

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**EFEITO DE DIFERENTES FONTES DE GORDURA NA DIETA DE VACAS  
JERSEY NA FASE INICIAL DE LACTAÇÃO**

JOSÉ LAERTE NÖRNBERG  
Médico Veterinário (UFPEL)  
Mestre em Zootecnia (UFPEL)

Tese apresentada como um dos requisitos para a obtenção do Grau de Doutor  
em Zootecnia  
Área de Concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil  
Fevereiro de 2003

Aos filhos: Letícia, Crístian, Natálie, Marcele e Rafaele.

Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Jorge López, pela acolhida no curso, ensinamentos, orientação e amizade.

Ao pesquisador Waldyr Stumpf Jr., pela co-orientação, amizade e dedicação na viabilização dos recursos e infra-estrutura da EMBRAPA Clima Temperado, sem os quais este trabalho não seria realizado.

Aos pesquisadores e funcionários da EMBRAPA Clima Temperado pelo convívio e colaboração nas atividades de campo, em especial a pesquisadora Maria Edi pelo auxílio permanente nas coletas de sangue.

À Universidade Federal de Santa Maria através do Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos e da Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa pela liberação para a realização deste curso.

Aos professores do Departamento de Zootecnia da UFRGS pelos ensinamentos e convívio.

À secretária da Pós-Graduação em Zootecnia da UFRGS Ione Morão, pela prestimosa colaboração nos assuntos acadêmicos e burocráticos.

Aos colegas de curso pelo convívio e amizade, em especial a Leila e Jorge pelas contribuições na finalização deste trabalho.

À Mercatho Representações Exportações Importações Ltda. pelo fornecimento da gordura protegida (Megalac) usada na pesquisa.

Ao Laboratório Faillace e ao Serviço de Patologia Clínica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, pelo auxílio na execução das análises dos componentes sangüíneos.

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos – EMBRAPA pelas determinações de ácidos graxos e ao Centro de Pesquisa em Alimentação da UPF, pelas determinações químicas no leite.

Ao Professor Renato Rodrigues Peixoto, meu primeiro orientador, grande responsável na minha iniciação como professor universitário.

À Deus, pelo Dom da vida.

## **EFEITO DE DIFERENTES FONTES DE GORDURA NA DIETA DE VACAS JERSEY NA FASE INICIAL DE LACTAÇÃO<sup>1</sup>**

Autor: José Laerte Nörnberg

Orientador: Jorge López

Co-Orientador: Waldyr Stumpf Júnior

## RESUMO

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Terras Baixas da EMBRAPA Clima Temperado localizada em Capão do Leão – RS, de 03 de maio a 31 de setembro de 2000. Foram utilizadas oito vacas da raça Jersey, de alto mérito genético, com peso vivo médio de 420 kg, produção média de 20 kg de leite corrigida para 3,5% de gordura, na fase inicial de lactação (próximas ao pico de lactação), estabuladas em baias individuais, distribuídas em dois quadrados latinos (4 X 4), com o objetivo de avaliar o efeito de três fontes de gordura sobre a digestibilidade aparente de nutrientes, consumo de alimento, produção e composição do leite, eficiência alimentar e parâmetros sanguíneos. Foram testados quatro tratamentos: T1 (CON)- dieta sem inclusão de fonte de gordura; T2 (GP)- dieta com gordura protegida; T3 (FAIO)- dieta com farelo de arroz integral e óleo de arroz; T4 (FAIS)- dieta com farelo de arroz integral e sebo bovino. A mistura concentrada foi a base de grãos de milho moídos e farelo de soja, e como volumosos foram empregados silagem de milho e feno de alfafa. As misturas concentradas foram fornecidas três vezes ao dia separadamente dos volumosos. Os volumosos foram fornecidos à vontade, procurando-se manter a proporção de 55% em relação às misturas concentradas. A ordenha foi realizada mecanicamente duas vezes ao dia, sendo as produções somadas para a obtenção da produção diária. A interpretação estatística foi feita pela análise de variância dos valores médios de cada tratamento através do teste F. As fontes de gordura aumentaram a produção de leite ( $P < 0,05$ ). A gordura protegida foi mais digestível e acusou maior efeito ( $P < 0,05$ ) na produção de leite corrigida a 3,5% de gordura, na eficiência alimentar e nos níveis séricos de triglicerídeos e colesterol em relação à dieta controle.

-----  
<sup>1</sup> Tese de Doutorado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (199p.) Fevereiro, 2003.

### **EFFECT OF DIFFERENT FAT SOURCES TO JERSEY COWS IN EARLY LACTATION <sup>1</sup>**

Author: José Laerte Nörnberg  
Adviser: Jorge López  
Co-adviser: Waldyr Stumpf Junior

## **ABSTRACT**

This trial was run at the Terras Baixas Experimental Station of EMBRAPA, Clima Temperado at Capão do Leão-RS from May 3 to September 31, 2000. Eight high genetic merit Jersey cows with an average liveweight of 420 kg, yielding around 20 kg of 3.5% FCM in early lactation (around the peak of lactation) were used. The cows were individually kept. The objectives of the trial were to evaluate the apparent digestibility, feed intake, feed efficiency, amount and composition of milk and blood parameters. Four treatments were used: T1 (CON) – diet without fat addition; T2 (GP)- diet with “by pass” fat; T3 (FAIO)- diet with rice bran and rice oil; T4 (FAIS)- diet with rice bran and tallow. The concentrate mixture was made of corn meal and soybean meal and forages used were corn silage and alfalfa hay. The concentrates were fed three times a day. The forages were fed *ad libitum* and aiming a proportion of 55% in relation to the concentrate. The cows were milked twice a day and the yields were added. Two 4 X 4 latin squares were used and the means were compared by the F-test. The fat sources increased milk production ( $P<0,05$ ). The protected fat was more digestible and showed a higher effect ( $P<0,05$ ) increasing 3.5% FCM, improving the feed efficiency and increasing the serum levels of triglycerides and cholesterol in relation to the control treatment.

---

<sup>1</sup> Doctoral thesis in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (199p.) February, 2003.

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Gorduras.....	4
2.2. Metabolismo lipídico ruminal.....	4
2.3. Digestão e absorção intestinal .....	7
2.4. Suplementação com gordura.....	10
2.4.1. Propriedades nutricionais das gorduras.....	10
2.4.2. Efeito das gorduras.....	17
2.4.2.1. Na degradação ruminal da fibra e digestibilidade aparente da fibra e de outros nutrientes.....	17
2.4.2.2. Na síntese de proteína microbiana.....	20
2.4.2.3. Na degradabilidade protéica e nível de N-NH <sub>3</sub> .....	21
2.4.2.4. No pH ruminal.....	22
2.4.2.5. Nas concentrações de ácidos graxos voláteis (AGV) ruminais .....	23
2.4.2.6. No balanço lipídico ruminal.....	24
2.4.2.7. Na digestão pós-ruminal.....	26
2.4.2.8. No consumo de matéria seca .....	27
2.4.2.9. Na condição corporal e peso vivo.....	31
2.4.2.10. Na produção de leite .....	32
2.4.2.11. Na composição química do leite .....	34

	Página
2.4.2.12. Nos metabólitos sanguíneos.....	45
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	49
3.1. Local.....	49
3.1.1. Experimento com animais.....	49
3.1.2. Análises laboratoriais.....	49
3.2. Período de condução do experimento de campo.....	50
3.3. Instalações.....	51
3.3.1. Estábulo.....	51
3.3.2. Sala de ordenha.....	51
3.3.3. Tronco de contenção e balança.....	51
3.3.4. Piquete.....	52
3.3.5. Silo.....	52
3.3.6. Galpão de armazenamento e sala de preparo das misturas concentradas.....	52
3.4. Animais.....	52
3.5. Tratamentos.....	53
3.6. Dietas.....	54
3.7 Delineamento experimental.....	55
3.8. Manejo experimental.....	55
3.9. Preparo das amostras.....	59
3.10. Análises laboratoriais.....	60
3.11. Avaliações.....	61
3.11.1. Digestibilidade aparente.....	61
3.11.2. Consumo de matéria seca.....	62
	Página

3.11.3. Consumo de matéria orgânica, proteína bruta, gordura bruta, fibra em detergente neutro e carboidratos não fibrosos.....	62
3.11.4. Produção de leite.....	63
3.11.5. Composição do leite.....	63
3.11.6. Energia no leite.....	63
3.11.7. Peso vivo.....	64
3.11.8. Eficiência alimentar.....	64
3.11.9. Parâmetros sanguíneos.....	64
3.12. Análise estatística.....	65
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
4.1. Digestibilidade aparente.....	66
4.2. Comparação entre momentos de coleta de dados.....	79
4.3. Consumo de alimento.....	80
4.4. Produção de leite e eficiência alimentar.....	89
4.5. Composição química do leite .....	103
4.6. Parâmetros sanguíneos.....	120
5. CONCLUSÕES.....	133
6. BIBLIOGRÁFICAS.....	135
7. APÊNDICES.....	159

REFERÊNCIAS

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Animais utilizados no experimento, número de identificação, ordem de lactação, data do parto, dias de lactação, peso vivo e número do quadrado latino (QL) .....	53
2. Composição bromatológica dos alimentos usados nas dietas experimentais em percentagem da matéria seca (MS) para matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), gordura bruta (GB), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não fibrosos (CNF), nutrientes digestíveis totais (NDT) e cálcio (Ca) .....	56
3. Composição das dietas experimentais de acordo com os ingredientes utilizados nos diferentes tratamentos, expressos em kg de matéria seca/dia, calculadas para atender as necessidades nutricionais de acordo com o NRC (1989).....	57
4. Composição bromatológica das dietas experimentais.....	58
5. Coeficientes de digestibilidade aparente (%) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), gordura bruta (GB), carboidratos não fibrosos (CNF) e valores percentuais de nutrientes digestíveis totais (NDT).....	67
6. Composição em ácidos graxos das fontes lipídicas empregadas, expressas como percentagem dos ácidos graxos totais (%AGT) e como percentagem da fonte (%F).....	71
7. Composição em ácidos graxos saturados e insaturados em g/100g de gordura e relação entre saturados e insaturados das fontes estudadas.....	71
8. Digestibilidade aparente da gordura bruta das fontes estudadas.....	77

9. Consumo em kg/dia de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), gordura bruta (CGB), fibra em detergente neutro (CFDN), carboidratos não fibrosos (CCNF), e relações entre consumo de matéria seca com peso vivo (CMS/PV), peso metabólico (CMS/PM) e consumo de FDN com PV (CMS/PV) das vacas por tratamento.....	81
10. Produção de leite (PL) sem e com correção para 3,5% de gordura (PL 3,5%G), eficiência alimentar expressa como kg de leite/kg de MS consumida (EFAL) e kg de leite corrigido para 3,5%G/kg de MS consumida (EFAL 3,5%G) por tratamento.....	90
11. Teores (%) e produções (kg/dia) de gordura, proteína bruta, equivalente protéico do nitrogênio não protéico (EP-NNP), proteína verdadeira, caseína, proteína do soro, lactose, sólidos totais e produção de energia no leite por tratamento.....	104
12. Médias das concentrações de GGT (U/L), glicose (mg/dL), nitrogênio uréico (mg/dL), triglicerídeos (mg/dL), AGNE (mEq/L), colesterol (mg/dL) e cálcio (mg/dL) no soro sanguíneo das vacas por tratamento.....	121

## RELAÇÃO DOS APÊNDICES

	Página
1. Composição bromatológica da silagem de milho empregada no experimento por quadrado (Q), período (P) e momento de coleta (MC).....	160
2. Composição bromatológica do feno de alfafa empregado no experimento por quadrado (Q), período (P) e momento de coleta (MC).....	160
3. Composição bromatológica da mistura concentrada do tratamento controle (T1), por quadrado (Q), período (P) e momento de coleta (MC).....	161
4. Composição bromatológica da mistura concentrada do tratamento com gordura protegida (T2), por quadrado (Q), período (P) e momento de coleta (MC).....	161
5. Composição bromatológica da mistura concentrada do tratamento com farelo de arroz integral mais óleo (T3), por quadrado (Q), período (P) e momento de coleta (MC).....	162
6. Composição bromatológica da mistura concentrada do tratamento com farelo de arroz integral mais sebo (T4), por quadrado (Q), período (P) e momento de coleta (MC).....	162
7. Composição bromatológica das sobras de volumoso por tratamento (T), quadrado (Q), período (P) e momento de coleta (MC).....	163
8. Excedente de volumoso e seus componentes expressos em kg/dia por tratamento (T), Quadrado (Q), período (P) e momento de coleta (MC).....	164
..	
9. Consumo de matéria seca (CMS) expresso em kg/dia por tratamento (T), quadrado (Q), período (P), vaca (V) e momento de coleta (MC).....	165

	Página
10. Consumo de matéria orgânica (CMO) expresso em kg/dia por tratamento (T), quadrado (Q), período (P), vaca (V) e momento de coleta (MC).....	166
11. Consumo de proteína bruta (CPB) expresso em kg/dia por tratamento (T), quadrado (Q), período (P), vaca (V) e momento de coleta (MC).....	167
12. Consumo de gordura bruta (CGB) expresso em kg/dia por tratamento (T), quadrado (Q), período (P), vaca (V) e momento de coleta (MC).....	168
13. Consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) expresso em kg/dia por tratamento (T), quadrado (Q), período (P), vaca (V) e momento de coleta (MC).....	169
..	
14. Consumo de carboidratos não fibrosos (CCNF) expresso em kg/dia por tratamento (T), quadrado (Q), período (P), vaca (V) e momento de coleta (MC).....	170
..	
15. Concentração de cromo na matéria seca fecal (MSF) e estimativa da excreção fecal de matéria seca por tratamento (T), quadrado (Q), período (P) e vaca (V) .....	171
16. Composição percentual das fezes (em base seca) em matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), gordura bruta (GB), carboidratos não fibrosos (CNF) por tratamento (T), quadrado (Q), período (P) e vaca (V) .....	172
17. Excreção (kg/dia) de matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), gordura bruta (GB) e carboidratos não fibrosos (CNF) por tratamento (T), Quadrado (Q), período (P) e vaca (V).	173
18. Coeficientes de digestibilidade aparente (%) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), gordura bruta (GB) e carboidratos não fibrosos (CNF) por tratamento (T), quadrado (Q), período (P) e vaca (V) .....	174
19. Peso vivo e peso metabólico por tratamento (T), quadrado (Q), período (P), vaca (V) e momento de coleta (MC).....	175
20. Relações do consumo de matéria seca (MS) com peso vivo (PV) e peso metabólico (PM) e de FDN com PV, por tratamento (T), quadrado (Q), período (P), vaca (V) e momento de coleta (MC).....	176

21. Produção de leite (PL), produção de leite corrigida (PLC) para 3,5% de gordura (G) e energia no leite por tratamento (T), quadrado (Q), período (P), vaca (V) e momento de coleta (MC).....	177
	Página
22. Eficiência alimentar expressa como produção de leite (PL), produção de leite corrigida (PLC 3,5% G) e produção de energia no leite (PEL) em relação ao CMS por tratamento (T), quadrado (Q), período (P), vaca (V) e momento de coleta (MC).....	178
23. Concentrações de sólidos totais (ST), gordura (GOR), lactose (LAC) e proteína (PRO) no leite por tratamento (T), quadrado (Q), período (P), vaca (V) e momento de coleta (MC).....	179
24. Fracionamento do nitrogênio total (NT) em nitrogênio não protéico (NNP), nitrogênio da proteína verdadeira (N-PV), nitrogênio caseínico (N-Cas) e nitrogênio do soro (N-Soro) no leite por tratamento (T), quadrado (Q), período (P), vaca (V) e momento de coleta (MC).....	180
25. Percentual de equivalente protéico do nitrogênio não protéico (EP-NNP), proteína verdadeira (PV), caseína (Cas) e proteína do soro (P-Soro) no leite por tratamento (T), Quadrado (Q), período (P), vaca (V) e momento de coleta (MC).....	181
26. Produção (kg/dia) de sólidos totais (ST), gordura (GOR), proteína (PRO), lactose (LAC), caseína e proteína verdadeira por tratamento (T), quadrado (Q), período (P), vaca (V) e momento de coleta (MC).....	182
27. Teores de glicose (GLI), triglicerídeos (TG), colesterol (COL), ácidos graxos não esterificados (AGNE), gama-glutamil-transferase (GGT), nitrogênio uréico (NU) e cálcio (Ca) no sangue por tratamento (T), quadrado (Q), período (P), vaca (V) e momento de coleta (MC).....	183
28. Resumo da análise de variância e teste de significância para digestibilidade aparente da matéria seca.....	184
29. Resumo da análise de variância e teste de significância para digestibilidade aparente da matéria orgânica.....	184
30. Resumo da análise de variância e teste de significância para digestibilidade aparente da proteína bruta.....	184
31. Resumo da análise de variância e teste de significância para digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro.....	185
32. Resumo da análise de variância e teste de significância para digestibilidade aparente da gordura bruta.....	185

33. Resumo da análise de variância e teste de significância para digestibilidade aparente de carboidratos não fibrosos.....	185
	Página
34. Resumo da análise de variância e teste de significância para nutrientes digestíveis totais.....	186
35. Resumo da análise de variância e teste de significância para o efeito do momento de coleta dos dados e sua interação com a produção de leite.....	186
36. Resumo da análise de variância e teste de significância para o efeito do momento de coleta dos dados e sua interação com a produção de leite corrigida a 3,5% de gordura.....	186
37. Resumo da análise de variância e teste de significância para consumo de matéria seca.....	187
38. Resumo da análise de variância e teste de significância para consumo de matéria orgânica.....	187
39. Resumo da análise de variância e teste de significância para consumo de proteína bruta.....	187
40. Resumo da análise de variância e teste de significância para consumo de gordura bruta.....	188
41. Resumo da análise de variância e teste de significância para consumo de fibra em detergente neutro.....	188
42. Resumo da análise de variância e teste de significância para carboidratos não fibrosos.....	188
43. Resumo da análise de variância e teste de significância para peso vivo.....	189
44. Resumo da análise de variância e teste de significância para peso metabólico.....	189
45. Resumo da análise de variância e teste de significância para consumo de matéria seca em relação ao peso vivo.....	189
46. Resumo da análise de variância e teste de significância para consumo de matéria seca em relação ao peso metabólico.....	190
47. Resumo da análise de variância e teste de significância para consumo de fibra em detergente neutro em relação ao peso vivo.....	190

48. Resumo da análise de variância e teste de significância para produção de leite .....	190
	Página
49. Resumo da análise de variância e teste de significância para produção de leite corrigida a 3,5% de gordura.....	191
50. Resumo da análise de variância e teste de significância para eficiência alimentar expressa como produção de leite em relação ao consumo de matéria seca.....	191
51. Resumo da análise de variância e teste de significância para eficiência alimentar expressa como produção de leite corrigida para 3,5% de gordura em relação ao consumo de matéria seca.....	191
52. Resumo da análise de variância e teste de significância para teor de gordura no leite.....	192
53. Resumo da análise de variância e teste de significância para teor de proteína bruta no leite.....	192
54. Resumo da análise de variância e teste de significância para teor de equivalente protéico do nitrogênio não protéico no leite.....	192
55. Resumo da análise de variância e teste de significância para teor de proteína verdadeira no leite.....	193
56. Resumo da análise de variância e teste de significância para teor de caseína no leite.....	193
57. Resumo da análise de variância e teste de significância para teor de proteína do soro no leite.....	193
58. Resumo da análise de variância e teste de significância para teor de lactose no leite.....	194
59. Resumo da análise de variância e teste de significância para teor de sólidos totais no leite.....	194
60. Resumo da análise de variância e teste de significância para produção de gordura em quilogramas por dia.....	194
61. Resumo da análise de variância e teste de significância para produção de proteína em quilogramas por dia.....	195
62. Resumo da análise de variância e teste de significância para produção de proteína verdadeira em quilogramas por dia.....	195

63. Resumo da análise de variância e teste de significância para produção de caseína em quilogramas por dia.....	195
	Página
64. Resumo da análise de variância e teste de significância para produção de lactose em quilogramas por dia.....	196
65. Resumo da análise de variância e teste de significância para produção de sólidos totais em quilogramas por dia.....	196
66. Resumo da análise de variância e teste de significância para produção de energia em megacalorias por dia.....	196
67. Resumo da análise de variância e teste de significância para concentração de GGT no sangue.....	197
68. Resumo da análise de variância e teste de significância para concentração de glicose no sangue.....	197
69. Resumo da análise de variância e teste de significância para concentração de nitrogênio uréico no sangue.....	197
70. Resumo da análise de variância e teste de significância para concentração de triglicerídeos no sangue.....	198
71. Resumo da análise de variância e teste de significância para concentração de ácidos graxos não esterificados no sangue.....	198
72. Resumo da análise de variância e teste de significância para concentração de colesterol no sangue.....	198
73. Resumo da análise de variância e teste de significância para concentração de cálcio no sangue.....	199

## 1. INTRODUÇÃO

A inclusão de fontes de gordura na dieta de vacas leiteiras tem despertado grande interesse no meio científico nos últimos anos. Apesar dos benefícios não calóricos (melhora no desempenho reprodutivo e alteração no perfil de ácidos graxos do leite), o motivo principal da suplementação com gordura tem sido a possibilidade de aumentar a produção de leite por vaca e a necessidade de aumentar a concentração energética da dieta, especialmente durante a fase inicial da lactação, quando o consumo de matéria seca não é suficiente para atender as exigências de produção de vacas de alto mérito genético.

A gordura por seu alto valor energético (2,25 vezes mais energética do que carboidratos) é uma alternativa para aumentar a densidade calórica da dieta sem incorrer em sobrecarga de concentrados. Embora frequentemente empregados, os concentrados conduzem a alterações no ambiente ruminal, quando incluídos em altos níveis. Isso decorre, fundamentalmente, por diminuição do pH provocado pelo maior aporte ruminal de carboidratos não fibrosos (facilmente fermentáveis) e baixo teor de fibra na dieta. Isto, por sua vez, provoca diminuição da ruminação e salivação, conduzindo a problemas metabólicos (acidose ruminal, fígado gorduroso, paraqueratose ruminal, abscesso hepático, laminite e acidose sistêmica). Essas alterações causam

prejuízos à produção de leite não só pela redução na quantidade e na qualidade do produto, como também, por falhas reprodutivas, descarte precoce de animais de alto valor genético e, por vezes, em razão da própria morte.

A gordura oferece, portanto, uma possibilidade de minimizar o balanço energético negativo, permitindo que as vacas possam expressar integralmente seu potencial genético na produção de leite sem aumentar os riscos de alterações metabólicas e reprodutivas. A sua inclusão e o aproveitamento pelo animal, contudo, tem apresentado respostas variáveis, por vezes contraditórias, principalmente em razão do tipo de gordura empregada, quantidade na dieta, nível de produção das vacas e período de fornecimento.

Uma fonte ideal de gordura seria aquela que não interfira nos parâmetros ruminais, mas que apresente elevada digestibilidade intestinal. A junção destas características tem sido alcançada através de técnicas industriais de proteção, conhecidas comumente como “gorduras protegidas”, mas cujo emprego tem sido restrito, especialmente pelo preço elevado.

Diante desse fato a alternativa seria a suplementação com fontes regionalmente disponíveis e de baixo custo, aumentando a margem bruta do produtor de leite, a qual geralmente é pequena, e reservando o uso das fontes protegidas artificialmente para níveis ainda mais elevados de produção.

Entre as fontes naturais disponíveis encontra-se o farelo de arroz integral (subproduto do beneficiamento do arroz) que, em razão do seu elevado conteúdo de gordura, apresenta características potenciais para ser empregado como fonte de gordura na dieta de vacas em lactação, embora ainda não tenha sido avaliado com este propósito.

O Brasil ocupa a nona posição mundial na produção de arroz, com valores anuais na ordem de 11 milhões de toneladas, sendo o principal País produtor fora do continente asiático. Desta produção, o Rio Grande do Sul contribui com aproximadamente 48%, sendo que 85% da colheita gaúcha é exportada na forma elaborada para outros estados. Na safra 2000-2001 o Rio Grande do Sul produziu cerca de 5 milhões de toneladas de grãos de arroz (IRGA, 2001) conseqüentemente, somente na perspectiva gaúcha, são geradas cerca de 500 mil toneladas anuais de farelo.

Todavia, existe a possibilidade de que o uso do farelo de arroz integral interfira negativamente na fermentação ruminal em razão da sua gordura ser constituída, predominantemente, de ácidos graxos insaturados não trazendo os benefícios esperados. Mas esses efeitos negativos poderiam ser atenuados ou mesmo neutralizados, associando a gordura deste subproduto com outra fonte de gordura menos insaturada. Com características semelhantes, em termos de disponibilidade e preço, encontra-se o sebo bovino, sobre o qual pesquisas já mostraram ser relativamente inerte no rúmen, em que pese a sua baixa digestibilidade intestinal quando usado em quantidades elevadas.

Este trabalho de pesquisa foi realizado com o propósito de avaliar os efeitos de três fontes de gordura (gordura protegida comercial, farelo de arroz integral, farelo de arroz integral com sebo bovino) em relação a uma dieta controle (sem adição de gordura) em dietas isoprotéicas e isofibrosas, e isolipídicas entre as dietas suplementadas para vacas da raça Jersey na fase inicial da lactação.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Gorduras**

Gorduras ou lipídeos são termos genéricos empregados para descrever compostos com alto conteúdo de ácidos graxos de cadeia longa, incluindo triglicerídeos, fosfolipídeos, ácidos graxos não esterificados e sais de ácidos graxos de cadeia longa (NRC, 2001).

### **2.2. Metabolismo lipídico ruminal**

Uma grande proporção dos ácidos graxos das plantas forrageiras está na forma de mono e di-galactosil-glicerídeos e tanto estes como os triglicerídeos, predominantes nos concentrados, são rapidamente hidrolisados principalmente pela atividade lipolítica das bactérias (Jenkins et al., 1989), já que os protozoários, ao que tudo indica, não possuem esta atividade (Palmquist & Jenkins, 1980).

Conjuntamente com a lipólise ocorre a biohidrogenação, ou seja, a saturação das duplas ligações (com íons de hidrogênio) dos ácidos graxos insaturados, os quais são posteriormente incorporados, de forma rápida, aos lipídeos dos microrganismos. Esta hidrogenação se baseia no alto poder redutor existente no rúmen. A biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados requer como etapa prévia, grupos carboxílicos livres (Palmquist & Jenkins,

1980; Wu et al., 1991); assim, a lipólise é uma etapa anterior obrigatória. Esta lipólise é bastante eficiente e é por isso que a maior parte dos lipídeos esterificados que chegam ao duodeno estão nos fosfolipídeos das células microbianas. No entanto, a lipólise pode ser afetada, bem como a biohidrogenação, com valor baixo de pH (Palmquist & Jenkins, 1980). A biohidrogenação normal também pode ser afetada quando são empregados ácidos graxos saponificados como demonstraram resultados “in vitro” (Wu & Palmquist, 1991) e “in vivo” (Wu et al., 1991), com exceção do ácido linolênico que foi em grande parte hidrogenado em ambos tipos de dietas (gorduras saponificadas ou não), coincidindo com resultados anteriores “in vivo” (Murphy et al., 1987). Outro fator que tem afetado a biohidrogenação é a forma física do alimento. Wu et al. (1991) verificaram que em novilhos alimentados com o mesmo suplemento, porém, na forma peletada, o nível de ácidos graxos insaturados no quimo duodenal foi duplicado, sem uma explicação para o ocorrido.

O processo de saturação microbiana dos ácidos graxos tem várias etapas e requer várias espécies de bactérias e protozoários (Byers & Schelling, 1988). A biohidrogenação do ácido linoléico (C18:2) e do ácido linolênico (C18:3) envolve uma reação de isomerização que transforma a dupla ligação cis-12 no isômero trans-11, seguido por redução a trans 11-ácido oléico (11-C18:1) e este a ácido esteárico (C18:0) que é o principal produto da hidrogenação microbiana dos ácidos graxos com 18 átomos de carbono apresentando uma, duas ou três ligações duplas (Jenkins, 1993). A hidrogenação do trans-11 (C18:1) é uma etapa limitante na biohidrogenação

dos ácidos graxos (Palmquist & Jenkins, 1980). Alguns isômeros trans produzidos no rúmen escapam da biohidrogenação e são incorporados nos lipídeos de reserva e na gordura do leite (Wu et al., 1991; Griinari et al., 1998; Bauman & Griinari, 2001).

Existe a capacidade de síntese lipídica pela biomassa ruminal; porém, sua importância tem sido discutida, pois varia de acordo com o aporte lipídico da dieta (Wu et al., 1991; Klusmeyer & Clark, 1991). Klusmeyer & Clark (1991) observaram que ao não suplementar a dieta com gordura a síntese de ácido palmítico (C16:0) pelas bactérias foi maior que no grupo suplementado. A incorporação direta de lipídeos para forçar a neossíntese também foi informada em outros trabalhos (Marwara, 1972, citado por Wu & Palmquist, 1991; Palmquist & Jenkins, 1980).

Baseando-se nos resultados de suas pesquisas, Wu & Palmquist (1991) e Wu et al. (1991), levando em consideração a ausência de ácidos graxos com número ímpar de átomos de carbono ou de cadeia ramificada na dieta, sugeriram que os ácidos presentes nas células microbianas eram produto de síntese. Também verificaram que, quando C16:0 e C18:0 estavam incluídos na dieta, as bactérias utilizaram primeiro estes e, como as células microbianas contêm e necessitam de ácidos graxos com número inferior a 14 C, os ácidos graxos da dieta são susceptíveis de transformação nestes outros ácidos. Demeyer et al. (1972) citados por Wu & Palmquist (1991) concluíram que os microrganismos ruminais tendem mais a incorporar os ácidos graxos pré-formados do que a sintetizá-los, dado que sua composição refletia a composição lipídica da dieta. Estes fatos explicariam a maior eficiência do

crescimento microbiano associado com a suplementação de gordura na dieta (Zinn, 1988) já que a incorporação exógena economizaria ATP para a síntese de outros componentes celulares (Palmquist & Jenkins, 1980). Coincidindo com estes resultados, Towne et al. (1990) encontraram maior número de protozoários no líquido ruminal de animais que haviam recebido suplementação de gordura, tornando as bactérias mais eficientes, pela eliminação de um passo da cadeia trófica ruminal (Van Soest, 1994).

### **2.3. Digestão e absorção intestinal**

Os lipídeos que entram no duodeno são principalmente ácidos graxos saturados não esterificados, adsorvidos sobre partículas de alimento, sendo que uma fração, menor e variável, encontra-se na forma de fosfolipídeos e outros lipídeos complexos liberados das células microbianas que entram intactas no abomaso; os triglicerídeos poderão estar presentes no caso dos animais receberem nas dietas gorduras protegidas. Nos ruminantes, a quantidade de ácidos graxos que alcança o duodeno é superior à quantidade ingerida em razão da síntese microbiana que é proporcional à energia disponível no rúmen (Jarrige, 1981).

O ácido esteárico (C18:0) é o principal ácido graxo que alcança o intestino, refletindo a saturação ruminal dos ácidos oléico, linoléico e linolênico da dieta. Os ácidos graxos saturados chegando ao duodeno, tal como o C18:0, são sujeitos, em parte, a uma desaturação pela atividade da desaturase intestinal. O mesmo ocorre na glândula mamária. Como conseqüência, a relação entre C18:0 e C18:1 é menor no leite em relação à digesta intestinal,

refletindo o mecanismo usado pelo ruminante para preservar a fluidez da gordura do leite (Kennely & Glimm, 1998). O jejuno é o principal local de absorção de ácidos graxos de cadeia longa, podendo esta ocorrer também no duodeno e no íleo. Os ácidos graxos, alcançando o intestino delgado, interagem com os sais biliares e o suco pancreático formando micelas sendo, então, absorvidos para dentro das células intestinais e, após, reesterificados e transportados via VLDL ou quilomicrons pelo sistema linfático. Ácidos graxos cuja cadeia contém até 14 átomos de carbono podem ser absorvidos diretamente sem a necessidade de formar quilomicrons. Estes ácidos graxos são transportados para o fígado onde são oxidados (Kennelly et al., 2000). Quilomícrons são transportados para o fígado e tecidos periféricos, onde os triglicerídeos são liberados através da ação da lipoproteína lipase (Christie et al., 1986).

Nas dietas contendo de 3 a 5% de gordura suplementar, a digestibilidade dos ácidos graxos provenientes da dieta está em torno de 80%; quando esse valor aumenta acima de 10%, a digestibilidade se reduz para 56% (Palmquist & Jenkins, 1980). Segundo Bauchart (1993), o coeficiente de absorção intestinal de ácidos graxos seria de 80% para os saturados e de 92% para os polinsaturados, em dietas com conteúdo de lipídeos de 2-3% da matéria seca.

A digestibilidade real de ácidos graxos, na vaca leiteira, diminuiu de maneira progressiva, de 95 a 78%, quando o consumo de ácidos graxos aumentou de 200g/dia (1% da MS) para 1400g/dia (8% da MS), segundo Palmquist (1991). Isto sugere uma limitada secreção e atividade da lipase

pancreática e lipídeos biliares (sais e fosfolipídeos) que afetaria a absorção de altos níveis de gordura na dieta (Bauchart, 1993), embora no caso de uma infusão de óleo no duodeno proximal de vacas leiteiras, no início da lactação, a digestibilidade para os ácidos graxos oscilou entre 75 a 78% quando as quantidades de ácidos graxos infundidos foram de 1250 a 1700g/dia com ou sem adição de lecitina na dieta (Chilliard et al., 1993 apud Bauchart, 1993).

Os ruminantes mantêm uma alta absorção de ácidos graxos de cadeia longa mesmo quando o consumo de ácidos graxos é elevado; a capacidade do ruminante para absorver ácidos graxos do tipo C16:0 e C18:0 é maior que para não ruminantes. Isto explicaria o maior grau de dispersão dos ácidos graxos de cadeia longa no conteúdo intestinal do ruminante e também uma maior solubilização dos ácidos graxos saturados por micelas do tipo sais biliares-lisofosfatidilcolina (caso do ruminante) que por micelas do tipo sais biliares-2-monoacilglicerol (caso do não ruminante). A esta última característica Bauchart (1993) agrega as condições ácidas de pH 3,0 a 6,0 do duodeno e jejuno.

A principal fonte de variação no valor energético das fontes de gordura é a sua digestibilidade. A digestibilidade dos ácidos graxos nas fontes de gordura depende das características químicas da gordura e também dos ingredientes da dieta na qual a gordura é adicionada e do nível de consumo (NRC, 2001). O fator mais importante que determina a digestibilidade dos ácidos graxos é a natureza química da gordura, principalmente o grau de saturação e o grau de esterificação. Gorduras saturada como o sebo, quando hidrogenado, embora diminua a possibilidade de interferência na fermentação

ruminal, diminui a digestibilidade no trato digestivo total. Elliott et al. (1993) verificaram que a digestibilidade dos ácidos graxos diminuiu de 74,4% no sebo nativo para 39,1% quando este foi hidrogenado. A digestibilidade de uma mistura de ácidos graxos altamente saturados com perfil semelhante ao sebo altamente hidrogenado foi de 63,2%, indicando que os ácidos graxos livres são mais absorvidos do que os mesmos ácidos graxos presentes em triglicerídeos hidrogenados.

## **2.4. Suplementação com gordura**

O interesse pela inclusão de gordura na dieta de ruminantes, embora intensificado nos últimos anos, não é recente. Keller (1907), citado por Palmquist & Jenkins (1980), revisou pesquisas realizadas em dez estações experimentais europeias e não registrou benefício na sua adição. Posteriormente, Lucas & Loosli (1944) informaram aumentos na produção de leite. Depois disso a gordura foi praticamente esquecida até a década de 70, quando a idéia foi reativada, mas com o objetivo de obter produtos animais menos saturados devido à hipótese da associação entre gorduras saturadas na dieta dos seres humanos e problemas cardíacos.

### **2.4.1. Propriedades nutricionais das gorduras**

A gordura na dieta de vacas leiteiras pode provocar efeitos tanto positivos como negativos. Dentre os efeitos positivos está o aumento da densidade energética em relação aos demais nutrientes. Como exemplo, Andrew et al. (1991) calcularam a energia líquida de lactação (ELI) de seis

cálcicos com um teor de 85% de ácidos graxos como sendo de 6,52 Mcal/kg de matéria seca (MS), o que é 3,33 vezes maior que a ELI do milho.

Em segundo lugar, de acordo com Baldwin et al. (1980), um aumento moderado no consumo de ácidos graxos aumenta a eficiência de utilização da energia porque o depósito direto de ácidos graxos da dieta nos tecidos animais substitui passos metabólicos (e a respectiva perda de calor) de conversão de carboidratos da dieta ou ácidos graxos voláteis em ácidos graxos não voláteis, sendo limitado somente pela capacidade do animal de utilizar os ácidos graxos fornecidos. Além disso, a produção de ATP a partir dos ácidos graxos de cadeia longa é 10% mais eficiente que a partir de acetato, fonte energética fundamental nos ruminantes (Doreau et al., 1991). A partir disso, tem sido assumido que a energia metabolizável (EM) se converte em energia líquida de lactação (ELI) com uma eficiência de 80% (Chandler, 1988).

Um terceiro benefício é o de manter o consumo de fibra ao aumentar a densidade energética da dieta, melhorando o comportamento reprodutivo, maior persistência na produção de leite e menor incidência de cetose, além de diminuir a pulverulência dos alimentos (Coppock & Wilks, 1991).

A despeito das vantagens mencionadas, embora Coppock & Wilks (1991) mencionem que a capacidade do intestino delgado para absorver ácidos graxos e secretar uma quantidade suficiente de sucos digestivos não seria limitante, a adição de fontes naturais de gordura têm sido limitada em 5-6% na matéria seca da dieta (Rabello et al., 1996). Palmquist & Conrad (1978) incorporaram a dietas de vacas Holandês, níveis entre 2,9 a 10,7% de extrato etéreo (EE) na matéria seca e constataram que com 6% de EE foi obtida a

melhor resposta em produção de leite (mais 2,4 litros) em relação ao controle, e níveis de 10,7% de EE diminuíram a digestibilidade dos lipídeos, possivelmente causado por uma saturação nos mecanismos de sua digestão. Palmquist (1983), citado pelo NRC (1989), sugeriu que 5% de gordura na MS da dieta resulta na máxima produção de leite no início da lactação. Da mesma forma, as respostas benéficas têm sido verificadas somente com vacas da raça Holandês com potencial para produção acima de 7.000 kg de leite corrigido para 4% de gordura por lactação (Palmquist & Jenkins, 1980). Atualmente, nas condições norte americanas, Hinders (2000) recomenda suplementação com gordura para animais da raça Jersey com produções diárias acima de 25 kg e para animais da raça Holandês acima de 40 kg (90-95 libras).

Com respeito aos efeitos negativos encontra-se a palatabilidade, a diminuição na digestibilidade da fibra (Johnson & McClure, 1973), provavelmente por um efeito tóxico dos ácidos graxos de cadeia longa (AGCL) sobre as bactérias ruminais (Henderson, 1973), fundamentalmente sobre as metanogênicas e celulolíticas (Palmquist, 1991) a determinados níveis de gordura disponível no rúmen (acima de 6% da matéria seca de gorduras não protegidas na dieta). Também a ausência de resposta em vacas com produções inferiores a 5.000 kg de leite corrigido para gordura por lactação, passando a apresentar uma condição corporal excessiva (Palmquist & Jenkins, 1980).

As fontes de gordura que podem ser utilizadas são numerosas e variadas, sendo possível classificá-las nutricionalmente em dois grandes grupos: as disponíveis no rúmen (podem causar transtornos fermentativos) e

as gorduras rúmen-inertes ou sobrepassantes (by pass), podendo ser fontes naturais ou protegidas artificialmente.

A diminuição da digestibilidade de outros nutrientes pelo efeito da gordura estimulou a pesquisa de formas lipídicas que não alterem a fermentação, chegando-se as gorduras protegidas. Alguns autores atenuaram os efeitos com a adição de cátions metálicos. Brooks et al. (1954) assinalaram que a adição de cinza de alfafa revertia os efeitos inibidores do óleo de milho sobre a fibra. Posteriormente outros autores (Grainger et al., 1957; White et al., 1958; Jenkins & Palmquist, 1982; Palmquist, 1984) demonstraram que a adição de cálcio melhorava a fermentação nas dietas que continham gordura, explicando assim, possivelmente, os resultados com as cinzas de alfafa por seu elevado conteúdo de cálcio.

Com base nesses resultados surgiu a recomendação de aumentar o nível de cálcio na dieta quando se adiciona gordura (Palmquist & Jenkins, 1980) e tem sido postulado que a melhora na digestibilidade da fibra observada por este procedimento (com relação à gordura sem cálcio) deve-se à formação de sais cálcicos de ácidos graxos (sabões) insolúveis, os quais evitam que os ácidos graxos estejam disponíveis para unirem-se aos microrganismos e, assim, alterar a fermentação (Palmquist & Jenkins, 1980). Esta reação ocorre provavelmente a pH 6,0 ou menor (Palmquist et al., 1986) por se encontrarem favorecidas as formas ionizadas de ácidos graxos e cálcio, facilitando assim a interação entre eles (Bock et al., 1991). Entretanto, quando foram comparados sais cálcicos de ácidos graxos pré-formados com a adição de gordura e cálcio em separado nas dietas, os primeiros apresentaram um melhor comportamento

sobre a digestibilidade “in situ” da fibra (Palmquist et al., 1985). Assim, os sais cálcicos de ácidos graxos passaram a ser utilizados como fonte de gordura rúmen-inerte e atualmente diversas fórmulas comerciais se encontram disponíveis em vários países.

Outro tipo de gordura rúmen-inerte desenvolvida, são as gorduras emulsificadas com proteínas vegetais ou caseína, tratadas previamente com formaldeído diluído e posteriormente secas (Palmquist, 1991). O produto consiste em gotas de gordura envolvidas em proteínas insolúveis a pH ruminal. O seu desenvolvimento foi na busca de produtos (carne e leite) com ácidos graxos mais insaturados. Embora os objetivos tenham sido alcançados, a sua difusão foi limitada pelo custo, qualidade desuniforme, e porque o formaldeído não é aceito para dietas de bovinos nas legislações de alguns países.

Outras formas são as gorduras cristalizadas, comumente denominadas na língua inglesa de gorduras “prill” ou “prilled”, as quais são às vezes encapsuladas com amido (Doreau et al., 1991). Este tipo de gordura tem um alto ponto de fusão, o que a torna, pelo menos teoricamente, insolúvel no rúmen; porém, disponível no intestino (Grummer, 1988).

Como fonte de gordura medianamente rúmen-inerte tem sido mencionadas as sementes de oleaginosas inteiras, particularmente quando tratadas com calor (Grummer, 1991), as quais embora liberem óleo, o fazem de forma gradual, evitando assim transtornos fermentativos. Este mesmo autor mencionou que a moagem destes grãos causaria a perda da proteção natural.

Os sais cálcicos de ácidos graxos não modificam a concentração total de ácidos graxos voláteis nem suas proporções molares (Klusmeyer et al.,

1991), e estariam protegidos da biohidrogenação porque maior quantidade de ácidos graxos insaturados alcançam a porção distal do trato digestivo (Wu et al., 1989). No entanto, trabalhos mais recentes tem mostrado uma biohidrogenação líquida destes sais entre 33 e 50% (Wu et al., 1991; Klusmeyer & Clark, 1991; Chalupa et al., 2002). Portanto, mesmo sais cálcicos de ácidos graxos não são totalmente inertes no rúmen.

Embora ocorra biohidrogenação dos sais cálcicos de ácidos graxos, é possível que ocorram sem que o suplemento lipídico produza efeitos negativos sobre a fermentação (Sukhija & Palmquist, 1990; Klusmeyer et al., 1991); por isso os autores concluem que são inertes, ou seja, não afetam a fermentação ruminal. Os dados de biohidrogenação “in vitro” são geralmente inferiores aos “in vivo”, provavelmente pela melhor atividade microbiana e pela mastigação no último caso (Grummer, 1991).

Os sais cálcicos perdem a propriedade de serem inertes ao dissociarem-se; no entanto, a dissociação de sais cálcicos de ácidos graxos é baixa em pH 6,5 (Sukhija & Palmquist, 1990), já que o pH de 50% de dissociação (PKd) é ao redor de 4,6 (Sukhija & Palmquist, 1990) muito abaixo das condições ruminais normais. Ainda em pH 6,0 a dissociação esperada seria de 4% e de 11% em pH 5,5 (Wu et al., 1991). Ao adicionar sais cálcicos de ácidos graxos na dieta de novilhos em confinamento foi encontrado que a dissociação foi baixa em pH ruminal de 5,6 a 6,0 (Nigidi et al., 1990).

Apesar da baixa dissociação, Wu et al. (1991) mencionaram vários fatores que podem contribuir na biohidrogenação dos ácidos graxos e em consequência diminuir sua absorção no intestino delgado, onde os sais

cálcicos de ácidos graxos são menos utilizados (Palmquist & Jenkins, 1980). Por outro lado, os ácidos graxos insaturados se dissociam mais rapidamente (maior PK) que os saturados; é assim que a percentagem de ácidos graxos insaturados dissociados a um determinado pH é maior que o valor estimado da mistura total. Ao produzir-se a biohidrogenação, os ácidos graxos dissociados, agora saturados, adquirem um PKd menor e reagem com os cátions para formar novamente sais cálcicos sem alterar a fermentação. O resultado líquido seria uma maior quantidade de ácidos graxos saturados sem modificação do nível de sais de cálcio (Wu et al., 1991), o que estaria de acordo com os resultados de Jenkins & Palmquist (1982), quando observaram que os ácidos graxos de sais cálcicos eram mais saturados que os ácidos graxos dissociados no líquido ruminal.

Os principais fatores que influenciam a escolha da fonte lipídica, incluem o custo, inatividade no rúmen, facilidade de manuseio e aceitação pelo animal. As características específicas das diferentes fontes de gordura que influenciam o consumo não são ainda bem conhecidas. De acordo com Grummer et al. (1990), possivelmente a natureza química dos suplementos (triglicérido vs. ácidos graxos de cadeia longa vs. sais de cálcio) ou outros fatores, tais como odor e forma física tenham maior influência na sua aceitação pelo animal. O efeito obtido na lactação em resposta à suplementação de gorduras tem sido variável, aparentemente em função do estágio de lactação, consumo de alimento e fonte de gordura utilizada (Wu et al., 1993).

## **2.4.2. Efeito das gorduras**

### **2.4.2.1. Na degradação ruminal da fibra e digestibilidade aparente da fibra e de outros nutrientes**

A literatura registra efeitos conflitantes a respeito da adição de gordura na dieta de ruminantes sobre a fermentação ruminal. Enquanto alguns pesquisadores não constataram efeitos adversos (Palmquist & Conrad, 1978; Jenkins & Palmquist, 1984; Bateman & Jenkins, 1998; Avila et al., 2000; Getachew et al., 2001), outros autores relataram reduções na digestibilidade da fibra (Broks et al., 1954; Pantoja et al., 1994; Eastridge & Firkins, 2000) e da matéria orgânica (Ikwuegbu & Sutton, 1982). Várias hipóteses tem sido sugeridas para explicar os efeitos dos lipídeos da dieta sobre a atividade microbiana no rúmen. Tem sido sugerido que as gorduras no rúmen encobrem a fibra e interferem na aderência dos microrganismos, diminuindo assim a digestibilidade (Devendra & Lewis, 1974). Entretanto, Demeyer & Van Nevel (1995) não observaram diferença na degradação da celulose quando esta foi encoberta ou não com óleo de soja hidrolisado, levando os pesquisadores a concluir que os efeitos inibitórios da gordura não decorrem da adsorção de ácidos graxos na fibra. Todavia, a gordura da dieta pode modificar a população ruminal. Henderson (1973) relatou que ácidos graxos inibiam o crescimento de organismos celulolíticos, mas não exerciam efeito negativo sobre organismos produtores de propionato.

O excesso de gorduras disponíveis no rúmen inibe a atividade microbiana, particularmente naqueles microrganismos responsáveis pela celulólise e a metanogênese (Palmquist & Jenkins, 1980). Já nos primeiros

trabalhos de pesquisa foi verificada diminuição na digestibilidade da fibra pelo efeito da suplementação de gorduras em ovelhas, sendo revertida pela adição de cátions metálicos (Brooks, 1954).

A gordura, dependendo da solubilidade, tem diferentes efeitos inibitórios, assim como os ácidos graxos de cadeia média (12-14 carbonos) e os ácidos graxos insaturados são os mais prejudiciais e também os não esterificados mais inibitórios que os esterificados (Palmquist, 1991).

Com a utilização de gorduras protegidas são evitados os transtornos e existem trabalhos onde a adição de sais cálcicos de ácidos graxos de cadeia longa em vacas secas melhorou a digestibilidade da celulose (Andrew et al., 1991), não estando esclarecida a razão destes resultados.

Observa-se pouca variação na digestibilidade da matéria orgânica e da fibra com dietas altas em gorduras saturadas e às vezes insaturadas, quando é fornecido um aporte adequado de cálcio (Brooks et al., 1954; Sutton et al., 1983). No entanto, ao suplementar com ácidos graxos de cadeia curta e média, observou-se que a digestibilidade da matéria orgânica e a digestibilidade da fibra diminuíram (Sutton et al., 1983). De forma similar, Moore et al. (1986), utilizando três fontes de gordura em dietas para novilhos observaram um efeito negativo da gordura na digestibilidade das dietas.

Ao contrário, também tem sido informados aumentos e ausência de efeitos sobre a digestibilidade. Quando foram utilizados sais cálcicos de ácidos graxos na suplementação de uma dieta com silagem de milho e um concentrado rico em amido, aumentou a digestibilidade da matéria orgânica (Wu et al., 1991). Ausência de efeitos ao incluir gorduras tem sido mencionado

tanto na digestibilidade da matéria orgânica como da fibra (Russel & Sniffen, 1984; Palmquist et al., 1985).

Resultados de degradabilidade ruminal “in situ”, relatados por Elmeddah et al. (1991), mostraram aumento ao adicionar sais cálcicos de ácidos graxos ao feno, enquanto outros pesquisadores tem assinalado uma diminuição da matéria orgânica degradável no rúmen (Murphy et al., 1987; Klusmeyer et al., 1991) e da degradabilidade da energia bruta (Klusmeyer & Clark, 1990; Klusmeyer & Clark, 1991). No entanto, não se modificou a digestibilidade total no trato digestivo (Murphy et al., 1987; Klusmeyer & Clark, 1990; Jenkins & Fotouhi, 1990; Jenkins, 1990; Klusmeyer et al., 1991; Klusmeyer & Clark, 1991), deixando antever nestes resultados uma possível alteração no local de digestão, no sentido do trato digestivo posterior, sem relação aparente com a taxa de diluição ou passagem (Klusmeyer et al., 1991), já que esta não se modificou mas sim o local de digestão.

O efeito da gordura sobre a percentagem do nitrogênio aparentemente digerido também têm sido diverso. Enquanto alguns autores não encontraram maior digestibilidade no trato digestivo total (Jenkins & Palmquist, 1984; Grummer, 1988; Kent & Arambel, 1988; Zinn, 1989), outros verificaram aumento da digestibilidade pelo efeito de sais cálcicos de ácidos graxos (Ohajuruka et al., 1991), assim como também reduções pela utilização de sais cálcicos de ácidos graxos de cadeia longa e uma mescla de gordura animal-vegetal na digestibilidade protéica em alguns trabalhos realizados com lecitina de soja em ovelhas (Jenkins & Fotouhi, 1990). Além dos efeitos sobre a digestibilidade da fibra e proteína tem sido mencionado que a suplementação

lipídica reduz a absorção do cálcio e do magnésio (Palmquist & Jenkins, 1980).

#### **2.4.2.2. Na síntese de proteína microbiana**

O efeito da gordura sobre a síntese protéica ruminal ainda não é bem conhecido, considerando as múltiplas fontes lipídicas utilizadas. Embora tenham sido observados efeitos negativos (Czerkawski, citado por Doreau et al., 1987; Ohajuruka et al., 1991) e nulos (Klusmeyer et al., 1991), a maioria dos trabalhos informam uma maior eficiência de síntese (Jenkins & Palmquist, 1984; Komarek et al., 1984; Russel & Sniffen, 1984; Cummins & Papas, 1985; Murphy et al., 1987). Estes resultados correspondem a condições tanto “in vitro” ( Russel & Sniffen, 1984; Cummins & Papas, 1985) como “in vivo” (Komarek et al., 1984; Jenkins & Palmquist, 1984; Murphy et al. 1987; Klusmeyer et al., 1991); e as fontes utilizadas têm sido gorduras protegidas (Klusmeyer et al., 1991) e não protegidas (Murphy et al., 1987). Newbold et al. (1988), citados por Cant et al. (1991) e Klusmeyer et al. (1991) postulam que as últimas atuariam diminuindo os protozoários e aumentando, assim, a eficiência ao eliminar um elo da cadeia trófica ruminal.

Tem sido demonstrado que os microrganismos ruminais tem maior afinidade em captar ácidos graxos pré-formados que a sintetizá-los “de novo”; por isso, a incorporação exógena de ácidos graxos pouparia ATP para poder utilizá-lo na síntese de outros componentes celulares, o que explicaria a maior eficiência da síntese bacteriana. A respeito, Doreau et al. (1987), embora tenham encontrado uma maior eficiência microbiana em vacas recebendo uma

suplementação láctea (10% de gordura e 13% de lactose), não puderam relacionar com a taxa de diluição ruminal, a qual permaneceu constante em relação ao controle.

Apesar da maior eficiência registrada com a adição de gordura, a diminuição da matéria orgânica degradável no rúmen, pelo efeito do menor consumo, poderia ser suficiente para reduzir a síntese bacteriana total (Ikewuegbu & Sutton, 1982; Kayouli et al., 1986, citados por Cant et al., 1991; Hermansen, 1989; Khorasani et al., 1991). Esta diminuição do fluxo de proteína bacteriana tem sido relacionada com uma menor quantidade de proteína no leite. Entretanto, os resultados de pesquisa de Erdman (1995), citado por Grummer (1996), não indicaram menor fluxo de proteína microbiana no intestino delgado, empregando diferentes fontes de gordura. Quando diminuiu a fermentação, parece que maior quantidade de proteína microbiana foi sintetizada por unidade de matéria orgânica fermentada, e assim sendo, o fluxo intestinal não foi alterado (Grummer, 1996).

#### **2.4.2.3. Na degradabilidade protéica e nível de N-NH<sub>3</sub>**

Existe grande controvérsia na relação da gordura suplementar com a degradabilidade protéica, embora Susmel et al. (1988), citados por Elmeddah et al. (1991), tenham mostrado uma relação negativa; Mir (1988) não conseguiu confirmá-la. Também poderia estar influenciando a síntese bacteriana mais eficiente (Jenkins & Palmquist, 1984; Russel & Sniffen, 1984; Klusmeyer et al., 1991) e, assim, contribuir na redução dos valores de N-NH<sub>3</sub>.

Além disto, o tipo de dieta basal poderia interferir na degradabilidade protéica. Assim, Klusmeyer et al. (1991), utilizando duas proporções de plantas forrageiras, com e sem adição de sais cálcicos de ácidos graxos, embora não encontrando efeito pela adição de gordura na quantidade e na percentagem digerida pós-rumen, verificaram interação (tendência) entre o nível de planta forrageira e sais cálcicos de ácidos graxos ( $P < 0,09$ ), aumentando a proteína não degradável com baixo nível de plantas forrageiras e diminuindo-a com altos níveis das mesmas. Esses resultados, podem ser atribuídos ao maior consumo de matéria orgânica nas dietas baixas em volumosos, tendo em vista que nestas o consumo de milho “shelled” foi maior e este possui menor conteúdo de proteína degradável no rúmen quando comparado a silagem de milho, farelo de soja e pré-secado de alfafa (NRC, 1989) usados no experimento por Klusmeyer et al. (1991).

#### **2.4.2.4. No pH ruminal**

O aporte lipídico na dieta normalmente não modifica o pH, no entanto observa-se um aumento do pH em alguns experimentos (Mir, 1988; Elmeddah et al., 1991; Grummer, 1991), sem estar relacionado sempre com um determinado padrão de produção de ácidos graxos voláteis.

A explicação dos autores aos maiores valores de pH obtidos são variadas. Doreau et al. (1989), fornecendo ácidos graxos insaturados, observaram um pH mais elevado e mais estável através do tempo e, embora tenha havido uma troca na fermentação com maior proporção de ácido propiônico, a produção de ácidos graxos voláteis totais foi menor. Em outro

trabalho de Doreau et al. (1991), utilizando gorduras protegidas e não protegidas, os autores somente encontraram pH e ácidos graxos voláteis totais significativamente maiores ao suplementar com gordura na hora zero da amostragem.

Também foi encontrado pH superior a 7,0 com dietas ricas em gordura, sendo explicado pela ausência de depressão celulolítica (Mir, 1988). Por outro lado, Klusmeyer et al. (1991) ao adicionarem sais cálcicos de ácidos graxos a vacas com dois níveis de volumosos, também obtiveram um pH maior pela adição de gordura, apresentando interação com o nível de volumoso empregado, sendo maior com baixo nível. Este comportamento foi atribuído pelos autores ao menor consumo de matéria seca, amido e menor ingestão de matéria orgânica degradável no rúmen com a inclusão da fonte de gordura. No entanto, com a utilização de dois níveis de sais cálcicos de ácidos graxos e de uma mistura de gordura animal e vegetal, Ohajuruka et al. (1991) não encontraram variações de pH.

#### **2.4.2.5. Nas concentrações de ácidos graxos voláteis (AGV) ruminais**

Tem sido detectado que o fornecimento de gordura na dieta de ruminantes causa uma redução na relação C2:C3 (Boggs et al., 1987; Zinn, 1989; Doreau et al., 1991; Doreau, 1992), principalmente com ácidos graxos insaturados (Doreau et al., 1989).

Jenkins (1990), ao suplementar novilhos com gordura saturada e dois níveis de substituição desta por lecitina de soja, observou que a relação

C2:C3 foi reduzida em relação ao controle em todos os suplementos, porém, em menor grau naqueles que continham lecitina. Outros autores não informaram alterações nos padrões de ácidos graxos voláteis quando utilizaram leite como fonte de gordura, apesar da gordura estar disponível a nível ruminal (Doreau et al., 1987). Estas alterações ocorridas no padrão fermentativo causadas pelos lipídeos correspondem a efeitos tóxicos seletivos sobre as bactérias (Palmquist & Jenkins, 1980).

#### **2.4.2.6. No balanço lipídico ruminal**

Tendo em vista que as condições anaeróbicas do rúmen impedem a oxidação de ácidos graxos, como demonstraram Wu & Palmquist (1991), e a capacidade dos microrganismos ruminais de sintetizarem ácidos graxos de cadeia longa, é de se esperar que o balanço lipídico no rúmen seja positivo. Klusmeyer & Clark (1991) observaram que a recuperação intestinal, como média de todos os seus tratamentos (fatorial de proteína e gordura) foi de 114% em relação ao consumido. Trabalhando com vacas portando cânulas no rúmen e no duodeno Wu & Palmquist (1991) também encontraram um balanço positivo.

Várias explicações têm sido postuladas para o balanço lipídico ruminal positivo (Klusmeyer & Clark, 1991):

- a) síntese “de novo” de ácidos graxos;
- b) incorporação dos ácidos graxos da dieta a células bacterianas;
- c) absorção de ácidos graxos de cadeia longa pela parede celular bacteriana e

d) ácidos graxos de cadeia longa associados com gotas lipídicas citoplasmáticas dentro da célula bacteriana.

Embora de acordo com os antecedentes indicados o balanço devesse ser sempre positivo, pesquisadores tem encontrado balanços negativos, o que seria esperado somente com ácidos graxos de cadeia curta, quando ocorre um desaparecimento líquido acima de 90% pela absorção (Wu et al., 1991) uma vez que a parede ruminal tem a capacidade de absorvê-los, ou, por alongamento a ácidos graxos de cadeia longa. Os ácidos graxos com cadeias inferiores a 14 carbonos desaparecem na mesma medida “in vitro” (Wu & Palmquist, 1991) e “in vivo” (Wu et al., 1991), supondo-se seu alongamento a ácidos graxos de cadeia longa.

Nos ácidos graxos de cadeia longa, no entanto, também tem sido encontrado balanços negativos. Murphy et al. (1987) obtiveram uma diminuição líquida de 39% nos ácidos graxos de cadeia longa, o que não deveria ocorrer. Os autores atribuíram os valores a uma subestimativa do fluxo de material em direção ao intestino delgado, ocasionada pelo marcador (o balanço final era calculado com base na determinação da quantidade de ácidos graxos de cadeia longa corrigido pelo fluxo estimado com cinzas insolúveis em ácido) e, então, corrigiram seus resultados multiplicando por 1,39, assumindo que o desaparecimento líquido no rúmen deveria ser zero.

Outros autores (Wu et al., 1991) obtiveram uma recuperação líquida intestinal de ácidos graxos de cadeia longa de 70% sobre o consumido. Estes autores indicaram várias possibilidades para o balanço negativo de ácidos graxos de cadeia longa no rúmen (30%):

- a) pela absorção;
- b) por degradação a cadeias mais curtas;
- c) por subestimativa do fluxo duodenal como sugerido por Murphy et al. (1987), sendo a terceira causa a aparentemente responsável pelas diferenças obtidas (Wu et al., 1991).

#### **2.4.2.7. Na digestão pós-ruminal**

Tem sido mencionado que os ruminantes tem capacidade digestiva semelhante aos não ruminantes, com respeito a ácidos graxos (Palmquist, 1991), e que no intestino os ácidos graxos saturados são menos digestíveis que os insaturados (Aseltine, 1988; Wu et al., 1991). Entretanto, além do grau de saturação, tem sido observado um efeito do comprimento da cadeia, ao encontrar-se que o palmítico é mais digestível (66%) que o esteárico (54%) sendo a digestibilidade lipídica total de 76,7% (Wu et al., 1991).

Quando ruminantes foram suplementados com gordura, a digestibilidade aparente foi aumentando aos poucos, provavelmente pela diluição da secreção lipídica endógena (Grummer, 1988; Jenkins et al., 1989; Schauff & Clark, 1992). No entanto, Palmquist (1991), ao suplementar vacas Jersey com níveis de 200 a 1400g de ácidos graxos saturados ao dia, observou que a digestibilidade dos ácidos graxos diminuiu linearmente a razão de 2,2g/100g de ácido graxo consumido. Também Zinn (1989) encontrou que a digestibilidade de ácidos graxos, em novilhos, diminuiu de 80,1 a 69,3% quando aumentou de 4 para 8% a concentração de gordura na matéria seca da dieta.

Com relação ao fluxo de ácidos graxos ao duodeno, a suplementação produziu um aumento, independentemente das fontes utilizadas pelos autores: gordura animal-vegetal ou sais cálcicos de ácidos graxos de cadeia longa (Wu et al., 1991).

Ao comparar a proporção absorvida dos diferentes ácidos graxos, como ácidos graxos livres sangüíneos (AGL) ou triglicerídeos (TG), a proporção transferida à AGL foi  $18:2 > 18:1 > 16:0 > 18:0$ , enquanto que à TG foi  $16:0 = 18:0 = 18:2 < 18:1$  (Steele, 1983). O autor explicou o comportamento anômalo do 18:1 a triglicerídeos pelo efeito de desaturases intestinais.

Em relação ao conteúdo fecal, o mesmo parece aumentar à medida que aumenta a gordura da dieta e o conteúdo é maior quando a suplementação é feita com gorduras saturadas do que com insaturadas (Hermansen, 1989), o que estaria de acordo com o mencionado sobre o fluxo e diferenças na digestibilidade de cada um. Embora normalmente menos digestíveis, os ácidos graxos saturados quando associados a ácidos graxos insaturados tem a sua digestibilidade aumentada, indicando um possível efeito sinérgico dos insaturados sobre a digestibilidade dos saturados (NRC, 2001).

#### **2.4.2.8. No consumo de matéria seca**

Ao aumentar-se a densidade energética da dieta com o uso de gordura é esperado um maior consumo de energia, desde que o consumo de matéria seca se mantenha ou não diminua significativamente (Coppock & Wilks, 1991).

Em vários trabalhos tem sido observada diminuição no consumo de matéria seca em decorrência da suplementação com fontes lipídicas (Hatch et al., 1972; Rode et al., 1985; Hermansen, 1989; Klusmeyer & Clark, 1991). Este efeito tem sido atribuído à redução na fermentação ruminal e digestibilidade da fibra que algumas fontes de gordura produzem, e por sua vez, aumentando o tempo de permanência dos alimentos no rúmen-retículo (NRC, 2001). Assim, quando foram adicionadas gordura insaturada e gordura saturada com 66 e 22 de índice de iodo, respectivamente, a primeira deprimiu mais o consumo (Hermansen, 1989). No entanto, o consumo de matéria seca é regulado também pela ingestão energética do animal, pois quando foi adicionado óleo intraduodenal o consumo foi diminuído (Gagliostro et al., 1991). Com a utilização de ácidos graxos saturados em níveis de 0, 3, 6 e 9% da dieta total, Schauff & Clark (1992) obtiveram uma redução linear no consumo. Comportamento similar observaram Klusmeyer et al. (1991) utilizando até 6% de ácidos graxos saturados. A razão exata da diminuição no consumo com a suplementação de ácidos graxos saturados é desconhecida. Schauff & Clark (1992) assinalaram a necessidade de investigar a palatabilidade em relação aos efeitos pós-ingestivos dos sais cálcicos de ácidos graxos. Allen (2000) sugere que além da palatabilidade as gorduras podem diminuir o consumo através de ações sobre os hormônios intestinais e pela oxidação das gorduras no fígado.

O efeito negativo das gorduras sobre o consumo depende do seu conteúdo na dieta basal e da fonte empregada. Dietas contendo 5 a 6% de gordura, suplementadas com sementes de oleaginosas e com ácidos graxos

hidrogenados, promoveram um efeito quadrático no consumo de matéria seca, com níveis de 3 e 2,3%, respectivamente enquanto a adição de sebo e sais cálcicos de ácidos graxos de cadeia longa em dietas de vacas em lactação provocou efeito negativo linear sobre o consumo de matéria seca (Allen, 2000). Smith et al. (1993) relataram que as fontes de gordura não protegidas exercem maior efeito na diminuição do consumo, na fermentação ruminal e na digestibilidade da fibra (FDN) quando as dietas contem elevados teores de silagem de milho comparadas com dietas a base de feno de alfafa, sem uma explicação para esta ocorrência.

Palmquist & Jenkins (1980) relataram que o aumento na saturação dos ácidos graxos normalmente reduz os efeitos negativos das gorduras no rúmen. Allen (2000) observou que, quando a proporção de ácidos graxos insaturados foi aumentada na fonte lipídica, o consumo de matéria seca geralmente diminuiu. Contudo, o consumo de energia digestível, na maioria dos estudos não foi alterado, quando sais cálcicos de ácidos graxos de cadeia longa foram elevados e maiores que ácidos graxos de cadeia longa hidrogenados.

Não só efeitos negativos sobre o consumo tem sido informados. Rode & Satter (1988) e Cant et al. (1991) não obtiveram efeitos; e Bock et al. (1991), utilizando um controle e duas fontes de gordura a 3,5% da matéria seca (sebo e um resíduo oleaginoso de soja hidrogenado) com dois níveis de cálcio na dieta, obtiveram um aumento no consumo pelo efeito da suplementação lipídica. Da mesma forma Skaar et al. (1989) e Pantoja et al. (1996) relataram aumentos no consumo. A explicação para aumentos no consumo com adição

de gordura nas dietas é o baixo incremento calórico durante períodos de estresse térmico e/ou pela redução na produção de propionato em razão da diminuição dos carboidratos não fibrosos pela adição de gordura (Allen, 2000).

A aparente inconsistência entre experimentos não surpreende porque o impacto da gordura da dieta sobre o consumo é influenciado pela fonte, processamento e nível de inclusão do suplemento (Palmquist & Jenkins, 1980; Chalupa et al., 1986). Com relação à fonte, tem sido observada uma maior depressão no consumo produzida por óleo que por quantidade equivalente de gordura contida em sementes (grãos) inteiras (Murphy et al., 1987).

Em relação aos padrões de consumo, pelo efeito da gordura em vacas leiteiras, foi observado que com a sua adição diminuíram o tamanho e a duração da refeição; porém, aumentou o número de refeições diárias (Aseltine, 1988). Resultados similares publicaram Henrichs et al. (1982), ao alimentar vacas com distintas fontes de gordura ao nível de 10% da matéria seca, porém, sem alterações no consumo total. A respeito tem sido sugerido que a mudança no padrão de consumo pode ser devida a fatores gustativos ou à capacidade dos ácidos graxos de cadeia longa de diminuir a motilidade intestinal e, assim, reduzir a taxa de passagem dos alimentos (Aseltine, 1988).

Devido a essas trocas nos padrões de consumo e considerando que, em geral, nas condições de produção de leite de vacas não estabuladas, o concentrado não é fornecido ao longo de todo o dia, sendo mais freqüente a suplementação na ordenha, é provável que não se alcance o efeito compensador do aumento no número de refeições. Coppock & Wilks (1991)

mencionaram a importância de identificar a causa quando se apresenta uma redução no consumo, quer dizer, se é devida a odores ou ao sabor, situação na qual o uso de dietas completas (totalmente misturadas) pode mascarar e manter o consumo, ou se é devido a efeitos digestivos, como os mencionados anteriormente sobre a taxa de passagem, onde dificilmente será possível uma solução simples e prática.

#### **2.4.2.9. Na condição corporal e peso vivo**

Diversos autores tem comunicado diminuição no peso vivo e na condição corporal de vacas lactantes em razão da suplementação com gordura, podendo interferir na produção de leite como também sobre a atividade reprodutiva.

Sklan et al. (1991), ao suplementar vacas com sais cálcicos de ácidos graxos de cadeia longa, observaram que o peso corporal foi menor e atingiu um mínimo posteriormente ao grupo controle (12 e 32 dias pós-parto, respectivamente). Os mesmos autores sugerem que a adição de gordura facilitou o aumento dos níveis de fosfolipídeos e triglicerídeos sangüíneos após o pico de lactação, enquanto os ácidos graxos livres tiveram valores mais altos durante os primeiros 40 dias pós-parto. Este comportamento dos parâmetros sangüíneos sugere uma lipomobilidade aumentada nas vacas suplementadas com sais cálcicos de ácidos graxos de cadeia longa, os quais foram significativamente diferentes do controle até 95 dias pós-parto.

Outros autores (Andrew et al., 1991), utilizando sais cálcicos de ácidos graxos de cadeia longa observaram uma tendência à diminuição do

peso corporal, embora explicado por um menor enchimento gastrointestinal e não por lipomobilização. Mas também tem sido descrita diminuição de peso e da condição corporal ao suplementar os animais com óleo intraduodenal na metade da lactação sem apresentar diferenças no início da lactação (Gagliostro et al., 1991).

#### **2.4.2.10. Na produção de leite**

Nos estudos efetuados por Lucas & Loosli (1944) houve um aumento na produção de leite ao fornecer grãos de soja. Segundo os autores, a produção foi maior que a esperada pelo aumento no consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT). Numa revisão de vários trabalhos efetuados por Ostergaard (1981), citado por Palmquist (1991), observa-se que as respostas à suplementação são variáveis de acordo com a etapa da lactação e tem sido indicado que uma resposta positiva é pouco provável de ocorrer em animais em balanço energético neutro ou positivo (Khorasani et al., 1991).

Em muitos casos não tem sido observados resultados positivos da suplementação com gordura na produção, e tem sido postulado como fator responsável o nível baixo de produção de leite das vacas.

Outro fator que tem sido responsabilizado pela ausência de resposta produtiva à suplementação é o período da sua realização. Schauff et al. (1992a e b), utilizando vacas leiteiras de alta produção num delineamento rotativo (14-21 dias), não obtiveram respostas produtivas ao suplementar os animais com gorduras e atribuíram os resultados ao tempo muito curto de rotação utilizado, o qual teria sido insuficiente para manifestar as diferenças.

Tem sido demonstrado que fornecendo altos níveis de gordura não protegida, estas podem alterar a fermentação ruminal e, portanto, a produção e a composição do leite (Palmquist & Jenkins, 1980). Para evitar esta situação tem sido utilizados sais cálcicos de ácidos graxos quando um nível alto de suplementação é desejado, os quais tem melhorado as produções lácteas (Sklan et al., 1991; Andrew et al., 1991). As respostas obtidas ao suplementar com sais cálcicos de ácidos graxos não explicam isoladamente a maior eficiência na síntese do leite, mas, sim, ao que parece deve haver algum sinal lactogênico desconhecido induzido por este suplemento (Sklan et al., 1991). No entanto, a utilização de gorduras não protegidas, em baixas inclusões, produz resultados benéficos como os informados por King et al. (1990) que, utilizando ácidos graxos livres saponificados em concentrados adicionados a vacas em pastejo, conseguiram 1,8 kg de leite a mais e 0,33 kg a mais de gordura. Também Eastridge & Firkins (1991), utilizando sebo hidrogenado, obtiveram aumentos de produção. Estes resultados estão de acordo com o descrito anteriormente, no sentido de que as gorduras saturadas apresentam menores efeitos sobre o microambiente ruminal. Assim, quando se compara gordura animal e gordura animal saponificada, o efeito diferencial da forma conjugada com cátions só é observado quando se compara em níveis altos de inclusão, onde as fontes não protegidas manifestam seu efeito negativo sobre a fermentação (Hermansen, 1989). Por isso, ao utilizar gordura amarela (não protegida) a 4% do total da dieta (nível baixo) não se manifestaram transtornos e tanto a produção de leite como a percentagem de gordura aumentaram (Cant et al., 1991).

Além dos efeitos diretos na produção durante o período de suplementação, parece existir um efeito residual pelo restante da lactação, o que precisa continuar sendo investigado. Quando a gordura foi suplementada na forma de sementes de oleaginosas (soja) a vacas entre 4 e 16 semanas pós-parto, o grupo suplementado produziu 2,8% mais no período no qual o suplemento foi dado sem apresentar diferenças significativas com o controle; porém, no resto da lactação a produção aumentou em 8,2%, a qual foi significativamente diferente (Shingoethe & Casper, 1991).

#### **2.4.2.11. Na composição química do leite**

Mudanças na composição química do leite podem alterar seu valor como matéria-prima para a fabricação de derivados. Como exemplo, pode-se apontar que a diminuição em 0,5 unidade percentual de sólidos totais ou 0,1 unidade percentual de proteína pode significar redução de até cinco toneladas de leite em pó ou uma tonelada de queijo, respectivamente, para cada milhão de litros de leite processado. A avaliação da composição química do leite pode trazer benefícios também ao produtor. Pode ser usada como medida importante na avaliação nutricional da dieta, revelando informações sobre a eficiência de utilização dos nutrientes e sobre a saúde do animal, resultando em melhor desempenho ou redução de custos. Outro benefício desta avaliação, ainda no início no Brasil, enquanto alguns países de pecuária tradicional e voltada para a exportação ou produção de derivados, como Nova Zelândia e Holanda, é o que considera a composição do leite como um item importante em seus sistemas de pagamento. Outros países, como os Estados

Unidos, têm adotado o MCP (multiple component price) para remunerar os produtores baseando-se nos níveis de gordura, proteína e sólidos não gordurosos. Um ponto fundamental é que em sistemas de pagamento por componentes não é considerada apenas a percentagem dos constituintes. Na maioria dos sistemas, a remuneração é baseada no total de componentes produzidos, de forma que reduções na quantidade de leite produzido, ainda que com aumento do teor de componentes, podem resultar em diminuição da receita. Embora no Brasil isso não seja realidade, algumas indústrias e alguns produtores já estão monitorando gordura, proteína, sólidos e células somáticas e há a tendência da adoção de programas de bonificação com base nesses parâmetros.

A gordura é o maior componente energético no leite e é responsável por propriedades físicas, características industriais e qualidades organolépticas tanto do leite como de seus derivados (Jensen et al., 1991). Para os produtores a gordura tem interesse em razão do seu valor econômico e porque representa o maior custo energético na produção dos componentes do leite (Bauman & Griinari, 2001).

Mais recentemente surgiu o interesse na gordura do leite como “alimento funcional”; por exemplo, reduzindo o conteúdo dos ácidos láurico, mirístico e palmítico em razão dos seus possíveis efeitos hipercolesterolêmicos e aumentando o conteúdo de ácidos linoléico conjugado, ácido butírico e esfingolípídeos devido às suas propriedades anti-carcinogênicas (Parodi, 1999). A gordura do leite é composta predominantemente de triglicerídeos (98%) e o restante por fosfolípídeos, esteróis, vitaminas lipossolúveis, mono e

diglicerídeos, ácidos graxos livres e compostos aromatizantes (ex. lactonas) (Jensen et al., 1991).

A gordura é o componente do leite de ruminantes mais influenciado pela dieta (Sutton, 1989) principalmente por redução no seu conteúdo. Um dos principais exemplos desta influência foi dado por Davis & Brown (1970), os quais caracterizaram como síndrome da baixa gordura no leite, atualmente referida como depressão da gordura no leite, situações em que dietas reduzem marcadamente o conteúdo e a produção de gordura no leite, bem como alteravam a composição dos seus ácidos graxos. As exigências de fibra em detergente neutro e fibra efetiva são dadas em parte pela necessidade em manter a gordura no leite normal (Erdman, 1988). Vários fatores são responsáveis pela redução no teor de gordura no leite, tais como altos níveis de concentrado, volumosos finamente picados e dietas com quantidades elevadas de ácidos graxos insaturados como é o caso de óleos vegetais e de pescado. Sob condições extremas a concentração de gordura no leite pode ser reduzida em até 50-60% (NRC, 2001).

Os ácidos graxos do leite em ruminantes se originam da neosíntese e de ácidos graxos pré-formados. Os ácidos graxos com cadeias de quatro a catorze carbonos (C4 - C14) e uma fração dos ácidos graxos com dezesseis carbonos (C16) são derivados da neosíntese; acetato e em menor extensão  $\beta$ -hidroxibutirato são as fontes de carbono. O restante do C16 e todos os ácidos graxos de cadeia longa são derivados da circulação sangüínea, provenientes da absorção de lipídeos ou da mobilização das reservas corporais de gordura.

Reduções na concentração de gordura no leite, de acordo com revisão efetuada por Bauman & Griinari (2001), foram primeiramente identificadas em 1845, quando Boussingault forneceu beterraba na dieta de vacas em lactação. Posteriormente, observação semelhante foi relatada em 1894 por Sebelien, porém, com o fornecimento de óleo de pescado. A partir da primeira metade do século XX depressão na gordura do leite foi observada em diferentes dietas; com óleo de fígado de bacalhau, dietas com baixa relação volumoso : concentrado e com óleos vegetais. Através de uma série de experimentos, Powell (1939) demonstrou que a forma física do volumoso (por ex. moagem) também reduzia o teor de gordura no leite.

Durante os últimos cinquenta anos várias pesquisas foram realizadas sobre a depressão da gordura no leite (DGL), muitas direcionadas ao entendimento de causas dietéticas, para fornecer recomendações práticas aos produtores para minimizarem esta ocorrência (Erdmann, 1988; Sutton, 1989; Palmquist et al., 1993). As dietas que causam DGL podem ser divididas em dois grupos (Davis & Brown, 1970). Um grupo com excessiva quantidade de carboidratos rapidamente fermentáveis e reduzida quantidade de carboidratos fibrosos; situação mais freqüente em dietas com alta proporção de alimentos concentrados (grãos e subprodutos) e baixa quantidade de volumoso (AC/BV). Porém, mesmo dietas com conteúdo adequado de volumosos, mas se estes forem finamente picados ou peletados, também se enquadram neste grupo porque este processamento reduz a efetividade da fibra em manter normal o funcionamento do rúmen. O tamanho da partícula e a fibra efetiva tem recebido importante consideração atualmente com o advento de sistemas

automatizados de alimentação e com o emprego de dietas totalmente misturadas (completas). O segundo grupo de dietas que induz à DGL é representada por suplementos contendo altas quantidades de gordura insaturada (óleos vegetais e de peixe). A DGL pode ocorrer com a inclusão direta de óleos à dieta, mas também quando a dieta é suplementada com sementes de oleaginosas ou com farelos contendo ácidos graxos polinsaturados (Bauman & Griinari, 2001).

Nos dois grupos de dietas, a extensão da redução na produção de gordura no leite é influenciada por fatores como: preparação da dieta, presença de outros componentes, práticas de manejo (ex. frequência e nível de alimentação) e condições do animal (estádio de lactação e condição corporal) (Sutton & Morant, 1989; Grummer, 1991; Palmquist et al., 1993). A divisão das dietas que conduzem à DGL em dois grupos, freqüentemente tem levado a avaliações independentes. Mas, em muitas situações os efeitos não podem ser separados. A DGL envolve tanto a produção de gordura como a composição de ácidos graxos. Entretanto, mesmo com redução na produção de gordura, alcançando por vezes mais de 50%, alterações nos teores de lactose ou proteína são mínimas ou não ocorrem.

A redução da gordura láctea representa não só uma diminuição na produção da maioria dos ácidos graxos, mas também a composição é marcadamente alterada devido à grande diminuição na neosíntese de ácidos graxos (Davis & Brown, 1970; Bauman & Griinari, 2001). Além disso, há um aumento substancial nos ácidos graxos C18:1 trans. Como resultado, a composição da gordura no leite é alterada com redução nos ácidos graxos de

cadeia curta e média e com aumento nas concentrações de ácidos graxos de cadeia longa.

As dietas que causam DGL promovem alteração no processo microbiano. Este efeito tem sido melhor caracterizado com dietas AC/BV, dietas com volumosos moídos ou peletados; nesses casos a DGL ocorre com a correspondente diminuição do pH no rúmen e alteração na proporção molar de ácidos graxos voláteis (Van Soest, 1963; Davis & Brown, 1970). A adição de tampões a dietas AC/BV minimizam as alterações nos padrões fermentativos no rúmen e a produção de gordura no leite é restaurada (Davis et al., 1964; Erdman, 1988). Da mesma forma a DGL decorrente da suplementação com óleos vegetais e de pescado tem envolvimento no processo microbiano (Doreau et al., 1989).

A alteração na biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados pelos microrganismos no rúmen parece ser um pré-requisito para o desenvolvimento da DGL. De acordo com as citações anteriores, a DGL é maior com o aumento no conteúdo de C18:1 trans na gordura do leite. Embora esta alteração ocorra nos dois tipos de dietas que causam a DGL tem sido reconhecido, de forma mais ampla, em dietas suplementadas com óleos vegetais ou de peixe. Os efeitos foram mínimos na produção de gordura no leite quando os óleos foram completamente hidrogenados (Brumbly et al., 1972) ou na forma protegida da ação dos microrganismos do rúmen, ou ainda por infusão abomasal (Rindsig & Schultz, 1974; Pennington & Davis, 1975; Astrup et al., 1976; Banks et al., 1984). Gorduras fornecidas na forma protegida ou por infusão abomasal geralmente alteram a composição dos ácidos graxos

da gordura do leite, mas resultam mais em aumento na produção de gordura do que em diminuição (Chilliard, 1993). Entretanto, a alimentação ou infusão abomasal com óleos parcialmente hidrogenados com ácidos graxos C18:1 trans reduziu a produção de gordura no leite (Selner & Schultz, 1980; Gaynor et al., 1995; Romo et al., 1996).

A discussão precedente indica que duas condições são necessárias para ocorrer a DGL; alteração no processo microbiano no rúmen e a presença de ácidos graxos insaturados. Suplementos que fornecem ácidos graxos insaturados, mas com alto consumo de volumoso, não alteram o processo microbiano e a produção de gordura é normal (Brown et al., 1962). Da mesma forma, uma relação alta de concentrados e baixa de volumosos na dieta resulta no pré-requisito que altera o processo microbiano no rúmen, mas se a dieta contiver quantidades pequenas de ácidos graxos insaturados, haverá pequeno efeito na produção de gordura no leite (Griinari et al., 1998). Em geral a indução à DGL precisa envolver produtos de bactérias ruminais que são produzidos na presença de dietas que promovam mudanças no processo microbiano no rúmen e o consumo de ácidos graxos insaturados (Bauman & Griinari, 2001).

A glândula mamária tem por fontes para sua síntese de gordura, a lipomobilização, os ácidos graxos da dieta, ácidos graxos voláteis, corpos cetônicos e ácidos graxos da síntese bacteriana; devido a esta ampla diversidade tem sido informado existirem mais de 400 ácidos graxos diferentes no leite (Palmquist, 1991). Outra importante propriedade da glândula mamária, como também do intestino delgado, é converter ácidos graxos saturados em

ácidos graxos monoinsaturados, contribuindo provavelmente, para assegurar a fluidez suficiente do leite para uma eficiente secreção por parte do adenócito mamário (Grummer, 1991).

O efeito de fontes lipídicas sobre a composição e a percentagem de gordura é variável dependendo da fonte e do nível empregado. Deste modo, ao utilizar gordura saturada, diminuiu a produção de leite; porém, aumentou a percentagem de gordura (Hermansen, 1989), mas quando a fonte suplementar utilizada foi constituída de ácidos graxos insaturados a produção total de gordura foi maior, embora a percentagem de gordura tenha diminuído pelo efeito de um maior volume de produção e, quando avaliada em vacas primíparas, aumentou a produção de gordura sem diminuir a sua percentagem (Rogers et al., 1989).

As gorduras saturadas superam as insaturadas na produção de gordura láctea, mas somente quando elas são incluídas em níveis elevados, nos quais as insaturadas provocam um efeito negativo sobre a produção de gordura (Chalupa et al., 1984). Assim, foi observado que na utilização do grão de soja (gordura insaturada) a percentagem de gordura foi diminuída em relação ao controle (Shingoethe & Casper, 1991).

Apesar dos informes da maior eficiência microbiana com a adição de gorduras tem sido constatado que ao adicioná-las, em razão da redução na matéria orgânica degradável no rúmen diminuiu o aporte total de aminoácidos no intestino contribuindo, assim, para uma menor produção de proteína láctea (Doreau et al., 1987; Hermansen, 1989; Gagliostro et al., 1991). Quando foram comparadas gorduras insaturadas protegidas ou não, as

protegidas resultaram em maior produção de proteína láctea, mas não foi possível associar ao tipo de gordura, porque as dietas não continham quantidades semelhantes de lipídeos (Hermansen, 1989).

Para comprovar os efeitos da suplementação evitando os transtornos ruminais, Gagliostro et al. (1991) forneceram diariamente 1,0 e 1,1 kg/dia de óleo intra-abomasal no início da lactação (dos 17 aos 21 dias pós-parto) e no meio da lactação, reduzindo a proteína somente no meio da lactação.

Coppock & Wilks (1991), em trabalho de revisão, propõem quatro causas prováveis para a diminuição da proteína láctea. Uma, associada à redução da produção microbiana; outra, a uma disponibilidade restringida de glicose; uma terceira, a resistência à insulina na glândula mamária, que diminui o transporte de aminoácidos para a síntese protéica; e uma quarta, a reduzida liberação de somatotropina da hipófise anterior reduzindo a captação de aminoácidos pela glândula mamária.

A fração nitrogenada do leite normalmente é dividida em três frações: caseína, proteína do soro e nitrogênio não protéico (NNP), constituindo aproximadamente 77,9; 17,2 e 4,9%, respectivamente, no leite de vacas (Cerbulis & Farrel, 1975). Com frequência, caseína e proteína do soro são expressas como proteína verdadeira para diferenciar da fração de NNP do leite. DePeters & Cant (1992), em trabalho de revisão, verificaram que a concentração de caseína varia de 76 a 86% da proteína total e inclui proteínas provenientes de cinco expressões gênicas:  $\alpha_{s1}$  -,  $\alpha_{s2}$  -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, e  $\kappa$ - caseínas. As  $\gamma$ -caseínas são fragmentos de C-terminal de  $\beta$ -caseínas liberadas por ação da

plasmina. Proteínas do soro incluem proteínas que são produtos gênicos da glândula mamária como  $\beta$ -lactoglobulinas e  $\alpha$ -lactoalbuminas, aquelas que são transferidas pré-formadas a partir da periferia como as imunoglobulinas IgG1, IgG2, IgA e IgM e albuminas do soro, além de proteose-peptonas. Pouco é conhecido a respeito de proteose-peptonas; ao que tudo indica resultam da proteólise de outras proteínas e, provavelmente, correspondem ao N-terminal de  $\beta$ -caseínas. A maior proporção do NNP (48%) é uréia, que se difunde livremente dentro da glândula mamária mantendo concentração em equilíbrio com o plasma sanguíneo. Outros compostos nitrogenados que contribuem para esta fração incluem ácido orótico, creatinina, amônia e ácido hipúrico.

Além da diminuição na concentração de proteína láctea também houve aumento da fração de NNP com a adição de 4% de gordura amarela na dieta (Cant et al., 1991). Esta diminuição protéica, particularmente da caseína, tem sua importância porque além da proteína láctea ser preponderante, é a principal responsável pela formação do coágulo (DePeters et al., 1989). Coppock & Wilks (1991), baseados em estudos anteriores indicaram que a razão primária para esta diminuição da caseína seria a menor síntese microbiana de proteína. Tem sido observado, além disso, que a depressão na proteína não ocorre somente durante a suplementação desde que, segundo Schingoethe & Casper (1991), os teores permaneceram diminuídos durante dois meses depois de retirado o fornecimento de gordura.

Embora a percentagem de proteína geralmente seja diminuída em decorrência da suplementação com gordura, a produção total de proteína tem permanecido igual ou aumentado. Comparações de 83 tratamentos (dietas com

gordura vs. dietas sem adição de gordura) houve diminuição na produção de proteína em 26 vacas, sendo que em 15 das 26, a produção de leite também diminuiu ( Wu & Huber, 1994). A razão pela qual a produção de proteína não aumenta proporcionalmente ao volume de leite produzido não tem sido determinada (NRC, 2001).

Além de alterações na gordura e proteína láctea, tem sido indicado reduções da lactose ao adicionar 4% de gordura amarela; embora a diminuição tenha sido pequena, os autores mencionam a importância desse componente como osmoregulador do leite (Henderson, 1973).

A lactose é o principal constituinte osmoticamente ativo do leite, sendo sintetizada a partir da glicose produzida no fígado pelo aproveitamento do ácido propiônico absorvido no rúmen e pela transformação de certos aminoácidos (Mühlbach et al., 2000). É sintetizada no complexo de Golgi e, então, secretada pelas vesículas que se movem até a membrana apical liberando seus conteúdos no alvéolo (Sutton, 1989).

Há grande unanimidade na literatura em relação ao fato de que a lactose é o componente do leite menos afetado pela alimentação (Mühlbach et al., 2000). Em condições normais, o teor de lactose é um pouco menor no início e ao final da lactação, acompanhando a curva de produção. A lactose é considerada o “marca-passo” da produção de leite, ou seja, quanto mais ácido propiônico estiver disponível para a síntese de lactose no úbere, tanto mais leite é secretado. Isso porque a lactose e o potássio no leite da vaca (com úbere sadio) mantêm o equilíbrio osmótico entre o leite e o sangue através da retirada de água dos fluídos extra e intra-celulares. Assim, quanto mais lactose

é secretada mais água é necessária para formar o leite ( média = 87,5% de água) (Mühlbach et al., 2000). Todavia, em situações de subnutrição energética (cetose), principalmente no pré-parto e/ou logo após o parto, há diminuição no teor de lactose ( Thomas & Rook, 1983, citados por Mühlbach et al., 2000).

#### **2.4.2.12. Nos metabólitos sangüíneos**

O estudo de metabólitos sangüíneos específicos (perfil metabólico) é importante para diagnosticar transtornos do metabolismo, servindo também, em alguns casos, como indicador do estado nutricional. O conceito de perfil metabólico foi proposto por Payne, em Compton (Inglaterra), em 1970, tendo sido usado em muitos países para estudar problemas metabólicos nos rebanhos ou para preveni-los. O conhecimento das variações na concentração sangüínea de metabólitos específicos ajuda a explicar as respostas zootécnicas e metabólicas observadas mediante o fornecimento de lipídeos na dieta de vacas em lactação (Gagliostro & Chilliard, 1992b).

No metabolismo das gorduras o fígado é um órgão de grande importância, pois recolhe do sangue quilomicrons e lipoproteínas de densidade muito baixa que estão presentes em abundância durante a absorção intestinal e durante a mobilização das reservas corporais e, após, hidrolisa e reesterifica os ácidos graxos. Assim, devolve ao sangue os ácidos graxos na forma de triglicerídeos, fosfolipídeos e ésteres de colesterol incorporados nas lipoproteínas, fundamentalmente nas de baixa densidade (Niemeyer, 1978). A maior concentração de lipídeos no sangue é explicada pelo aumento da gordura absorvida no intestino ou proveniente da lipólise (Jenkins & Jenny,

1989). As concentrações sanguíneas de ácidos graxos não esterificados (AGNE) ou também denominados de ácidos graxos livres (AGL) são usados para indicar a mobilização de gordura durante insuficiente consumo de energia (Chow et al., 1990; Gagliostro, 1997b) e/ou lipólise do tecido adiposo (Erickson et al., 1992). O aumento na concentração sanguínea destes ácidos graxos durante a suplementação lipídica pode ser resultante de uma incompleta captura pelos tecidos após a hidrólise pela lipase lipoprotéica dos triglicerídeos contidos nas lipoproteínas de muito baixa densidade (Grummer & Carroll, 1991).

Os dados presentes na literatura a respeito dos níveis de AGNE em decorrência do consumo de gordura são controvertidos. A suplementação com gordura protegida produziu elevação nos níveis de AGNE em alguns trabalhos (Rindsig & Schultz, 1974; Palmquist & Conrad, 1978; Skaar et al., 1989; Gagliostro et al., 1991). A explicação seria que isto se observa em decorrência da hidrólise dos triglicerídeos por ação da lipase lipoprotéica e pela lipomobilização que é estimulada (Palmquist & Conrad, 1978). Porém, outros trabalhos não acusaram alteração na concentração de AGNE com gordura protegida (Schneider et al., 1988). Provavelmente as alterações nos níveis observados decorrem principalmente do momento de sua avaliação, pois o pico de concentração de AGNE no sangue ocorre próximo ao parto, coincidindo com o baixo consumo de matéria seca e elevada produção de leite. Com o aumento no consumo de alimentos e diminuição na produção de leite, os níveis de AGNE no plasma diminuem (Gagliostro & Chilliard, 1992b). No tecido adiposo as vias metabólicas da lipólise (mobilização das reservas) e da

lipogênese (reconstituição das reservas) coexistem de forma permanente. A primeira predomina durante os primeiros dois meses da lactação (balanço energético negativo) e a lipogênese em períodos de balanço energético positivo (Gagliostro & Chilliard, 1992b).

A adição de gordura protegida na dieta promoveu aumento na concentração de triglicerídeos no plasma de vacas em lactação (Macleod et al., 1977; Palmquist & Conrad, 1978; Palmquist & Moser, 1981; Canale et al., 1990). Jenkins & Jenny (1989) obtiveram a mesma resposta, porém, não observaram efeitos na concentração de AGNE. A concentração de triglicerídeos plasmáticos em vacas leiteiras no início da lactação, recebendo dietas com e sem sais cálcicos de ácidos graxos de cadeia longa, foi de: 35,7 e 30,7 mg/dL, respectivamente. Já para a concentração de AGNE plasmáticos os dados foram: 164,4 e 146,1 Meq/L, respectivamente (Canale et al., 1990).

O aumento na concentração de colesterol sérico no ruminante quando há suplementação com gordura na dieta está relacionado com o aumento na demanda por ele na biosíntese de quilomícrons ou lipoproteínas de muito baixa densidade. Nestel et al. (1978) observaram que a suplementação com gordura aumentou significativamente o nível de colesterol no intestino delgado com vários tipos de gordura, mas foi maior quando óleo de palma foi consumido. Os autores concluíram que a hipercolesterolemia que ocorre em ruminantes consumindo gordura parece ser fundamentalmente devida a um aumento na biosíntese intestinal de colesterol, mas pode também ser parcialmente devida a uma diminuição na excreção fecal de ácidos biliares.

A glicose é fundamental para a produção de leite. Na glândula mamária é responsável pela síntese de lactose, maior regulador osmótico que controla o volume de leite produzido pelas vacas leiteiras e fornece significativa quantidade de energia necessária à síntese do leite (Clark, 1975). Ao contrário de animais não ruminantes, os ruminantes absorvem pouca glicose a partir do trato digestivo, em função da extensa degradação dos carboidratos da dieta em ácidos graxos voláteis no rúmen. Os principais substratos utilizados para a síntese de glicose em ruminantes são o propionato e aminoácidos gliconeogênicos (Clark, 1975). Aminoácidos obtidos da dieta ou provindos das proteínas do músculo esquelético, assim como o glicerol originado da mobilização da gordura corporal, contribuem com cadeias de átomos de carbono para a síntese de glicose (Drackley, 1998).

A gama-glutamyl-transferase (GGT) é uma enzima ligada à membrana celular que catalisa a transferência de grupos  $\gamma$ -glutamyl-peptídeos, como a glutathione, para outros peptídeos e aminoácidos (Kaneco et al., 1997). Esta enzima se encontra ativamente nos tecidos renal, pancreático, hepático (Rico et al., 1977) e intestinal (Kaneco et al., 1997) apresentando extrema sensibilidade a fatores que afetam as membranas celulares dos órgãos que a contem. Nos casos de alterações hepáticas, o aumento na concentração da GGT no sangue é um índice de agressão tóxica, sendo mais sensível do que a fosfatase alcalina na detecção de doenças hepáticas em várias espécies, incluindo-se os bovinos (Kaneco et al., 1997).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Local**

##### **3.1.1. Experimento com animais**

O trabalho experimental de campo foi conduzido no Sistema de Pecuária de Leite (SISPEL) na Estação Experimental Terras Baixas (ETB) do Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), localizado no município de Capão do Leão.

O município de Capão do Leão situa-se na região sul do Estado do Rio Grande do Sul a 31° 52' 20" de latitude sul e 52° 21' 24" de longitude oeste, altitude média de sete metros acima do nível do mar, na região denominada *Encosta do Sudeste*. O clima é temperado úmido do tipo Cfa, segundo a classificação de Köppen-Geiger (Mota, 1953), com chuvas bem distribuídas e verões amenos, com valores médios históricos de 17,4°C, amplitude térmica anual de 10,6°C e umidade relativa do ar média de 80%.

##### **3.1.2. Análises laboratoriais**

A análise bromatológica dos alimentos oferecidos, das sobras de volumoso e das fezes, bem como as concentrações de caseína e nitrogênio

não protéico em amostras de leite foram realizadas no Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal da ETB da EMBRAPA Clima Temperado.

No Núcleo Integrado de Desenvolvimento de Análises Laboratoriais (NIDAL) do Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos (DTCA) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) foram efetuadas as determinações de cromo e de cálcio.

As análises da composição química do leite (sólidos totais, gordura, proteína e lactose) foram feitas no Laboratório do Serviço de Análise de Rebanhos Leiteiros (SARLE) do Centro de Pesquisa em Alimentação (CEPA) da Universidade de Passo Fundo (UPF).

A determinação de componentes bioquímicos do sangue foi realizada no Laboratório Faillace em Porto Alegre, sendo que as determinações dos ácidos graxos não esterificados foram conduzidas no Serviço de Patologia Clínica – Unidade de Bioquímica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

A identificação e quantificação de ácidos graxos nos alimentos foram efetuadas no Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos (CTAA) da EMBRAPA em Guaratiba - RJ.

### **3.2. Período de condução do experimento de campo**

O trabalho de campo iniciou em fevereiro de 2000 com término em setembro do mesmo ano, sendo que o primeiro quadrado latino iniciou em 03 de maio e o segundo quadrado latino em 31 de maio.

### **3.3. Instalações**

As seguintes instalações foram utilizadas durante a condução do ensaio de campo:

#### **3.3.1. Estábulo**

Constituído por construção tipo “free stall”, dividido em quatro módulos, com estrutura de alvenaria, sem paredes laterais, com 3,5m de pé direito, coberto com telhas de zinco (orientação norte-sul) e piso de concreto frisado com 3% de inclinação, o que facilitou a remoção das excretas em direção a canaletas laterais e, após, a um tanque de decantação. Dois módulos foram destinados exclusivamente à permanência dos animais experimentais. Cada módulo foi dividido em quatro baias, cada qual equipada com bebedouro com água potável à disposição e cama elevada do chão com piso de areia. Os módulos foram dotados de canzéis de contenção entre as baias e o corredor central onde foram colocados os cochos para o fornecimento de alimentos.

#### **3.3.2. Sala de ordenha**

A sala de ordenha, conjugada ao estábulo, é dotada de ordenhadeira mecânica marca Westfalia<sup>®</sup>, tipo espinha de peixe, duplo quatro, com bomba e registrador automático da produção de leite e tubo coletor de amostra com capacidade proporcional à quantidade de leite recolhido em cada ordenha.

#### **3.3.3. Tronco de contenção e balança**

Anexo ao estábulo e à sala de ordenha há um tronco de contenção utilizado para exame e coleta de material, bem como uma balança para

pesagem dos animais.

#### **3.3.4. Piquete**

Um piquete, praticamente desprovido de pasto, conjugado ao estábulo, foi usado para movimentação dos animais durante cerca de uma hora diária antes da ordenha da tarde, nos dias que antecederam os períodos de coleta de dados (1º ao 14º dia de cada período experimental).

#### **3.3.5. Silo**

Os silos tipo trincheira, com revestimento interno de concreto, com capacidade para 300 toneladas, distantes cerca de 200 metros do local de arraçoamento, forneceram parte do volumoso (silagem de milho) utilizado no experimento.

#### **3.3.6. Galpão de armazenamento e sala de preparo das misturas concentradas**

Próximo ao estábulo há um galpão para armazenamento de insumos, com sala própria para a elaboração das misturas concentradas, dotada de triturador de grãos, misturador vertical e balanças. Além destes equipamentos, também há um desintegrador de forragem que foi empregado para picar o feno de alfafa antes de ser fornecido aos animais.

### **3.4. Animais**

Foram utilizadas oito vacas da raça Jersey selecionadas no próprio rebanho do SISPEL, puras de origem, de 2ª à 4ª ordem de lactação, com peso corporal médio de 420 kg, escore corporal de 3,5 a 4,0 e diferentes dias de parto, mas aproximados.

Na Tabela 1 encontram-se a identificação dos animais, ordem de lactação, data do parto, dias em lactação, peso vivo e número do quadrado latino.

TABELA 1 - Animais utilizados no experimento, número de identificação, ordem de lactação, data do parto, dias em lactação, peso vivo e número do quadrado latino (QL)

Nº de Identificação	Ordem de Lactação	Data do Parto	Dias em Lactação <sup>1</sup>	Peso Vivo kg	Nº do QL
69	2 <sup>a</sup>	15/02	77	496	1
25	2 <sup>a</sup>	16/02	76	385	1
09	3 <sup>a</sup>	20/02	72	467	1
56	2 <sup>a</sup>	03/03	61	434	1
52	2 <sup>a</sup>	11/03	80	421	2
36	3 <sup>a</sup>	13/03	78	385	2
39	4 <sup>a</sup>	27/03	64	409	2
28	2 <sup>a</sup>	16/04	44	422	2

<sup>1</sup> Data base para dias em lactação e peso vivo: 03/05 e 31/05 para os animais do 1º e 2º quadrados latino, respectivamente.

### 3.5. Tratamentos

Foram estudados os efeitos de quatro tratamentos, dos quais, três com fontes diferentes de gordura:

T1= CON - tratamento controle sem a inclusão de gordura.

T2= GP - tratamento com gordura protegida (sais cálcicos de ácidos graxos de óleo de palma).

T3= FAIO - tratamento com farelo de arroz integral mais óleo de arroz.

T4= FAIS - tratamento com farelo de arroz integral mais sebo bovino.

Ressalte-se que o propósito inicial foi de utilizar como um dos tratamentos o farelo de arroz integral isolado como fonte de gordura. Porém, em razão do farelo adquirido apresentar 17,30% de gordura, adicionou-se óleo de arroz a este tratamento (110g/dia) com o objetivo de manter níveis semelhantes de lipídeos, proteína e fibra entre as dietas suplementadas, sem descaracterizar a composição em ácidos graxos do farelo de arroz.

### **3.6. Dietas**

As dietas foram formuladas com auxílio do programa *Super CraC* para bovinos de leite *Softex 2000*, *TD software*®, que utiliza as tabelas do NRC (1989) como referência.

Utilizou-se alimentação volumosa constituída de alfafa (*Medicago sativa*) na forma de feno, adquirida na região e posteriormente picada (cerca de 2-4 cm) em picador estacionário elétrico, antes de ser fornecida, e planta de milho (*Zea maiz*) na forma de silagem, cultivada e confeccionada no próprio setor, em quantidades aproximadamente equivalentes, em base seca.

As misturas concentradas foram elaboradas em sala própria, com emprego de triturador de grãos, balanças e misturador vertical. O milho, adquirido na forma de grão, foi triturado antes da mistura. O farelo de arroz foi adquirido de um único moinho de beneficiamento de arroz situado próximo ao local da pesquisa. Logo após o descarregamento, o farelo foi misturado com 0,08% de antioxidante (ethoxyquin) (Kolb, 1972) e armazenado em depósito,

mantido ao abrigo da luz com o objetivo de prevenir a sua rancificação e possível interferência no consumo pelos animais.

Os ingredientes correspondentes a cada tratamento foram pesados individualmente e misturados. No tratamento com sebo, este foi aquecido até tornar-se líquido e após, aspergido sobre a mistura dos demais ingredientes que faziam parte do tratamento. Após a mistura, os concentrados foram ensacados, identificados e armazenados para posterior fornecimento aos animais.

Nas Tabelas 2, 3 e 4, respectivamente, encontram-se a composição bromatológica dos ingredientes utilizados, a participação percentual e a composição bromatológica das dietas. Nos Apêndices de 1 a 6 podem ser observados os dados analíticos obtidos em cada período experimental para silagem de milho, feno de alfafa e misturas concentradas.

### **3.7. Delineamento experimental**

O delineamento experimental utilizado foi em quadrado latino rotativo (4 X 4) duplo, com quatro tratamentos e quatro períodos, sendo os animais considerados como unidades experimentais.

### **3.8. Manejo experimental**

Os animais, com cerca de 30 dias antes do parto, foram transferidos para o piquete maternidade anexo ao estábulo com pastagem, feno, mistura concentrada e água. As vacas permaneceram neste local até 36 horas após o parto. Decorrido este tempo, as vacas separadas dos bezerros

foram transferidas para baias individuais, iniciando-se o período de adaptação. A dieta para os animais foi constituída por silagem de milho e feno de alfafa na proporção aproximada de 1:1 na matéria seca e oferecida à vontade, sendo

TABELA 2- Composição bromatológica dos alimentos usados nas dietas experimentais em percentagem da matéria seca (MS) para matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), gordura bruta (GB), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não fibrosos (CNF) e cálcio (Ca)

Ingredientes	MS %	MM	PB	GB	FDN	CNF	Ca
		----- % MS -----					
Alfafa, feno	86,86	9,33	20,35	01,63	44,28	24,41	1,52
Milho, silagem	29,00	5,10	07,36	03,05	49,07	35,42	0,23
Milho, grão moído	90,00	2,39	09,45	03,87	11,19	70,89	0,07
Soja, farelo	89,99	6,93	47,83	01,05	11,93	32,26	0,30
Trigo, farelo	90,05	6,30	17,30	04,40	43,74	28,26	0,13
Arroz, farelo	90,00	8,88	14,32	17,30	24,09	35,41	0,08
Gordura Protegida <sup>1</sup>	97,77	15,50	-----	84,50	-----	-----	9,00
Arroz, óleo	100,0	-----	-----	99,90	-----	-----	----
Sebo bovino	100,0	-----	-----	99,90	-----	-----	----
Fosfato bicálcico <sup>2</sup>	98,23	100,0	-----	-----	-----	-----	24,00
Calcário	99,82	100,0	-----	-----	-----	-----	33,82
Mist. min. e vit. <sup>3</sup>	98,50	-----	-----	-----	-----	-----	23,00

<sup>1</sup>Composição conforme fabricante (Megalac® - Church & Dwight Co., Inc., Princeton, NJ)

<sup>2</sup> Composição por quilograma de produto (Fosfocálcio®) conforme fabricante: Ca = 240g; P= 180g e F (máximo) = 1 800mg.

<sup>3</sup>Composição por quilograma de produto (Bovigold®) conforme fabricante: vit. A = 200 000 UI; vit. D<sub>3</sub> = 60 000 UI; VIT. E = 60UI; Ca = 230g; P = 90g; S = 15g; Mg = 20g; Na = 48g; Cu = 700mg; Zn = 2 700 mg; Mn = 1 250 mg; Co = 100mg; I = 80mg; Se = 20mg; Fe = 2 000mg; F (máximo) = 900mg.

TABELA 3 - Composição das dietas experimentais de acordo com os ingredientes utilizados nos diferentes tratamentos, expressos em kg de matéria seca/ dia, calculadas para atender as necessidades nutricionais de acordo com o NRC (1989)\*

Ingredientes	Tratamentos			
	CON	GP	FAIO	FAIS
<b>Volumosos</b>				
Alfafa, feno	4,18	4,18	4,18	4,18
Milho, silagem	4,18	4,18	4,18	4,18
Sub-total	8,36	8,36	8,36	8,36
<b>Mistura Concentrada</b>				
Milho, grão moído	4,25	3,45	2,25	2,83
Soja, farelo	2,39	2,50	2,35	2,33
Trigo, farelo	-----	0,39	-----	-----
Gordura protegida	-----	0,58	-----	-----
Arroz, farelo integral	-----	-----	2,55	1,40
Arroz, óleo	-----	-----	0,11	-----
Sebo bovino	-----	-----	-----	0,27
Calcário	0,07	0,07	0,20	0,17
Fosfato bicálcico	0,18	0,18	0,08	0,10
Mistura mineral e vit.	0,07	0,07	0,07	0,07
Sub- total	6,96	7,24	7,61	7,17
Total	15,32	15,60	15,97	15,53

\* Vacas: peso vivo médio de 420 kg ; produção média de 20 kg/dia com 4,8% de gordura.

permitida uma sobra de 10% do volumoso. A mistura concentrada empregada foi fornecida três vezes ao dia; após cada ordenha e por volta do meio-dia. A proporção volumoso/concentrado foi regulada para que o consumo dos respectivamente. Os volumosos foram pesados diariamente e em separado. Feno e silagem foram misturados com um garfo antes de serem fornecidos aos animais a fim de evitar seleção. O feno de alfafa foi fornecido picado em partículas de aproximadamente dois a quatro centímetros de comprimento. A

silagem foi retirada do silo, duas vezes ao dia, com desensiladeira. Tanto o feno como a silagem foram amostradas diariamente, formando-se uma amostra composta por período experimental. As amostras de silagem foram colocadas em sacos plásticos identificados e armazenadas em *freezer*.

TABELA 4 - Composição bromatológica das dietas experimentais

Componentes (%)	Tratamentos			
	COM	GP	FAIO	FAIS
MS	57,25	57,14	57,57	57,62
MM	8,02	8,20	8,83	8,80
PB	17,75	17,75	17,78	17,71
GB	2,68	5,77	5,63	5,67
FDN	30,68	30,79	32,12	31,67
CNF	40,78	37,39	35,63	36,09
Ca	1,07	1,39	1,15	1,17

As sobras de volumosos foram pesadas diariamente antes da refeição da manhã, sendo feito um ajuste de oferta do alimento quando necessário. Foram coletadas amostras de sobras de volumoso, em torno de 10%, diariamente, durante os períodos de coleta de dados, formando-se uma amostra composta por período e por vaca.

No período compreendido entre o 11º e 27º dia de cada período experimental foram ministradas 10g diárias de óxido de cromo, em duas vezes ao dia, misturado ao concentrado fornecido pela manhã e à tarde. Esse procedimento teve por objetivo estimar a excreção fecal total para determinação da digestibilidade aparente no trato digestivo total. O período de coleta foi de 6 dias. Neste período, além de amostras dos alimentos oferecidos

e das sobras de volumoso, também foram coletadas amostras de fezes diretamente da ampola retal, duas vezes ao dia, às 8:00 e 18:00 horas, sendo colocadas em sacos plásticos, identificadas e armazenadas em *freezer*. Ao final de cada período de coleta, as amostras de fezes foram descongeladas, retirada uma alíquota de 100g de cada turno de coleta, homogeneizadas e formada uma amostra composta, correspondente a cada período, por animal e tratamento.

As vacas foram ordenhadas mecanicamente duas vezes ao dia, às 7:30 h e às 17:30 h, sendo as produções de leite medidas em cada ordenha e para cada animal diariamente. Realizou-se controle profilático de mastite, mediante diagnóstico clínico e subclínico por intermédio dos métodos da caneca telada e do Califórnia Mastitis Test (CMT), com frequência diária e quinzenal, respectivamente.

### **3.9. Preparação das amostras**

As amostras de silagem, sobras de volumosos e fezes foram descongeladas à temperatura ambiente, misturadas, sub-amostradas, pesadas e colocadas em recipientes (sacos de papel para silagem e sobras de volumoso e pratos de alumínio para fezes) previamente tarados sendo, então, colocadas em estufa com ventilação a 55°C por 72 horas. Após a retirada da estufa, as amostras foram equilibradas com a umidade do ar durante trinta minutos, pesadas e homogeneizadas. Feita a determinação da matéria parcialmente seca, as amostras foram moídas em moinho tipo *Willey* com peneira com crivos de 1mm de diâmetro. Todas as amostras foram

armazenadas em sacos plásticos identificados para posterior análise bromatológica. As amostras de feno, misturas concentradas e seus ingredientes foram moídos e conservadas em frascos de vidro identificados e sob refrigeração.

### 3.10. Análises laboratoriais

Nas amostras de volumosos e suas sobras, concentrados e fezes foram determinados os teores de matéria seca (MS) a 105°C, matéria mineral (MM) por incineração em mufla a 550°C durante quatro horas, proteína bruta (PB) pelo método Kjeldahl ( $N \times 6,25$ ) e gordura bruta (GB) em aparelho *Goldfish*, segundo técnicas descritas na AOAC (1996). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram obtidos conforme método de Van Soest et al. (1991) com  $\alpha$ -amilase termo-estável (Termamyl 120L do Laboratório Novozymes Latin America Limited - PR).

Os teores de cálcio foram determinados de acordo com Tedesco et al. (1995) e de cromo conforme Czarnocki et al. (1961), usando-se espectrofotometria de absorção atômica. Os carboidratos não fibrosos (CNF) na matéria seca foram calculados através da fórmula (Miller & Hoover, 1998, apud NRC, 2001):

$$\text{CNF} = 100 - (\% \text{MM} + \% \text{PB} + \% \text{GB} + \% \text{FDN}).$$

As concentrações séricas de glicose, colesterol, triglicerídeos, uréia, cálcio e enzima gama-glutamil-transferase foram determinadas pelo método enzimico-colorimétrico utilizando kits comerciais (Gluc-DH<sup>®</sup>, ref. 1.07116.0001, Merck; Cholesterol-SMT, ref. 1.19738.0001, Merck; Triglycerides-SMT, ref.

1.19706.0001, Merck; Urea-SMT, ref. 1.19702.0001, Merck; Calcium-SMT, ref. 1.19724.0001, Merck; Gama-Glutamyltransferase, ref. 0-041, Roche Diagnostic Systems). O equipamento utilizado para a leitura das amostras foi o auto-analisador bioquímico Cobas Roche.

Os ácidos graxos não esterificados do soro sanguíneo foram dosados pelo método enzimico-colorimétrico de Johnson & Peters (1993) com o kit comercial NEFA C – Wako Chemicals (Alemanha), ref. 994-75409 E, sendo utilizado um auto analisador bioquímico Cobas Roche.

Nas amostras de leite foram determinados os teores de gordura, proteína, lactose e sólidos totais por espectroscopia de infra-vermelho segundo a AOAC (1996), utilizando um equipamento Bentley 2000. As concentrações de caseína e de nitrogênio não protéico no leite foram determinados conforme técnicas números 997.03 e 991.21 descritas na AOAC (1996), respectivamente.

### **3.11. Avaliações**

#### **3.11.1. Digestibilidade aparente**

Determinou-se o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não fibrosos (CNF) e da gordura bruta (GB) das dietas experimentais, através da fórmula:

$$\text{CDA (\%)} = (\text{g do nutriente consumido} - \text{g do nutriente excretado}) / \text{g nutriente consumido} \times 100.$$

A estimativa de produção fecal nos diferentes tratamentos e períodos foram obtidas usando a concentração de cromo fecal nos animais dosificados, pela fórmula:

$$\text{Produção fecal total (PFT)} = (\text{g Cr dosificado} / \text{dia}) / (\text{g Cr} / \text{g MS fecal})$$

A partir dos dados de digestibilidade aparente calculou-se a concentração (%) de nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas experimentais, através da equação (Weiss, 1999):

$$\text{NDT (\%)} = \text{FDNd} + \text{CNFd} + \text{PBd} + \text{GBd} \times 2,25$$

### **3.11.2. Consumo de matéria seca**

O consumo foi obtido pela diferença entre a oferta e o remanescente da matéria seca da mistura do volumoso (silagem de milho e feno de alfafa) após 24 horas de consumo, ou seja, até a manhã do dia seguinte. Das misturas concentradas não houve sobras. O consumo voluntário de matéria seca foi expresso também como percentagem do peso vivo e do peso metabólico.

### **3.11.3. Consumo de matéria orgânica, proteína bruta, gordura bruta, fibra em detergente neutro e carboidratos não fibrosos**

Essas medidas foram calculadas a partir do consumo de matéria seca multiplicado pelos teores de cada fração bromatológica determinada nos alimentos oferecidos, subtraído dos valores correspondentes encontrados nas sobras de volumoso.

#### **3.11.4. Produção de leite**

As vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia, às 7:30 e 17:30 horas, e as produções de leite foram pesadas e registradas diariamente. A produção de leite média foi calculada a partir dos registros de produção efetuados durante os períodos de 15 a 21 e de 22 a 28 dias de cada período experimental, resultando, assim, dois valores médios de produção. A produção de leite diária média dos períodos referidos acima, foi corrigida para 3,5% de gordura, através da equação (Evans et al., 1993):

$$\text{PLC } 3,5\%G = (0,432 \times \text{kg de leite}) + (0,1623 \times \text{kg de leite} \times \% \text{gordura})$$

#### **3.11.5. Composição do leite**

Amostras de leite, de duas ordenhas consecutivas (manhã e tarde) foram recolhidas nos dois últimos dias de cada período de coleta, em dois momentos, aos 20 e 21 dias e aos 27 e 28 dias. Efetuou-se uma amostra composta diária para cada uma das vacas, proporcionalmente às ordenhas do dia. Nestas amostras foram realizadas as seguintes determinações: extrato seco total (EST), gordura bruta (GB), proteína total (PT) e lactose (LAC) através de aparelho automático de leitura no infra-vermelho (Bentley, 2000); nitrogênio caseínico e nitrogênio não protéico, empregando-se metodologias descritas na AOAC (1996).

#### **3.11.6. Energia no leite**

A concentração de energia no leite (EL) produzido foi calculada a partir da equação proposta pelo NRC (2001):

$$EL \text{ (Mcal/kg)} = (0,0929 \times \%Gordura) + (0,0563 \times \%Proteína \text{ Verdadeira}) + (0,0395 \times \%Lactose)$$

### **3.11.7. Peso vivo**

Os animais foram pesados individualmente, durante dois dias consecutivos, após a ordenha da manhã, antes de voltarem para as baias e receberem a alimentação, nos dias 20° - 21° e 27° - 28° de cada período experimental sendo calculada a média dos dois dias consecutivos.

### **3.11.8. Eficiência alimentar**

A eficiência alimentar foi determinada através da média de produção de leite corrigida ou não a 3,5% de gordura em relação a média de consumo de matéria seca em kg.

### **3.11.9. Parâmetros sanguíneos**

Amostras de sangue foram coletadas aos 21 e 28 dias de cada período experimental através de venopunção da jugular, em tubos *vacutainer* com gel separador, sempre após a ordenha da manhã, antes do primeiro fornecimento de mistura concentrada.

Após a extração, as amostras de sangue foram centrifugadas a 8000 RPM durante 10 minutos para a separação do soro. Um *vacutainer* por vaca teve o soro separado e transferido para *ependorfs* que foram armazenados em *freezer* para posterior determinação dos ácidos graxos não esterificados (AGNE). Outro *vacutainer* foi mantido sob refrigeração até o momento das determinações laboratoriais de glicose, triglicerídeos, colesterol, enzima gama-glutamil-transferase, uréia e cálcio.

### 3.12. Análise estatística

Todas as variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância e ao teste Tukey (nível de 5%) de comparação de médias. Para isto empregou-se o procedimento GLM (General Linear Models) do programa estatístico SAS (1989), versão 6.08, seguindo o modelo estatístico apresentado a seguir:

$$Y_{ijklm} = M + Q_i + V_j(Q)_i + P_l + T_m + (QT)_{im} + E_{ijklm}$$

onde:

$Y_{ijklm}$  = observação de cada variável dependente,

$M$  = efeito da média geral,

$Q_i$  = efeito do quadrado latino  $i$ ;  $i = 1, 2$ ,

$V_j(Q)_i$  = efeito do animal  $j$  dentro do quadrado latino  $i$ ,

$P_l$  = efeito do período  $l$ ;  $l = 1, 2, 3, 4$ ,

$T_m$  = efeito do tratamento  $m$ ;  $m = 1, 2, 3, 4$ ,

$(QT)_{im}$  = interação entre quadrado latino  $i$  e tratamento  $m$ ,

$E_{ijklm}$  = Erro experimental

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Digestibilidade aparente

Na Tabela 5 encontram-se as médias dos coeficientes de digestibilidade aparente (%) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), gordura bruta (GB) e carboidratos não fibrosos (CNF), juntamente com os valores médios de nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas, por tratamento. As sobras de volumosos (composição percentual e em quilogramas/dia) e o consumo de matéria seca e de seus componentes por vaca, estão apresentados nos Apêndices de 7 a 14. Nos Apêndices 15, 16, 17 e 18 podem ser visualizados, respectivamente, a estimativa de excreção fecal de matéria seca, composição bromatológica percentual das fezes em base seca, excreção de nutrientes (kg/dia) e os valores de coeficiente de digestibilidade aparente por animal. Os resumos das análises de variância encontram-se nos Apêndices 28 a 34.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO, PB, FDN e CNF não diferiram ( $P>0,05$ ) com a suplementação ou não das fontes lipídicas. Porém, as dietas suplementadas apresentaram coeficiente de digestibilidade aparente da gordura bruta superiores ( $P<0,05$ ), sem diferença ( $P>0,05$ ) entre as fontes. Os valores de nutrientes digestíveis totais foram maiores ( $P<0,05$ ) para a gordura protegida em relação ao tratamento controle, enquanto as dietas com FAIO e FAIS foram semelhantes entre si ( $P>0,05$ ), sem diferirem dos demais ( $P>0,05$ ), ficando numericamente em posição intermediária.

Na avaliação de fontes lipídicas um dos parâmetros importantes é a possibilidade de a fonte interferir na fermentação ruminal com redução na digestibilidade dos constituintes da parede celular. A parede celular (FDN) é também uma fonte importante de energia para a produção de leite. Após fermentada pelos microrganismos, a FDN fornece substratos energéticos (ácidos graxos voláteis) à glândula mamária. Quando a fonte lipídica inibe a fermentação da FDN, a energia presente nesta fração é perdida nas fezes.

Tabela 5 – Coeficientes de digestibilidade aparente (%) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), gordura bruta (GB), carboidratos não fibrosos (CNF) e valores percentuais de nutrientes digestíveis totais (NDT)

Variáveis	Tratamentos			
	CON	GP	FAIO	FAIS
MS	63,54	63,46	62,50	62,89
MO	65,41	65,67	64,49	64,71
PB	62,14	62,85	63,21	62,50
FDN	39,79	39,83	38,38	39,67
GB	61,20b	77,15a	74,07a	73,11a
CNF	86,59	86,30	87,39	86,63
NDT	62,49b	65,99a	64,48ab	64,25ab

Médias na mesma linha, seguidas de letra diferente, diferem estatisticamente ( $P < 0,05$ ) pelo teste F.

O efeito negativo da fonte de gordura pode ser ilustrado através do experimento realizado por Ikwuegbu & Sutton (1982) que infundiram no rúmen de ovelhas 0, 13, 26 e 40 ml de óleo/dia, resultando em digestibilidade da fibra no rúmen de 44, 28, 18 e 14%, respectivamente.

O mecanismo pelo qual as gorduras interferem na fermentação microbiana ainda não é totalmente conhecido (Jenkins, 1998). Sugere-se a

possibilidade de que a fonte lipídica iniba a fermentação da FDN por formar uma capa sobre as partículas dos alimentos interferindo, dessa forma, na aderência dos microrganismos, com conseqüente diminuição na digestão da fibra (Devendra & Lewis, 1974). De forma contrária, Demeyer & Van Nevel (1995) não observaram diferença na degradação da celulose quando esta foi encoberta ou não com óleo de soja hidrolisado, levando os pesquisadores a concluir que os efeitos inibitórios da gordura não decorrem da adsorção de ácidos graxos na fibra. Henderson (1973) relatou que os ácidos graxos inibiam o crescimento de organismos celulolíticos “in vitro”, mas não exerciam efeito negativo sobre os microrganismos produtores de propionato. Outros trabalhos indicam que o aumento do aporte de cálcio da dieta minimiza os efeitos negativos na digestibilidade da fibra (Grainger et al., 1957; White et al., 1958; Galbraith et al., 1971; El Hag & Miller, 1972).

Estudos “in vivo” sobre as medidas fermentativas não tem apresentado resultados consistentes, o que pode ser atribuído a fatores como, por exemplo, a fonte de gordura, a quantidade de gordura na dieta, o grau de saturação, o comprimento da cadeia dos ácidos graxos, a estrutura da gordura (triglicerídeos ou ácidos graxos livres), assim como a taxa e a extensão da hidrólise da gordura (Getachew et al., 2001). Ácidos graxos de cadeia curta têm mostrado maior depressão na digestibilidade da fibra do que ácidos graxos de cadeia longa (Steele & Moore, 1968; Macleod & Buchanan-Smith, 1972) e ácidos graxos livres causam maior efeito negativo do que na forma esterificada (Macleod & Buchanan-Smith, 1972; Bateman & Jenkins, 1998). Bateman et al. (1996), usando sebo, relataram redução no consumo de matéria seca de uma

dieta baixa em fibra, mas não com dieta alta em fibra, sugerindo que altos níveis de fibra na dieta promovem condições adequadas para o crescimento de microrganismos que hidrolisam e hidrogenam a gordura da dieta. Os resultados observados no presente trabalho (Tabela 5) concordam com resultados de experimentos anteriores em que níveis de 2 a 6% de gordura protegida não afetaram a fermentação ruminal ou a digestibilidade de nutrientes no trato digestivo total de vacas em lactação (Grummer, 1988; Schneider et al., 1988; Schauff & Clark, 1989; Canale et al., 1990; Coppock & Wilks, 1991; Klusmeyer et al., 1991; Ohajuruka et al., 1991).

A natureza rúmen-inerte da gordura protegida empregada (sais cálcicos de ácidos graxos de óleo de palma) muito provavelmente foi a responsável pela ausência de efeitos na digestibilidade da fibra. A intensidade com que os ácidos graxos insaturados comprometem a fermentação ruminal depende da quantidade e da velocidade com que eles são liberados dos alimentos e expostos aos microrganismos ruminais. Quando a capacidade dos microrganismos em saturar os ácidos graxos for ultrapassada, os ácidos graxos insaturados acumulam-se e interferem na fermentação ruminal (NRC, 2001). Embora sais cálcicos de ácidos graxos não sejam totalmente inertes no rúmen (NRC, 1989; Sukhija & Palmquist, 1990; Wu et al., 1991) essa fonte, dentre as pesquisadas, é a que tem mostrado menor interferência na fermentação ruminal, o que pode ser atribuído à sua baixa solubilidade no rúmen. De acordo com revisão efetuada por Chalupa et al. (2002) a taxa de lipólise (dissociação) ruminal de sais cálcicos de ácidos graxos de óleo de palma é de apenas 6%/h, com uma dissociação de 47% do total dos ácidos graxos. Dessa forma, a

reduzida disponibilidade de ácidos graxos insaturados no rúmen parece ser o principal responsável pela ausência de efeitos negativos sobre a atividade dos microrganismos que digerem a fibra.

O farelo de arroz integral associado com óleo (FAIO) por ser uma fonte lipídica com alta proporção de ácidos graxos insaturados não protegidos, embora na forma esterificada, seria inibidora potencial da fermentação ruminal. No presente trabalho verificou-se que os principais ácidos graxos presentes no farelo de arroz são: palmítico (C16:0), oléico (C18:1) e linoléico (C18:2) nas quantidades de 20,18; 40,57 e 33,68%, respectivamente, sendo semelhante à composição do óleo utilizado (Tabela 6). Estes valores são comparáveis aos relatados por Tortosa & Barber (1979) e Gunstone & Padley (1997) com variações de 12,3 a 20,5% para o palmítico, 37,1 a 52,8% para o oléico, e 27,0 a 42,0% para o linoléico. A partir desses dados verificou-se que a proporção de ácidos graxos na fonte FAIO resultou em 21,84% de saturados, 39,48% de monoinsaturados e 34,18% de polinsaturados, apresentando uma relação entre insaturados para saturados de 3,37 (Tabela 7), valor este, ligeiramente inferior a relação de 4,05 mencionada por Saunders (1990) para a gordura do farelo de arroz. Sob este aspecto a concentração de ácidos graxos insaturados é elevada (73,7%).

Embora não se encontrem dados de pesquisa com FAIO na dieta de vacas em lactação, mesmo com seus ácidos graxos na forma esterificada (Tortosa & Barber, 1979; Warren & Farrel, 1990) a taxa de hidrólise ruminal, se fosse medida, provavelmente seria superior à fonte de gordura protegida empregada. Como efeito comparativo, pode-se indicar os resultados citados

Tabela 6 - Composição em ácidos graxos das fontes lipídicas empregadas, expressas como percentagem dos ácidos graxos totais (%AGT) e como percentagem da fonte (%F)

Ácidos graxos	Gordura Protegida		Farelo Arroz Integral		Óleo de Arroz		Sebo Bovino	
	AGT	F	AGT	F	AGT	F	AGT	F
..... % .....								
C 12:0	0,26	0,204	----	----	----	----	Tr.*	----
C 14:0	1,20	0,963	0,31	0,050	0,29	0,281	2,63	2,556
C 14:1	----	----	----	----	----	----	0,75	0,729
C 15:0	Tr.*	----	----	----	----	----	0,82	0,798
C 16:0	48,83	39,401	20,18	3,270	18,56	17,620	24,16	23,608
C 16:1	Tr.*	----	Tr.*	----	Tr.*	----	1,84	1,802
C 17:0	Tr.*	----	----	----	----	----	1,47	1,441
C 18:0	4,86	3,942	1,85	0,301	1,92	1,832	25,08	24,630
C 18:1	37,23	30,185	40,57	6,605	40,99	39,097	33,98	33,364
C 18:2	7,63	6,186	33,68	5,481	35,25	33,608	6,15	6,037
C 18:3	Tr.*	----	1,69	0,275	1,55	1,478	0,68	0,670
C 20:0	Tr.*	----	0,66	0,108	0,85	0,815	Tr.*	----
C 20:1	----	----	0,62	0,101	0,58	0,560	Tr.*	----
C 22:0	----	----	0,44	0,072	Tr.*	----	----	----
ND**	----	3,83	----	0,75	----	4,36	2,44	4,45
Total	100,0	84,7	100,0	17,01	99,99	99,66	100,0	100,1

\*Tr. = traços

\*\* ND = não identificado

Tabela 7 – Composição em ácidos graxos saturados e insaturados em g/100g de gordura e relação entre saturados e insaturados das fontes estudadas

Ácidos graxos	Gordura Protegida	Farelo de Arroz +Óleo	Farelo de arroz +Sebo
Saturados	52,54	21,84	40,71
Mono-insaturados	35,63	39,48	37,29
Poli-insaturados	7,31	34,18	17,57
Não identificados	4,52	4,49	4,43
Insaturados/ Saturados	42,94/52,54	73,66/21,84	54,86/40,71

por Chalupa et al. (2002), em que a taxa de hidrólise da gordura do grão de soja triturado foi de 35%/h, com uma lipólise ruminal de 83%. Contudo, a digestibilidade da FDN não foi afetada por esta fonte de gordura. Os resultados observados diferem dos encontrados por Zhao et al. (1996) que constataram redução na digestibilidade da FDN com emprego de farelo de arroz integral na dieta de novilhos. Entretanto, estes autores utilizaram dietas com 33,8% de farelo, o que ocasionou um teor elevado de gordura (9%) na dieta. Ao mesmo tempo, corrobora com os resultados observados no presente trabalho o fato de Bateman & Jenkins (1998) terem usado óleo de soja (gordura altamente insaturada) ao nível de 8% da matéria seca da dieta e também não terem observado depressão na digestibilidade da fibra.

Para a fonte FAIS, a participação do sebo em praticamente 50% da fonte deve ter contribuído para torná-la menos reativa no rúmen (menor quantidade de ácidos graxos insaturados). Considerando este fato seria esperado um efeito, no mínimo, similar à fonte FAIO, o que foi comprovado pelos resultados (Tabela 5). O sebo empregado apresentou 52% de ácidos graxos saturados (2,63% de mirístico, 24,16% de palmítico, 25,08% de esteárico) e 40% de ácidos graxos insaturados (33,98% de oléico e 6,15% de linoléico). A composição em ácidos graxos do sebo utilizado encontra-se dentro dos valores mencionados por Gunstone & Padley (1997) e semelhantes aos relatados pelo NRC (2001). Destaca-se neste aspecto a semelhança na composição do sebo com a gordura protegida utilizada (Tabela 6) que apresentou 54% de saturados (1,2% de mirístico, 48,43% de palmítico e 4,86% de esteárico) e 45% de insaturados (37,23% de oléico e 7,63% de linoléico),

diferindo basicamente na predominância de esteárico (sebo), em detrimento do palmítico (gordura protegida). Embora exista semelhança na proporção e na composição dos ácidos graxos, a lipólise pode diferir entre as fontes de gordura. No sebo (até 5% na dieta), a lipólise ruminal variou de 92 a 99% (Chalupa et al., 2002); portanto, superior à gordura protegida. Em razão da associação com farelo de arroz, a fonte FAIS apresentou 40,71% de saturados e 54,86% de insaturados (Tabela 7).

Usando o mesmo protocolo experimental, com estimativa da excreção fecal através do emprego de óxido de cromo, outros pesquisadores também não detectaram diferenças na digestibilidade da FDN com diferentes fontes de gordura na dieta de vacas em lactação. Como exemplo, pode-se citar o estudo de Wu et al. (1993) utilizando gordura protegida (sais cálcicos de óleo de palma), sebo ou ácidos graxos cristalizados (prilled fat) ao nível de 2,5% sobre uma dieta com 3,7% de ácidos graxos, contendo 7,2% de semente de algodão inteira, fornecida a vacas da raça Holandês com média de 92 dias de lactação. Nesse estudo os resultados demonstraram que a suplementação lipídica não afetou a digestibilidade da MS ou da FDN (Digestibilidade aparente média: MS = 63,20; FDN = 38,02). Usando estas mesmas fontes empregadas por Wu et al. (1993), Grummer (1988), Schauff & Clark (1989), Jerred et al. (1990) e Palmquist (1991) não encontraram efeito da suplementação na digestibilidade da fibra. Também Schauff et al. (1992b) não verificaram alterações na fermentação ruminal e na digestibilidade dos nutrientes com a adição de 2,2% de sebo em dietas contendo 10% de grãos de soja. O mesmo foi constatado por Elliott et al. (1993) adicionando 2,2% de sebo em dietas com

milho com elevado teor de óleo e Drackley et al. (1994) com 5% de sebo adicionado em dietas com mistura concentrada a base de milho e farelo de soja.

No presente estudo, a ausência de efeitos negativos do FAIO e FAIS sobre a digestibilidade da FDN nas dietas pode ser decorrente dos seguintes fatores: nível relativamente baixo de gordura na dieta basal (2,8%); fontes de gordura com ácidos graxos na forma esterificada (triglicerídeos); quantidade de ácidos graxos insaturados condizentes com a capacidade de hidrogenação dos microrganismos no rúmen; níveis adequados de FDN (31-32%) e de cálcio (>1,0%) nas dietas; maior atividade dos microrganismos que digerem a fibra em função da redução, embora pequena, no consumo de carboidratos não fibrosos; e, uma possível complementação digestiva da fibra no intestino grosso. Um ou mais destes fatores podem ter contribuído de forma isolada ou conjunta.

Há poucas informações disponíveis que permitam estimar a quantidade de gordura não protegida a ser usada nas dietas de vacas em lactação sem afetar a fermentação e digestão ruminal. Jenkins (1997) propôs um sistema baseado na composição dos principais ácidos graxos insaturados normalmente presentes nas fontes (C18:1 + C18:2 + C18:3), expressos como percentagem dos ácidos graxos totais e na concentração de FDN da dieta (percentagem da fonte na dieta =  $4 \times \text{FDN} / \text{ácidos graxos insaturados}$ ). Usando esta estimativa as quantidades usadas seriam de 1,74 e 2,34% para FAIO e FAIS, respectivamente, valor próximo ao usado de FAIS, entretanto, inferior quando comparado com FAIO.

Geralmente considera-se que uma fonte de gordura é relativamente inerte se a digestão da fibra não é alterada e se não há redução considerável no consumo de alimentos e na produção de leite (Chandler, 1993). Os resultados encontrados mostram que tanto FAIO como FAIS apresentam essas características, podendo ser incorporados como fontes lipídicas em níveis de até 2,8% de gordura em dietas de vacas em lactação sem comprometer a digestibilidade dos demais nutrientes, sendo comparáveis neste aspecto a sais cálcicos de ácidos graxos de óleo de palma (gordura protegida). Entretanto, deve-se reconhecer que estes resultados se aplicam a dietas com silagem de milho e feno de alfafa como fonte de volumosos e com nível de FDN de 31-32%, pois observações de outros estudos, com dietas a base de silagem de milho (Smith et al., 1993) ou baixas em plantas forrageiras (Grant & Weidner, 1992) foram menos tolerantes a adições de gordura. Para uso mais amplo sugere-se a continuidade de pesquisas para avaliar os efeitos dessas fontes (FAIO e FAIS) associadas com outros alimentos volumosos.

A digestibilidade da gordura bruta foi menor para a dieta controle ( $P < 0,05$ ) em comparação com as dietas suplementadas (Tabela 5). Aumentos na digestibilidade aparente da gordura bruta com suplementação lipídica na dieta basal também foram observados em outros trabalhos (Chandler, 1993). Este efeito pode ser devido à diluição da fração extraída com éter (não digestível), gordura fecal endógena e formação de sabões insolúveis (Palmquist & Conrad, 1978; Grummer, 1988; Palmquist, 1991) ou em razão da maior digestibilidade da gordura adicionada (Jenkins & Jenny, 1989).

Jenkins (1993) revisou os fatores que afetam o balanço ruminal de ácidos graxos de cadeia longa em ovinos e bovinos. O autor concluiu que o fluxo de ácidos graxos de cadeia longa ao duodeno está relacionado com o consumo, mas normalmente é maior que a quantidade consumida. Isto se deve à síntese de novo de ácidos graxos, a qual diminui com alto consumo em consequência do aumento na captação exógena de ácidos graxos de cadeia longa pelas células microbianas. Para que a síntese “de novo” ocorra há necessidade de que quantidades suficientes de carboidratos não fibrosos (fermentáveis) estejam presentes para o crescimento bacteriano, que por sua vez, apresenta relação com o consumo de matéria seca. Portanto, quando aumenta a quantidade de ácidos graxos livres de cadeia longa no rúmen, as bactérias captam mais ácidos exógenos (dieta) e a síntese “de novo” diminui.

Além da possível interferência na digestibilidade da fibra, outro fator importante na avaliação de uma fonte lipídica é o seu próprio valor energético, o qual depende, principalmente, da sua digestibilidade. A digestibilidade pode ser influenciada pelo consumo de matéria seca, quantidade de gordura consumida, características da gordura na dieta basal e do suplemento (Palmquist, 1991; NRC, 2001). Aparentemente a sua determinação é uma tarefa relativamente simples. Entretanto, os animais não consomem dietas constituídas somente de gordura e, assim, a digestibilidade somente pode ser determinada por diferença. Quando um ingrediente é testado, como no caso da gordura, em combinação com uma dieta basal, uma das pressuposições é de que a dieta basal não sofre influência do material em teste. Na Tabela 8

encontram-se os dados empregados para o cálculo, bem como os resultados da digestibilidade aparente da gordura bruta das fontes estudadas.

Tabela 8 - Digestibilidade aparente da gordura bruta das fontes estudadas

Item	Tratamentos			
	CON	GP	FAIO	FAIS
CMS, kg	16,69	16,53	16,72	16,72
Gordura bruta (GB), % da MS	2,76	5,57	5,50	5,44
Consumo de GB (CGB), kg	0,46	0,92	0,92	0,91
CGB da dieta basal, g	460	430	370	400
CGB da fonte suplementar, g	0,00	490	550	510
Coeficiente de Digestibilidade Aparente da GB da dieta, %	61,20	77,15	74,07	73,11
GB digerida, g	282	710	682	665
GB digerida da dieta basal, g	282	263	226	245
GB digerida da fonte	0,00	447	456	420
Coeficiente de Digestibilidade Aparente da GB da fonte, %	61,20c	91,22a	82,91b	82,35b

Médias na mesma linha, seguidas de letra diferente, diferem estatisticamente (P<0,05) pelo teste F.

A digestibilidade da gordura protegida foi maior (P<0,05) que a gordura do farelo de arroz integral + óleo e farelo de arroz + sebo, enquanto as últimas foram semelhantes e superiores (P<0,05) a gordura da dieta basal (Tabela 8). Os dados registrados na literatura são bastante variáveis; porém, consistentemente são mais elevados para sais cálcicos de ácidos graxos de cadeia longa quando comparados com outras fontes. Estudos de Andrew et al. (1991) acusaram digestibilidade de sais cálcicos de ácidos graxos de cadeia longa de 97%. O levantamento efetuado por Chandler (1993) mostrou que a digestibilidade de fontes de gordura na dieta de vacas de alta produção usando sais cálcicos de ácidos graxos de óleo de palma varia de 73 a 97%, com média

de 84,2%, enquanto para o sebo a variação nessa medida foi de 85 a 94% com média de 90,5%. Drackley (1999) registrou digestibilidade de 60 a 100% quando foram adicionados níveis de 3 até 9% de sais cálcicos de ácidos graxos (digestibilidade média de 81% com 5,5% na dieta). Quando se considera apenas os níveis mais baixos de inclusão de sais cálcicos de ácidos graxos (3%), a digestibilidade variou de 91,8% (Schauff & Clark, 1992) a 100% (Schauff et al., 1992a), com média de 95,9%. Os valores de digestibilidade da gordura protegida citados acima são semelhantes aos obtidos no presente estudo (média de 91,22%) (Tabela 8), sendo que a maior digestibilidade dos ácidos graxos na forma de sais pode ter ocorrido devido ao maior fluxo de ácidos graxos insaturados para o intestino.

Drackley (1999) relatou ainda que a digestibilidade do sebo adicionado em níveis de 2 até 5% na dieta pode variar de 48,9 a 73,9%, sendo que no trabalho realizado por Ruppert et al. (1996) o nível de 2% de sebo apresentou a maior digestibilidade. O elevado grau de saturação parece ser o fator responsável pela menor digestão do sebo (Grummer, 1995). Em termos de perfil de ácidos graxos, os dados na literatura acusam correlação negativa entre a absorção intestinal e a quantidade de ácido esteárico. A absorção intestinal de fontes saturadas torna-se maior quando há presença concomitante de ácidos graxos insaturados, especialmente o ácido oléico, o que denota um efeito sinérgico na digestibilidade dos ácidos graxos saturados (NRC, 2001), provavelmente em razão de uma maior emulsificação no intestino (Chalupa et al., 1986). No presente trabalho este sinergismo provavelmente ocorreu com a fonte FAIS, pois 40% da gordura do FAI, corresponde ao ácido oléico (Tabela

7), o que justificaria o valor mais elevado de digestibilidade de FAIS (82,35%) quando comparado ao valor de 73,9% para o sebo isolado, observado por Drackley (1999). Os resultados com FAIS e com FAIO também estão de acordo com Palmquist & Jenkins (1980) os quais relatam que a digestibilidade de quantidades moderadas de gordura nas dietas (3 a 5%) de vacas em lactação é de cerca de 80%.

#### **4.2. Comparação entre momentos de coleta de dados**

Os experimentos para avaliar o efeito de gorduras na produção de leite tem sido efetuados principalmente com delineamento experimental em quadrado latino e com períodos experimentais que variam de 14 a 28 dias, sendo mais freqüente o uso de períodos rotacionados de 21 dias, dos quais 14 dias são destinados à adaptação e o restante para a coleta de dados.

Shauff et al. (1992a), Shauff et al. (1992b), Elliott et al. (1993) e Grummer et al. (1993), estudando a inclusão de diferentes fontes e quantidades de gordura na dieta de vacas no início da lactação, atribuíram a ausência de resposta na produção de leite em seus experimentos, entre outros fatores, ao curto período experimental empregado (21 dias), sugerindo que períodos mais longos seriam necessários para identificar os efeitos esperados. Os mesmos autores citam trabalhos (Palmquist & Conrad, 1978; Wrenn et al., 1978; Palmquist & Conrad, 1980; Mohamed et al., 1988; Jenkins & Jenny, 1989; Shauff & Clark, 1989; Klusmeyer et al., 1991) nos quais, com o mesmo procedimento experimental (quadrado latino com períodos de 21 dias) os autores também não observaram resposta positiva na produção de leite com

emprego de fontes suplementares de gordura na dieta de vacas em lactação. Contrariamente, a literatura registra experimentos nos quais foram identificados aumentos significativos nas produções de leite com a mesma estratégia experimental (Banks et al., 1976; DePeters et al., 1989; López, 2001).

Diante destas observações os dados produtivos obtidos no presente estudo foram comparados em dois momentos, nos intervalos de 15 a 21 e de 22 a 28 dias, dentro de cada período experimental, na expectativa de que com o aumento em sete dias, fosse verificada influência nos resultados referentes às fontes de gordura estudadas. Entretanto, como pode ser observado nos Apêndices 35 e 36, a análise de variância não acusou efeito do momento de coleta de dados ( $P > 0,05$ ) sobre a produção de leite e sobre a produção de leite corrigida para 3,5% de gordura. Portanto, nas condições em que o trabalho foi conduzido, não houve vantagem em prolongar os períodos experimentais de 21 para 28 dias. Provavelmente, a ausência de resposta positiva nos trabalhos anteriormente citados foi consequência de outros fatores, os quais serão discutidos no decorrer do presente trabalho.

Em razão da semelhança na resposta observada entre os momentos de coleta de dados e a ausência de interação com os tratamentos as duas avaliações foram incluídas na análise estatística como classes, gerando maior número de observações e diminuindo o erro experimental.

### **4.3. Consumo de alimento**

Na Tabela 9 são observadas as médias de consumo diário de matéria seca e de seus principais constituintes, bem como as relações entre

consumo diário de matéria seca com o peso vivo e o peso metabólico, e o consumo de fibra em detergente neutro em relação ao peso vivo, por tratamento.

Os valores individualizados de consumo por animal estão nos Apêndices 9 a 14, enquanto os valores de peso vivo (PV) e metabólico (PM) constam do Apêndice 19 e as relações entre consumo de matéria seca e PV e PM, assim como consumo de fibra em detergente neutro em relação ao PV estão apresentados no Apêndice 20. Os resumos das análises de variância encontram-se nos Apêndices 37 a 47.

Tabela 9- Consumo médio em kg/dia de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), gordura bruta (CGB), fibra em detergente neutro (CFDN), carboidratos não fibrosos (CCNF) e relações entre consumo de matéria seca e peso vivo (CMS/PV), peso metabólico (CMS/PM) e consumo de FDN e PV (CFDN/PV) das vacas por tratamento

Parâmetros	Tratamentos			
	CON	GP	FAIO	FAIS
CMS	16,48	16,33	16,71	16,23
CMO	15,23	15,06	15,30	14,80
CPB	2,75	2,74	2,80	2,72
CGB	0,45b	0,91a	0,91a	0,90a
CFDN	5,23ab	5,16b	5,50a	5,24ab
CCNF	6,78a	6,19b	6,08b	6,00b
CMS/PV	3,95	3,89	3,90	3,90
CMS/PM	0,178	0,176	0,180	0,176
CFDN/PV	1,25ab	1,23b	1,31a	1,26ab

Médias na mesma linha, seguidas de letra diferente, diferem estatisticamente ( $P < 0,05$ ) pelo teste F, exceto para CFDN e CFDN/PV que diferem apenas pelo teste Tukey.

O consumo de matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta, assim como as relações entre consumo de matéria seca e peso vivo e peso

metabólico não foram influenciados pela suplementação com gordura ( $P>0,05$ ). Diferentemente, o consumo de gordura bruta e de carboidratos não fibrosos apresentaram diferenças ( $P<0,05$ ) com a suplementação lipídica, enquanto o consumo de fibra em detergente neutro (FDN) e a sua relação com o peso vivo acusaram diferenças pelo teste Tukey mas não o foram pelo teste F ( $P>0,05$ ).

As diferenças apresentadas no consumo de gordura bruta e de carboidratos não fibrosos ( $P<0,05$ ) são devidas ao efeito da suplementação com gordura, o que ocorreu com diminuição da fração de carboidratos não fibrosos, sem diferença entre as fontes estudadas ( $P>0,05$ ). Enquanto a semelhança no consumo de matéria orgânica e de proteína bruta ( $P>0,05$ ) pode ser atribuída à não diferença nas concentrações destes constituintes nas dietas com suplementação ou não com gordura e a semelhança no consumo de matéria seca entre tratamentos. As diferenças ( $P<0,05$ ) acusadas no consumo de FDN em favor dos animais que receberam FAIO em relação a GP são devidas, provavelmente, ao teor pouco maior de FDN na dieta com FAIO e/ou ao comportamento seletivo no consumo de volumosos por parte dos animais. No entanto, as diferenças foram muito pequenas, o que pode ser comprovado pela relação entre consumo de FDN e peso vivo: 1,25; 1,23; 1,31 e 1,26% para os tratamentos CON, GP, FAIO e FAIS, respectivamente.

Para obtenção de resultados satisfatórios com a suplementação lipídica na dieta de vacas em lactação é importante que o consumo de matéria seca não seja reduzido. Caso contrário, dependendo do nível de redução no consumo, os efeitos decorrentes da maior densidade energética proporcionada pela fonte lipídica poderão ser anulados. Como exemplo pode ser citado

trabalho efetuado por Vargas et al. (2002), que estudaram o efeito do grão de soja moído ou óleo de soja ao nível de 4% de gordura na dieta de vacas produzindo 20 litros de leite/dia com 30 dias pós-parto. As fontes lipídicas reduziram o consumo de MS em 20% sem reposta na produção de leite. Por sua vez, a quantidade de matéria seca consumida pela vaca leiteira depende de fatores entre eles o peso vivo, nível de produção de leite, estágio de lactação, condições ambientais, manejo, fatores sociais, histórico prévio de alimentação, condição corporal e tipo e qualidade dos alimentos, especialmente volumosos (NRC, 1989).

No presente trabalho, o consumo médio geral de matéria seca observado de 16,44 kg/dia (3,9% do PV) foi levemente superior (1,0 kg/dia) ao consumo médio estimado (15,45 kg/dia) através da tabela do NRC (1989). Esse resultado, de acordo com Van Soest (1994) e Hinders (1998) demonstra o bom manejo alimentar e a boa qualidade dos alimentos que compuseram as dietas.

Na dieta basal foi usado feno de alfafa associado à silagem de milho porque volumosos de boa qualidade têm sido recomendados para identificar os benefícios da incorporação de gordura em dietas de vacas em lactação (Palmquist, 1984). Nesse sentido, mesmo com volumoso de boa qualidade, mas constituído por níveis elevados de silagem de milho, a suplementação com gordura não mostrou efeito positivo na produção de leite, ao contrário do verificado em dietas a base de alfafa (Smith et al., 1993). Recentemente Onetti et al. (2001), usando silagem de milho como única fonte de volumoso, constataram que a adição de gordura animal diminuiu o consumo de matéria

seca. Também dietas altas em fibra não apresentaram vantagem na produção de leite quando fontes de gordura protegidas foram utilizadas (Klusmeyer et al., 1991), assim como níveis baixos de FDN (25%) na dieta provocaram redução no consumo de MS com adição de fontes de gordura (Canale et al., 1990).

As características físicas e químicas dos ingredientes da dieta e suas interações exercem grande efeito no consumo de matéria seca de vacas em lactação. A limitação física causada pela distensão do rúmen-retículo ou por outros compartimentos do trato gastrointestinal normalmente limitam o consumo de MS de vacas de alto mérito genético ou de vacas alimentadas com elevada proporção de plantas forrageiras (Allen, 2000).

Neste trabalho de pesquisa, excetuando-se os possíveis efeitos proporcionados diretamente pelas fontes de gordura empregadas, não era esperada diferença no consumo voluntário de MS entre as dietas. Isso porque as dietas com gordura adicionada diferiram da dieta controle, basicamente, na quantidade de gordura em detrimento de carboidratos não fibrosos, cujos níveis mesmo naquelas dietas suplementadas, estão de acordo com as quantidades recomendadas por outros autores (Nocek, 1997; NRC, 2001).

A concentração média de 32% de FDN nas dietas experimentais, considerando o nível médio de produção de leite apresentado pelas vacas neste trabalho, está de acordo com Van Soest (1994), Drackley (1998) e NRC (2001). A importância da parede celular como fator limitante do consumo tem sido enfatizada por Van Soest, pioneiro na descrição hoje corrente da fração fibrosa dos alimentos. O seu significado foi demonstrado experimentalmente por Mertens (1973) e por Osbourn et al. (1974), citados por Van Soest (1994).

O primeiro observou que numa gama de forragens a ingestão de FDN era praticamente constante. Os segundos autores mediram o consumo de uma forragem referência em ovinos e expressaram o consumo de 56 forragens em relação ao consumo da forragem referência. Com base nestes resultados, Van Soest (1994) sustentou que o consumo de forragens, mesmo de alta digestibilidade continua a ser limitado pelo teor de parede celular. A relevância do teor de parede celular da dieta como fator restritivo do consumo voluntário foi claramente demonstrada, com dados principalmente norte americanos, pelo NRC (1989). Esses resultados demonstram que, quando a qualidade do alimento se torna limitante, o teor de FDN é o fator da dieta que mais influencia o consumo. A quantidade de FDN que uma vaca pode consumir é regulada pelo volume do rúmen que, por sua vez, está relacionado com o peso corporal (Mertens, 1994 e 1997). Para vacas multíparas a capacidade de consumo de FDN tem sido estimada entre 1,0 e 1,3% do peso vivo. O valor médio observado no presente trabalho de 1,26% confirma a proposição anterior e, ao mesmo tempo, demonstra que a concentração e tipo de fibra da dieta assim como a suplementação lipídica não comprometeram o consumo voluntário de matéria seca.

Em relação ao teor de carboidratos não fibrosos (CNF) a sua concentração ótima na dieta de vacas em lactação ainda não está bem definida (NRC, 2001). Frequentemente essa fração é usada como sinônimo de carboidratos não estruturais (CNE), o que nem sempre é verdadeiro principalmente em razão da presença de pectina e de ácidos orgânicos na medida de CNF (Mertens, 1997). De acordo com Hoover & Stokes (1991) a

concentração de CNF deveria ser em torno de 35%. De forma semelhante, Nocek (1997) e o NRC (2001) recomendam para evitar acidose e outros problemas metabólicos uma concentração de CNF de 33 a 42%, enquanto a de CNE deve ser em torno de duas a três unidades menores. De acordo com estas sugestões, as concentrações de CNF nas dietas elaboradas no presente trabalho (41; 37,7; 36;1; 36,9% para os tratamentos CON, GP; FAIO e FAIS, respectivamente) foram próximas e encontram-se na faixa recomendada, mesmo quando a gordura substituiu os carboidratos não fibrosos.

Uma relação equilibrada entre as frações de CNF e carboidratos fibrosos (FDN) é necessária na formulação das dietas para vacas em lactação para que ocorra uma fermentação ruminal estável, pois muitas vezes, quando quantidades excessivas de carboidratos prontamente fermentáveis no rúmen são fornecidos, aumenta a produção de ácidos, dominando a capacidade tamponante do bicarbonato de sódio secretado junto à saliva causando acidose em diferentes intensidades e reduzindo o consumo de alimentos (Allen, 1997). Neste aspecto reside um dos pontos favoráveis à adição de gordura nas dietas, permitindo o aumento na densidade energética sem comprometer o balanceamento entre carboidratos fibrosos e não fibrosos.

A adição das fontes de gordura estudadas poderiam provocar redução no consumo voluntário por diminuição da fermentação ruminal e da digestibilidade da fibra (Palmquist & Jenkins, 1980; Chalupa et al., 1984; 1986) aumentando o tempo de permanência dos alimentos no rúmen-retículo (NRC, 2001). Como pode ser observado no ítem 4.1, os resultados encontrados na avaliação da digestibilidade aparente demonstram que, independentemente da

fonte estudada, não houve interferência da gordura ( $P > 0,05$ ) na digestão da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, carboidratos não fibrosos e fibra. Portanto, como a digestibilidade, especialmente da FDN, não foi afetada pelas fontes de gordura adicionadas às dietas, os possíveis efeitos redutores do consumo por diminuição na taxa de passagem dos alimentos para fora do rúmen-retículo (Allen, 1996) entre dietas não ocorreram.

Além dos aspectos discutidos anteriormente, as fontes de gordura testadas poderiam afetar o consumo de MS por ação direta sobre hormônios intestinais, oxidação da gordura no fígado e pela aceitabilidade das fontes empregadas conforme revisão efetuada por Allen (2000). Com base nos resultados observados estes fatores também não estiveram presentes. Os resultados encontrados também estão de acordo com vários outros autores que não observaram efeito no consumo de MS ao suplementarem dietas com diferentes fontes de gordura (Grummer, 1988; Schauff & Clark, 1989; Bernard, 1990; Eastridge & Firkins, 1991; Jenkins & Jenny, 1992; Drackley & Elliott, 1993; Kim et al., 1993; Dhiman et al., 1995; Weigel et al., 1997; Chouinard et al., 1998; Jenkins et al., 1998; Komaragiri et al., 1998; López, 2001).

No entanto, os resultados obtidos discordam de outros publicados, quando foi observado que a incorporação de gordura às dietas causou redução no consumo (Beaulieu & Palmquist, 1995; Elliot et al., 1996; Bertrand & Grimes, 1997; Rodriguez et al., 1997; Garcia-Bojalil et al., 1998; Onetti et al., 2001; Vargas et al., 2002) e de alguns autores que relataram aumentos no consumo (Skaar et al., 1989; Pantoja et al., 1996), observações essas pouco comuns. A explicação para aumentos no consumo de matéria seca decorreria do baixo

incremento calórico da gordura durante períodos de estresse térmico e/ou redução na inibição de propionato no consumo quando grãos são substituídos por gordura (Allen, 2000).

Com o uso de gordura protegida pode ser citado o trabalho de Kent & Arambel (1988) que não observaram diferença no consumo diário de MS (25,6 vs. 25,3 kg) testando uma dieta controle com outra contendo 0,223 kg/dia de sais cálcicos de ácidos graxos. Da mesma forma, Schneider et al. (1988) também não obtiveram diferença entre uma dieta controle e outra composta por sais cálcicos de ácidos graxos (17,0 vs 16,7 kg). Também Shauff & Clark (1989), usando 0,55 kg/dia de sais cálcicos de ácidos graxos, não constaram diferença no consumo diário de MS em relação à dieta controle (20,0 vs. 20,2 kg). Em outro ensaio, os mesmos autores suplementaram as dietas com 0,68 kg de sais cálcicos de ácidos graxos por dia e não observaram diferença no consumo de MS em relação a uma dieta controle (18,6 vs 18,4 kg). Hermansen (1989), suplementando com níveis de 0,5 e 1,0 kg de sais cálcicos de ácidos graxos por vaca/dia, obteve um consumo de 18,2 e 18,6 kg de MS em relação ao controle que foi de 17,8 kg. Ainda, Sklan et al. (1991) também não verificaram diferenças no consumo diário de MS com 2,6% de sais cálcicos de ácidos graxos na dieta. Diferentemente, Eastridge & Firkins (1991), suplementando com 0,45 kg de sais cálcicos de ácidos graxos por vaca/dia, a partir do dia 14 e 42 de lactação, obtiveram um menor consumo em kg de MS/dia em relação ao controle (17,9 e 17,9 vs. 19,6).

O consumo de matéria seca em razão da adição de gordura na dieta de vacas em lactação depende também do conteúdo de gordura na dieta basal

e da fonte de gordura. Em dietas contendo de 5 a 6% de ácidos graxos totais, a adição de grãos oleaginosos e de ácidos graxos hidrogenados resultaram em efeito quadrático no consumo de matéria seca, com efeito mínimo quando a quantidade adicionada de ácidos graxos foi de 3 e 2,3%, respectivamente. A adição de gordura animal e sais cálcicos de ácidos graxos de palma nas dietas resultou em efeito geral linear negativo no consumo de matéria seca. Palmquist & Jenkins (1980) indicaram que com o aumento na saturação dos ácidos graxos das gorduras os efeitos negativos na fermentação ruminal são reduzidos. No presente experimento não houve diferença no consumo em função da diminuição do grau de insaturação da fonte lipídica, pois a associação do sebo ao FAI não acusou diferença em relação ao FAIO.

Em razão dos resultados encontrados no presente experimento, pode-se inferir que tanto a gordura protegida como as fontes não protegidas (FAIO e FAIS) adicionadas em dietas com volumosos constituídos de feno de alfafa e silagem de milho (1:1) com 32% de FDN e 36 a 38% de CNF de forma a totalizar 5,5% de gordura bruta, não afetaram o consumo de matéria seca.

#### **4.4. Produção de leite e eficiência alimentar**

Na Tabela 10 são mostrados os valores referentes à produção de leite (sem e com correção a 3,5% de gordura) e a eficiência alimentar calculada através da produção de leite (sem e com correção para 3,5% de gordura) em relação ao consumo de matéria seca por tratamento. Os valores individualizados de cada animal estão nos Apêndices 21 e 22 e os resumos da análise de variância nos Apêndices 48 a 51.

Tabela 10 - Média da produção de leite (PL) sem e com correção para 3,5% de gordura (PLC 3,5%G) e eficiência alimentar expressa como kg de leite/ kg MS consumida (EFAL) e kg de leite corrigido para 3,5% de gordura/ kg de MS consumida (EFAL 3,5%G)

Parâmetros	Tratamentos			
	CON	GP	FAIO	FAIS
PL (kg/dia)	15,89b	17,33a	17,10a	16,78a
PLC 3,5%G (kg/dia)	20,37b	21,69a	20,85ab	21,07ab
EFAL (Leite kg/kg MS)	0,96b	1,06a	1,02ab	1,04ab
EFAL 3,5%G (Leite kg/kg MS)	1,23	1,33	1,28	1,30

Médias na mesma linha, seguidas de letra diferente, diferem estatisticamente ( $P < 0,05$ ) pelo teste F.

A adição de gordura aumentou ( $P < 0,05$ ) a produção de leite quando comparada à dieta controle, não havendo diferença significativa entre as fontes estudadas ( $P > 0,05$ ). As diferenças observadas em relação ao tratamento controle correspondem a aumentos de 9,06, 7,61 e 5,60% para GP, FAIO e FAIS, respectivamente.

Quando a produção de leite é expressa na forma corrigida para um mesmo teor de gordura (PLC 3,5%G), em razão das variações apresentadas nos seus percentuais (item 4.5; Tabela 11), a produção com GP permanece superior ( $P < 0,05$ ) ao grupo não suplementado, enquanto com FAIO e com FAIS as produções não diferem entre si e dos demais tratamentos ( $P > 0,05$ ), situando-se numericamente em posição intermediária (Tabela 10). Nesta comparação a adição de GP à dieta promoveu aumento na produção de leite de 1,32 kg/dia, o que corresponde a 6,5%. Nas dietas com FAIO e FAIS os aumentos numéricos correspondem a 0,48 (2,35%) e 0,70 (3,45%) kg/dia em relação ao tratamento controle, respectivamente.

A comparação dos efeitos de tratamentos na produção de leite há muitas décadas vem sendo feita através da produção corrigida para um mesmo teor de gordura. Este procedimento é plenamente justificado porque dos constituintes no leite a gordura é o componente mais influenciado por mudanças na dieta. Além disso, a sua elevada concentração energética demanda quantidade equivalente de energia líquida para a sua síntese. Supondo uma produção de leite constante, o teor de gordura é o principal fator determinante da quantidade de energia líquida direcionada à produção de leite pelo animal. Entretanto, atualmente, a remuneração ao produtor por parte das indústrias de laticínios vem desestimulando a produção de leite com teores elevados de gordura. Ao mesmo tempo, pesquisas vem sendo conduzidas para reduzir a concentração de gordura do leite e alterar o perfil de seus ácidos graxos, especialmente em prol de ácidos graxos linoléico conjugados (isômeros trans do ácido linoléico) os quais, além de comprovados benefícios na saúde dos seres humanos, também exercem efeitos depressores na síntese de gordura no leite produzido pelos animais. Uma vez que a redução na concentração de gordura do leite não seja decorrente de alteração nos padrões fermentativos a ponto de comprometer a saúde ruminal e do animal, ela pode ser vantajosa tanto sob o ponto de vista metabólico como econômico. Assim, respeitados os aspectos nutricionais e visando explorar os benefícios ao produtor, a comparação dos efeitos de fontes lipídicas através da produção sem correção para gordura parece adequada, desde que a sua remuneração decorra, principalmente, do volume de leite produzido.

Mesmo nos sistemas que remuneram o produtor por constituintes do leite, na maioria das situações, o pagamento é baseado no total de componentes produzidos, de forma que redução na quantidade de leite produzido, ainda que com aumento no teor de componentes, resulta em diminuição da receita. No presente experimento foi constatado que vacas suplementadas com as diferentes fontes lipídicas apresentaram produções significativamente maiores que as vacas não suplementadas. Sob esta ótica os resultados indicam que as fontes lipídicas testadas proporcionaram aumentos semelhantes na produção de leite em comparação à dieta controle. Assim, tanto FAIO como FAIS poderiam ser empregados como primeiro suplemento lipídico na dieta de vacas em lactação, reservando-se as fontes de gordura protegidas artificialmente, cujo custo geralmente é alto, para níveis mais elevados de suplementação.

As respostas à suplementação lipídica têm sido variáveis, abrangendo de menos 4,4 a mais 9,6 kg/dia para a produção de leite corrigida para 4% de gordura por quilograma de gordura adicionada (Shaver, 1990 apud Scott et al., 1995). Segundo Gagliostro & Chilliard (1992a), esta considerável variação na resposta à suplementação com gordura poderia ser explicada pelos diferentes estados fisiológicos das vacas experimentais, pelo tipo de volumoso que compõe a dieta basal, pela quantidade total de energia consumida pelo animal suplementado e também pela quantidade e composição da gordura utilizada.

O estágio de lactação tem mostrado influência na observação dos efeitos da incorporação de fontes lipídicas nas dietas. Quando a

suplementação com gordura tem início logo após o parto há um período de latência de cerca de cinco semanas (Ruegsegger & Shultz, 1985; Jerred et al., 1990; Hoffman et al., 1991; Shingoethe & Casper, 1991; Chilliard, 1993) no qual não tem sido verificado efeito na sua adição. Chilliard (1993), em trabalho de revisão, verificou aumento médio diário de 0,31 kg de leite corrigido para gordura com incorporação média de 4,5% de extrato etéreo, quando o suplemento lipídico foi adicionado antes dos 28 dias pós-parto e término com menos de 77 dias de lactação sem diferir significativamente do grupo controle. Porém, quando a resposta foi medida em torno do pico da lactação com início da suplementação antes dos 56 e término com 168 dias pós-parto (média de suplementação de 3,6% de extrato etéreo) as produções de leite corrigidas para gordura aumentaram em média 0,72 kg/dia, com diferenças significativas em relação ao tratamento controle.

As vacas do presente experimento começaram a receber as dietas experimentais com média de 69 dias de lactação, com variação de 44 a 80 dias. Portanto, segundo as observações anteriores (Chilliard, 1993), num período favorável à manifestação do efeito da suplementação com fontes lipídicas. A questão que permanece em dúvida é se poder-se-ia adotar esta prática (suplementação lipídica) durante as primeiras semanas de lactação para obter os benefícios posteriormente ou se a suplementação deve ser iniciada entre 5 a 7 semanas pós-parto e obter uma resposta imediata, sem ter que passar por uma fase “refratária” ao tratamento. Para responder a este questionamento seriam necessários experimentos contínuos de longa duração. No momento, o mais provável é que suplementos de gordura não devam ser

fornecidos imediatamente após o parto, uma vez que os fatores fisiológicos relacionados com este fato ainda não são bem entendidos e precisam ser melhor identificados (Grummer, 1995a).

Analisando os dados de produção de leite obtidos em experimentos com fontes de gordura realizados no Brasil, verifica-se que estes foram conduzidos essencialmente com sementes de soja ou algodão e com sebo, cujos resultados, a exemplo da literatura estrangeira, são variáveis e as vezes contraditórios. Pereira et al. (1998b), conduzindo trabalho com vacas do parto aos 98 dias de lactação, observaram redução na produção de leite usando grão de soja moído ao nível de 30% no concentrado, de 24,8 para 19,6 kg de leite/dia. Rabello et al. (1996) não observaram diferenças na produção diária de leite quando utilizaram 0, 15, 30 ou 45% de grão de soja moído no concentrado, com médias de 22,2; 20,9; 21,0 e 21,4 kg de leite, respectivamente. Também Mora et al. (1996), utilizando níveis semelhantes de grão de soja, não encontraram diferenças para consumo de matéria seca (média de 3,46% do PV) e a produção de leite foi de 25,8; 26,1; 26,1 e 22,9 kg/dia, respectivamente. Deresz et al. (1996), iniciando a suplementação de gordura 20 dias pós-parto e com duração de 11 semanas, não observaram diferenças no consumo e na produção de leite, sendo obtidos valores médios de 3,4; 3,1 e 3,4% do PV para consumos de matéria seca e 28,6; 28,9 e 28,7 kg/dia para produções de leite, respectivamente para a adição de 0, 20 e 40% de grão de soja no concentrado. Utilizando 0, 10, 20 e 30% de caroço de algodão no concentrado, Villela et al. (1996) não encontraram efeito na produção de leite, que foi de 20,1; 19,1; 18,2 e 19,6 kg/dia, e no consumo de

matéria seca, com média de 3% do PV. Avaliando o efeito da inclusão de 0, 4, 7 e 10% de sebo em concentrados, Malafaia et al. (1996a) não observaram diferenças significativas na produção de leite e no consumo de matéria seca (3,9 a 4,1%) cujas médias foram, respectivamente, 25,3; 27,4; 27,1; e 27,4 kg de leite. Vargas et al. (2002) estudaram o efeito do grão de soja moído ou óleo de soja, ao nível de 4% de gordura na dieta, com vacas da raça Holandês puras e mestiças, produzindo 20 litros de leite/dia com 30 dias pós-parto, e verificaram que as fontes lipídicas reduziram o consumo de MS em 20% sem, contudo, alterar a produção e a composição do leite. É de interesse observar nesses trabalhos que o volumoso empregado foi basicamente silagem de milho e, a exemplo de resultados na literatura estrangeira, os benefícios da suplementação lipídica com altos níveis desse volumoso também não foram observados. Os fatores responsáveis pela ausência de resposta produtiva com emprego de silagem de milho como única fonte volumosa não tem sido apresentados. A este respeito, Jenkins (1998) sugere que a silagem seria mais facilmente encoberta pelos lipídeos do que feno de alfafa. Usando volumosos constituídos de silagem de milho e feno de alfafa (1:1), López (2001) testou três fontes de suplementação lipídica (sebo, gordura protegida comercial e grãos de soja moídos) com teor de extrato etéreo nas dietas de aproximadamente 6,5%, e encontrou produção de leite corrigida maior em favor da gordura protegida (25,28 kg/dia) em relação ao tratamento controle (23,21 kg/dia), sendo que os demais tratamentos não diferiram estatisticamente (24,04 e 23,90 kg/dia para sebo e grãos de soja moídos, respectivamente). Esses resultados são semelhantes aos observados no presente trabalho, uma vez que as produções

de leite corrigidas foram maiores para a suplementação com gordura protegida, enquanto as fontes naturais (FAIO e FAIS) apresentaram produções numericamente inferiores à gordura protegida, porém maiores que a dieta controle (Tabela 10).

A literatura tem mostrado que a produção de leite em resposta à adição de gordura na dieta de vacas lactantes é quadrática (Palmquist, 1991; Jenkins, 1994). Portanto, a quantidade de gordura presente na dieta basal e a quantidade de gordura suplementar são fatores importantes a serem considerados. Kronfeld (1976) apud Hinders (2000) indicou que a produção de leite alcança sua máxima eficiência quando os ácidos graxos constituem 16% da energia metabolizável. Para vacas da raça Holandês isto equivale a cerca de 600-700g de gordura suplementar por dia (Jenkins, 1997). A resposta máxima observada com adição de gordura na dieta raramente excedeu 3,5 kg de leite corrigido ao dia. Cerca de 700g de gordura seriam necessários para suportar esta produção, assumindo uma digestibilidade da fonte de gordura de 80% e uma eficiência de absorção pela glândula mamária de 75% (Jenkins, 1997).

Para vacas da raça Holandês, com peso vivo médio de 600 kg e consumindo 23 kg de matéria seca ao dia (cerca de 3,8% do PV) 700g de gordura suplementar equivale a cerca de 3% da MS da dieta. Entretanto, para o caso de animais da raça Jersey, empregados neste trabalho, com consumo médio de matéria seca observado de 16 kg/dia, 700g de gordura suplementar corresponderia à adição de 4,4% de gordura, o que seria um teor elevado em se tratando de fontes de gordura não protegidas. Porém, 3% de gordura

adicional em relação ao consumo de matéria seca corresponde praticamente à quantidade suplementada neste experimento (0,46 kg de gordura suplementar) a qual, de acordo com a relação anterior, suportaria uma produção extra de 2,3 kg de leite ao dia. No entanto, a diferença verificada a favor da suplementação com gordura protegida foi de 1,32 kg de leite com 3,5% de gordura/dia. Quanto às outras fontes as respostas foram menores com 0,48 kg e 0,70 kg de leite, para FAIO e FAIS, o que seria atendido com 96 e 140 g de gordura suplementar, respectivamente. Portanto, as respostas observadas foram aquém da eficiência estimada pelos dados da literatura.

Outro fator mencionado na literatura como limitante na identificação de efeitos positivos da gordura na produção de leite é o nível médio de produção das vacas. Esta avaliação é muito discutível, pois dependerá do parâmetro de comparação empregado. Neste trabalho foram empregados animais de alto mérito genético e alimentos volumosos (silagem de milho e feno de alfafa) e concentrados (milho em grão seco e farelo de soja), considerados de excelente qualidade para as condições gerais de produção de leite no Estado; portanto, não limitantes para as vacas demonstrarem seu potencial genético.

Palmquist & Jenkins (1980), em trabalho de revisão, constataram efeitos benéficos em vacas produzindo acima de 16 kg/dia (5000 kg/lactação) e Palmquist (1991) sugere que a quantidade total de gordura na dieta seja igual a quantidade de gordura produzida no leite. Todavia, Hinders (2000) recomenda suplementação com gordura para vacas da raça Jersey somente com produções acima de 55-60 libras/dia (25-27 kg); os resultados do presente

trabalho discordam das recomendações efetuadas por esse autor, e mostram que as observações de Palmquist & Jenkins (1980) são mais condizentes com as respostas observadas. A média de produção do tratamento controle foi de 15,89 kg/dia e quando corrigida para 3,5% de gordura foi de 20,37 kg/dia; portanto, mesmo com produção inferior à sugerida por Hinders (2000), observou-se resposta positiva com a suplementação lipídica.

Parte da variação nas respostas produtivas registradas na literatura deve-se à redução no consumo de matéria seca quando o suplemento lipídico é fornecido, ou seja, quando o consumo de MS é deprimido o consumo total de energia pela vaca também diminui, anulando o efeito da maior densidade energética da dieta (Coppock & Wilks, 1991).

As gorduras protegidas na forma de sais cálcicos de ácidos graxos, que utiliza a capacidade dos ácidos graxos para combinar-se com cátions bivalentes, como o cálcio, correspondem a uma proteção por insolubilidade no rúmen, formando sais insolúveis em pH ruminal. Em condições de maior acidez (trato pós-ruminal), os ácidos graxos liberam cálcio e se tornam disponíveis para a absorção intestinal (Gagliostro & Chilliard, 1992a; Gagliostro, 1997a). Estes ácidos graxos de cadeia longa, fornecidos através da suplementação lipídica, são usados com alta eficiência para a lactação porque podem ser diretamente transferidos para a gordura do leite poupando energia para outras funções produtivas da glândula mamária (Palmquist, 1987, citado por Coppock & Wilks, 1991).

Quando as fontes de gordura são estratificadas, o sebo tem sido colocado no grupo dois que corresponde aos alimentos ricos em gordura (ex.:

grãos oleaginosos), indicando que este exerce efeito negativo na fermentação ruminal. Entretanto, resultados de pesquisa demonstraram que o sebo tem sua passagem através do rúmen-retículo relativamente inerte, mesmo quando usado junto a quantidades consideráveis de gordura proveniente de sementes oleaginosas (Chandler, 1993). Em decorrência destas observações, além da disponibilidade regional e preço, o sebo foi associado com o FAI na expectativa de que a resposta produtiva poderia ser melhorada. Foi constatado, porém, que em termos produtivos, embora numericamente superior ao tratamento controle, a adição de sebo não mostrou vantagem em relação ao FAIO, cujas razões já foram discutidas no item 4.1. Por outro lado, os resultados mostram que o sebo pode ser usado para aumentar a quantidade total de gordura da dieta com FAI e/ou para corrigir a variação normalmente presente no nível de gordura dos farelos disponíveis. Além disso, através de observações práticas, a adição de sebo em torno de 50% da fonte de gordura também diminuiu a pulverulência do FAI e melhorou o seu manuseio.

Considera-se que não existe uma necessidade específica de ácidos graxos de cadeia longa a ser fornecida pela dieta. Isto porque a energia pode ser fornecida por diversos nutrientes, embora com diferente eficiência (Chilliard, 1993). Todavia, a produção de gordura no leite é uma função produtiva que representa gasto específico de ácidos graxos. Todos os ácidos graxos de 18 átomos de carbono (30 a 50% dos ácidos graxos totais), e uma parte daqueles com 16 átomos de carbono, secretados no leite, provem de ácidos graxos pré-formados. A lipomobilização também fornece ácidos graxos principalmente logo após o parto; porém, estas quantidades mobilizadas são pouco conhecidas não

permitindo definir a necessidade de ácidos graxos de origem alimentar. A lactação impõe, assim, uma exigência dietética específica em ácidos graxos difícil de ser quantificada (Gagliostro & Chilliard, 1992a).

No presente experimento, o aumento na produção de leite proporcionado pelas dietas suplementadas com as diferentes fontes lipídicas pode ser explicado pelo aumento no aporte energético proporcionado por maior disponibilidade metabólica de ácidos graxos, conforme resultados apresentados no ensaio de digestibilidade aparente (ítem 4.1). Neste caso, as dietas suplementadas possibilitaram maior captação de ácidos graxos de cadeia longa por parte da glândula mamária, disponibilizando maior quantidade de glicose para as células produtoras de leite uma vez que para a síntese de ácidos graxos de cadeias curta e média, a glândula mamária necessita de glicose como fornecedora de agentes redutores NADPH, via ciclo das pentoses (Kronfeld et al., 1980; Palmquist & Jenkins, 1980; Gagliostro & Chilliard, 1992a). A maior diferença observada em favor da gordura protegida, evidenciada na avaliação da produção de leite corrigida para 3,5% de gordura, (Tabela 10) deve-se provavelmente à sua maior digestibilidade em relação às demais fontes lipídicas testadas, o que resultou em maior aporte energético.

O único trabalho encontrado na literatura testando o farelo de arroz integral como fonte lipídica na dieta de vacas em lactação foi conduzido por Wilks et al. (1991). Os autores compararam os efeitos do emprego de fontes de gordura em dietas com diferentes conteúdos de amido, baseadas em semente de algodão e farelo de arroz integral, em comparação a uma dieta controle sem suplementação lipídica, usando vacas da raça Holandês com 128 dias de

lactação. A dieta controle foi constituída de 30% de silagem de milho, 10% de feno de alfafa e 60% de concentrado, totalizando 3,8% de extrato etéreo. O nível de farelo de arroz foi de 15% na dieta (25% no concentrado) totalizando 5,9% de extrato etéreo, sendo a dieta fornecida totalmente misturada. O consumo de matéria seca de 21,0; 22,5 e 22,0 kg/dia para a dieta controle, com semente de algodão e FAI, respectivamente, não diferiu estatisticamente ( $P>0,05$ ). A produção de leite corrigida para 3,5% de gordura, segundo os autores, mostrou maior produção ( $P<0,10$ ) nos animais que consumiram as dietas com FAI (28,6 kg/dia) e com semente de algodão (28,0 kg/dia) em relação ao controle (27,8 kg/dia).

No presente experimento, a eficiência alimentar, calculada através da produção de leite sem correção para gordura, mostrou diferença significativa ( $P<0,05$ ) em favor da suplementação com gordura protegida. Contudo, as fontes FAIO e FAIS não diferiram entre si e entre os demais tratamentos ( $P>0,05$ ) (Tabela 10). Quando a eficiência alimentar foi medida através da produção corrigida para 3,5% de gordura a análise de variância não acusou diferença entre os tratamentos ao nível de 5% de significância ( $P>0,05$ ) mas sim ao nível de 8,6% ( $P<0,0861$ ), com valores de 1,23; 1,33; 1,28 e 1,30 para os tratamentos CON, GP, FAIO e FAIS, respectivamente. Estes valores, com distribuição numérica que guarda relação semelhante com a produção de leite corrigida, mostraram melhora em favor da suplementação lipídica, a qual foi superior em 8,13; 4,06 e 5,69% para GP, FAIO e FAIS, respectivamente. A semelhança no comportamento dos dados de eficiência alimentar em relação às produções de leite justifica-se pelos valores próximos de consumo de

matéria seca nos diferentes tratamentos ficando as diferenças, explicadas por variações nas produções e nas concentrações de gordura no leite. A maior eficiência alimentar deve-se à maior concentração em energia digestível e possivelmente à maior eficiência de utilização da energia da gordura (ácidos graxos), especialmente da gordura protegida.

Testando o emprego de uma fonte de gordura protegida e duas fontes naturais (grão de soja moído e sebo bovino) na dieta de vacas em lactação, López (2001) observou que a eficiência alimentar foi maior nos animais que consumiram gordura protegida ( $P < 0,05$ ) em relação aos não suplementados. Aqueles que consumiram grão de soja moído e sebo não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ) e dos demais com valores numéricos intermediários. Também Pantoja et al. (1996) verificaram tendência de maior eficiência alimentar de vacas da raça Holandês consumindo gordura com diferentes graus de saturação (1,61) em relação aos animais não suplementados (1,52). Estes resultados de eficiência alimentar foram semelhantes aos obtidos no presente experimento. Entretanto, Wu et al. (1993), trabalhando com dietas em que a gordura foi adicionada na forma de sebo, sais cálcicos de ácidos graxos ou gordura cristalizada, não obtiveram efeito sobre a eficiência alimentar (1,25; 1,36 e 1,31, respectivamente) quando comparada com o grupo controle (1,27). Do mesmo modo, Kent & Arambel (1988), Schauff & Clark (1989), Pires et al. (1996) e Simas et al. (1997), comparando diferentes fontes de gordura com um grupo sem suplementação não observaram efeito sobre a eficiência alimentar.

#### 4.5. Composição química do leite

Na Tabela 11 encontram-se as médias dos teores (%) e das produções (kg/dia) de gordura, proteína bruta, equivalente protéico do nitrogênio não protéico, proteína verdadeira, caseína, proteína do soro, lactose e sólidos totais, juntamente com a produção média de energia do leite. As concentrações e produções por vaca encontram-se nos Apêndices 23 a 26 e os resumos das análises de variância podem ser observadas nos Apêndices 52 a 66.

Os processos metabólicos que regulam a composição e a produção de leite são controlados pela quantidade e qualidade dos nutrientes absorvidos e o uso destes nutrientes pelos diferentes tecidos, os quais são controlados por um grande número de hormônios e de enzimas. Conseqüentemente, mudanças na composição do leite são geralmente menos óbvias do que o esperado.

No presente experimento, a percentagem de gordura no leite das vacas que receberam a dieta controle foi superior ( $P < 0,05$ ) ao tratamento com FAIO, enquanto os animais que receberam os tratamentos com GP e com FAIS não diferiram dos outros tratamentos ( $P > 0,05$ ), apresentando valores numéricos intermediários (Tabela 11). Quando foi comparada a produção de gordura, os valores são maiores ( $P < 0,05$ ) para GP e menores para o controle, permanecendo em posição intermediária as produções das vacas que receberam FAIO e FAIS, sem diferirem ( $P > 0,05$ ) dos demais (Tabela 11).

Entre as teorias que tentam explicar a depressão no teor de gordura no leite por adição de lipídeos na dieta, figura a redução na digestibilidade da

fibra, diminuindo a proporção acetato:propionato ruminal (Palmquist & Jenkins, 1980; Palmquist, 1984; Bauchart, 1993).

Tabela 11- Médias dos teores (%) e produções (kg/dia) de gordura, proteína bruta, equivalente protéico do nitrogênio não protéico (EP-NNP), proteína verdadeira, caseína, proteína do soro, lactose, sólidos totais e produção de energia

Variáveis	CON	Tratamentos		
		GP	FAIO	FAIS
		% .....		
Gordura	5,24a	5,11ab	4,87b	5,08ab
Proteína Bruta	3,90a	3,63b	3,65b	3,75b
EP-NNP	0,21	0,20	0,21	0,21
Prot. Verdadeira	3,70a	3,43b	3,44b	3,54b
Caseína	2,98a	2,73c	2,76c	2,86b
Proteína do Soro	0,73	0,69	0,67	0,68
Lactose	4,51	4,50	4,54	4,50
Sólidos Totais	14,63a	14,18b	13,99b	14,29b
		kg/dia.....		
Gordura	0,831b	0,877a	0,828ab	0,851ab
Proteína Bruta	0,616	0,622	0,622	0,624
Prot. Verdadeira	0,583	0,588	0,585	0,588
Caseína	0,471	0,470	0,471	0,475
Lactose	0,722b	0,784a	0,778a	0,761a
Sólidos Totais	2,32b	2,45a	2,39ab	2,39ab
		Mcal/dia.....		
Energia do leite	13,86b	14,56a	14,06ab	14,22ab

Médias na mesma linha, seguidas de letra diferente, diferem estatisticamente ( $P < 0,05$ ) pelo teste F.

O FAIO, por ser uma fonte altamente insaturada (Tabelas 6 e 7), poderia reduzir a fermentação ruminal da fibra, seja por efeito físico (de proteção das partículas dos alimentos) ou seja por efeito direto (tóxico) de determinados ácidos graxos insaturados sobre os microrganismos celulolíticos (Palmquist & Jenkins, 1980; Jenkins & Jenny, 1989; Pantoja et al., 1994). Em consequência diminuiria o fornecimento de acetato para a glândula mamária (Palmquist & Jenkins, 1980). Como acetato e  $\beta$ -hidroxibutirato representam a principal fonte de átomos de carbono para a neosíntese dos ácidos graxos de

quatro a dezesseis átomos de carbono (C4:0 a C16:0) (Grummer, 1991), a percentagem de gordura no leite seria reduzida. Dessa forma, estaria explicada a redução na percentagem de gordura no leite das vacas que receberam FAIO em relação ao grupo controle, enquanto com as demais fontes, tendo em vista a redução na insaturação de FAIS pela associação com sebo bovino e de GP pela proteção ruminal com sais de cálcio, não houve interferência na fermentação e na produção de ácidos graxos voláteis. No entanto, os dados de digestibilidade aparente (item 4.1; Tabela 5) não sustentam esta hipótese, uma vez que não houve efeito das fontes lipídicas na digestibilidade da fibra. Além disso, esta teoria tem sido questionada mesmo naquelas situações em que não há suplementação lipídica nas dietas. Bauman & Davis (1970) apud Bauman & Griinari (2001), usando radioisótopos, mediram a real produção de AGV no rúmen e verificaram que a produção de acetato não diminuía nas dietas que promoveram a depressão na gordura do leite, mas a produção de propionato aumentou, causando apenas redução na proporção molar de acetato:propionato.

A base das teorias que tentam explicar a redução (depressão) no teor de gordura do leite pode ser resumida em duas categorias: aquelas que atribuem a redução como uma consequência de aporte inadequado de precursores lipídicos à glândula mamária e aquelas que a atribuem à inibição de uma ou mais etapas na síntese de gordura pela glândula mamária. Na primeira categoria estariam as teorias que baseiam suas explicações na deficiência de acetato e de  $\beta$ -hidroxibutirato e de insulina. Na segunda estariam as teorias que envolvem a vitamina B 12/ metil-malonato e a dos

ácidos graxos trans ou da biohidrogenação, esta última proposta por Bauman & Griinari (2001).

A teoria da deficiência de acetato é baseada na sua importância como fonte de carbono para a síntese de gordura, observada nas alterações nos padrões de ácidos graxos voláteis (AGV) em dietas com relações baixas em volumoso e altas em concentrado (Van Soest, 1963; Davis & Brown, 1970; Sutton, 1985) ou dietas com baixa fibra efetiva (ex.: reduzido tamanho da partícula mesmo com nível adequado de volumosos). Nas dietas suplementadas com fontes lipídicas as alterações nos padrões dos AGV têm sido pequenas e inconsistentes e, freqüentemente, observa-se que a redução no teor de gordura do leite ocorre com alterações mínimas nos padrões de AGV (Beitz & Davis, 1964; Davis & Brown, 1970). O  $\beta$ -hidroxibutirato, assim como o acetato, fornece átomos de carbono para a neossíntese de ácidos graxos. Porém, a contribuição de  $\beta$ -hidroxibutirato é, no máximo, de 8% do carbono para a síntese de ácidos graxos na glândula mamária (Palmquist et al., 1969), o que demonstra a sua baixa influência na produção de gordura no leite.

A teoria da vitamina B12/metil-malonato é justificada em razão da mesma ser um componente da metil-malonil-CoA-mutase, que é uma das enzimas envolvidas no metabolismo hepático do propionato. Esta teoria propõe que uma redução na produção ruminal de vitamina B12, juntamente com aumento na produção de propionato, resultaria em acúmulo de metil-malonato no fígado. Por sua vez, o metil-malonato circulante inibiria a neossíntese de ácidos graxos na glândula mamária. Entretanto, os estudos com dietas altas em concentrado e baixas em volumoso não têm mostrado redução na

produção de vitamina B12, bem como injeções intramusculares desta vitamina não mostraram suporte para esta teoria (Elliot et al., 1979; Croom et al., 1981).

A teoria insulino-glicogênica é baseada na regulação endócrina da utilização de nutrientes. A insulina exerce efeitos regulatórios nas taxas de lipogênese (estimulatória) e lipólise (inibitória), mas a glândula mamária de ruminantes não mostrou sensibilidade a alterações nos níveis de insulina circulantes. A elevação nos níveis de insulina sanguíneos aumentaria a captação de precursores lipogênicos (acetato e  $\beta$ -hidroxibutirato) e diminuiria a liberação de ácidos graxos de cadeia longa do tecido adiposo para serem utilizados pela glândula mamária (McClymont & Valence, 1962). McGuire et al. (1995), mantendo animais em estado hiperinsulêmico-euglicêmico, verificaram que os níveis de insulina aumentavam cerca de cinco vezes, enquanto a glicose sanguínea se mantinha constante, não mostrando qualquer efeito da insulina na síntese de gordura do leite.

Resultados de pesquisas efetuadas nos últimos dez anos suportam a hipótese de que a depressão no teor de gordura no leite é o resultado de alterações no processo de biohidrogenação no rúmen e não nos padrões dos ácidos graxos voláteis (NRC, 2001). A biohidrogenação no rúmen é o processo pelo qual os ácidos graxos polinsaturados presentes na gordura da dieta são hidrogenados (saturados) por bactérias ruminais. O processo é complexo e envolve a formação de vários isômeros (Jenkins, 2002). Sob condições normais, quantidades muito pequenas de ácidos graxos insaturados alcançam o intestino delgado, mesmo quando grandes quantidades de ácidos polinsaturados são fornecidos. Os ácidos graxos polinsaturados predominantes

nas gorduras vegetais são os ácidos linoléico (C18:2) e o linolênico (C18:3). O processo de biohidrogenação é a principal razão dos animais ruminantes possuírem, geralmente, gordura altamente saturada tanto dos tecidos corporais como do leite.

As etapas da biohidrogenação dos ácidos graxos incluem: hidrólise de triglicerídeos a ácidos graxos e glicerol; isomerização dos ácidos graxos polinsaturados para a forma trans (dupla ligação) tais como o ácido linoléico conjugado (ALC – cis-9, trans-11; C18:2); hidrogenação do ALC a ácido trans vacênico (trans-11; C18:1) e, por último, hidrogenação do ácido vacênico a ácido esteárico (C18:0). As etapas anteriormente mencionadas são as mais típicas, mas outros ácidos linoléico conjugados e isômeros trans C18:1 são formados como resultado da biohidrogenação incompleta no rúmen. Assim, embora o trans-11 seja o mais comum, isômeros posicionais variando de trans-3 a trans-16 também foram identificados no conteúdo ruminal (Katz & Keeney, 1966; Griinari et al., 1998; Piperova et al., 2000). Os isômeros de ALC produzidos são sempre em grande número, com alterações posicionais e geométricas (cis vs. trans) na dupla ligação (Yurawecz et al., 1998; Piperova et al., 2000). Quando ocorre a depressão da gordura do leite os ácidos graxos trans estão em maior número, enquanto os ácidos graxos de cadeia curta (<16 C) se encontram diminuídos. Isto sugere que o efeito se deve a uma inibição da enzima acetil-CoA-carboxilase na neosíntese de ácidos graxos na glândula mamária (NRC, 2001). Considerando que no presente trabalho as fontes de gordura usadas não afetaram o consumo de MS e a digestibilidade da fibra das dietas (item 4.1), pode-se inferir que os efeitos na redução da percentagem na

gordura do leite com FAIO decorreram, principalmente, de uma biohidrogenação incompleta a C18:0, com maior produção e absorção de ácidos graxos C18:1 trans (C 18:1t).

Recentemente, Chalupa et al. (2002) usaram um modelo para explicar o metabolismo e a digestão dos ácidos graxos de cadeia longa. Os dados utilizados foram provenientes de oito publicações que relataram consumo e fluxo de ácidos graxos de cadeia longa para o duodeno (Moate et al., 2001). Os experimentos incluíram 36 dietas com 27 ingredientes comuns. O consumo médio de ácidos graxos de cadeia longa foi de 479g com variação de 72 a 1.040g. Os resultados indicaram que a taxa e a magnitude da biohidrogenação do C18:3 e do C18:2 são maiores do que do C18:1t, residindo aí a possível explicação para uma maior absorção do C 18:1t, quando as dietas são ricas em ácidos graxos polinsaturados que são hidrolisados no rúmen. Outro aspecto mencionado pelos autores (Chalupa et al., 2002) é de que se o nível de C18:1t aumenta no rúmen diminui a biohidrogenação; assim, maior quantidade de C18:1 flui para o intestino delgado. Através do modelo, foi constatado que a quantidade de C18:1t absorvida a partir de sais cálcicos de ácidos graxos de palma e do sebo são pequenas. Numa comparação entre gordura protegida (sais cálcicos de ácidos graxos de palma) e semente de algodão ou grão de soja tostado, a quantidade absorvida de C18:1t foi o dobro nas duas últimas (Chalupa et al., 2002). Portanto, no presente trabalho pode-se sugerir a hipótese de que a quantidade de C18:1t absorvida a partir das fontes de GP e FAIS tenham sido menores do que com FAIO, resultando em concentrações de gordura no leite intermediárias.

A alimentação de vacas lactantes com sementes oleaginosas, tais como soja, girassol, amendoim ou óleo de linhaça, aumenta os teores de ALC no leite (Dhiman et al., 1997). Segundo os mesmos autores, óleos ricos em C18:2 parecem mais efetivos em aumentar o teor de ALC no leite quando comparado com a mesma quantidade de óleo com C18:3. Pesquisadores têm aumentado os teores de ALC através da infusão pós-ruminal ou com o fornecimento de ALC protegido. A infusão de ALC sintético (ALC-60) por cinco dias resultou em redução no conteúdo de gordura no leite (Chouinard et al., 1998). Diminuição no conteúdo de gordura no leite também foi observada através da infusão pós-ruminal em estudo relatado por Looor & Herbein (1998).

Entretanto, em que pese os mecanismos descritos acima terem contribuído na redução do teor percentual de gordura no leite com o emprego de FAIO, a situação não representa um quadro de depressão no teor de gordura, pois a produção total de gordura (kg/dia) não diferiu ( $P > 0,05$ ) deste para os demais tratamentos, e todas as teorias que tentam explicar a depressão da gordura no leite baseiam-se na redução da quantidade de gordura secretada no leite (Bauman & Griinari, 2001), o que não foi verificado no presente experimento. Nesse sentido a GP aumentou ( $P < 0,05$ ) em 5,53% a produção de gordura em comparação com o tratamento controle. Resultado semelhante foi observado por Gagliostro (1997b) que, utilizando 32 vacas Holando-Argentina suplementadas ou não com gordura protegida, verificou que o teor de gordura no leite não foi alterado, mas aumentou em 8% a quantidade total de gordura produzida.

O aumento na concentração de gordura no leite de vacas suplementadas com lipídeos protegidos deve-se, fundamentalmente, a um aumento na captação dos triglicérides plasmáticos contidos em quilomícrons e/ou lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL) de origem intestinal, por parte da glândula mamária. A suplementação com lipídeos protegidos permite também modificar a composição em ácidos graxos da gordura no leite e, portanto, a sua qualidade dietética e/ou tecnológica (Gagliostro & Chilliard, 1992a). O aumento na produção de gordura pode ser explicado pelo maior aporte de ácidos graxos de cadeia longa das fontes lipídicas usadas, especialmente da gordura protegida, que apresentou maior digestibilidade. Os lipídeos do leite podem ser derivados da digestão e absorção das gorduras da dieta (Moore & Steele, 1968; Grummer, 1991). Cant et al. (1993), utilizando gordura amarela nos níveis de 0 e 4% na MS da dieta, observaram uma redução na síntese de novo de ácidos graxos de cadeia curta e aumento na incorporação direta de ácidos graxos de cadeia longa no leite através da suplementação lipídica. Esta incorporação direta de ácidos graxos de cadeia longa da dieta para o leite poupa glicose, aumentando deste modo a disponibilidade desta para a síntese de lactose que, por sua vez, resultará em aumento na produção de leite (Weigel et al., 1997). Isto significa que os ácidos graxos pré-formados da dieta podem ser incorporados diretamente à gordura do leite, reduzindo a energia despendida para a síntese de ácidos graxos e, desse modo, poupando-a para outras funções produtivas da glândula mamária (Schauff et al., 1992a).

No presente trabalho foi verificado que as fontes de gordura promoveram redução na concentração de proteína no leite ( $P < 0,05$ ). Comparando-se com as vacas da dieta controle, foram observadas reduções na ordem de 0,15% para FAIS, 0,25% para FAIO e 0,27% para GP; entretanto, as produções de proteína no leite em quilogramas por dia não foram afetadas pela suplementação lipídica ( $P > 0,05$ ) (Tabela 11).

Normalmente, a suplementação lipídica com gorduras protegidas ou, não, reduzem a concentração de proteína no leite (Palmquist, 1984; Sutton, 1989; Grummer et al., 1993; Kennelly et al., 2000). Esses valores são variáveis, mas em geral atingem até 0,3 unidades percentuais (Sutton, 1989), os quais coincidem com os observados no presente trabalho. Os resultados também são semelhantes aos encontrados por Wu & Huber (1994) quando, numa revisão de 47 trabalhos de pesquisa envolvendo 1.396 vacas, verificaram que a concentração de proteína diminuiu de 1 a 5% com adições de 3 a 15% de gordura na dieta em relação ao grupo controle.

Os fatores que afetam a secreção de proteína no leite vem recebendo grande atenção nos últimos anos, principalmente nos países que remuneram este produto por componentes porque a proteína tem maior efeito no preço do leite do que a gordura. No entanto, a estimativa da resposta em função da dieta é difícil pelo fato de que o suprimento deste componente, exceto nos casos de deficiência, tem menor efeito na secreção de proteína do que o fornecimento de energia ou, mais precisamente, de glicose e seus precursores (Wiseman & Gansworthy, 1997). Alterações na dieta que afetem o suprimento de glicose (proveniente principalmente do propionato que é

absorvido na parede do rúmen) direciona a produção de aminoácidos para a gliconeogênese.

Há pelo menos duas situações em que a suplementação com gordura pode reduzir o suprimento de glicose. Primeiro, por efeitos diretos na fermentação ruminal, reduzindo a produção de propionato. Provavelmente este não seja o principal efeito porque se as gorduras interferem na fermentação ruminal, diminuindo a fermentação da fibra, ocorre diminuição na proporção molar de acetato e não de propionato. A segunda possibilidade é que as gorduras por substituírem normalmente o amido da dieta provocam redução na quantidade de precursores glicogênicos (tanto propionato no rúmen como também o amido digerido no intestino delgado). Esta hipótese poderia estar relacionada com os resultados observados no presente estudo. Embora a concentração de carboidratos não fibrosos nas dietas suplementadas tenha sido na faixa recomendada de 36-38%, a menor quantidade consumida desta fração ( $P < 0,05$ ) em detrimento da fração lipídica ( $P < 0,05$ ) (item 4.3; Tabela 9) poderia incorrer em menor aporte de substratos para a produção de propionato no rúmen, especialmente nas dietas com farelo de arroz (FAIO e FAIS) uma vez que, além do menor consumo de CNF, a quantidade de amido nesse ingrediente é menor do que no milho. Uma situação correlata foi verificada por Smith et al. (1978) que, ao usarem dietas suplementadas com gordura em substituição a grãos em base energética, observaram redução no conteúdo de proteína do leite. Reforça esta hipótese o fato da infusão de glicose no abomaso ter aumentado a produção de leite, mas reduzido a concentração de proteína (Frobish & Davis, 1977). Wilks et al. (1991) compararam os efeitos de

dietas contendo sementes de algodão e farelo de arroz integral com diferentes conteúdos de amido na produção e composição do leite de vacas Holandês no início da lactação. Os resultados mostraram que a percentagem de proteína no leite com FAI foi menor do que a da dieta controle. No entanto a produção de proteína foi semelhante entre tratamentos.

Outra proposta para explicar a depressão no teor de proteína do leite com suplementação lipídica é a ausência de resposta à insulina por parte da glândula mamária. Palmquist & Moser (1981) observaram que a velocidade de remoção plasmática de glicose estava negativamente relacionada com o aumento na concentração de insulina induzida por uma sobrecarga de glicose. Este resultado leva a suposição de que a suplementação com gordura poderia reduzir a captação de aminoácidos devido a baixa resposta do tecido mamário à insulina. Consequentemente, dietas ricas em gordura poderiam causar resistência à insulina o que retardaria a captação de aminoácidos pelo tecido mamário para a síntese de proteína (Wu & Huber, 1994). Entretanto, os resultados de alteração nas concentrações de insulina em resposta à adição de gorduras nas dietas têm sido inconsistentes (Cummins & Sartin, 1987; Gagliostro et al., 1991).

Outra possibilidade está relacionada com a produção de proteína microbiana. Embora a gordura seja utilizada como fonte energética pelo animal, ela não é fermentada no rúmen exceto o glicerol, nas gorduras esterificadas, o qual é fermentado a ácido propiônico, mas proporcionalmente aos ácidos graxos é um constituinte de pequena contribuição quantitativa (1:3). Assim, poderia ser especulado que devido à substituição dos carboidratos não fibrosos

por gordura houve redução na síntese de proteína microbiana, diminuindo o aporte de aminoácidos para o intestino e para a síntese de proteína do leite. Experimento conduzido por Garnsworthy (1996) mostrou que aumentando o conteúdo de gordura da dieta de 2,5 para 7,6% com sais cálcicos de ácidos graxos aumentou a produção de leite e de proteína mas a porcentagem de proteína no leite diminuiu. Quando adicionou lactose (carboidrato rapidamente fermentável) à dieta, a concentração de proteína do leite foi igual ao da dieta controle. Em outro experimento, Cummins & Sartin (1987) verificaram que a suplementação com proteína protegida aliviou parcialmente o efeito negativo da gordura da dieta na concentração de proteína do leite. Quando uma combinação de gordura protegida, proteína protegida e lactose foi usada, os resultados foram complementares ou seja ocorreu aumento na produção de leite sem deprimir a concentração de proteína no leite.

Embora a percentagem seja reduzida, a produção total de proteína, geralmente, permanece constante ou é aumentada. De 83 comparações entre suplementação lipídica versus controle (sem suplementação) sumarizados por Wu & Huber (1994) foi observado que em 65 delas a produção de proteína do leite não foi alterada ou aumentou e no restante dos trabalhos o valor dessa medida diminuiu. Todavia, em 15 das 26 comparações em que a produção de proteína foi reduzida, a produção de leite também diminuiu.

A proteína do leite é sintetizada em parte na glândula mamária a partir de aminoácidos presentes no sangue e algumas proteínas, como as imunoglobulinas e as albuminas séricas, passando diretamente do sangue para a glândula mamária. O teor de proteína da dieta tem um efeito muito pequeno

sobre o teor protéico do leite. Estima-se que para cada 1% de aumento na proteína da dieta entre 9 a 17%, a proteína do leite aumente apenas 0,02%. Esse baixo teor está relacionado à produção insuficiente de proteína microbiana e/ou de aminoácidos essenciais absorvidos no intestino. A produção de proteína microbiana é função da disponibilidade de carboidratos no rúmen. Dessa forma, pode-se afirmar que à medida que aumenta o teor de carboidratos não fibrosos, mais especificamente carboidratos fermentescíveis no rúmen, ocorre aumento nos teores de proteína do leite. Por outro lado, se o aumento destes carboidratos for excessivo, levando a vaca à acidose, há redução na produção de proteína microbiana com conseqüente redução na proteína do leite. Outra hipótese seria baseada em alterações no transporte de aminoácidos para a glândula mamária. Mas essa redução só tem ocorrido quando há diminuição no consumo de matéria seca, o que não ocorreu no presente trabalho.

De acordo com DePeters & Cant (1992), a concentração de proteína no leite é decorrência da relação entre as produções de proteína e de leite. Sendo assim, e tendo em vista que as produções de proteína não diferiram entre tratamentos ( $P > 0,05$ ) no presente trabalho, os efeitos observados devem-se, possivelmente, à diluição das proteínas como conseqüência do maior volume de leite produzido.

Wu et al. (1993), testando três diferentes fontes de gordura, observaram que a suplementação lipídica reduziu o conteúdo de proteína no leite (3,13; 3,05; 2,97 e 3,01%) mas não a sua produção (0,98; 1,03; 0,98 e

1,02 kg/dia) para as dietas controle ou suplementadas com sebo ou sais cálcicos de ácidos graxos de palma ou, então, gordura cristalizada.

Entretanto, o elevado teor de proteína na dieta, especialmente com elevada degradabilidade ruminal, pode elevar os níveis de nitrogênio não protéico no leite às expensas de caseína e/ou proteína do soro (Casper & Schingoethe, 1989; Khorasani et al., 1991).

No presente trabalho, os valores de nitrogênio não protéico no leite não foram influenciados ( $P>0,05$ ) pelas fontes lipídicas utilizadas, enquanto os valores de caseína foram menores nos tratamentos com fontes de gordura adicionadas ( $P<0,05$ ) o que afetou o percentual de proteína verdadeira, às custas de valores numéricos menores para proteína do soro. Assim como ocorreu com os valores de proteína bruta, as produções de caseína e de proteína verdadeira não foram influenciadas pela suplementação ( $P>0,05$ ).

As proteínas do leite são compostas de dois grandes grupos. O principal é constituído de caseínas (alfa S1, alfa S2, beta e kappa) que representam cerca de 80% das proteínas verdadeiras. Valores desta ordem (Tabela 11) foram também observados no presente trabalho sem diferença entre a suplementação ou não com gordura ( $P<0,05$ ). O segundo grupo reúne as proteínas solúveis, constituídas essencialmente de beta-lactoglobulina, alfa-lactoalbumina, da albumina do soro e das imunoglobulinas. As proteínas solúveis do leite apresentam valor nutricional elevado (Alais, 1985); porém, a caseína, além do alto valor nutricional, também é determinante para o rendimento na transformação do leite em queijo (Barbano & Sherbon, 1984; Aleandri et al., 1990).

Como a fração de nitrogênio não protéico do leite não tem o mesmo valor nutricional e econômico da proteína verdadeira (proteína bruta menos o nitrogênio não protéico) para a elaboração de derivados lácteos seria recomendável que os laboratórios que usam aparelhos automatizados de análise pelo infravermelho determinassem esta fração, ao invés de proteína bruta. Desse modo, através de uma única medida, seriam obtidos dados mais significativos para melhorar os aspectos relacionados à alimentação, manejo e seleção de vacas leiteiras. Proteína verdadeira já está sendo usada em modelos atuais (NRC, 2001) no balanceamento de dietas de bovinos leiteiros e poderia ser usada como parâmetro para definir a remuneração aos produtores. Isto porque a determinação tanto de caseína como da fração de nitrogênio não protéico usando o método de Kjeldahl, além de trabalhosa e morosa, tem custo elevado quando comparada ao emprego de aparelhos automatizados, os quais vem sendo usados para a determinação da proteína bruta pelo infravermelho.

Os valores percentuais de lactose, como podem ser observados na Tabela 11, foram muito próximos (4,5%) e não sofreram influência da suplementação ou não com gordura ( $P>0,05$ ). No entanto, as produções médias diárias (kg/dia) deste componente foram maiores com a suplementação lipídica ( $P<0,05$ ), refletindo as diferenças observadas nas produções de leite.

A lactose é o principal fator osmótico no leite, sendo que no processo de síntese, este açúcar conduz água para as células epiteliais mamárias. Em função da estreita relação entre a síntese de lactose e a quantidade de água drenada para o leite, o conteúdo de lactose é o componente do leite que menos varia e é menos afetado pela alimentação

(Mühlbach et al., 2000). Para a síntese da lactose é necessária antes a isomerização da glicose para galactose. Posteriormente, a enzima lactose-sintetase, limitante na secreção de leite, catalisa a união da UDP-galactose com a glicose resultando em lactose (Alais, 1985). A glicose, majoritariamente proveniente do sangue, é usada para a síntese de lactose (79%) e aquela que não é assim utilizada serve a síntese de glicerol e para fornecimento de energia no processo de biosíntese do leite (Alais, 1985), ou seja, a disponibilidade de glicose sangüínea é um fator limitante para a síntese do leite.

No presente trabalho não eram esperadas alterações nos percentuais de lactose em função da suplementação lipídica, o que também foi observado em outros trabalhos com diferentes fontes e níveis de gordura (Murphy & Morgan, 1983; Bermudes, 1999; Avila, 2000; Santos et al., 2000; López, 2001), mas sim, na quantidade produzida, tendo em vista a elevada correlação da lactose com o volume de leite produzido, o que também concorda com outros autores (Clark, 1975; Sutton, 1989; Cant et al., 1991; Erickson et al., 1992).

Os sólidos totais, que representam o somatório dos demais componentes do leite, apresentados na Tabela 11, foram maiores ( $P < 0,05$ ) em valores percentuais no leite para os animais da dieta controle em relação às dietas suplementadas sem apresentar diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre as fontes. Todavia, a produção de sólidos totais foi maior ( $P < 0,05$ ) para a dieta com GP em relação à não suplementada, e as dietas com FAIO e FAIS não diferiram das demais ( $P > 0,05$ ) com valores numéricos intermediários.

As produções de sólidos totais (kg/dia) mostraram comportamento semelhante à produção de gordura, assim como em relação à produção de leite corrigida para 3,5% de gordura. Transformando os valores dos componentes em valores energéticos, constata-se que as produções avaliadas também desta forma refletem as mesmas diferenças estatísticas verificadas com a avaliação da produção de leite corrigida para gordura. A produção de energia no leite do grupo suplementado com gordura protegida foi 0,70 Mcal/dia (5,05%) superior ( $P < 0,05$ ) ao grupo controle. As demais fontes (FAIO e FAIS) apresentaram valores numéricos intermediários com diferença em relação ao grupo controle de 0,20 e 0,36 Mcal/dia, respectivamente.

#### **4.6. Parâmetros sanguíneos**

Na Tabela 12 são observados os valores médios referentes às concentrações de gama-glutamil-transferase (GGT) (U/L), glicose (mg/dL), nitrogênio uréico (mg/dL), triglicerídeos (mg/dL), ácidos graxos não esterificados (AGNE) (mEq/L), colesterol (mg/dL) e cálcio (mg/dL) no soro sanguíneo das vacas, por tratamento. As concentrações séricas de gama-glutamil-transferase, glicose, colesterol, triglicerídeos, ácidos graxos não esterificados, nitrogênio uréico e cálcio, por vaca, encontram-se no Apêndice 27 e os resumos da análise de variância nos Apêndices 67 a 73.

Os níveis séricos da enzima gama-glutamil-transferase não foram afetados pelas fontes lipídicas ( $P > 0,05$ ), apresentando valores médios de 11,56 U/L. Estes resultados estão de acordo com os observados por López (2001) que, comparando o efeito de fontes de gordura na dieta de vacas da raça

Jersey no início da lactação, também não observou diferenças nos níveis séricos desta enzima (valores médios de 9,74 U/L).

TABELA 12- Médias das concentrações de GGT (U/L), glicose (mg/dL), nitrogênio uréico (mg/dL), triglicérides (mg/dL), AGNE (mEq/L), colesterol (mg/dL) e cálcio (mg/dL) no soro sanguíneo das vacas por tratamento

Variáveis	Tratamentos			
	CON	GP	FAIO	FAIS
GGT	11,81	11,50	11,56	11,37
Glicose	63,62	62,12	63,31	63,75
Nitrogênio Uréico	18,11	18,14	18,19	16,67
Triglicérides	10,37b	13,44a	11,69ab	11,31ab
AGNE	0,182	0,179	0,192	0,163
Colesterol	168,31c	239,87a	200,62b	204,37b
Cálcio	9,39ab	9,55a	8,81c	9,10bc

Médias na mesma linha, seguidas de letra diferente, diferem estatisticamente ( $P < 0,05$ ) pelo teste F.

Os valores encontrados também são próximos aos  $18,6 \pm 6,2$  U/L observados por Rico et al. (1977) em estudo sobre a distribuição da GGT em vacas, assim como nas citações de Blood & Radostits (1991), Kaneco et al. (1997) e no Manual Merck de Veterinária (1997), cujos valores são bastante amplos, de 0 a 31; 6,1 a 17,4 e 4,9 a 25,7 UI/L, respectivamente. Entretanto, diferem da média observada por Bermudes (1999) de 31 U/L, que estudou a inclusão de uma fonte comercial de gordura protegida na dieta de vacas em lactação, embora também não tenha encontrado diferença com ou sem a suplementação lipídica.

Após estudos sobre a distribuição tecidual e sanguínea de enzimas, Rico et al. (1977) concluíram que em razão da relativa especificidade da GGT,

a sua determinação poderia ser de grande valor no diagnóstico de alterações hepáticas em vacas. Assim, os resultados do presente trabalho indicam que a suplementação com gordura nas dietas, nos níveis empregados, não comprometeram a atividade hepática dos animais.

As concentrações séricas de glicose não diferiram entre tratamentos ( $P>0,05$ ) e foram muito próximas, com média de 63,20 mg/dL, valores estes condizentes com a literatura.

A glicose sangüínea é responsável pela síntese de lactose e também contribui significativamente para a síntese de gordura e de proteínas do leite. A síntese do leite necessita mais glicose do que as outras funções do organismo, sendo que nenhum outro glicídeo pode substituir a glicose no sentido de atender a demanda da glândula mamária (Clark, 1975).

Há vários mecanismos que poderiam contribuir para manter a glicemia (Gagliostro & Chilliard, 1992b). Assim, a diminuição na oxidação da glicose para produzir NADPH necessário para a lipogênese “de novo”, devido a uma inibição da mesma nos tecidos adiposo e mamário frente ao aporte de lipídeos; a diminuição da oxidação de glicose para produção de ATP, que pode resultar da oxidação dos ácidos graxos exógenos. Também o possível aumento na gliconeogênese hepática, como conseqüência de uma menor concentração plasmática de insulina e um aumento da concentração do hormônio do crescimento e, finalmente, uma eventual falta de resposta à insulina do organismo suplementado com lipídeos, são alguns desses mecanismos.

A grande maioria dos resultados obtidos até o momento não acusa alterações nos níveis de glicose do sangue (Hutjens & Schultz, 1971; Macleod

& Wood, 1972; Bines et al., 1978; Smith et al., 1978; Rafalowski & Park, 1982; Vicente et al., 1984; Steele, 1985; Palmquist et al., 1993; Wu et al., 1993; Grum et al., 1996; Gagliostro, 1997b; Bermudes, 1999; López, 2001). São poucos os autores que observaram aumento neste parâmetro sanguíneo com a suplementação lipídica. Jenkins & Jenny (1989), Grant & Weidner (1992), Elliott et al. (1993), Bateman et al. (1996) verificaram que em média a concentração de glicose no plasma aumentou de 57,58 mg/dL para 63,60 mg/dL para os grupos controle e suplementados, respectivamente. No presente trabalho os valores médios foram de 63,20 mg/dL.

Com relação aos teores de nitrogênio no sangue, assim como no leite, os valores tem sido expressos como uréia ou como nitrogênio uréico e em diferentes unidades, seja no sistema métrico (mg/dL) ou no sistema internacional (SI) de medidas (mmol/L) ou ainda em percentagem, o que gera dificuldades de comparação. Estes valores podem ser transformados de uma forma para outra. Os valores de nitrogênio uréico no sangue (NUS) não diferiram entre tratamentos ( $P > 0,05$ ) e podem ser considerados normais, quando comparados com valores referência de 2,6 a 7,0 mmol/L de uréia (7,28 a 19,61 mg/dL de nitrogênio uréico) descritos por Contreras (2000).

Os resultados estão de acordo com outros trabalhos, nos quais os autores empregaram diferentes fontes e quantidades de gordura e não observaram efeito neste parâmetro (Mielke & Schingoethe, 1981; Shauff et al., 1992a; Wu et al., 1993; Grum et al., 1996; Gagliostro, 1997b). Porém, divergem do trabalho conduzido por López (2001) que observou diferenças significativas nas concentrações de uréia sérica com emprego de gordura protegida (63,12

mg/dL = 29,49 mg/dL de NU) e com sebo (60,75 mg/dL = 28,39 mg/dL de NU), em relação ao tratamento controle (sem adição de gordura) (48,44 mg/dL = 22,64 mg/dL NU), cujos valores são superiores aos observados no presente trabalho.

Geralmente, valores elevados de NUS estão associados a dietas com valores elevados de proteína degradável no rúmen (PDR) e com a concomitante deficiência de carboidratos não fibrosos ou de carboidratos fermentescíveis no rúmen, o que impossibilita uma melhor utilização do nitrogênio como fonte de crescimento microbiano. O conseqüente aumento na produção de amônia no rúmen resultaria em aumento na concentração deste metabólito no sangue e subseqüente aumento na concentração de uréia sangüínea. No entanto, quantidades elevadas de proteína não degradável no rúmen (PNDR) também geram a mesma condição, pois excessos de nitrogênio, tanto de origem ruminal como pós-ruminal, são eliminados do organismo através do mesmo processo de síntese hepática de uréia. Assim, excesso de proteína, tanto na forma não degradável como degradável, aumentará o NUS (Roseler et al., 1993). No presente trabalho, conforme pode ser observado na Tabela 9, o consumo de proteína entre tratamentos foi semelhante ( $P > 0,05$ ) e o de carboidratos não fibrosos foi menor com as fontes de gordura ( $P < 0,05$ ) não comprometendo a utilização do nitrogênio no rúmen. Também pode-se inferir que o menor nível de carboidratos não fibrosos nas dietas com gordura não comprometeu a disponibilidade de propionato para a gliconeogênese. Não fosse assim, o uso de aminoácidos da dieta ou endógenos como substratos para gliconeogênese provocaria perda de

nitrogênio na forma de uréia, com subsequente elevação dos níveis sanguíneos de nitrogênio uréico.

Os níveis sanguíneos de triglicerídeos (Tabela 11) variaram de 10,37 mg/dL para o tratamento controle a 13,44 mg/dL no tratamento com gordura protegida ( $P < 0,05$ ), ficando em posição intermediária os tratamentos com FAIO (11,69 mg/dL) e com FAIS (11,31 mg/dL), que não diferiram ( $P > 0,05$ ) dos demais. Em que pese valores mais elevados de triglicerídeos nos animais que receberam as diferentes fontes de gordura, os mesmos se encontram numa faixa de normalidade (até 14 mg/dL) (Meyer & Harvey (1998).

A maior concentração de triglicerídeos circulantes nos animais que receberam as diferentes fontes lipídicas pode ser atribuída à maior absorção intestinal de gordura. As concentrações de triglicerídeos refletem os resultados do ensaio de digestibilidade aparente (Tabela 5) uma vez que as dietas suplementadas, em especial aquela com gordura protegida, proporcionaram maior aporte de gordura digestível e maior digestibilidade.

Os resultados encontrados também estão de acordo com Gagliostro & Chilliard (1992b) que observaram elevações na produção de leite e gordura e nos níveis plasmáticos de triglicerídeos de vacas suplementadas com gordura. Como pode ser observado na Tabela 10, as produções de leite corrigidas para 3,5% de gordura e as de gordura (kg/dia) acompanharam, igualmente, as diferenças estatísticas entre tratamentos.

Níveis mais elevados de triglicerídeos sanguíneos têm sido freqüentemente observados em trabalhos com suplementação lipídica (Bitman et al., 1973; Goering et al., 1977; DePeters et al., 1989; Jenkins & Jenny, 1989;

Chow et al., 1990; López, 2001). Por exemplo, níveis de triglicerídeos plasmáticos aumentados em vacas lactantes de 7,65 mg/dL para 12,65 mg/dL foram observados por Chow et al. (1990) ao suplementarem a dieta com gordura amarela, enquanto López (2001) observou aumento de 7,50 mg/dL para 11,00 mg/dL com gordura protegida. Entretanto, há trabalhos que contrariam esses resultados, como Schneider et al. (1988), West & Hill (1990) e Gagliostro (1997b) com sais cálcicos de ácidos graxos, Bermudes (1999) trabalhando com gordura protegida de origem marinha e Kronfeld et al. (1980) com sebo protegido, não mostraram diferença ao adicionarem estes lipídeos à dieta de vacas em lactação.

Os níveis séricos de ácidos graxos não esterificados (AGNE) não diferiram em razão da suplementação ou não com gordura ( $P > 0,05$ ), apresentando valores médios de 1,79 mEq/L.

Concentrações sangüíneas de AGNE (abreviatura na literatura inglesa = NEFA) tem sido usadas, principalmente, para indicar mobilização de gordura corporal durante consumo insuficiente de energia (Chow et al, 1990; Erickson et al., 1992). Estas alterações têm despertado especial interesse no período de transição de vacas leiteiras entre o final da gestação (últimos 21 dias) e os primeiros 21 dias de lactação (Grummer, 1995b). Como o consumo de energia logo após o parto, normalmente é menor do que a demanda para atender as necessidades de produção, eleva-se a concentração do hormônio de crescimento (somatotropina) em relação à concentração de insulina na corrente sangüínea, promovendo a mobilização do tecido adiposo. Ao mesmo tempo o tecido adiposo torna-se neste período mais susceptível a ações de

hormônios lipolíticos como as catecolaminas (epinefrina e noroepinefrina) (Bell, 1995). Os ácidos graxos do tecido adiposo circulam como AGNE, constituindo-se, neste período, na principal fonte de energia das vacas em lactação (Drackley, 1998). Bell (1995) sugeriu que mais de 40% dos ácidos graxos do leite podem provir dos AGNE durante os primeiros dias de lactação. O fígado capta uma quantidade proporcional de AGNE presentes no sangue (Drackley, 1998). Neste órgão os AGNE podem ser completamente oxidados à dióxido de carbono fornecendo energia ao próprio órgão; parcialmente oxidados produzindo corpos cetônicos (acetoacetato e  $\beta$ -hidroxibutirato) que são liberados na corrente sangüínea, servindo de combustível ou substratos para outros tecidos, e esterificados ao glicerol formando triglicerídeos. Entretanto, a capacidade do fígado em utilizar ou liberar AGNE é normalmente limitada. Quando o consumo de nutrientes é insuficiente e grandes quantidades de AGNE são liberados na circulação, o fígado acumula e armazena AGNE como triglicerídeos, determinando o fígado adiposo com diferentes intensidades. Um segundo problema ocorre quando o fornecimento de precursores gliconeogênicos é insuficiente para a completa catabolização dos produtos (acetil-coenzima-A) da  $\beta$ -oxidação dos ácidos graxos. O acúmulo de acetil-coenzima-A nas células provoca a formação de corpos cetônicos, que são liberados no sangue, podendo resultar em cetose.

A suplementação lipídica de vacas em lactação tem mostrado resultados controvertidos sobre os teores de AGNE no sangue destes animais. Em determinadas situações a suplementação com gordura produziu aumento na concentração sangüínea deste metabólito (Palmquist & Conrad, 1978;

Sharma et al., 1978; Ronge et al., 1988; Erickson et al., 1992; Avila et al., 2000). Em outro experimento realizado por López (2001), a resposta foi parcial, ou seja, houve aumento nos níveis sanguíneos de AGNE de 1,16 mEq/L para 1,69 mEq/L quando a fonte suplementar foi gordura protegida, porém, não ocorreram diferenças ( $P>0,05$ ) quando o suplemento foi sebo ou grão de soja triturado. Há trabalhos em que a concentração deste metabólito não foi afetada pela suplementação com gordura (Schneider et al., 1988; Salfer et al., 1995; Bermudes, 1999).

A elevação nos teores de AGNE pode ocorrer por hidrólise dos triglicerídeos através da lipase lipoprotéica e pela lipomobilização (Champe & Harvey, 1996). O pico na concentração de AGNE ocorre próximo ao parto coincidindo com o baixo consumo de matéria seca e elevada produção de leite. Quando o consumo de matéria seca começa a aumentar a concentração de AGNE no sangue diminui. O consumo de matéria seca e a concentração de AGNE estão inversamente relacionados. Kronfeld (1980) especulou que a suplementação com gordura seria uma forma de reduzir a mobilização de ácidos graxos do tecido adiposo e, portanto, diminuindo os níveis de AGNE circulantes.

No presente trabalho, o estágio da lactação no qual as vacas se encontravam no início do experimento (média de 69 dias), a não diferença no peso corporal durante os períodos experimentais (Apêndices 19 e 44) (balanço neutro – sem mobilização de gordura corporal) e a grande semelhança no consumo de matéria seca entre tratamentos, parece justificar a semelhança entre os valores observados. Entretanto, deve-se ressaltar o elevado

coeficiente de variação (51,12%) apresentado na análise desta medida, o que prejudica uma avaliação exata a respeito.

Os níveis séricos de colesterol das vacas foram afetados pela inclusão das fontes lipídicas na dieta. Os animais que receberam a gordura protegida apresentaram valores mais elevados (239,87 mg/dL)( $P < 0,05$ ), seguido das fontes não protegidas (FAIO = 200,62 mg/dL e FAIS = 204,37 mg/dL), que não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ), mas que foram maiores do que os daqueles que não receberam suplementação lipídica (168,31 mg/dL)( $P < 0,05$ ).

Vários estudos também acusaram aumento na concentração sangüínea de colesterol de vacas em lactação consumindo suplementos lipídicos (Wrenn et al., 1976; Wrenn et al., 1978; DePeters et al., 1989; Jenkins & Jenny, 1989; West & Hill, 1990; Boila et al., 1993; Drackley & Elliott, 1993). Segundo Bitman et al. (1973), Nestel et al. (1978) e Schauff et al. (1992a), o aumento na concentração de colesterol no sangue de vacas consumindo dietas suplementadas com gordura é devido ao aumento na síntese intestinal de colesterol (necessário para a absorção e transporte de elevados teores de lipídeos circulantes provenientes da dieta) e também a uma redução na excreção fecal de ácidos biliares (Nestel et al., 1978).

O aumento de colesterol circulante poderia estar relacionado com maior conteúdo de colesterol no leite, o que seria indesejável para o consumidor. Entretanto, pesquisadores como Bitman et al. (1973); Macleod et al. (1977); Wrenn et al. (1977); Sharma et al. (1978) e Rafalowski & Park (1982) verificaram que apesar do aumento na concentração de colesterol do sangue com a suplementação lipídica o seu conteúdo no leite e na carne não se alterou

(Wrenn et al., 1977). Esta observação, segundo Wrenn et al. (1977) indica que o colesterol não é transferido diretamente do sangue para o leite devido aos “pools” metabólicos diferenciados.

Conduzindo uma série de estudos para investigar a origem do colesterol no leite do ruminante, Long et al. (1980) constataram que, embora uma certa quantidade de colesterol seja sintetizada através da síntese “de novo” na glândula mamária, a maior parte dele é provindo da fração presente no soro sangüíneo. Os dados destes estudos também indicaram que o colesterol sérico equilibra-se com o colesterol das membranas das células mamárias lactantes antes da sua transferência e secreção no leite. Estas observações permitem supor que a concentração de colesterol no leite está mais estreitamente relacionada ao seu conteúdo no “pool” da membrana do que à sua concentração sangüínea (Rafalowski & Park, 1982).

Os níveis séricos de cálcio (Tabela 12) foram menores para o tratamento FAIO ( $P < 0,05$ ) em relação aos tratamentos GP e CON, não diferindo de FAIS ( $P < 0,05$ ). As variações nas concentrações de cálcio no soro de bovinos são de 8,0 a 10,5 e 8,4 a 11,0 mg/dL segundo Blood & Radostits (1991) e Manual Merck de Veterinária (1997), respectivamente.

Vários pesquisadores (Bines et al., 1978; Kronfeld et al., 1980; Coppock et al., 1985; Mohamed et al., 1988; West & Hill, 1990; Harrison et al., 1995; López, 2001) não detectaram diferença na concentração de cálcio sangüíneo na avaliação de diferentes fontes de gordura na dieta de vacas em lactação. Assim, West & Hill (1990) não encontraram diferença na concentração de cálcio sérico ao incluírem sais cálcicos de ácidos graxos à

dieta de vacas em lactação, com valores de 9,49 e 9,64 mg/dL para os grupos controle e suplementados, respectivamente. Também López (2001) não encontrou diferença entre os níveis séricos de cálcio ao testar sebo, gordura protegida e grãos de soja moídos em relação a uma dieta sem adição de gordura (valores de 9,30; 9,36; 9,35 e 9,47, respectivamente). Ao contrário, Steele (1984) observou redução drástica nos níveis sanguíneos de cálcio de vacas em lactação com emprego de 2,5 kg/dia de óleo de amendoim ou 2,2 kg/dia de grãos de amendoim moídos. Quando o autor aumentou o aporte mineral de 50 para 75 g/dia os valores de cálcio sanguíneo voltaram ao normal em, aproximadamente, cinco dias de fornecimento.

No presente trabalho, embora os níveis séricos de cálcio estejam na faixa considerada normal, o menor valor encontrado para a dieta com FAIO e, em menor extensão com FAIS, pode ser atribuído à formação de sais cálcicos de ácidos graxos (sabões). Esta ocorrência seria positiva no rúmen por diminuir a interferência da gordura na fermentação ruminal. Isto explicaria, ao menos em parte, a ausência de efeitos negativos de FAIO e FAIS na digestibilidade da fibra observada na avaliação da digestibilidade (ítem 4.1). Por outro lado, a diminuição na absorção de cálcio indicaria que os sabões formados no rúmen não foram totalmente dissociados nas porções seguintes do trato digestivo, o que comprometeria a absorção intestinal de ácidos graxos da fonte lipídica. Esta situação também poderia estar associada com a menor digestibilidade, tanto de FAIO como de FAIS, em comparação com a gordura protegida, observada neste trabalho. Estes resultados demonstram que são necessárias mais pesquisas para definir os níveis ótimos de cálcio em dietas com farelo de

arroz integral como fonte de gordura, especialmente com períodos longos de utilização.

## 5. CONCLUSÕES

As fontes de gordura estudadas não afetam o consumo voluntário de matéria seca, a digestibilidade aparente de nutrientes (matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro e carboidratos não fibrosos) e aumentam a produção de leite.

A suplementação com gordura protegida possibilita maior produção de leite corrigida para 3,5% de gordura, sólidos totais e de energia, melhorando a eficiência alimentar em relação aos animais não suplementados.

As fontes de gordura diminuem a concentração láctea de proteína bruta, proteína verdadeira e de caseína, sem reduzir as produções diárias destes componentes.

A gordura protegida aumentou as concentrações sanguíneas de triglicerídeos em relação aos animais não suplementados e de colesterol também em relação as fontes naturais, as quais promoveram concentrações maiores que a dieta controle. Este fato deve-se, provavelmente, a diferenças observadas na digestibilidade aparente da fração lipídica das fontes, que foi maior com a gordura protegida. Ao mesmo tempo, com exceção dos níveis de cálcio que foram menores com farelo de arroz + óleo, as fontes não alteraram os níveis de glicose, nitrogênio uréico, ácidos graxos não esterificados e da

enzima gama-glutamil-transferase. De acordo com a literatura disponível, todos os parâmetros sanguíneos são normais.

Na avaliação de resposta na produção de leite de vacas submetidas a diferentes fontes de gordura, não há vantagem em prolongar o período experimental de 21 para 28 dias, em delineamento experimental em quadrado latino.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAIS, C. **Ciencia de la leche**. 2ª ed. Revertè S.A., Barcelona, 1985. 873p.
- ALEANDRI, R.; BUTTAZZONI, L.G.; SCHNEIDER, J.C. et al. The effects of milk protein polymorphisms on milk and chese-producing ability. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 73, n. 2, p. 241-255, 1990.
- ALLEN, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 74, n. 12, p. 3063-3075, 1996.
- ALLEN, M.S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1447-1462, 1997.
- ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 83, n. 7, p. 1598-1624, 2000.
- ANDREW, S.M.; TYRREL, H.F.; REYNOLDS, C.K. et al. Net energy value for lactation of a dietary fat supplement fed to mature dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 74, n. 8, p. 2588-2600, 1991.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 16. ed. Arlington, 1996. 1137p.
- ASELTINE, M. Pacific northwest nutrition conference papers reviewed. **Feedstuffs**, Minnetonga, v. 60, n. 49, p.19, 1988.
- ASTRUP, H.N.; VIK-MO, L.; EKERN, A.; BAKKE, F. Feeding protected and unprotected oils to dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 59, n. 4, p. 426-430, 1976.
- AVILA, C.D.; DePETERS, E.J.; PEREZ-MONTI, H. et al. Influences of saturation ratio of supplemental dietary fat on digestion and milk yield in dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 83, n. 7, p. 1505-1519, 2000.
- BALDWIN, R.; SMITH, N.; TAYLOR, J. et al. Manipulating metabolic parameters to improve growth rate and milk secretion. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 51, n. 6, p. 1416-1428, 1980.

BANKS, W.; CLAPPERTON, J.L.; GIRDLER, A.K.; STEELE, W. Effect of inclusion of different forms of dietary fatty acids on the yield and composition of cows milk. **J. Dairy Res.**, London, v. 51, n. 3, p. 387-395, 1984.

BANKS, W.; CLAPPERTON, J.L.; MORAG, E.F.; WILSON, A.G. Effect of feeding fat to dairy cows receiving a fat-deficient basal diet. **J. Dairy Res.**, London, v. 43, n. 2, p. 213-218, 1976.

BARBANO, D.M.; SHERBON, J.W. Cheddar cheese yields in New York. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 67, n. 8, p. 1873-1883, 1984.

BATEMAN, H.G.; JENKINS, D.; Influence of soybean oil in higher fiber diets fed to nonlactating cows on ruminal unsaturated fatty acids and nutrient digestibility. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 81, n. 9, p. 2451-2458, 1998.

BATEMAN, H.G.; SPAIN, J.N.; ELLERSIECK, M.R. Influence of by-product feeds and tallow on lactation performance of Holstein cows during two seasons. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 79, n. 1, p. 114-120, 1996.

BAUCHART, D. Lipid absorption and transport in ruminants. Symposium: Advances in ruminant lipid metabolism. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 76, n. 8, p. 3864-3881, 1993.

BAUMAN, D.E.; GRIINARI, J.M. Review: Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. **Liv. Prod. Sci.**, Amsterdam, v. 70, [s.n.], p. 15-29, 2001.

BEAULIEU, A.D.; PALMQUIST, D.L. Differential effects of high fat diets on fatty acid composition in milk of Jersey and Holstein cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 78, n. 6, p. 1336-1344, 1995.

BEITZ, D.C.; DAVIS, C.L. Relationships of certain milk fat depressing diets to changes in the proportions of the volatile fatty acids produced in the rumen. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 47, n. 11, p. 1213-1216, 1964.

BELL, A.W. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 72, n. 7, p. 2804-2819, 1995.

BERMUDES, R.F. **Gordura protegida na dieta de vacas de alta produção à campo, em alfafa verde ou pré-secada, na fase inicial da lactação.** Porto Alegre, 1999. 294 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

BERNARD, J.K. Effect of raw or roasted whole soybeans on digestibility of dietary nutrients and milk production of lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 73, n. 11, p. 3231-3236, 1990.

BERTRAND, J.A.; GRIMES, L.W. Influence of tallow and *Aspergillus oryzae* fermentation extract in dairy cattle rations. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 80, n. 6, p. 1179-1184, 1997.

BINES, J.A.; BRUMBY, P.E.; STORRY, J.E. et al. The effect of protected lipids on nutrient intakes, blood and rumen metabolites and milk secretion in dairy cows during early lactation. **J. Agric. Sci.**, Cambridge, v. 91. n. 1, p. 135-150, 1978.

BITMAN, J.; DRYDEN, L.P.; GOERING, H.K. et al. Efficiency of transfer of polyunsaturated fats into milk. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, Champaign, v. 50, n. 3, p. 93-98, 1973.

BLOOD, D.C.; RADOSTITS, O.M. **Clínica Veterinária**. 7. ed. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 1991. 1263p.

BOILA, R.J.; MABON, B.M.; INGALLS, J.R. Response of dairy cows to barley grain, tallow or whole sunflower seeds as supplemental energy in early lactation. **Can. J. Anim. Sci.**, Ottawa, v. 73, n. 2, p. 327-342, 1993.

BOCK, B.J.; HARMON, D.L.; BRANDT, R.T.; SCHNEIDER, J.E. Fat source and calcium level effects on finishing steer performance, digestion and metabolism. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 69, n. 5, p. 2211-2224, 1991.

BOGGS, D.; BERGEN, W.; HAWKINS, D. Effects of tallow supplementation and protein withdrawal on ruminal fermentation, microbial synthesis and site of digestion. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 64, n. 3, p. 907-914, 1987.

BROOKS, C.C.; GARNER, G.B.; GEHRKE, C.W. et al. The effect of added fat on the digestion of cellulose and protein by ovine rumen microorganism. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.13, n.4, p. 758-764, 1954.

BROWN, W.H.; STULL, J.W.; STOTT, G.H. Fatty acid composition of milk. I. Effect of roughage and dietary fat. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 45, n. 2, p. 191-198, 1962.

BRUMBY, P.E.; STORRY, J.E.; SUTTON, J.D. Metabolism of cod – liver oil in relation to milk fat secretion. **J. Dairy Res.**, London, v. 39, n. 1, p. 167-172, 1972.

BYERS, F.M.; SCHELLING, G.T. Lipids in Ruminant Nutrition. In:CHURCH, D.C. (Coord.) **The Ruminant Animal**: digestive physiology and nutrition. New Jersey: Prentice Hall, 1988. p. 298-312.

CANALE, C.J.; MULLER, L.D.; McCAHON, H.A. et al. Dietary fat and ruminally protected amino acids for high producing dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 73, n. 1, p. 135-141, 1990.

CANT, J.P.; DePETERS, E.J.; BALDWIN, R.L. Effect of dietary fat and postruminal casein administration on milk composition of lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 74, n. 1, p. 211-219, 1991.

CANT, J.P.; DePETERS, E.J.; BALDWIN, R.L. Mammary uptake of energy metabolites in dairy cows fed fat and its relationship to milk protein depression. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 76, n. 1, p. 211-219, 1993.

CASPER, D.P.; SCHINGOETHE, D.J. Production technical notes. Model to describe and alleviate milk protein depression in early lactation dairy cows fed a high fat diet. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 72, n. 12, p. 3327-3335, 1989.

CERBULIS, J.; FARREL, H.M.Jr. Composition of the milks of dairy cattle. II. Ash, calcium, magnesium, and phosphorus. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 59, n. 4, p. 589-593, 1976.

CHALUPA, W.; MOATE, P.; BOSTON, R. Ruminal metabolism and intestinal digestion of fatty acids. Disponível em >[http://animal.cals.arizona.edu/SWNMC/pdf/2002/Chalupa\\_Moate\\_Boston2002.pdf](http://animal.cals.arizona.edu/SWNMC/pdf/2002/Chalupa_Moate_Boston2002.pdf) > Acesso em setembro de 2002.

CHALUPA, W.; RICKABAUGH, B.; KRONFELD, D. S.; SKLAN, D. Ruminal fermentation in vitro as influenced by long chain fatty acids. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 67, n. 7, p. 1439-1444, 1984.

CHALUPA, W.; VECCHIARELLI, B.; ELSER, A.E. et al. Ruminal fermentation in vivo as influenced by long chain fatty acids. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 69, n. 5, p. 1293-1301, 1986.

CHAMPE, P.C.; HARVEY, R.A. **Bioquímica Ilustrada**. 2. ed., Porto Alegre, Artes médicas, 1966. 446p.

CHANDLER, P. Energy value of high fat feed ingredients explored. **Feedstuffs**, Minnetonka, v. 60, n. 53, p. 17 e 22, 1988.

CHANDLER, P. Digestibility of fat sources for dairy cows deserves another look. **Feedstuffs**, Minnetonka, v. 65, n. 15, p. 1-3, 1993.

CHILLIARD, Y. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs, and rodents: a review. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 76, n. 12, p. 3897-3931, 1993. Symposium Advances in Ruminant Lipid Metabolism.

CHOW, J.M.; DePETERS, E.J.; BALDWIN, R.L. Effect of rumen-protected methionine and lysine on casein in milk when diets high in fat or concentrate are fed. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 73, n. 4, p. 1051-1061, 1990.

CHRISTIE, W.W.; NOBLE, R.C.; CLEGG, R.A. The hydrolysis of very low density lipoproteins and chylomicrons of intestinal origin by lipoprotein lipase in ruminants. **Lipids**, Champaign, v. 21, n. 3, p. 252-253, 1986.

CLARK, J.H. Lactational responses to postprandial administration of proteins and amino acids. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 58, n. 8, p. 1178-1197, 1975.

CHOUINARD, P.Y.; GIRARD, V.; BRISSON, G.J. Fatty acid profile and physical properties of milk fat from cows fed calcium salts of fatty acids with varying unsaturation. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 81, n. 2, p. 471-481, 1998.

CONTRERAS, P.A. Indicadores do metabolismo protéico utilizados nos perfis metabólicos de rebanhos. In: Gonzáles, F.H.D. (ed) **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre, Gráfica Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000, p. 23-30.

COPPOCK, C.E.; WEST, J.W.; MOYA, J.R. et al. Effects of amount of whole cottonseed on intake, digestibility, and physiological responses of dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 68, n. 9, p. 2248-2258, 1985.

COPPOCK, C.E.; WILKS, D.L. Supplemental fat in high-energy rations for lactating cows: Effects on intake, digestion, milk yield and composition. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 69, n. 9, p. 3826-3837, 1991.

CROOM, W.J.; BAUMAN, D.E.; DAVIS, C.L. Methylmalonic acid in low-fat milk syndrome. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 64, n. 4, p. 649-654, 1981.

CUMMINS, K.A.; PAPAS, A.H. Effect of isocarbon-4 and isocarbon-5 volatile fatty acid on microbial protein synthesis and dry matter digestibility in vitro. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 68, n. 10, p. 2588-2595, 1985.

CUMMINS, K.A.; SARTIN, J.L. Response of insulin, glucagon and growth hormone to intravenous glucose challenge in cows fed high fat diets. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 70, n. 2, p. 277-283, 1987.

CZARNOCKI, J.; SIBBALD, I.R.; EVANS, E.V. The determination of chromic oxide in samples of feed and excreta by acid digestion and spectrophotometry. **Canadian J. Anim. Sci.**, Ottawa, v. 4, n. 1, p. 167-179, 1961.

DAVIS, C.L.; BROWN, R.E. Low-fat milk syndrome. In: Phillipson, A.T.(ed.), *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant*. Oriel Press, Newcastle, p. 545-565, 1970.

DAVIS, C.L.; BROWN, R.E.; BEITZ, D.C. Effect of feeding high-grain restricted-roughage rations with and without bicarbonates on the fat content of milk produced and proportions of volatile fatty acids in the rumen. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 47, n. 12, p. 1217-1219, 1964.

DEMEYER, D.I.; VAN NEVEL, C.J. Transformations and effects of lipids in the rumen: Three decades of research at Gent University. **Archiv Für Tierernahrung**, v. 48, n. 1-2, p. 119-134, 1995.

DePETERS, E.J.; CANT, J.P. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: a review. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 75, n. 8, p. 2043-2070, 1992.

DePETERS, E.J.; TAYLOR, S.J.; BALDWIN, R.L. Effect of dietary fat in isocaloric rations on the nitrogen content of milk from Holstein cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 72, n. 11, p. 2949-2957, 1989.

DERESZ, F.; FERNANDES, A.M.; MATOS, L.L. de; TEIXEIRA, J.C. Utilização da soja-grão crua na alimentação de vacas leiteiras de alta produção. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 113-124, 1996.

DEVENDRA, C.; LEWIS, D. The interaction between dietary lipids and fibre in the sheep. **Anim. Prod.**, Edinburgh, v. 19, n. 1, p.67-76, 1974.

DHIMAN, T.R.; KOREVAAR, A.C.; SATTER, L.D. Particle size of roasted soybeans and the effect on milk production of dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 80, n. 8, p. 1722-1727, 1997.

DHIMAN, T.R.; ZANTEN, K.V.; SATTER, L.D. Effect of dietary fat source on fatty acid composition of cow's milk. **J. Sci. Food Agric.**, London, v. 69, n. 1, p. 101-107, 1995.

DOREAU, M. Effects of supplementation with hydrogenated fish fat on digestion in dairy cows. **Ann. Zootech.**, v. 41, n. 2, p. 137-143, 1992.

DOREAU, M.; BAUCHART, D.; KINDLER, A. Effect of fat and lactose supplementation on digestion in dairy cows.1. Non lipid components. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 70, n. 1, p. 64-70, 1987.

DOREAU, M.; BATISSE, V.; BAUCHART, D. Appréciation de l'hydrogénation des acides gras alimentaires dans le rumen de la vache: Étude méthodologique préliminaire. **Ann. Zootech.**, v. 38, n. 2, p. 139-144, 1989.

DOREAU, M.; CHILLIARD, Y.; BAUCHART, D. et al. Influence of different fat supplements on digestibility and ruminal digestion in cows. **Ann. Zootech.**, v. 40, n. 1, p. 19-30, 1991.

DRACKLEY, J.K. Transitional period nutrition management explored. **Feedstuffs**, Minnetonka, n. 9, p. 12 e16, 1998.

DRACKLEY, J.K.; GRUM, D.E.; McCOY, G.C.; KLUSMEYER, T.H. Comparison of three methods for incorporation of liquid fat into diets for lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 77, n. 8, p. 1386-1484, 1994.

DRACLEY, J.K. New perspectives on energy values and supplementation levels of supplemental fats. In: PROCEEDINGS WESTERN CANADIAN DAIRY SEMINAR. Edmonton, v. 11, 1999. **Proceedings...** Edmonton, 1999. p. 171-180.

DRACKLEY, J.K; ELLIOTT, J.P. Milk composition, ruminal characteristics and nutrient utilization in dairy cows fed partially hydrogenated tallow. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 76, n. 1, p. 183-196, 1993.

EASTRIDGE, M.L.; FIRKINS, J.L. Feeding hydrogenated fatty acids and triglycerides to lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 74, n. 8, p. 2610-2616, 1991.

EASTRIDGE, M.L.; FIRKINS, J.L. Feeding tallow triglycerides of different saturation and particle size to lactating dairy cows. **Anim. Feed Sci. Tech.**, Amsterdam, v. 83, n. 3, p. 249-259, 2000.

EL HAG, G.A.; MILLER, T.B. Evaluation of whisky distillers by-product. VI. The reduction in digestibility of malt distiller's grain by fatty acids and the interaction with calcium and other reversal agents. **J. Sci. Food Agric.**, v. 23, n. 2, 247-258, 1972.

ELLIOTT, J.P.; BARTON, E.P.; WILLIAMS, J.A. Milk fat as related to vitamin B12 status. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 62, n. 4, p. 642-645, 1979.

ELLIOTT, J.P.; DRACKLEY, J.K.; SCHAUFF, D.J.; JASTER, E.H. Diets containing high oil corn and tallow for dairy cows during early lactation. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 76, n. 3, p. 775-789, 1993.

ELLIOTT, J.P.; DRACKLEY, J.K.; WEIGEL, D.J. Digestibility and effects of hydrogenated palm fatty acid distillate in lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 79, n. 6, p. 1031-1039, 1996.

ELMEDDAH, Y.; DOREAU, M.; MICHALET-DOREAU, B. Interaction of lipids supply and carbohydrates in the diet of sheep with digestibility and ruminal digestion. **J. Agric. Sci.**, Cambridge, v. 116, n. 4, p. 437-445, 1991.

ERDMANN, R.A. Dietary buffering requirements of the dairy cow: a review. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 71, n. 10, p. 3246-3266, 1988.

ERICKSON, P.S.; MURPHY, M.P.; CLARK, J.K. Supplementation of dairy cow diets with calcium salts of long-chain fatty acids and nicotinic acid in early lactation. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 75, n. 4, p. 1078-1089, 1992.

EVANS, E.H.; YORSTON, S.A.; BINNENDYK, D.V. Numerous factors affect milk protein percentage. **Feedstuffs**, Minnetonga, v. 65, n. 15, p. 14-21, 1993.

FROBISH, R.A.; DAVIS, C.L. Effects of abomasal infusions of glucose and propionate on milk yield and composition. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 60, n. 2, p. 204-209, 1977.

GAGLIOSTRO, G.A. Lípidos by pass. In: CURSO DE ACTUALIZACION PROFESIONAL: Alimentacion y Enfermedades de la Nutricion en Vacas Lecheras, 3., 1997a, Valdés, Buenos Aires, AR. Valdés: INTA : UNLP : CREA, 1997a. p. 51-65.

GAGLIOSTRO, G.A. Suplementacion com sales de calcio de acidos grasos en vacas lecheras en lactancia media en condiciones de pastoreo. **Rev. Arg. Prod. Anim.**, Buenos Aires, v. 17, n. 2, p. 83-96, 1997b.

GAGLIOSTRO, G.A.; CHILLIARD, Y. Utilizacion de lípidos protegidos en la nutricion de la vaca lechera. I. Efectos sobre la producción y la composición de la leche y sobre la ingestón de materia seca y energía. **Rev. Arg. Prod. Anim.**, Buenos Aires, v. 12, n. 1, p. 1-15, 1992a.

GAGLIOSTRO, G.A.; CHILLIARD, Y. Utilizacion de lípidos protegidos en la nutricion de vacas lecheras. II. Efectos sobre la concentración plasmática de metabolitos y hormonas, movilización de lípidos corporales y actividad metabólica del tejido adiposo. **Rev. Arg. Prod. Anim.**, Buenos Aires, v. 12, n. 1, p. 17-32, 1992b.

GAGLIOSTRO, G.A.; CHILLIARD, Y.; DAVICCO, M. Duodenal rape seed oil infusion in early and mid lactation cows. 2. Voluntary intake, milk production and composition. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 74, n. 5, p. 499-509, 1991.

GALBRAITH, H.; MILLER, T.B.; PATON, A.M.; THOMPSON, J.K. Antibacterial activity of long chain fatty acids and the reversal with calcium, magnesium, ergocalciferol and cholesterol. **J. Appl. Bact.**, v. 34, n. 4, 803-813, 1971.

GARCIA-BOJALIL, C.M.; STAPLES, C.R.; RISCO, C.A. et al. Protein degradability and calcium salts of long-chain fatty acids in the diets of lactating dairy cows. Production responses. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 81, n. 5, p. 1374-1384, 1998.

GARNSWORTHY, P.C. The effects on milk yield and composition of incorporating lactose into the diet of dairy cows given protected fat. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 62, p.1-3, 1996.

GAYNOR, P.J.; WALDO, D.R.; CAPUCO, A.V. et al. Milk fat depression, the glucogenic theory and trans – C 18:1 fatty acids. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 78, n. 9, p. 2008- 2015, 1995.

GETACHEW, G.; DePETERS, E.J.; ROBINSON, P.H.; TAYLOR, S.J. In vitro rumen fermentation and gas production: influence of yellow grease, tallow, corn

oil and their potassium soaps. **Anim. Feed Sci. Technology**, Amsterdam, v. 93, [s/n], p. 1-15, 2001.

GOERING, H.K.; WRENN, T.R.; EDMONDSON, L.F. et al. Feeding polyunsaturated vegetable oils to lactating cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 60, n. 5, p. 739-747, 1977.

GRAINGER, R.B.; WHITE, T.W.; BAKER, F.H.; STROUD, J.W. The interrelationship between calcium and fat in ruminant digestion (Abstr.). **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 16, n. 4, p. 1086-1087, 1957.

GRANT, R.J.; WEIDNER, S.J. Nutrition feeding and calves. Effect of fat from whole soybeans on performance of dairy cows fed rations differing in fiber level and particle size. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 75, n. 10, p. 2742-2751, 1992.

GRIINARI, J.M.; DWYER, D.A.; McGUIRE, M.A. et al. Trans-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 81, n. 5, p. 1251-1261, 1998.

GRUM, D.E.; DRACKLEY, J.K.; HANSEN, L.R.; CREMIN, Jr., J.D. Production, digestion, and hepatic lipid metabolism of dairy cows fed increased energy from fat or concentrate. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 79, n. 10, p. 1836-1849, 1996.

GRUMMER, R.R. Influence of prilled fat and calcium salt of palm oil fatty acids on ruminal fermentation and nutrient digestibility. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 71, n. 1, p.117-123, 1988.

GRUMMER, R.R. Effect of feed on the composition of milk fat. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 74, n. 9, p. 3244-3257, 1991.

GRUMMER, R.R. Feeding strategies for supplemental fat. In: Van Horn, H.H.; Wilcox, C.J. (ed.) **Large Dairy Herd Management** [ S.I. ] : [ s.n. ], 1992. 826p.

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

GRUMMER, R.R. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 73, n. 9, p. 2820-2833, 1995b.

GRUMMER, R.R.; CARROL, D.J. Effects of dietary fat on metabolic disorders and reproductive performance of dairy cattle. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 69, n. 9, p. 3838-3852, 1991.

GRUMMER, R.R.; HATFIELD, M.L.; DENTINE, M.R. Our industry today. Acceptability of fat supplements in four dairy herds. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 73, n. 3, p. 852-857, 1990.

GRUMMER, R.R.; LUCK, M.L.; BARMORE, J.A. Rumen fermentation and performance of cows fed roasted soybeans and tallow. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 76, n. 9, p. 2674-2681, 1993.

GRUMMER, R.R. Feeding fat: Strategies for successful supplementation. **Large Anim. Veterinarian**, p.10-16, July/August, 1996.

GUNSTONE, F.D.; PADLEY, F.B. **Lipid Technologies and Applications**. Marcel Dekker, New York, 1997. 834 p.

HARRISON, J.H.; KINCAID, R.L.; McNAMARA, J.P. et al. Effect of whole cottonseeds and calcium salts of long-chain fatty acids on performance of lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 78, n. 1, p. 181-193, 1995.

HATCH, C.; PERRY, T.; MOHLER, M. et al. Effect of added fat with graded levels of calcium to urea-containing rations for beef cattle. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 34, n. 3, p. 483-487, 1972.

HENRICHS, A.J.; PALMQUIST, D.L.; CONRAD, H.R. Feed intake patterns of cow fed high fat grain mixtures. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 65, n. 7, p. 1325-1335, 1982.

HENDERSON, C. The effects of fatty acid on pure cultures of rumen bacteria. **J. Agric. Sci.**, Cambridge, v. 81, n. 1, p. 107-112, 1973.

HERMANSEN, J. Feed intake, milk yield and milk composition by replacing metabolism of Holstein cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 63 (suppl.), p. 153, 1980.

HERMANSEN, J. Feed intake, milk yield and milk composition by replacing unprotected fat by Ca-soaps for dairy cows. **Anim. Feed Sci. and Tech.**, Amsterdam, v. 22, n. 2, p. 193-202, 1989.

HINDERS, R. Carbohydrates from forages for dairy cows examined. **Feedstuffs**, Minnetonka, nov. 9, p. 10 and 14, 1998.

HINDERS, R. Optimum dietary fat levels for high-producing cows explored. **Feedstuffs**, Minnetonka, march 13, p. 10 and 27, 2000.

HOFFMAN, P.C.; GRUMMER, R.R.; SHAVER, R.D. et al. Feeding supplemental fat and undegraded intake protein to early lactation dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3468-3474, 1991.

HOOVER, W.H.; STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3630-3644, 1991.

HUTJENS, M.F.; SCHULTZ, L.H. Addition of soybeans or methionine analog to high-concentrate rations for dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 54, n. 11, p. 1637-1644, 1971.

IKWUEGBU, O.A.; SUTTON, J.D. The effect of varying the amount of linseed oil supplementation on rumen metabolism in sheep. **British J. of Nutrition**, Wallingford, v. 48, n. 2, p. 365-375, 1982.

IRGA – INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ. O arroz na conjuntura. **Bol. IRGA**, Porto Alegre, ano 1, n. 1, p. s/n., 2001.

JARRIGE, R. **Alimentacion de los rumiantes**. INRA, Mundi-Prensa, Madrid, 1981. 697 p.

JENKINS, T.C. Nutrient digestion, ruminal fermentation and plasma lipids in steers fed combination of hydrogenated fat and lecithin. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 68, n. 2, p. 907-912, 1990.

JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 76, n. 12, p. 3851-3863, 1993. Symposium Advances in Ruminant Lipid Metabolism.

JENKINS, T.C. Regulation of lipid metabolism in the rumen. **J. Nutr.**, London, v. 124, n. 9, p. 1372-1376, 1994.

JENKINS, T.C. Success of fat in dairy rations depends on the amount. **Feedstuffs**, Minnetonka, v. 69, n. 13, p. 11-12, 1997.

JENKINS, T.C. Caloric versus noncaloric considerations when feeding fat to dairy cattle. Proc. 17<sup>th</sup> Southwest Nutrition and Management Conf. Phoenix, 2002. Disponível ><http://animal.cals.arizona.edu/SWNMC/pdf/2002/Jenkins.pdf>> Acesso em setembro de 2002.

JENKINS, T.C. Fatty acids composition of milk from Holstein cows fed oleamide or canola oil. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 81, n. 3, p. 794-800, 1998.

JENKINS, T.C.; BERTRAND, J.A.; BRIDGES JR., W.C. Interactions of tallow and hay particle size on yield and composition of milk from lactating Holstein cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 81, n. 5, p. 1396-1402, 1998.

JENKINS, T.C.; FOTOUHI, N. Effect of lecithin and corn oil on site of digestion, ruminal fermentation and microbial protein synthesis in sheep. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 68, n. 2, p. 460-466, 1990.

JENKINS, T.C.; GIMÉNEZ, T.; CROSS, D. Influence of phospholipids on ruminal fermentation in vitro and on nutrient digestion and serum lipids in sheep. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 67, n. 2, p. 529-537, 1989.

JENKINS, T.C.; JENNY, B.F. Effect of hydrogenated fat on feed intake, nutrient digestion, and lactation performance of dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 72, n. 9, p. 2316-2324, 1989.

JENKINS, T.C.; PALMQUIST, D.L. Effect of added fat and calcium on in vitro formation of insoluble fatty acid soaps and cell wall digestibility. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 55, n. 4, p. 957-963, 1982.

JENKINS, T.C.; PALMQUIST, D.L. Effect of fatty acid or calcium soaps on rumen and total nutrient digestibility of dairy ration. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 67, n. 5, p. 978-986, 1984.

JENSEN, R.G.; FERRIS, A.M.; LAMMI-KEEFE, C.J. The composition of milk fat (review). **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 74, n. 9, p. 3228-3243, 1991.

JERRED, M.J.; CARROL, D.J.; COMBS, D.K.; GRUMMER, R.R. Effects of fat supplementation and immature alfalfa to concentrate ratio on lactation performance of dairy cattle. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 73, n. 10, p. 2842-2854, 1990.

JOHNSON, R.R.; McCLURE, K.E. High fat rations for ruminants. II. Effect of fat added to corn plant material prior to ensiling on digestibility and voluntary intake of the silage. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 36, n. 2, p. 397-406, 1973.

JOHNSON, M.M.; PETERS, J.P. Technical note: An improved method to quantify nonesterified fatty acids in bovine plasma. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 71, n. 3, p. 753-756, 1993.

KANECO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**, 5. ed., Academic Press, California, 1997. 932 p.

KATZ, I.; KEENEY, M. Characterization of the octadecenoic acids in rumen digesta and rumen bacteria. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 49, n. 6, p. 962-966, 1966.

KENNELLY, J.J.; GLIMM, D.R. The biological potential to alter composition of milk. In: PROCEEDINGS OF THE LENNOXVILLE CONFERENCE ON MILK PRODUCTION: SCIENCE SERVING THE INDUSTRY. **Canadian J. Anim. Sci.**, Ottawa, v. 78 (supplement), p. 23-56, 1998.

KENNELLY, J.J.; GLIMM, D.R.; OZIMEK, L. Potential to alter the composition of milk explored. **Feedstuffs**, Minnetonka, v. 72, n. 10, p. 11,17 and 27, 2000.

KENT, B.A.; ARAMBEL, M.J. Effect of calcium salts of long chain fatty acid on dairy cows in early lactation. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 71, n. 9, p. 2412-2415, 1988.

KIM, Y.K.; SCHINGOETHE, D.J.; CASPER, D.P.; LUDENS, F.C. Supplemental dietary fat from extruded soybeans and calcium soaps of fatty acids for lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 76, n. 1, p. 197-204, 1993.

KING, K.; STOCKDALE, C.; TRIGG, T. Influence of high energy supplements containing fatty acids on the productivity of pasture-fed dairy cows. **Australian J. of Experim. Agric.**, v. 16, p. 11-16, 1990.

KHORASANI, G.R.; ROBINSON, P.H.; BOER, G. de ; KENNELLY, J.J. Influence of canola fat on yield, fat percentage, fatty acid profile, and nitrogen fractions in Holstein milk. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 74, n. 6, p. 1904-1911, 1991.

KLUSMEYER, T.H.; CLARK, J. H. Effects of calcium salt of long chain fatty acids and ratio of forage to concentrate on flow of energy and fatty acids to the duodenum of lactating cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 73 (suppl. 1), p. 218, 1990.

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

KLUSMEYER, T.H.; LYNCH, G.L.; CLARK, J.H. Effects of calcium salts of fatty acid and proportion of forage in diets on ruminal fermentation and nutrient flow to duodenum of cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 74, n. 7, p. 2220-2232, 1991.

KOLB, E. **Microfactores en Nutricion Animal**. Ed. Acribia, Zaragoza, 1972. 270p.

KOMARAGIRI, M.V.; CASPER, D.P.; ERDMAN, R.A. Factors affecting body tissue mobilization in early lactation dairy cows. 2. Effect of dietary fat on mobilization of body fat and protein. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 81, n. 1, p. 169-175, 1998.

KOMAREK, R.; HERTING, D.; PAPAS, A. Effect of ammonium salts of volatile fatty acid added to chopped whole corn plant on the passage of nitrogen and aminoacids to the small intestine of steers. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 67 (suppl. 1), p. 116, 1984.

KRONFELD, D.S.; DONOGHUE, S.; NAYLOR, J.M. et al. Metabolic effects of feeding protected tallow to dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 63, n. 4, p. 545-552, 1980.

LOOR, J.L.; HERBEIN, J.H. Exogenous conjugated linoleic acid isomers reduce bovine milk fat concentration and yield by inhibiting fatty acid synthesis. **J. Nutr.**, London, v. 128, n. 4, p. 2411-2423, 1998.

LONG, C.A.; PATTON, S.; McCARTHY, R.D. Origins of the cholesterol in milk. **Lipids**, Champaign, v. 15, n. 10, p. 853-857, 1980.

LÓPEZ, S.E. **Suplementação com diferentes fontes de gordura para vacas Jersey de alta produção na fase inicial da lactação**. Porto Alegre, 2001. 223f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LUCAS, H.; LOOSLI, J. The effect of fat upon the digestion of nutrients by dairy cows. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 3, n. 1, p. 3-21, 1944.

MACLEOD, G.K.; WOOD, A.S. Influence of amount and degree of saturation of dietary fat on yield and quality of milk. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 55, n. 4, p. 439-444, 1972.

MACLEOD, G.K.; YU, Y.; SCHAEFFER, L.R. Feeding value of protected animal tallow for high yielding dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 60, n. 5, p. 726-738, 1977.

MACLEOD, G.H.; BUCHANAN-SMITH, J.G. Digestibility of hydrogenated tallow, saturated fatty acids and soybean oil-supplemented diets by sheep. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 35, n. 4, p. 890-895, 1972.

MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S. de C.; SILVA, J.F.C. da et al. Sebo bovino em rações para vacas em lactação. 1. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 153-163, 1996a.

MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S. de C.; SILVA, J.F.C. da et al. Sebo bovino em rações para vacas em lactação. 2. Digestão total e parcial dos nutrientes. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 164-176, 1996b.

MANUAL MERCK DE VETERINÁRIA: um manual de diagnóstico, tratamento, prevenção e controle de doenças para o veterinário. 7. ed. São Paulo : Roca, 1997. 2169p.

McCLYMONT, G.L.; VALLANCE, S. Depression of blood glycerides and milk-fat synthesis by glucose infusion. **Proc. Nutr. Soc.**, London, v. 21, p. 41-42, 1962.

McGUIRE, M.A.; GRIINARI, J.M.; DWYER, D.A.; BAUMAN, D.E. Role of insulin in the regulation of mammary synthesis of fat and protein. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 78, n. 4, p. 816-824, 1995.

MERTENS, D.R. Predicting intake and digestible using mathematical models of rumen function. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 64, n. 8, p. 1548-1558, 1987.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: Fahey Jr., G.C. (ed.), **Forage quality, evaluation, and utilization**, Madison, p. 450-493, 1994.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of Dairy Cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 80, n. 7, p. 1463-1481, 1997.

MEYER, D.J.; HARVEY, J.W. *Veterinary Laboratory Medicine: Interpretation & Diagnosis*. 2 ed. W.B. Saunder Company, Pennsylvania, 1998. 346 p.

MIELKE, C.D.; SCHINGOETHE, D.J. Heat-treated soybeans for lactating cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 64, n. 7, p. 1579-1585, 1981.

MIR, Z. A comparison of canola acidulated fatty acids and tallow as supplement to a ground alfalfa diet for sheep. **Can. J. Anim. Sci.**, Ottawa, v. 68, n. 5, p. 761-767, 1988.

MOATE, P.J.; BOSTON, R.C.; CHALUPA, W. Validation of a model for the digestion of fat in dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 84, (Suppl. 1), p. 352, 2001.

MOHAMED, O.E.; SATTER, L.D.; GRUMMER, R.R.; EHLE, F.R. Influence of dietary cottonseed and soybean on milk production and composition. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 71, n. 10, p. 2677-2688, 1988.

MOORE, J.A.; STEELE, W. Dietary fat and milk fat secretion in the cow. **Proc. Nutr. Soc.**, London, v. 27, n. 1, p. 66-70, 1968.

MOORE, J.A.; SWINGLE, R.S.; HALE, W.H. Effects of whole cottonseed, cottonseed oil or animal fat on digestibility of wheat straw diets by steers. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 63, n. 4, p. 1267-1273, 1986.

MORA, P.J.G.; LEÃO, M.I.; VALADARES FILHO, S. de C. et al. Grãos de soja em rações para vacas lactantes: consumo dos nutrientes, produção e composição do leite. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 369-381, 1996.

MOTA, F.S. Estudo do clima do R. G. do Sul segundo o sistema de W. Köeppen. **Rev. Agron.**, Porto Alegre, v. 16, n. 193-198, p. 132-141, 1953.

MÜHLBACH, P.R.F.; OSPINA, H.; PRATES, E.R.; BARCELLOS, J.O.J. Aspectos nutricionais que interferem na qualidade do leite. In: 2º ENCONTRO ANUAL DA UFRGS SOBRE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 2000, Porto Alegre. [Anais] : Novos desafios para a produção leiteira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre : Departamento de Zootecnia da UFRGS, 2000. p. 73-102.

MURPHY, J.J.; MORGAN, D.J. Effect of inclusion of protected and unprotected tallow in the supplement on the performance of lactating dairy cows. **Anim. Prod.**, Edinburgh, v. 37, n. 2, p. 203-210, 1983.

MURPHY, M.; UDÉN, P.; PALMQUIST, D.L. et al. Rumen and total digestibilities in lactating cows fed diets containing full fat rapeseed. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 70, n. 8, p. 1572-1582, 1987.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of dairy cattle**. 6. ed. Washington, DC.: National Adacemy of Sciences, 1989. 157p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washington, DC.: National Adacemy of Sciences, 2001, 381p.

NESTEL, P.J.; POYSER, A.; HOOD, R.L. et al. The effect of dietary fat supplements on cholesterol metabolism in ruminants. **J. Lipid Res.**, Bethesda, v. 19, n. 7, p. 899-909, 1978.

NIEMEYER, H. **Bioquímica**. Zaragoza: Inter-médica. 1978. p. 72-91. Cap. 3: Metabolismo de los lípidos.

NIGIDI, M.E.; LOERCH, S.C.; FLUHARTY, F.L. et al. Effects of calcium soaps of long-chain fatty acids on feedlot performance, carcass characteristics, and ruminal metabolism of steers. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 68, n. 8, p. 2555-2565, 1990.

NOCEK, J.E. Bovine acidosis: Implications on Laminitis. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 80, n. 5, p. 1005-1028, 1997.

OHAJURUKA, O. A.; WU, Z.; PALMQUIST, D.L. Ruminal metabolism, fiber and protein digestion by lactating cows fed calcium soaps or animal vegetable fat. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 74, n. 8, p. 2601-2609, 1991.

ONETTI, S.G.; SHAVER, R.D.; MCGUIRRE, M.A.; GRUMMER, R.R. Effect of type and level of dietary fat on rumen fermentation and performance of dairy cows fed corn silage-based diets. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 84, n. 12, p. 2751-2759, 2001.

PALMQUIST, D.L. Calcium soaps of fatty acids with varying unsaturation of fat supplements for latanting cows.(abstr.). **Can. J. Anim. Sci.**, Ottawa, v. 64 (suppl. 1), p. 240-241, 1984.

PALMQUIST, D.L. Influence of source and amount of dietary fat on digestibility in lactating cows. **J. Dairy Sci.** , Champaign, v. 74, n. 4, p. 1354-1360, 1991.

PALMQUIST, D.L.; CONRAD, H.R. High fat rations for dairy cows. Effects on feed intake, milk and fat production, and plasma metabolites. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 61, n. 7, p. 890-901, 1978.

PALMQUIST, D.L.; CONRAD, H.R. High fat rations for dairy cows. Tallow and hydrolyzed blended fat at two intakes. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 63, n. 3, p. 391-395, 1980.

PALMQUIST, D.L.; DAVIS, C.L.; BROWN, R.E. SACHAN, D.S. Availability and metabolism of various substrates in ruminants. V. Entry rate into the body and incorporation into milk fat of D (-)  $\beta$ -hydroxybutyrate. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 52, n. 4, p. 633-638, 1969.

PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. Fat in lactation ration: Review. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 63, n. 1, p. 1-14, 1980.

PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C.; JOYNER, A. Effect of dietary fat and calcium source on insoluble soap formation in the rumen. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 69, n. 4, p. 1020-1025, 1986.

PALMQUIST, D.L.; JOYNER, A.; JENKINS, T.C. Effect of dietary calcium source on rate of insoluble soap formation in the rumen and digestibility of fiber in sacco. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 68 (supplem. 1), p. 111, 1985.

PALMQUIST, D.L.; MOSER, E.A. Dietary fat effects on blood insulin, glucose utilization, and milk protein content of lactating cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 64, n. 8, p. 1664-1670, 1981.

PALMQUIST, D.L.; WEISBJERG, M.R.; HVELPLUND, T. Ruminal, intestinal, and total digestibilities of nutrients in cows fed diets high in fat and undegradable protein. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 76, n. 5, p. 1353-1364, 1993.

PANTOJA, J.; FIRKINS, J.L.; EASTRIDGE, M.L. Fatty acid digestibility and lactation performance by dairy cows fed fats varying in degree of saturation. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 79, n. 3, p. 429-437, 1996.

PANTOJA, J.; FIRKINS, J.L.; EASTRIDGE, M.L.; HULL, B.L. Effects of fat saturation and source of fiber on site of nutrient digestion and milk production by lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 77, n. 8, p. 2341-2356, 1994.

PARODI, P.W. Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 82, n. 6, p. 1339-1349, 1999.

PENNINGTON, J.A.; DAVIS, C.L. Effects of intra-ruminal and intra-abomasal additions of cod liver oil on milk fat production in the cow. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 58, n. 1, p. 49-59, 1975.

PEREIRA, C.M. de A.; SILVA, J.F.C. da; VALADARES FILHO, S. de C. et al. Grão de soja moído na ração de vacas em lactação. 1. Consumo e digestibilidade dos nutrientes. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1218-1224, 1998a.

PEREIRA, C.M. de A.; SILVA, J.F.C. da; VALADARES FILHO, S. de C. et al. Grão de soja moído na ração de vacas em lactação. 2. Produção e composição do leite. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1225-1233, 1998b.

PIPEROVA, L.S.; TETER, B.B.; BRUCKENTAL, I. et al. Mammary lipogenic enzyme activity, trans fatty acids and conjugated linoleic acids are altered in lactating dairy cows fed a milk fat-depressing diet. **J. Nutr.**, London, v. 130, p. 2658-2674, 2000.

PIRES, A.V.; EASTRIDGE, M.L.; FIRKINS, J.L. Roasted soybeans, blood meal, and tallow as sources of fat and ruminally undegradable protein in the diets of lactating cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 79, n. 9, p. 1603-1610, 1996.

POWELL, E.B. Some relations on the roughage intake to the composition of milk. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 22, n. 3, p. 453-454, 1939.

RABELLO, T.G.; VALADARES FILHO, S. de C.; SILVA, J.F.C. da et al. Grão de soja moído na alimentação de vacas em lactação. 1. Consumo, produção e composição do leite. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 345-356, 1996.

RAFALOWSKI, W.; PARK, C.S. Whole sunflower seed as a fat supplement for lactating cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 65, n. 8, p. 1484-1492, 1982.

RICO, A.G.; BRAUN, J.P.; BENARD, P.; THOUVENOT, J.P. Blood and tissue distribution of gamma-glutamyl-transferase in the cow. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 60, n. 8, p. 1283-1287, 1977.

RINDSIG, R.B.; SCHULTZ, L.H. Effects of abomasal infusions of safflower oil or elaidic acid on blood lipids and milk fat in dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 57, n. 12, p. 1459-1466, 1974.

RODE, L.; WEAKLEY, D.; SATTER, L. Effect of forage amount and particle size in diets of lactating dairy cows on site of digestion and microbial protein synthesis. **Can. J. Anim. Sci.**, Ottawa, v. 65, n. 1, p. 101-111, 1985.

RODE, L.; SATTER, L. Effect of amount and length of alfafa hay in diets containing barley or corn on site of digestion and rumen microbial protein synthesis in dairy cows. **Can. J. Anim. Sci.**, Ottawa, v. 68, n. 3, p. 445-454, 1988.

RODRIGUEZ, L.A.; STALLINGS, C.C.; HERBEIN, J.H.; MCGILLIARD, M.L. Effect of degradability of dietary protein and fat on ruminal, blood, and milk

components of Jersey and Holstein cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 80, n. 2, p. 353-363, 1997.

ROGERS, J.A.; CLARK, W.A.; FERRARO, D.N. et al. Milk production of dairy cows fed ammonium and calcium salts of volatile fatty acids on 43 commercial dairy farms. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 72, n. 1, p. 270-283, 1989.

ROMO, G.A.; CASPER, D.P.; ERDMAN, R.A.; TETER, B.B. Abomasal infusion of cis or trans fatty acid isomers and energy metabolism of lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 79, n. 11, p. 2005-2015, 1996.

RONGE, H.; BLUM, J.; CLEMENT, C. et al. Somatomedin C in dairy cows related to energy and protein supply and to milk production. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 47, n. 10, p. 165-183, 1988.

ROSELER, D.K.; FERGUSON, J.D.; SNIFFEN, C.J.; HERREMA, J. Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk nonprotein nitrogen in Holstein cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 76, n. 2, p. 525-534, 1993.

RUEGSEGGER, G.J.; SCHULTZ, L.H. Response of high producing dairy cows in early lactation to the feeding of heat-treated whole soybeans. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 68, n. 12, p. 3272-3279, 1985.

RUPPERT, L.D.; DRACKLEY, J.K.; BREMMER, D.R.; CLARK, J.H. Utilization of tallow by lactating dairy cows fed diets based on alfalfa haylage or corn silage. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 74, (suppl.) p. 87, 1996.

RUSSEL, R.W.; SNIFFEN, C.J.. Effect of carbon-4 and carbon-5 volatile fatty acid on growth of mixed rumen bacteria in vitro. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 67, n. 6, p. 987-994, 1984.

SALFER, J.A.; LINN, J.G.; OTTERBY, D.E. et al. Early lactation responses of Holstein cows fed a rumen-inert fat prepartum, postpartum, or both. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 78, n. 2, p. 368-377, 1995.

SANTOS, F.L.; LANA, R. de P.; SILVA, M.T.C. et al. Efeito da suplementação de lipídios na ração sobre a produção e a composição do leite de vacas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa : SBZ, 2000. p. 417.

SAS/STAT. **User's Guide**, version 6. 4, ed. North Caroline: SAS Institute, 1998.

SAUNDERS, R.M. The properties of rice bran as a foodstuff. **Cereal Foods World**, St Paul, v. 35, n. 7, p. 632-636, 1990.

SCHAUFF, D.J.; CLARK, J.H. Effects of prilled fatty acids and calcium salts of fatty acids on rumen fermentation, nutrient digestibilities, milk production, and milk composition. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 72, n. 4, p. 917-927, 1989.

SCHAUFF, D.J.; CLARK, J.H. Effects of feeding diets containing calcium salts of long-chain fatty acids to lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 75, n. 12, p. 2990-3002, 1992.

SCHAUFF, D.J.; CLARK, J.H.; DRACKLEY, J.K. Effects of feeding lactating dairy cows diets containing extruded soybeans and calcium salts of long-chain fatty acids. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 75, n. 11, p. 3003-3019, 1992a.

SCHAUFF, D.J.; ELLIOTT, J.P.; CLARK, J.H.; DRACKLEY, J.K. Effects of feeding lactating dairy cows diets containing whole soybeans and tallow. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 75, n. 7, p. 1923-1935, 1992b.

SCHNEIDER, P.; SKLAN, D.; CHALUPA, W.; KRONFELD, D.S. Feeding calcium salts of fatty acids to lactating cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 71, n. 8, p. 2143-2150, 1988.

SHINGOETHE, D.J.; CASPER, D.P. Total lactational response to added fat during early lactation. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 74, n. 8, p. 2617-2632, 1991.

SCOTT, T.A.; SHAVER, R.D.; ZEPEDA, L. et al. Effects of rumen-inert fat on lactation, reproduction, and health of high producing Holstein herds. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 78, n. 11, p. 2435-2451, 1995.

SELNER, D.R.; SCHULTZ, L.H. Effects of feeding oleic acid or hydrogenated vegetable oils to lactating cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 63, n. 8, p. 1235-1241, 1980.

SHARMA, H.R.; INGALLS, J.R.; McKIRDY, J.A. Replacing barley with protected tallow in ration of lactating Holstein cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 61, n. 5, p. 574-583, 1978.

SIMAS, J.M.; HUBER, J.T.; THEURER, C.B. et al. Influence of fat source and sorghum grain treatment on performance and digestibilities of high yielding dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 80, n. 11, p. 2907-2912, 1997.

SKAAR, T.C.; GRUMMER, R.R.; DENTINE, M.R.; STAUFFACHER, R.H. Seasonal effects of prepartum and postpartum fat in niacin feeding on lactation performance and lipid metabolism. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 72, n. 8, p. 2028-2038, 1989.

SKLAN, D.; MOALLEM, U.; FOLMAN, Y. Effect of feeding calcium soaps of fatty acids on production and reproductive responses in high producing lactating cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 74, n. 2, p. 510-517, 1991.

SMITH, N.E.; DUNKLEY, W.L.; FRANKE, A.A. Effects of feeding protected tallow to dairy cows in early lactation. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 61, n. 6, p. 747-756, 1978.

SMITH, W.A.; HARRIS, JR., B.; VAN HORN, H.H.; WILCOX, C.J. Effects of forage type on production of dairy cows supplemented with whole cottonseed, tallow, and yeast. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 76, n. 1, p. 205-215, 1993.

STEELE, W. Intestinal absorption of fatty acids and blood lipids composition in sheeps. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 66, n. 3, p. 520-527, 1983.

STEELE, W. Lipid supplementation of dairy cow diets. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 67, n. 8, p. 1716-1724, 1984.

STEELE, W. High-oil, high-protein diets and milk secretion by cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 68, n. 6, p. 1409-14515, 1985.

STEELE, W.; MORE, J.H. The digestibility coefficient of myristic, palmitic and stearic acids in the diet of sheep. **J. Dairy Res.**, London, v. 35, n. 2, p. 371-376, 1968.

SUKHIJA, P.S.; PALMQUIST, D.L. Dissociation of calcium soaps of long-chain fatty acids in rumen fluid. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 73, n. 7, p. 1784-1787, 1990.

SUTTON, J.D. Digestion and absorption of energy substrates in the lactating cow. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 68, n. 13, p. 3376-3374, 1985.

SUTTON, J.D. Altering milk composition by feeding. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 72, n. 10, p. 2801-2814, 1989.

SUTTON, J.D.; KNIGHT, R.; McALLAN, A.; SMITH, R. Digestion and synthesis in the rumen of sheep given diet supplemented with free and protected oil. **British J. Nutr.**, London, v. 49, n. 2, p. 419-432, 1983.

SUTTON, J.D.; MORANT, S.V. A review of the potential of nutrition to modify milk fat and protein. **Liv. Prod. Sci.**, Amsterdam, v. 23, n. 1, p. 219-237, 1989.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BHONEN, H. et al. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).

TORTOSA, E.; BARBER, C.B. El salvado de arroz y su valor potencial en alimentacion animal. **Mejora Animal**, Valencia, v. 20, n. 5, p. 211-219, 1979.

TOWNE, G.; NAGARAJA, T.G.; BRANDT, R.T. Jr.; KEMP, K.E. Ruminant ciliated protozoa in cattle fed finishing diets with or without supplemental fat. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 68, n. 7, p. 2150-2155, 1990.

VAN SOEST, P.J. Ruminant fat metabolism with particular reference to factors affecting low fat and feed efficiency: a review. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 46, n. 2, p. 204-216, 1963.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2. ed. Cornell: Univesrsity Press, Ithaca, New York, 1994, 476p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VARGAS, L.N.; LANA, R.P.; JHAM, G.N. et al. Adição de lipídeos na ração de vacas leiteiras: parâmetros fermentativos ruminais, produção e composição do leite. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa, v. 31 (suplemento 1), p. 522-529, 2002.

VICENTE, G.R.; SHELFORD, J.A.; PETERSON, R.G.; KRISHNA-MURTI, C.R. Effects of feeding canola-meal-protected-tallow or soybean-meal-protected-tallow in the low-roughage diet of dairy cows in early lactation. **Can. J. Anim. Sci.**, Ottawa, v. 64, n. 1, p. 81-91, 1984.

VILELA, S.D.J.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Caroço de algodão para vacas leiteiras. 1. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite. **Rev. Bras. Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 298-308, 1996.

WARREN, B.E.; FARREL, D.J. The nutritive value of full-fat and defatted Australian rice bran. I. Chemical composition. **Animal Feed Sci. and Technology**, Amsterdam, v. 27, n. 3, p. 219-228, 1990.

WEIGEL, D.J.; ELLIOTT, J.P.; CLARK, J.H. Effects of amount and ruminal degradability of protein on nutrient digestibility and production by cows fed tallow. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 80, n. 6, p. 1150-1159, 1997.

WEISS, W. Energy prediction equation for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61, 1999. Ithaca. **Proceedings ...** Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185

WEST, J.W.; HILL, G.M. Effect of a protected fat product on productivity of lactating Holstein and Jersey cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 73, n. 11, p. 3200-3207, 1990.

WHITE, T.W.; GRAINGER, R.B.; BAKER, F.H.; STROUD, J.W. Effect of supplemental fat on digestion and the ruminal calcium requirement of sheep. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 17, n. 3, p. 797-803, 1958.

WILKS, D.L.; COPPOCK, C.E.; BROOKS, K.N. Effects of differences in starch content of diets with whole cottonseed or rice bran on milk casein. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 74, n. 4, p. 1314-1320, 1991.

WISEMAN, J.; GARNSWORTHY, P.C. The role of lipids in animal feeds. In: GUNSTONE, F.D. & PADLEY, F.B. **Lipid Technologies and Applications**. Marcel Dekker, New York, 1997. p. 557-577

WRENN, T.R.; BITMAN, J.; WATERMAN, R.A. et al. Feeding protected and unprotected tallow to lactating cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 61, n. 1, p. 49-58, 1978.

WRENN, T.R.; BITMAN, J.; WEYANT, J.R. et al. Milk and tissue lipid composition after feeding cows protected polyunsaturated fat for two years. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 60, n. 4, p. 521-532, 1977.

WRENN, T.R.; WEYANT, J.R.; WOOD, D.L. et al. Increasing polyunsaturation of milk fats by feeding formaldehyde protected sunflower-soybean supplement. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 59, n. 4, p. 627-635, 1976.

WU, Z.; HUBER, J.T. Relationship between dietary fat supplementation and milk protein concentration in lactating cows: a review. **Livest. Prod. Sci.**, Amsterdam, v. 39, n. 2, p. 141-155, 1994.

WU, Z.; HUBER, J.T.; SLEIMAN, F.T. et al. Effect of three supplement fat sources on lactation and digestion in dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 76, n. 11, p. 3562-3570, 1993.

WU, Z.; OHAJURUKA, O.A.; PALMQUIST, D.L. Ruminant and total digestibilities of fatty acids in Megalac and animal vegetable blend at two levels of intake. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 72, (suppl. 1), p. 546, 1989.

WU, Z.; OHAJURUKA, O.A.; PALMQUIST, D.L. Ruminant synthesis, biohydrogenation, and digestibility of fatty acids by dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 74, n. 9, p. 3025-3034, 1991.

WU, Z.; PALMQUIST, D.L. Synthesis and biohydrogenation of fatty acids by ruminal microorganisms in vitro. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v. 74, n. 9, p. 3035-3046, 1991.

YURAWECZ, M.P.; ROACH, J.A.G.; SCHAT, N. et al. A new conjugated linoleic acid isomer, 7 trans, 9cis-octadecadienoic acid, in cow milk, cheese, beef and human milk and adipose tissues. **Lipids**, v. 33, n. 3, p. 803-809, 1998.

ZHAO, Y.; TANIGUCHI, K.; OBITSU, T. Effects of different processing for rice bran on dietary nutrient digestion in each segment of the digestive tract of steers. **Anim. Feed Sci. Technology**, v. 59, n. 4, p. 265-277, 1996.

ZINN, R.A. Comparative feeding value of supplemental fat in finishing diets for feedlot steers supplemented with and without monensin. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 66, n. 1, p. 213-227, 1988.

ZINN, R.A. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for steers: feedlot cattle growth and performance. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 67, n. 4, p. 1029-1037, 1989.