactation. **Journal of dairy science**, v.93, p.1126-1137, 2010.
- MELE, M.; SERRA, A.; RAFANELLI, M.R.; CONTE, G.; SECCHIARI, P. Effect of forage/concentrate ratio and soybean oil supplementation on milk yield and quality from dairy goats. **Italian Journal of Animal Science**, v.4, Suppl.2, p.392-394, 2005.
- NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7ed. Washington: Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, Committee on Animal Nutrition, National Research Council, 2001. 408p.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids**. Washington: Committee on Nutrient Requirements of Small Ruminants, 2007. 362p.
- OLIVEIRA, D. E.; GAMA, M. A. S.; FERNANDES, D.; TEDESCHI, L. O.; BAUMAN, D.E. An unprotected conjugated linoleic acid supplement decreases milk production and secretion of milk components in grazing dairy ewes. **Journal of dairy science**, v.95, p. 1437 - 1446, 2012.
- PALMQUIST, D. L.; JENKINS, T. C. Challenges with fats and fatty acid methods. **Journal of Animal Science**, v.81, p. 3250-3254, 2003.
- PARIZA, M. W.; PARK, Y.; COOK, M. E. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. **Progress in lipid research**, v. 40, p. 283 – 298, 2001.
- PIPEROVA, L. S.; TETER, B. B.; BRUCKENTAL, I.; SAMPUGNA, J.; MILLS, S. E.; YURAWEC, M. P.; FRITSCH, J.; KU, K.; ERDMAN, R. A. Mammary Lipogenic Enzyme Activity, trans Fatty Acids and Conjugated Linoleic Acids Are Altered in Lactating Dairy Cows Fed a Milk Fat–Depressing Diet. **Journal of nutrition**, v.130, p.2568-2574, 2000.
- ROACH, J.A.G., MASSOBA, M.M., YURAWECZ, P.M, KRAMER, J.K.G. Chromatographic separation and identification of conjugated linoleic acid isomers. **Analytica Chimica Acta**, v.465, p.207-226, 2002.
- 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**, v. 68, p.42-63, 2007.
- SAS Institute Inc. **SAS/STAT: User`s Guide**. Version 6.0. ed Cary, NC, 2002.
- SAUVANT, D. Alimentation énergétique des caprins. In: **Nutrition et Systèmed'alimentation de la Chèvre**, Symposium international, Tours (France), 12–15 may 1981, p. 55–79, France: INRA-ITOVIC, 1981.
- SCHMIDELY, P.; MORAND-FEHR, P. Effects of intravenous infusion of trans-10, cis-12 or cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid (CLA) on milk fat synthesis and composition in dairy

goats during mid-lactation. **South African Journal of Animal Science**, v.34, Suppl.1, p.195 - 197, 2004.

SCHMIDELY, P.; SAUVANT, D. Fat content yield and composition of milk in small ruminants : effects of concentrate level and addition of fat. **INRA Production Animales**, v.14, p.337-354, 2001.

SHINGFIELD, K. J.; ROUEL, J.; CHILLIARD, Y. Effect of calcium salts of a mixture of conjugated linoleic acid containing *trans*-10, *cis*-12 in the diet on milk fat synthesis in goats. **British journal of nutrition**, v. 101. p. 1006-1019, 2009.

SUASSUNA, J. Caprinos: **uma pecuária necessária no Semi-Árido nordestino**. FJN, 2003. Disponível em: <<http://www.fundaj.gov.br/docs/tropico/desat/cabra/html#>> Acesso em: 31 de outubro de 2011.

SUKHIJA, P. S.; PALMQUIST, D. L. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. **J. Agric. Food Chem.** v.36, p. 1202–1206, 1988.

TEDESCHI, L. O.; CANNAS, A.; FOX, D. G. A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and other nutrients for domesticated small ruminants: The development and evaluation of the small ruminant nutrition system. **Small Ruminant Research**, v.3699, p.01-10, 2010.

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

WEISS, W.P. Method estimates available energy value for ruminants. **Feedstuffs**, v.9, p.13-14, 1993.

WOLFF, R.L.; BAYARD, C.C.; FABIEN, R.J. Evaluation of Sequential Methods for the Determination of Butterfat Fatty Acid Composition with Emphasis on *trans*-18:1 Acids. Application to the Study of Seasonal Variations in French Butters. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.72, p.1471-1483, 1995.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Percentual de gordura do leite

Período	Tratamento	Animal	d0	d2	d4	d6
1	1	7632	2,86	3,07	3,12	2,96
1	1	7711	2,81	2,94	2,64	2,23
1	1	7662	2,79	3,21	3,07	2,76
1	1	7689	2,38	2,7	2,55	2,49
1	1	7652	3,26	3,54	3,09	2,86
1	1	7706	2,78	3,1	2,76	2,51
1	1	7648	2,74	3,33	2,84	2,56
1	1	7682	2,15	2,58	2,89	2,78
1	1	7675	3,65	3,55	3,00	2,65
1	1	7703	2,68	2,85	2,59	2,38
1	2	7657	2,7	2,9	2,93	3,1
1	2	7651	2,73	2,76	2,96	3,28
1	2	7646	2,62	2,56	2,95	3,11
1	2	7677	2,7	2,79	2,77	2,91
1	2	7678	2,77	2,87	2,98	3,17
1	2	7665	2,88	3	3,45	3,59
1	2	7680	2,47	2,75	3,04	3,15
1	2	7670	2,58	2,65	2,75	2,77
1	2	7650	3,3	3,22	3,39	3,35
2	2	7632	2,58	2,84	2,74	3,02
2	2	7711	2,37	2,79	2,69	2,94
2	2	7662	2,26	3,11	2,7	2,7
2	2	7689	1,89	2,22	2,21	2,22
2	2	7652	2,71	2,97	3,24	3,33
2	2	7706	2,56	2,77	2,96	2,93
2	2	7648	2,45	2,81	2,87	3,1
2	2	7682	2,35	2,69	2,45	2,57
2	2	7675	2,92	3,6	3,78	3,83
2	2	7703	2,19	2,37	2,39	2,57
2	1	7657	2,54	2,9	2,52	2,14
2	1	7651	2,68	3,1	2,44	2,05
2	1	7646	2,56	3,09	2,85	2,45
2	1	7677	2,41	3,02	2,64	2,47
2	1	7678	2,57	3,07	2,67	2,26
2	1	7665	2,67	2,94	2,86	2,84
2	1	7680	2,92	3,21	2,63	2,21
2	1	7670	2,65	3,09	3,18	3,12
2	1	7650	2,81	3,32	3,3	3

APÊNDICE A - Percentual de gordura do leite (Cont...)

Período	Tratamento	Animal	d8	d10	d12	d14
1	1	7632	2,85	2,62	2,74	2,7
1	1	7711	2,24	2,01	2,2	1,95
1	1	7662	2,58	2,51	2,52	2,54
1	1	7689	2,27	2,16	2,24	2,28
1	1	7652	2,8	2,56	2,45	2,26
1	1	7706	2,62	2,38	2,27	2,32
1	1	7648	2,47	2,24	2,13	2,28
1	1	7682	2,55	2,53	2,6	2,57
1	1	7675	2,39	2,22	2,11	2,09
1	1	7703	2,35	2,1	2,14	2,22
1	2	7657	3,09	3,11	3,01	3,12
1	2	7651	3,22	3,36	3,37	3,3
1	2	7646	3,06	3,0	3,07	3,17
1	2	7677	2,99	2,97	2,99	3,0
1	2	7678	3,52	3,39	3,36	3,3
1	2	7665	3,52	3,15	3,25	3,2
1	2	7680	3,08	3,25	3,36	3,18
1	2	7670	2,85	2,89	3,24	3,12
1	2	7650	3,44	3,2	3,25	3,14
2	2	7632	3,05	2,72	2,79	3,07
2	2	7711	2,99	2,72	2,6	3,06
2	2	7662	2,88	2,5	2,61	2,92
2	2	7689	2,44	2,09	2,0	2,31
2	2	7652	3,41	3,28	3,21	3,45
2	2	7706	3,31	3,09	2,94	3,19
2	2	7648	3,31	2,88	3,12	3,39
2	2	7682	2,96	2,65	2,64	2,86
2	2	7675	3,87	3,79	3,87	3,95
2	2	7703	2,74	2,49	2,61	2,78
2	1	7657	2,31	2,0	1,73	1,86
2	1	7651	1,87	1,48	1,49	1,68
2	1	7646	2,29	2,1	2,13	2,21
2	1	7677	2,48	2,11	2,0	2,18
2	1	7678	2,12	1,95	2,18	2,05
2	1	7665	2,9	2,57	2,67	2,77
2	1	7680	2,16	1,95	1,98	1,89
2	1	7670	3,04	2,66	2,49	2,56
2	1	7650	2,72	2,22	2,31	2,39

APÊNDICE B – Produção de Leite

Período	Tratamento	Animal	d0	d1	d2	d3	d4	d5
1	1	7632	3464,5	3364	3430,8	3155,1	3227	3096,3
1	1	7711	2925,8	3132,8	3257,2	3086	3228,5	3045,5
1	1	7662	2893,6	3081,8	2925,7	2788,2	2779,6	2846,1
1	1	7689	2729,9	2840,1	2814,6	2621,1	2624,7	2532,9
1	1	7652	3118,7	3172,4	2962,4	3051	3128,8	2975,8
1	1	7706	2384,9	2364,2	2384,2	2094,5	2256,3	2502,4
1	1	7648	2390	2419,5	2253,4	2141	2280,8	2264,7
1	1	7682	2369,1	2492	2265,5	2109,1	2130	2071,8
1	1	7675	1763,3	1897,5	2035,7	1921	2040,1	1963,7
1	1	7703	2235,4	2436,9	2214	2244,1	2248,1	2229,3
1	2	7657	2155,3	2162,1	2179,2	2130,7	2134,2	2037,2
1	2	7651	2755,8	2737,2	2776,8	2686,4	2586,9	2556,5
1	2	7646	2772,9	2929,3	3064,5	2900,2	2799,8	2577,1
1	2	7677	2857,8	2953,8	3103,7	2929,9	2941,7	2845
1	2	7678	2849,8	2717,7	2796,9	2813,5	2806,5	2667,5
1	2	7665	2878,2	2873,5	3039,6	2935,6	2847,4	2760,2
1	2	7680	2573,4	2627,3	2733,2	2566,1	2454,9	2348
1	2	7670	2532,8	2485	2519	2423,4	2336,4	2349,2
1	2	7650	2287,5	2367,5	2411,9	2235,1	2064,5	2194,3
2	2	7632	3088,8	2982,4	2978,4	3094,3	3050,5	3026,4
2	2	7711	3193,8	3028,8	3098,8	3056,6	3125,7	2945,2
2	2	7662	2749,5	2608,7	1631	2661,4	2738,9	2665,1
2	2	7689	2507,1	2376,2	2384,6	2293,4	2292,5	2341
2	2	7652	2828,1	2736	2815,5	2764,4	2844,6	2803,1
2	2	7706	2174,2	2148,7	2207,4	2137	2257	2210,6
2	2	7648	2318,2	2157,2	2186,1	2156	2016,9	2013,8
2	2	7682	2091,8	1955,6	2097,8	2047,6	2077,8	2024
2	2	7675	1952,6	1880,9	1903,8	1921,8	1939,1	1787,7
2	2	7703	2074,9	2035,3	2148	1992,1	2115,5	2059,3
2	1	7657	1982,4	1881,9	1804,5	1933,5	2033,5	1924,8
2	1	7651	2410,2	2291,3	2247,7	2241,2	2290,3	2403,2
2	1	7646	2958	2815,4	2576,3	2728,4	2687,5	2736,1
2	1	7677	2915,9	2838,2	2742,1	2733,4	2503,5	2578,4
2	1	7678	2303,9	2171,9	2175,5	2350,9	2243,1	2329,8
2	1	7665	2604	2522,8	2588,1	2492,9	2587,3	2490,3
2	1	7680	2345,4	2180	2277	2207,6	2282,6	2290,2
2	1	7670	2373	2260,6	2256,4	2210,7	2269,5	2258,5
2	1	7650	2077,5	1990,4	1967,8	1816,8	1898,6	1780,4

APÊNDICE B – PRODUÇÃO DE LEITE (Cont...)

Período	Tratamento	Animal	d6	d7	d8	d9	d10	d11
1	1	7632	3161,7	3045,8	3164,8	3175,8	3164,4	3119,3
1	1	7711	3098,2	3176,6	3250,8	3270,7	3255,3	3298,6
1	1	7662	2835	2924,1	2875,7	2837,1	2757,2	2811,9
1	1	7689	2627,2	2572,5	2616,6	2525,4	2633,2	2501,7
1	1	7652	3032,8	3002,6	2960,7	2914,6	2993,4	3127,5
1	1	7706	2380,6	2277	2324,9	2251,3	2179,2	2188,2
1	1	7648	2362,3	2277,5	2294,7	2258,8	2160,3	2220
1	1	7682	2171,7	2138,8	2172,2	2143,6	2124,7	2123,5
1	1	7675	2061,2	2047,2	2093,7	2060,4	2017,2	2001,4
1	1	7703	2300,1	2219,9	2257,1	2132,3	2104,9	2247
1	2	7657	2096,4	2072,5	1984,7	1925,2	1979,8	1884
1	2	7651	2646,6	2449,4	2484,1	2428,2	2312,2	2385,3
1	2	7646	2758,3	2738,7	2711,9	2739	2763,7	2736,2
1	2	7677	3047,7	2936,4	2923,5	2862,1	2823,3	2799,1
1	2	7678	2671,6	2549,3	2456,4	2488,3	2463,9	2564
1	2	7665	2816,1	2649,8	2791,9	2728,2	2814,3	2593,4
1	2	7680	2557,4	2457,5	2478,1	2421,5	2476,6	2301,1
1	2	7670	2494,3	2388	2465,9	2355,2	2351,2	2292,5
1	2	7650	2324,8	2178,6	2245	2246,2	2220,4	2190,8
2	2	7632	2970,5	2913,3	2957,8	2890,3	2920	2870
2	2	7711	3003,6	3049,6	3073,6	3109,2	3049,6	3022,7
2	2	7662	2651,5	2579,7	2660,5	2555,2	2595,9	2588,3
2	2	7689	2271	2213,9	2213,4	2284,4	2158	2161,4
2	2	7652	2764,4	2675	2636,4	2707,9	2672,5	2551,1
2	2	7706	2209,5	2104,9	2141,6	2142	2071,9	2134,5
2	2	7648	1864,6	1951,4	1985,5	2071,5	1915,3	2143,6
2	2	7682	1931,3	1901,7	1955,5	2038	1843,6	1868,5
2	2	7675	1904,3	1831,4	1913,8	1868,2	1829,8	1791,9
2	2	7703	1981,1	2116,4	2093,5	2032,1	2006,8	2079,2
2	1	7657	1774,9	1784,9	1843,1	1904,5	1915	1847,9
2	1	7651	2141,8	2152	2246,5	2416	2423,3	2322,7
2	1	7646	2724,8	2648,9	2623	2775	2781,9	2788,3
2	1	7677	2430	2641,3	2645,1	2648,2	2523,6	2549
2	1	7678	2392,8	2367,4	2353,8	2562,3	2362,7	2365,9
2	1	7665	2475,4	2429,9	2562,5	2663,6	2598,6	2910,5
2	1	7680	2370,2	2262,2	2342,1	2358	2345,7	2487,5
2	1	7670	2210	2228	2348,1	2423,5	2417,8	2466,9
2	1	7650	2013,8	1873,8	1880,8	2122	1893,5	1981,2

APÊNDICE B – PRODUÇÃO DE LEITE (Cont...)

Período	Tratamento	Animal	d12	d13	d14
1	1	7632	3090,7	3034	2976,9
1	1	7711	3473,3	3232,8	3227,7
1	1	7662	2800,6	2809,2	2705,6
1	1	7689	2479,1	2431,9	2443,9
1	1	7652	2892,7	2790,5	2781
1	1	7706	2157,5	2103,2	2175,9
1	1	7648	2291,1	2220,4	2261,2
1	1	7682	2025,5	2035,8	2014
1	1	7675	2108,1	2113,6	2107,2
1	1	7703	2131	2201,6	2044,8
1	2	7657	1957,7	1851,6	1844,8
1	2	7651	2400,5	2360,1	2362,6
1	2	7646	2789,8	2723,7	2795,9
1	2	7677	2749,8	2758,9	2790,7
1	2	7678	2480,2	2385,5	2342,9
1	2	7665	2686,9	2666,6	2639,6
1	2	7680	2341,4	2406,7	2433,9
1	2	7670	2326,6	2324,9	2334,1
1	2	7650	2249,6	2195,9	2246,9
2	2	7632	2830,2	2756,2	2708,3
2	2	7711	2929,7	2876,2	2825,8
2	2	7662	2648,8	2500,2	2437,7
2	2	7689	2239,6	2151,5	2014,7
2	2	7652	2692,4	2592	2418,1
2	2	7706	2140,2	2047,8	2010,6
2	2	7648	2001,2	1899	1802,3
2	2	7682	1902,6	1907,1	1797,9
2	2	7675	1840,8	1816,5	1763,9
2	2	7703	1953	2028,2	2009,6
2	1	7657	1902,8	1971,9	1695,4
2	1	7651	2297,6	2235,7	2184,2
2	1	7646	2653,5	2601,2	2497,9
2	1	7677	2679,3	2645,4	2383,2
2	1	7678	2454,6	2387,3	2399,1
2	1	7665	2944,3	2563,1	2452,6
2	1	7680	2401,7	2407	2274,2
2	1	7670	2325	2251,1	2259,5
2	1	7650	1869,7	1824,8	1696,4

APÊNDICE C – Perfil de Ácidos Graxos do Leite com correção para FID

N cabra	C4:0	C6:0	C8:0	C10:0	C11:0	C12:0	C13:0	C14:0
CLAp1								
7632	3,2565	2,7183	2,7756	8,9122	0,1105	3,3665	0,0895	9,2835
7711	3,2208	2,1693	1,9866	6,2219	0,0853	2,6942	0,0896	7,6042
7662	3,5002	2,6556	2,5289	7,4902	0,1185	3,1829	0,1111	8,8625
7689	2,8570	2,1831	2,1840	6,9731	0,0765	2,9039	0,0684	8,6473
7652	2,8854	2,2306	2,3159	7,5176	0,1813	3,4432	0,1495	8,6414
7706	2,7807	2,2667	2,3670	7,8377	0,1005	3,2899	0,1224	9,7260
7648	3,3019	2,2220	2,0271	6,1237	0,1052	2,8846	0,0980	8,5796
7682	3,0582	2,3319	2,2571	7,0404	0,0639	2,4231	0,0754	8,2596
7675	3,1132	1,9519	1,6223	4,9123	0,0762	2,4230	0,0704	8,4176
7703	3,3361	2,1809	1,8791	5,5304	0,0494	2,2922	0,0683	7,4829
MEGAp1								
7657	2,7348	2,6597	2,9484	9,3690	0,2120	4,5046	0,0676	7,7694
7651	2,5627	2,3747	2,4372	8,5211	0,1726	3,2347	0,0513	9,7380
7646	2,9930	2,9316	3,2367	10,0246	0,2113	4,0006	0,0650	7,7835
7677	2,6034	2,5358	2,8006	9,3175	0,2193	3,7105	0,1404	8,6009
7678	3,0081	2,9437	3,2041	10,2546	0,2231	3,8974	0,0979	9,0578
7665	2,9058	3,1745	3,8624	11,2179	0,1959	5,8098	0,0738	7,5655
7680	3,0525	2,7709	2,9300	8,4068	0,2340	3,3584	0,0867	8,4572
7670	2,8821	2,5134	2,4868	8,4686	0,1503	3,7577	0,0759	10,9616
7650	2,7043	2,3913	2,4285	8,2027	0,1603	3,6375	0,0709	10,8186
MEGAp2								
7632	2,6937	2,5762	2,7337	9,0487	0,1889	3,4924	0,1014	9,1226
7711	2,6857	2,4781	2,6491	8,6554	0,1935	3,4204	0,0694	8,3734
7662	2,7520	2,7215	3,0008	9,2250	0,2320	3,7646	0,0530	8,9877
7689	2,2495	2,0454	2,1376	6,8229	0,1530	2,8487	0,0659	8,5258
7652	2,6017	2,3763	2,6316	8,6915	0,2584	4,0838	0,0933	8,6044
7706	2,4548	2,5527	2,8317	9,7593	0,2105	4,0274	0,0913	9,8862
7648	3,0923	2,6666	2,7676	8,3257	0,1824	3,4136	0,0621	8,6004
7682	2,7029	2,3256	2,2077	7,3799	0,1329	2,5535	0,0530	8,1845
7675	2,7494	2,6124	2,7844	8,8166	0,2207	3,2438	0,0734	8,1333
7703	2,5741	2,1943	2,1533	7,1275	0,1345	2,7678	0,0489	8,8921
CLAp2								
7657	2,3455	1,8573	1,9082	6,8420	0,1224	3,4030	0,1042	9,3683
7651	2,2572	1,2786	1,0392	3,7154	0,0523	1,8750	0,0471	9,3686
7646	3,3137	2,5047	2,3555	7,1116	0,0960	2,9129	0,0563	8,0772
7677	2,5162	1,7512	1,6262	5,4933	0,0946	2,4344	0,0949	8,8349
7678	2,8265	1,9210	1,7084	5,4616	0,1178	2,4676	0,0791	8,4579
7665	3,2386	3,0571	3,3787	9,9254	0,1221	4,8635	0,0693	7,0803
7680	3,4382	2,1569	1,8312	5,2869	0,0819	2,6607	0,0941	8,3082
7670	2,4063	1,9131	1,8481	6,4742	0,0882	2,9239	0,0906	10,3567
7650	2,9456	1,9178	1,6982	5,6390	0,0714	2,7397	0,0776	11,1709

APÊNDICE C – Perfil de Ácidos Graxos do Leite com correção para FID (Cont...)

N cabra	C15:0 iso	C15:0 (AI)*	C14:1 c-9	C15:0	C16:0	C16:1 c-9	C17:0
CLAp1							
7632	0,2221	0,3885	0,0424	0,6700	24,1811	0,2772	0,4334
7711	0,2389	0,4555	0,0363	0,7348	20,4275	0,3850	0,7190
7662	0,2661	0,4050	0,1202	0,7280	21,9781	0,4338	0,4916
7689	0,2749	0,5210	0,0330	0,6868	21,6675	0,2982	0,5658
7652	0,2576	0,3416	0,0521	0,7881	22,3834	0,3796	0,5500
7706	0,3352	0,4628	0,0319	0,7183	21,8115	0,2659	0,5062
7648	0,2559	0,5221	0,0891	0,8566	21,2889	0,4053	0,4938
7682	0,2620	0,4205	0,0316	0,6751	25,8099	0,2993	0,5432
7675	0,2345	0,3811	0,0656	0,7254	21,2122	0,3487	0,5281
7703	0,2454	0,4292	0,0215	0,6139	19,9275	0,2965	0,5287
MEGAp1							
7657	0,2693	0,4193	0,0767	0,7058	23,0850	0,4495	0,5106
7651	0,2647	0,3179	0,0781	0,6063	32,1647	0,3817	0,4473
7646	0,2328	0,4940	0,0584	0,6663	24,6732	0,4674	0,4719
7677	0,2580	0,3651	0,0733	0,7779	25,5476	0,3712	0,5476
7678	0,2095	0,4463	0,0674	0,8286	25,7848	0,3818	0,5354
7665	0,2505	0,4117	0,0507	0,5622	20,5198	0,3574	0,4936
7680	0,2542	0,3684	0,1101	0,7637	23,3471	0,4945	0,5558
7670	0,1859	0,3227	0,0651	0,6180	25,9854	0,3863	0,4613
7650	0,2359	0,4249	0,0765	0,6776	27,3735	0,3934	0,4935
MEGAp2							
7632	0,2224	0,3938	0,0751	0,5923	26,6713	0,3980	0,4641
7711	0,2273	0,4060	0,0826	0,6725	24,3245	0,4755	0,5695
7662	0,2448	0,3865	0,0890	0,6009	23,9981	0,4627	0,4747
7689	0,3537	0,5096	0,0744	0,7842	24,2045	0,3603	0,6043
7652	0,2318	0,3952	0,1139	0,7110	25,5877	0,5027	0,5060
7706	0,3227	0,4346	0,0687	0,6891	25,3250	0,4214	0,4525
7648	0,2478	0,4344	0,0688	0,6204	23,0382	0,5077	0,4433
7682	0,2696	0,3831	0,0694	0,7031	30,9164	0,4357	0,5256
7675	0,2794	0,4302	0,0727	0,6931	25,4081	0,5243	0,4829
7703	0,2713	0,3713	0,0685	0,6069	28,3912	0,4615	0,4728
CLAp2							
7657	0,2075	0,3575	0,0519	0,7320	23,7049	0,3341	0,4660
7651	0,2339	0,3898	0,0545	0,7200	32,2364	0,3448	0,5363
7646	0,2133	0,4815	0,0486	0,7001	22,1053	0,5853	0,4585
7677	0,2583	0,4054	0,0879	0,8229	24,7119	0,3420	0,6154
7678	0,2395	0,4907	0,0323	0,7311	22,1971	0,3697	0,5386
7665	0,2184	0,4896	0,0290	0,5482	18,3142	0,2650	0,4543
7680	0,2020	0,5049	0,0461	0,7873	20,6471	0,3586	0,5737
7670	0,2086	0,3580	0,0482	0,6076	24,6817	0,3624	0,4701
7650	0,2141	0,3524	0,0580	0,6495	30,6231	0,3436	0,4097

*anteiso

APÊNDICE C – Perfil de Ácidos Graxos do Leite com correção para FID (Cont...)

N cabra	C17:1 c-9	C18:0	C18:1 t-4	C18:1 t-5	C18:1 t-6 + t-7 +t-8	C18:1 t-9	C18:1 t-10
CLAp1							
7632	0,0944	20,2915	0,0288	0,0349	0,2222	0,3171	0,9306
7711	0,2428	24,2209	0,0434	0,0410	0,2755	0,3397	1,5031
7662	0,1477	19,1572	0,0406	0,0340	0,2622	0,3718	1,0596
7689	0,0992	26,7068	0,0548	0,0459	0,2635	0,3029	0,9230
7652	0,1961	19,5762	0,0146	0,0221	0,2742	0,3910	1,2594
7706	0,1000	23,5250	0,0431	0,0476	0,2703	0,3440	1,0998
7648	0,1501	21,8244	0,0484	0,0483	0,3317	0,4260	1,4167
7682	0,0984	21,5131	0,0128	0,0395	0,2723	0,2265	1,1433
7675	0,1115	24,6228	0,0219	0,0241	0,3274	0,4628	1,5740
7703	0,1129	24,7793	0,0510	0,0478	0,3905	0,3754	1,9345
MEGAp1							
7657	0,2025	14,4852	0,0273	0,0255	0,1692	0,2788	0,5766
7651	0,1107	11,7048	0,0311	0,0382	0,1922	0,2919	0,5224
7646	0,1632	13,3066	0,0105	0,0266	0,2316	0,3185	0,6546
7677	0,1911	14,2854	0,0332	0,0380	0,2259	0,2972	0,5777
7678	0,1510	14,5994	0,0281	0,0293	0,1929	0,2843	0,3992
7665	0,1479	15,3336	0,0341	0,0312	0,1977	0,3006	0,5593
7680	0,2380	13,9963	0,0227	0,0318	0,2001	0,3011	0,5895
7670	0,1639	14,2487	0,0255	0,0244	0,1515	0,2544	0,4828
7650	0,1527	14,0204	0,0318	0,0294	0,1946	0,2506	0,5773
MEGAp2							
7632	0,1542	13,5197	0,0210	0,0201	0,1523	0,2474	0,4591
7711	0,2633	15,2161	0,0258	0,0399	0,1927	0,2933	0,6771
7662	0,1909	12,9911	0,0098	0,0138	0,1532	0,2776	0,4002
7689	0,1691	17,3775	0,0320	0,0819	0,2141	0,3134	0,5396
7652	0,2093	12,5483	0,0242	0,0355	0,1837	0,2577	0,4880
7706	0,1508	14,0300	0,0224	0,0548	0,1846	0,2785	0,4201
7648	0,1843	13,9727	0,0269	0,0500	0,2241	0,3441	0,5534
7682	0,1517	13,3268	0,0074	0,0507	0,1778	0,2678	0,4962
7675	0,1738	14,8045	0,0256	0,0785	0,1961	0,2700	0,4519
7703	0,1590	14,0393	0,0271	0,0446	0,2332	0,3361	0,6249
CLAp2							
7657	0,1070	19,7140	0,0000	0,0195	0,2575	0,3400	1,4104
7651	0,1021	18,2970	0,0443	0,0300	0,2253	0,3584	1,0015
7646	0,1305	18,9353	0,0122	0,0187	0,2656	0,4213	1,2758
7677	0,1223	22,7845	0,0347	0,0881	0,2428	0,2964	1,0389
7678	0,1286	23,7863	0,0405	0,0635	0,3090	0,3287	1,4131
7665	0,1007	21,0521	0,0334	0,0501	0,2758	0,3793	1,3479
7680	0,1419	21,6024	0,0473	0,0399	0,2713	0,3450	1,1580
7670	0,1095	20,3810	0,0297	0,1200	0,2371	0,3576	1,2097
7650	0,0977	17,2755	0,0111	0,0199	0,2039	0,2847	0,8737

APÊNDICE C – Perfil de Ácidos Graxos do Leite com correção para FID (Cont...)

N cabra	C18:1 t-11	C18:1 t-12	C18:1 t-13+t-14	C18:1 c-9 + t-15	C18:1 c-11	C18:1 c-13
CLAp1						
7632	1,7927	0,3899	0,5059	13,3059	0,7561	0,0474
7711	1,9452	0,5560	0,6089	16,2951	1,1371	0,0703
7662	2,2730	0,4783	0,5354	16,6834	0,9354	0,0713
7689	1,7084	0,4020	0,5649	13,2044	0,7846	0,0534
7652	2,1850	0,4898	0,6662	16,0540	0,9836	0,0660
7706	2,0392	0,4700	0,6414	12,8672	0,7553	0,0511
7648	2,4092	0,5538	0,6469	15,6867	1,0908	0,0774
7682	2,7144	0,5011	0,6581	12,5318	0,7814	0,0488
7675	3,1441	0,6962	0,9061	15,2377	1,0245	0,0644
7703	3,5221	0,6433	0,8454	14,9687	0,9499	0,0722
MEGAp1						
7657	1,2017	0,3984	0,4958	19,9717	1,0181	0,0655
7651	1,5533	0,3720	0,4319	15,9267	0,7477	0,0589
7646	2,0533	0,4262	0,5356	17,1971	0,9526	0,0631
7677	1,9394	0,4475	0,5641	17,2556	0,8890	0,0566
7678	1,5330	0,3974	0,5423	15,2932	0,8045	0,0521
7665	1,4777	0,3760	0,4664	16,8741	0,9687	0,0706
7680	1,6950	0,3915	0,4511	19,6492	1,0576	0,0719
7670	1,1778	0,3090	0,3536	17,8897	0,8416	0,0459
7650	1,2705	0,3359	0,4352	16,8710	0,8930	0,0549
MEGAp2						
7632	0,9236	0,3083	0,4016	19,2437	0,9802	0,0596
7711	1,3063	0,3670	0,4594	19,3695	1,0868	0,0662
7662	1,2052	0,3186	0,3912	21,2840	1,0257	0,0590
7689	1,8532	0,3892	0,4958	19,5659	0,9970	0,0917
7652	1,1959	0,3612	0,3861	20,2927	1,2024	0,0649
7706	1,2276	0,3668	0,4458	16,9783	0,9895	0,0884
7648	2,0943	0,4426	0,5376	19,7145	1,2388	0,0729
7682	1,6079	0,3450	0,4279	17,6748	0,9453	0,0913
7675	1,1999	0,3926	0,5005	18,8147	0,9801	0,0985
7703	1,9108	0,4735	0,4885	18,4059	0,9984	0,0797
CLAp2						
7657	1,9189	0,5656	0,6061	17,1853	1,0178	0,1755
7651	1,6061	0,4770	0,3853	17,1306	1,0862	0,0687
7646	2,2584	0,6461	0,7253	17,3334	1,1969	0,0375
7677	1,8312	0,4696	0,4834	16,1026	0,9841	0,0502
7678	1,9041	0,5495	0,5695	16,6631	1,0466	0,0652
7665	1,9777	0,5210	0,5345	14,5369	1,0353	0,0494
7680	1,8480	0,5372	0,4485	19,3456	1,1842	0,0857
7670	1,5931	0,4711	0,4992	14,8924	0,9676	0,0947
7650	1,3984	0,4184	0,4466	14,6534	0,8432	0,0465

APÊNDICE C – Perfil de Ácidos Graxos do Leite com correção para FID (Cont...)

N cabra	C18:1 t-16	C18:2 c-9 t-12	C18:2 c-9 c-12	C20:0	C20:1 c-11	C18:3 c-9 c-12 c-15
CLAp1						
7632	0,2475	0,0449	2,1179	0,2359	0,0410	0,1323
7711	0,2603	0,0223	2,9174	0,2539	0,0442	0,1557
7662	0,2786	0,0294	2,3345	0,2160	0,0490	0,1389
7689	0,3076	0,0369	2,4039	0,2792	0,0424	0,1299
7652	0,2923	0,0000	2,8177	0,2107	0,0401	0,1610
7706	0,2867	0,0247	2,3055	0,2341	0,0507	0,1099
7648	0,3135	0,0351	2,8957	0,2338	0,0592	0,1655
7682	0,3121	0,0237	2,4882	0,3126	0,0564	0,1140
7675	0,3471	0,0000	2,5953	0,2743	0,0435	0,1375
7703	0,3191	0,0334	2,9551	0,2938	0,0556	0,1510
MEGAp1						
7657	0,3296	0,0410	3,0376	0,2094	0,0396	0,1711
7651	0,2933	0,0343	2,4549	0,1876	0,0341	0,1244
7646	0,3360	0,0584	3,0738	0,1922	0,0404	0,1929
7677	0,2196	0,0437	2,8582	0,2239	0,0427	0,1570
7678	0,3100	0,0349	2,6094	0,2067	0,0342	0,1506
7665	0,3040	0,0385	3,4507	0,2137	0,0483	0,2009
7680	0,3181	0,0255	3,5520	0,2065	0,0407	0,1992
7670	0,2694	0,0251	2,7224	0,2076	0,0395	0,1387
7650	0,2929	0,0339	2,6861	0,2102	0,0407	0,1383
MEGAp2						
7632	0,2746	0,0453	2,6730	0,2323	0,0413	0,1874
7711	0,3178	0,0349	2,9598	0,2302	0,0429	0,1710
7662	0,2838	0,0239	2,5310	0,2272	0,0423	0,1430
7689	0,7384	0,0525	2,7482	0,2834	0,0427	0,1538
7652	0,3443	0,0516	2,8367	0,2149	0,0326	0,1954
7706	0,5935	0,0330	2,4573	0,2116	0,0365	0,1320
7648	0,5683	0,0375	2,7748	0,2291	0,0451	0,1618
7682	0,7811	0,0368	2,4081	0,2773	0,0558	0,1302
7675	0,9047	0,0490	2,2567	0,2046	0,0334	0,1252
7703	0,3516	0,0350	2,8010	0,2522	0,0432	0,1468
CLAp2						
7657	0,3146	0,0000	2,4656	0,2396	0,0387	0,1147
7651	0,3021	0,0189	2,5526	0,3426	0,0483	0,1026
7646	0,2778	0,0364	2,9628	0,2106	0,0499	0,1807
7677	0,4879	0,0316	2,0429	0,2928	0,0423	0,1073
7678	0,3576	0,0275	2,3915	0,3237	0,0510	0,1320
7665	0,3246	0,0586	2,8737	0,2031	0,0464	0,1612
7680	0,3903	0,0284	2,9427	0,2626	0,0428	0,1352
7670	0,8424	0,0332	2,1906	0,2588	0,0457	0,1194
7650	0,2262	0,0224	2,2692	0,2645	0,0353	0,1085

APÊNDICE C – Perfil de Ácidos Graxos do Leite com correção para FID (Cont...)

N cabra	CLA c-9 t-11	CLA t-10 c-12	C20:2 c-11 c-14	C22:0	C20:3 n-6	C20:4 n-6
CLAp1						
7632	0,5823	0,2718	0,0000	0,0476	0,0255	0,1699
7711	0,6415	0,3417	0,0099	0,0583	0,0347	0,1768
7662	0,8585	0,3132	0,0000	0,0509	0,0366	0,1585
7689	0,5975	0,2810	0,0097	0,0558	0,0239	0,1937
7652	0,8245	0,4569	0,0256	0,0470	0,0237	0,1759
7706	0,7652	0,4175	0,0096	0,0408	0,0244	0,2113
7648	0,8815	0,4769	0,0116	0,0652	0,0305	0,1497
7682	0,8492	0,5162	0,0000	0,0456	0,0229	0,1910
7675	0,8092	0,4732	0,0000	0,0758	0,0000	0,1182
7703	0,9218	0,5499	0,0109	0,0719	0,0333	0,1633
MEGAp1						
7657	0,4686	0,0138	0,0153	0,0616	0,0255	0,2291
7651	0,6113	0,0393	0,0138	0,0385	0,0175	0,1778
7646	0,7043	0,0161	0,0176	0,0447	0,0241	0,2248
7677	0,6644	0,0153	0,0000	0,0595	0,0284	0,2437
7678	0,4350	0,0311	0,0122	0,0543	0,0219	0,1639
7665	0,4853	0,0163	0,0198	0,0500	0,0233	0,2244
7680	0,6695	0,0138	0,0108	0,0498	0,0202	0,1972
7670	0,4281	0,0415	0,0138	0,0446	0,0252	0,2527
7650	0,4384	0,0440	0,0165	0,0476	0,0194	0,1939
MEGAp2						
7632	0,3912	0,0319	0,0147	0,0503	0,0260	0,1921
7711	0,4693	0,0203	0,0177	0,0578	0,0251	0,1885
7662	0,5639	0,0109	0,0000	0,0439	0,0205	0,1809
7689	0,6610	0,0222	0,0100	0,0696	0,0286	0,2295
7652	0,5448	0,0151	0,0000	0,0631	0,0222	0,1906
7706	0,4859	0,0299	0,0125	0,0450	0,0175	0,2267
7648	0,8548	0,0195	0,0181	0,0671	0,0297	0,1897
7682	0,6221	0,0182	0,0133	0,0538	0,0204	0,1847
7675	0,4443	0,0120	0,0000	0,0542	0,0228	0,1645
7703	0,7613	0,0232	0,0000	0,0640	0,0277	0,1905
CLAp2						
7657	0,6804	0,2107	0,0000	0,0568	0,0000	0,1506
7651	0,6299	0,2205	0,0075	0,0724	0,0165	0,1352
7646	0,7226	0,2738	0,0000	0,0435	0,0214	0,1401
7677	0,6203	0,2237	0,0000	0,0553	0,0200	0,1623
7678	0,6676	0,2885	0,0072	0,0839	0,0158	0,1092
7665	0,7259	0,3576	0,0118	0,0513	0,0285	0,1436
7680	0,7955	0,3422	0,0162	0,0647	0,0179	0,1200
7670	0,6005	0,2157	0,0072	0,0457	0,0189	0,1726
7650	0,5591	0,2338	0,0000	0,0578	0,0190	0,1317

APÊNDICE C – Perfil de Ácidos Graxos do Leite com correção para FID (Cont...)

N cabra	C24:0	?*	?*	?*	C18:3 n-3	Outros
CLAp1						
7632	0,0224	0,1250	0,0475	0,0000	0,0000	0,1725
7711	0,0209	0,0277	0,1062	0,0000	0,0000	0,1339
7662	0,0234	0,0284	0,0575	0,0000	0,0286	0,1145
7689	0,0248	0,0453	0,0292	0,0000	0,0000	0,0745
7652	0,0238	0,0116	0,0591	0,0000	0,0000	0,0707
7706	0,0000	0,0936	0,0537	0,0000	0,0000	0,1472
7648	0,0283	0,0498	0,0642	0,0000	0,0214	0,1354
7682	0,0252	0,3727	0,0553	0,0000	0,0136	0,4416
7675	0,0000	0,0215	0,0820	0,0000	0,0000	0,1035
7703	0,0237	0,0264	0,0597	0,0000	0,0110	0,0971
MEGAp1						
7657	0,0330	0,0469	0,0233	0,0370	0,0134	0,1206
7651	0,0227	0,2135	0,0252	0,0223	0,0000	0,2610
7646	0,0295	0,2357	0,0238	0,0384	0,0000	0,2979
7677	0,0282	0,1785	0,0308	0,0345	0,0170	0,2608
7678	0,0471	0,1200	0,0265	0,0323	0,0111	0,1898
7665	0,0350	0,0809	0,0187	0,0370	0,0000	0,1366
7680	0,0232	0,2089	0,0242	0,0351	0,0174	0,2856
7670	0,0266	0,0710	0,0256	0,0000	0,0093	0,1058
7650	0,0258	0,1526	0,0196	0,0000	0,0000	0,1722
MEGAp2						
7632	0,0318	0,0558	0,0248	0,0000	0,0000	0,0806
7711	0,0285	0,2495	0,0251	0,0351	0,0114	0,3211
7662	0,0259	0,0550	0,0254	0,0318	0,0165	0,1287
7689	0,0371	0,5816	0,0352	0,0428	0,0135	0,6730
7652	0,0301	0,2030	0,0297	0,0346	0,0131	0,2803
7706	0,0271	0,4374	0,0238	0,0256	0,0127	0,4995
7648	0,0375	0,3918	0,0312	0,0405	0,0110	0,4745
7682	0,0294	0,5099	0,0289	0,0317	0,0171	0,5876
7675	0,0241	0,6483	0,0375	0,0372	0,0000	0,7229
7703	0,0390	0,2712	0,0371	0,0400	0,0000	0,3482
CLAp2						
7657	0,0000	0,0917	0,0533	0,0000	0,0000	0,1450
7651	0,0285	0,0208	0,0696	0,0000	0,0000	0,0904
7646	0,0197	0,0642	0,1043	0,0000	0,0203	0,1888
7677	0,0244	0,6642	0,0715	0,0000	0,0138	0,7496
7678	0,0188	0,3066	0,0848	0,0000	0,0128	0,4043
7665	0,0202	0,4304	0,1066	0,0000	0,0000	0,5370
7680	0,0204	0,0394	0,0918	0,0000	0,0121	0,1432
7670	0,0209	1,0803	0,0625	0,0000	0,0000	1,1428
7650	0,0192	0,1137	0,0645	0,0000	0,0000	0,1782

* não identificado