

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
Colegiado do Curso de Pós-Graduação

SILAGEM DE GIRASSOL PARA VACAS LEITEIRAS EM LACTAÇÃO

Leonardo Andrade Leite

BELO HORIZONTE - MG
ESCOLA DE VETERINÁRIA-UFMG

2007

SILAGEM DE GIRASSOL PARA VACAS LEITEIRAS EM LACTAÇÃO

Tese apresentada à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Produção Animal

Orientador: Prof. Ronaldo Braga Reis

Belo Horizonte - MG
Escola de Veterinária - UFMG
2007

L533s

Leite, Leonardo Andrade, 1969-

Silagem de girassol para vacas leiteiras em lactação / Leonardo Andrade Leite. - 2007.
92p. : il.

Orientador: Ronaldo Braga Reis

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária

Inclui bibliografia

1. Bovino de leite – Alimentos e rações – Teses. 2. Girassol – Silagem – Tese. 3. Lactação – Teses. 4. Digestibilidade – Teses. I. Reis, Ronaldo Braga. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

COD – 636.214.085

Tese defendida e aprovada em 01/08/2007, pela Comissão Examinadora composta por:

Prof. Ronaldo Braga Reis, Ph.D.
Orientador

Prof. Lúcio Carlos Gonçalves, DSc.

Prof. Norberto Mário Rodrigues, Ph.D

Prof. Luiz Gustavo Nussio, Ph.D

Fernando César Ferraz Lopes, DSc

Dedico esse trabalho a Deus, a minha esposa (apoio e paciência), aos meus pais (esforço e dedicação), ao Rodrigo e a toda minha família, aos mestres, aos amigos e a todos que participaram na realização desse trabalho.

*“A têmpera se forma na luta que é fogo,
e é detestável o indivíduo morno”*

Tio José

Agradecimentos

Agradeço a Deus, à minha família, pelo apoio e educação fundamentada no amor, na ética e no respeito ao próximo. Em especial à minha esposa, Ana Rita, dedico esse trabalho, valorizando sua compreensão, respeito, amor e confiança no esforço.

Agradeço ao meu filho Rodrigo, por me dar a oportunidade de entender realmente o amor de um pai.

Ao professor Ronaldo Braga Reis pela orientação, amizade e confiança depositada.

Ao professor Lúcio Carlos Gonçalves pela constante amizade.

Aos professores Iran Borges, Ana Luiza e Sandra pela disponibilidade e boa vontade em ajudar.

Ao professor Último e Baiano, pela amizade, incentivo constante e auxílio nos exames clínicos.

Ao grande amigo Bolivar, sempre presente.

Aos membros e funcionários do Colegiado de pós-graduação desta Escola, aos funcionários do Departamento de Zootecnia, em especial os do Laboratório de Nutrição, (Toninho e Carlos) pela ajuda imensurável na condução das análises laboratoriais.

Aos amigos da pós-graduação pela oportunidade de convivência “pacífica” e pelo companheirismo.

Aos funcionários da Fazenda Experimental Professor Hélio Barbosa, participantes ativos de todo processo experimental, meus mais profundos agradecimentos.

À Escola de Veterinária da UFMG, pela formação acadêmica, profissional e pela condução do ensaio de campo, CNPQ, pelo suporte financeiro para realização desse trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	10
ABSTRACTS	11
INTRODUÇÃO GERAL	12
CAPÍTULO 1 - Revisão de Literatura	13
1. A silagem de girassol e sua utilização na dieta de vacas leiteiras.....	13
2. Carboidratos.....	18
3. Carboidratos fibrosos e não fibrosos na dieta de vacas leiteiras	19
4. Considerações sobre formulação de rações para carboidratos não fibrosos.....	21
5. Desempenho Animal.....	21
6. Produção de Proteína no leite e CNF.....	22
7. Formulação de Ração.....	23
8. Referências.....	23
CAPÍTULO 2 - Desempenho de vacas leiteiras em lactação alimentadas com silagem de girassol ou de milho e concentrado a base de polpa de citrus ou milho moído	31
1. Introdução	31
2. Material e métodos	34
2.1. Local do experimento.....	34
2.2. Semeadura e área cultivada.....	34
2.3. Animais e instalações.....	34
2.4. Dietas experimentais.....	35
2.5. Análises laboratoriais.....	35
2.6. Avaliação do consumo.....	35
2.7. Atividade mastigatória.....	36
2.8. Ensaio de digestibilidade.....	37
2.9. Avaliação da produção microbiana a partir de derivados de purina.....	37
2.10. Avaliação da produção e da composição do leite.....	37
2.11. Procedimento estatístico.....	38
3. Resultados e discussão	38
3.1. Consumo de nutrientes, comportamento alimentar e digestibilidade aparente.....	38
3.2. Produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite.....	45
3.3. Produção microbiana e derivados de purina.....	50
4. Conclusões	52
5. Referências	53
CAPÍTULO 3 - Parâmetros da fermentação rumenal, cinética da digestão e perfil de ácidos graxos do leite de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de silagem de girassol e de milho na dieta	60
1. Introdução	60
2. Material e Métodos	61
2.1. Local do experimento.....	61
2.2. Semeadura e área cultivada.....	61
2.3. Processo de ensilagem do girassol e do milho.....	61
2.4. Animais e instalações.....	61
2.5. Avaliação dos parâmetros da fermentação rumenal, cinética da digestão, produção microbiana e perfil de ácidos graxos.....	63
2.5.1. Parâmetros da fermentação rumenal.....	63
2.5.2. Cinética da digestão.....	63
2.5.3. Avaliação da produção microbiana a partir de derivados de purina.....	65
2.5.4. Perfil de ácidos graxos do leite.....	65
2.6. Procedimentos estatísticos.....	65
3. Resultados e Discussão	66
4. Conclusões	75
5. Referências	75
CAPÍTULO 4 - Avaliação das silagens de girassol, milho e suas associações pela técnica "in vitro" semi-automática de produção de gases - 1: digestibilidade in vitro, produção cumulativa de gases, cinética de produção de gases e degradabilidade efetiva; 2- efeitos associativos	80
1. Introdução	80

2. Material e métodos.....	81
2.1. Local do experimento.....	81
2.2. Animais e instalações.....	81
2.3. Frascos de fermentação.....	81
2.4. Meio de cultura.....	82
2.5. Preparação do inóculo e inoculação.....	82
2.6. Produção de gases.....	82
2.7. Degradabilidade da matéria seca.....	82
3. Procedimentos estatísticos.....	83
4. Resultados e Discussão.....	83
4.1. Digestibilidade x produção de gases.....	83
5. Conclusões.....	90
6. Referências.....	90

LISTA DE TABELAS

	CAPÍTULO 1 - Revisão de Literatura.....	13
Tabela 1 -	Critérios utilizados para a classificação das silagens de milho, utilizadas para interpretação da qualidade da silagem de girassol, segundo adaptação de Nogueira (2000).....	15
Tabela 2 -	Porcentagem de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), FDN e FDA de silagens de milho, de sorgo e de girassol.....	17
Tabela 3 -	Digestibilidade “ <i>in vitro</i> ” da matéria seca e da fibra insolúvel em detergente neutro das silagens de milho, de girassol e de milho/girassol e valores de digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca da ração completa com as respectivas silagens (TRM).....	17
Tabela 4 -	Respostas produtivas de vacas em lactação consumindo amido e fontes de fibras solúveis (polpa cítrica).....	21
	CAPÍTULO 2 - Desempenho de vacas leiteiras em lactação alimentadas com silagem de girassol ou de milho e concentrado a base de polpa de citrus ou milho moído.....	31
Tabela 1 -	Composição bromatológica das silagens de milho (SM) e de girassol (SG)	34
Tabela 2 -	Composição de ingredientes e bromatológica das dietas experimentais.....	35
Tabela 3 -	Análise de variância.	38
Tabela 4 -	Consumo de nutrientes de vacas leiteiras em lactação alimentadas com silagem de girassol ou de milho e concentrados à base de milho ou polpa de citrus.....	39
Tabela 5 -	Comportamento alimentar de vacas leiteiras em lactação alimentadas com silagem de girassol ou de milho e concentrados a base de milho ou polpa de citrus.....	40
Tabela 6 -	Digestibilidade aparente das dietas experimentais estimada pela fibra insolúvel em detergente ácido indigestível (FDA _i), com base na matéria seca.....	43
Tabela 7 -	Produção e composição do leite de vacas alimentadas com silagem de girassol ou de milho e concentrados a base de milho ou polpa de citrus.....	45
Tabela 8 -	Perfil de ácidos graxos da gordura do leite de vacas alimentadas com silagem de girassol e de milho e diferentes fontes de carboidratos no concentrado da dieta.....	48
Tabela 9 -	Concentrações de alantóina, ácido úrico e creatinina (g/l) e relação alantóina/creatinina de vacas leiteiras em lactação, alimentadas com silagem de girassol ou de milho e concentrados a base de milho ou polpa de citrus.....	50
	CAPÍTULO 3 - Parâmetros da fermentação rumenal, cinética da digestão e perfil de ácidos graxos do leite de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de silagem de girassol e de milho na dieta.....	60
Tabela 1 -	Composição bromatológica e perfil de fermentação das silagens de milho (SM) e girassol (SG).....	62
Tabela 2 -	Composição bromatológica das dietas experimentais.....	62
Tabela 3 -	Parâmetros rumenais de vacas leiteiras em lactação consumindo diferentes proporções de silagem de girassol em substituição à silagem de milho na dieta.....	66
Tabela 4 -	Perfil de ácidos graxos da gordura do leite de vacas alimentadas com diferentes proporções de silagem de girassol e de milho.....	70
Tabela 5 -	Parâmetros de degradação rumenal da matéria seca (MS) das silagens de girassol, de milho, dos cinco concentrados e do caroço de algodão utilizados.....	71
Tabela 6 -	Taxas de passagem rumenal e intestinal e tempos de retenção da fase líquida estimados pelo cobalto EDTA (Co-EDTA) nas fezes de vacas leiteiras com diferentes proporções de	72

	silagem de girassol em substituição à silagem de milho na dieta.....	
Tabela 7 -	Taxas de passagem rumenal e intestinal e tempos de retenção da fase sólida estimados pelo cromo mordante (Cr-Mord) nas fezes de vacas leiteiras com diferentes proporções de silagem de girassol em substituição à silagem de milho na dieta.....	73
Tabela 8 -	Concentrações de alantóina, ácido úrico e creatinina (g/l) e relação alantóina/creatinina de vacas leiteiras em lactação com diferentes proporções de silagem de girassol em substituição à silagem de milho na dieta.....	74
	CAPÍTULO 4 - Avaliação das silagens de girassol, milho e suas associações pela técnica "in vitro" semi-automática de produção de gases - 1: digestibilidade in vitro, produção cumulativa de gases, cinética de produção de gases e degradabilidade efetiva; 2- efeitos associativos.....	80
Tabela 1 -	Composição bromatológica das silagens de milho (SM) e girassol (SG)	81
Tabela 2 -	Análise de variância.....	83
Tabela 3 -	Equações de regressão entre os valores de degradação da matéria seca (DMS) e a produção cumulativa de gases para silagem de girassol, de milho e associações.....	84
Tabela 4 -	Produções cumulativas de gases corrigidas para um grama de matéria seca (PCGMS) após 3, 6, 9, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação das silagens (em mL/g de MS) dos tratamentos para silagem de girassol, de milho e associações.....	84
Tabela 5 -	Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DMS em %), parâmetros de FRANCE et al. (1993) e degradabilidade efetiva da MS (DEMS) considerando diferentes taxas de passagem (0,02; 0,05 e 0,08 /h) no rúmen, da silagem de girassol (SG), das associações e da silagem de milho (SM)	85
Tabela 6 -	Digestibilidade <i>in vivo</i> , <i>in vitro</i> , parâmetros de France et al (1993) e degradabilidade efetiva da MS (DEMS) para diferentes taxas de passagem no rúmen (0,02, 0,05 e 0,08/h) das dietas experimentais contendo silagem de milho, de girassol e associações.....	88

LISTA DE FIGURAS

	CAPÍTULO 3 - Parâmetros da fermentação rumenal, cinética da digestão e perfil de ácidos graxos do leite de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de silagem de girassol e de milho na dieta.....	60
Gráfico 1.	Variação do pH do líquido rumenal em diferentes tempos após alimentação.....	67
	CAPÍTULO 4 - Avaliação das silagens de girassol, milho e suas associações pela técnica "in vitro" semi-automática de produção de gases - 1: digestibilidade in vitro, produção cumulativa de gases, cinética de produção de gases e degradabilidade efetiva; 2- efeitos associativos.....	
Figura 1 -	Produção cumulativa de gases para silagem de milho, de girassol e associações.....	85
Figura 2 -	Correlação entre a degradabilidade efetiva da MS (DEMS) para diferentes taxas de passagem (λ 0,02/h; ν 0,05/h; e σ 0,08/h) e a % de silagem de girassol incubada com silagem de milho.....	87
Figura 3 -	Produção cumulativa de gases das dietas experimentais contendo silagem de milho, girassol e associações (100SM, 34SG, 66SG, 100SG).....	89

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi comparar o desempenho de vacas leiteiras em lactação alimentadas com silagem de girassol ou de milho e concentrado a base de polpa de citrus ou milho moído. Oito vacas leiteiras, entre 60 a 82 dias de lactação, foram arranjadas aleatoriamente em um quadrado latino 4x4 duplo. Os tratamentos utilizados foram compostos por 100% silagem de milho e concentrado (100SM), 34% silagem de girassol mais 66% silagem de milho e concentrado (34SG), 66% silagem de girassol mais 34% silagem de milho e concentrado (66SG), 100% silagem de girassol mais concentrado (100SG) e 100% silagem de milho mais caroço de algodão e concentrado (SM+CA). A ingestão de matéria seca, ingestão de matéria orgânica, ingestão de fibra insolúvel em detergente neutro, digestibilidade aparente da fibra insolúvel em detergente neutro e da fibra insolúvel em detergente ácido foram menores para a dieta 100SG comparada à dieta 100SM. Para os valores de digestibilidade aparente da matéria orgânica somente o tratamento 100SG foi estatisticamente diferente dos demais, que foram semelhantes entre si. O aumento das concentrações de silagem de milho na dieta aumentou a ingestão de matéria seca e matéria orgânica. A substituição parcial da silagem de milho pela silagem de girassol pode ser uma alternativa viável na alimentação de vacas leiteiras.

Palavras-chave: digestibilidade, consumo, girassol, milho, silagem.

ABSTRACT

The objectives of this study were to compare intake and aparent digestibility of dry matter, organic matter, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and intake of crude protein of Holstein cows fed sunflower silage (SS) in replacement of corn silage (CS) in the diets. Five ruminal cannulated cows, 60 to 82 days in milk, were arranged in a 5X5 Latin Square design. The treatments were either 100% corn silage (100CS) or 34% sunflower silage plus 66% corn silage (34SS) or 66% sunflower silage plus 34% corn silage (66SS) or 100% sunflower silage (100SS) or 100% corn silage plus whole cotton seed (CS-WCS). The diets were formulated according NRC 2001, to be isoproteic. Dry matter intake, intake of organic matter, intake and aparent digestibility of neutral detergent fiber and acid detergent fiber were lower for 100SS compared to 100CS ($P < .05$). For the values of aparent digestibility of organic matter, only treatment 100SS was diferent of others. However, increasing levels of corn silage in the diets increased the dry matter intake and organic matter intake. Parcial replacement of the corn silage with sunflower silage could be viable option for lactation cows diets.

Keywords: corn, digestibility, intake, silage, sunflower.

INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, a cultura do girassol encontra-se voltada, principalmente, para a indústria de óleo refinado e biocombustível, sendo sua área plantada no Brasil, em 2007, de aproximadamente 94 mil hectares, dando-se pouca ênfase ao seu uso como forragem para ruminantes ou vacas leiteiras em lactação. No entanto, devido às características agronômicas associadas ao valor nutritivo da silagem de girassol, pode tornar-se importante alternativa para reforçar a dieta do rebanho e aumentar a produção de forragem por hectare ano, sendo alternativa nos sistemas de rotação e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos.

A utilização de forragens tropicais em sistemas de produção de leite requer o conhecimento dos dois sistemas metabólicos que possuem os ruminantes e que diferem em relação aos seus requisitos nutricionais: o metabolismo microbiano rumenal e o metabolismo dos tecidos dos ruminantes. A maximização ou otimização da produtividade dos ruminantes envolve o fornecimento de alimentos que possam suprir as necessidades desses dois sistemas (Nagaraja et. al., 1994). A maioria dos alimentos consumidos pelos ruminantes é fermentado em ácidos graxos voláteis (AGV) e biomassa microbiana, que posteriormente servirão como fontes energéticas e protéicas para o animal. Várias espécies microbianas têm se desenvolvido no rúmen, se interagindo e formando um complexo, sendo um exemplo de simbiose.

Existe a preocupação em relação ao consumo de matéria seca e de energia em dietas de vacas leiteiras de alta produção, alimentadas com forrageiras tropicais, uma vez que possuem maiores teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e também podem apresentar menores valores de digestibilidade. Forragens com altos teores de fibra e baixos teores de proteína, além de subprodutos fibrosos são os alimentos mais baratos e potencialmente utilizados nos principais rebanhos leiteiros do Brasil.

Em dietas de vacas em lactação nos países desenvolvidos, onde grande parte das pesquisas é produzida, raramente a silagem de milho é fornecida como forrageira exclusiva. Entretanto, no Brasil a silagem de milho é a principal forrageira utilizada nos sistemas especializados de produção de leite, sendo muito comum o seu fornecimento como volumoso único. A silagem de girassol (*Helianthus annuus*) apresenta-se como mais uma alternativa de alimento conservado (Henrique et al., 1998a; Henrique et al., 1998b; Silva et al., 1998 e Gonçalves et al., 2000). No entanto, de maneira geral, as respostas em relação aos parâmetros fisiológicos e ao desempenho produtivo de animais recebendo dietas baseadas em silagem de girassol são distintas às dos animais alimentados com silagem de milho.

CAPÍTULO 1

Revisão de Literatura

1. A silagem de girassol e sua utilização na dieta de vacas leiteiras

A silagem é o suplemento volumoso mais empregado nos rebanhos com maior potencial genético para produção de leite. Uma grande variedade de gramíneas e leguminosas podem ser utilizadas para a produção de silagem. As silagens de milho e sorgo são as mais utilizadas em função do seu valor nutritivo.

Acredita-se que o girassol (*Helianthus annuus* L.) selvagem tenha sido domesticado mil anos antes de Cristo, no oeste dos Estados Unidos da América. A planta selvagem apresentava colmo um pouco maior, com pequenos capítulos, contendo também pequenos frutos. Ao ser introduzido na Europa e na Ásia, no século XVI, a beleza da flor conquistou espaço como planta ornamental e olerícola (Carrão-Panizzi & Mandarino, 1994). O processo de cultura da planta como alimento somente foi iniciado na Rússia, aproximadamente em 1860. O girassol é uma das quatro maiores culturas produtoras de óleo vegetal comestível utilizadas atualmente no mundo. É cultivado, com sucesso, nos cinco continentes, em mais de 20 milhões de hectares. Os maiores produtores mundiais são a Rússia, a Argentina e os Estados Unidos.

No Brasil, a primeira expansão da cultura ocorreu em 1981, no Paraná, onde, naquele ano, foram cultivados quase 60 mil hectares. Depois disso, a cultura passou por sérias adversidades e praticamente desapareceu das terras brasileiras. Com a reativação do programa de pesquisas do girassol em 1989, a Embrapa Soja conseguiu solucionar grande parte dos problemas técnicos e hoje o mercado está favorável à cultura, principalmente com a possibilidade de agregar valor pela produção de biodiesel.

A planta do girassol, apesar de consumir grande quantidade de água durante o seu ciclo, é uma das mais tolerantes ao déficit hídrico, principalmente por apresentar sistema radicular profundo, que permite busca por água em diferentes perfis do solo. Seu sistema secundário de raízes, em cabeleira a partir da raiz pivotante, possibilita a exploração do solo no sentido horizontal, também auxiliando na absorção de água (Pena Neto, 1981). Com isso, o girassol tem se apresentado como alternativa em regiões com baixas precipitações pluviométricas. Sua capacidade de extração de água disponível no solo na profundidade de 0 a 2 metros foi estimada em, aproximadamente, 92%, contra 64% do sorgo (Bremner et al., 1986). Além disso, a cultura do girassol destaca-se como nova opção nos sistemas de rotação e sucessão de culturas, com expressiva produção de matéria seca. Para Gonçalves et al. (1996), o cultivo do girassol após a retirada da cultura de verão, pode ser opção viável para a produção de forragem nas regiões Sudeste e Centro Oeste do país, e sua produção encontra-se em ascensão. Ainda os mesmos autores, trabalhando com a cultura de girassol para a produção de silagem em período de safrinha, observaram produções de 6,07; 6,20; e 6,13 toneladas de MS por hectare para semeadura em março e cortes com 83; 93 e 103 dias de idade, respectivamente.

Além de recomendado para rotação de cultura, o girassol é uma das principais espécies utilizadas na adubação verde, devido ao seu desenvolvimento inicial rápido, ao seu efeito alelopático a um grande número de invasoras, a sua eficiência na reciclagem de nutrientes e também ao seu efeito protetor de solos contra a erosão e a infestação de invasoras, sendo recomendado para rotação de culturas (Pena Neto, 1981). A produção média de massa verde fica entre 20 e 40 t/ha, a qual pode atingir 70 t/ha, dependendo do cultivar utilizado e das condições edafoclimáticas.

Tomich (1999), trabalhando com silagens de 13 cultivares de girassol participantes do Ensaio Nacional de Girassol da EMBRAPA 1996/97, observou conteúdos médios de matéria seca (MS) de 25,3%, proteína bruta (PB) de 8,9%, fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) de 45,8%, fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) de 35,7%, lignina de 6,5% e extrato etéreo (EE) de 13,7%.

Considera, segundo informações sobre capacidade fermentativa da forragem, que o teor de MS do girassol poderia ser um fator limitante na produção de sua silagem.

O teor de matéria seca da planta é fator determinante do tipo de fermentação, influenciando na qualidade final da silagem. Teores abaixo de 20% contribuirão para maiores perdas por lixiviação, formação de gases, água, calor, reações do tipo Maillard e desenvolvimento de microrganismos indesejáveis. Por outro lado, teores de matéria seca muito altos não permitirão boa compactação, com conseqüente fermentação aeróbica e desenvolvimento de fungos (McDonald et al., 1991 e Van Soest, 1994). Stehling (2001), trabalhando com silagens produzidas a partir de quatro genótipos de girassol (DK180, M734, V2000, Rumbosol 91), encontrou teores de matéria seca variando entre 18,1 (V2000) e 21,3% (DK180). O autor considerou baixa a qualidade das silagens produzidas, com exceção para o genótipo M734, que alcançou o melhor resultado, sendo classificada como uma boa silagem, apresentando pH 4,0. Os piores resultados foram obtidos com a silagem do genótipo Rumbosol 91, que recebeu classificação ruim para os teores de MS (18,8%) e ácido butírico (0,54%). Entretanto, Tomich (1999) destacou as silagens de girassol produzidas a partir dos cultivares M737 e Rumbosol 91 como as de melhores parâmetros de fermentação. Este autor colheu as plantas com maiores teores de MS e encontrou, em média, 25,3% de MS nas silagens de girassol. Pereira (2003) observou que o girassol, mesmo em estádios avançados de maturação apresenta conteúdo elevado de umidade, sendo o caule a fração da planta que mais contribui para o baixo conteúdo de matéria seca da planta. Almeida et al. (1995) encontraram resultados de 32,8% de MS para a silagem de milho colhido aos 113 dias e 30,1% de MS para a silagem de girassol colhido aos 90 dias de idade.

Vários trabalhos que comparam silagens de milho às de girassol constataram concentrações superiores de PB para a silagem de girassol (Valdez et al., 1988; Valdez et al., 1988; Almeida et al., 1995, Henrique et al. 1998a, Leite et al., 2006 e Silva et al., 2005). O teor de proteína bruta é considerado um bom índice do valor nutricional da forragem (Edwards et al., 1978). Sabe-se também, que as proteínas possuem poder tampão em face da proteólise que sofrem no processo fermentativo. Os valores de nitrogênio amoniacal das silagens de girassol observados na literatura são superiores aos das silagens de milho, porém observa-se que, mesmo para um material colhido mais tardiamente, o girassol ainda apresenta maior valor de PB em relação ao milho.

Tomich (1999) observou valores de PB entre 7,2 e 9,8% trabalhando com vários genótipos de girassol. Menor teor de PB foi relatado por Leite (2002), com 6,2%. Contudo, níveis superiores são mais freqüentemente observados. Teores que variam de 10,0 a 13,6% foram obtidos por Valdez et al. (1988a), Valdez et al. (1988b), Almeida et al. (1995), Henrique et al. (1998a) e Câmara et al. (1999b).

A silagem de girassol apresenta menor qualidade da sua fração fibrosa em relação à silagem de milho, o que pode implicar em redução no seu valor nutritivo para ruminantes. Por esse motivo, tem sido utilizada de forma diferenciada na alimentação de vacas leiteiras, em comparação à silagem de milho (Leite et al., 2006). Porém, considerando-se a categoria e a produtividade animal, aliado às condições climáticas da região, pode ser vantajoso o uso da silagem de girassol em substituição ou associada à silagem de milho. Feist et al. (1970) observaram que as ligações ésteres entre a hemicelulose e a lignina na parede celular da planta podem influenciar a digestibilidade da forragem. McGuffey & Schingoethe (1980) encontraram teores de 49,1% de FDN, 23,5% de FDA e 4,6% de lignina para silagem de milho, contra 41,8; 38,4 e 11,8%, respectivamente, para a silagem de girassol. Já Valdez et al. (1988b) obtiveram resultados de 65% de FDN; 43% de FDA e 7,5% de lignina para a silagem de milho, 43,3% de FDN; 35,2% de FDA e 7,6% de lignina para silagem de girassol e 56,8% de FDN; 40,3% de FDA e 7,9% de lignina para silagem mista de milho e girassol. Almeida et al. (1995) encontraram 68,4 e 65,9% de FDN e 31,4 e 35,0% de FDA para silagens de milho e girassol, respectivamente.

A degradabilidade da FDN da silagem de girassol tem sido relatada inferior àquela observada para a silagem de milho ou sorgo. Carneiro et al. (2002) obtiveram valores de 71,5; 75,5 e 81,5% de degradabilidade da FDN para silagens de milho, 73,2% para silagem de sorgo e apenas 40,7% para a silagem de girassol, após 96 horas de incubação rumenal. Bueno et al. (2001) em experimento de

digestibilidade aparente *in vivo* também comprovaram a menor digestibilidade da FDN da silagem de girassol (39,5%) quando comparada à silagem de milho (60,2%), apesar do girassol apresentar menor conteúdo de FDN. Esta característica indesejável do girassol deve ser contornada e, segundo Pereira (2001), os programas de melhoramento da cultura para produção de forragem, devem investir em trabalhos que busquem os genótipos de fração fibrosa mais digestível, usando técnicas que não avaliem apenas os aspectos quantitativos, mas também qualitativos, envolvendo recursos de microscopia eletrônica e isolamento e identificação dos compostos fenólicos.

A qualidade da silagem está relacionada ao processo fermentativo e este termo “qualidade de silagem” geralmente não é utilizado para designar seu valor nutritivo. No que se referem à eficácia do processo de fermentação do material armazenado, os parâmetros normalmente empregados como critério de classificação abrangem o pH, os ácidos orgânicos e o nitrogênio amoniacal, expressos como percentagem do nitrogênio total (N-NH₃/NT) (Vilela, 1998). Segundo Pereira et al. (2001), alguns parâmetros qualitativos de avaliação de silagens de girassol vêm demonstrando divergências quando comparados aos valores indicados para o milho, sorgo, ou capim elefante. Esses mesmos autores sugerem a necessidade do desenvolvimento de uma Tabela específica para a classificação da qualidade da silagem de girassol. A Tabela 1 demonstra os critérios utilizados para classificação das silagens, segundo adaptação de Noguera (2000).

Tabela 1. Critérios utilizados para a classificação das silagens de milho, utilizadas para interpretação da qualidade da silagem de girassol, segundo adaptação de Noguera (2000).

Parâmetro	Classificação da silagem			
	Muito boa	Boa	Média	Ruim
MS, %	30-35	>25	25,0-20,0	<20,0
pH	3,6-3,8	3,8-4,2	4,2-4,6	>4,6
N-NH ₃ /NT, %	<10,0	10,0-15,0	15,0-20,0	>20,0
Ácido láctico, %MS	>5,0	5,0-3,0	3,0-2,0	<2,0
Ácido butírico, %MS	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,4	>0,4
DIVMS, %	>63,0	63,0-52,0	52,0-38,0	<38,0

MS,% = porcentagem de matéria seca; N-NH₃/NT, % = nitrogênio amoniacal como parte do nitrogênio total; DIVMS, % = digestibilidade *in vitro* da matéria seca (porcentagem).

Segundo Edwards et al. (1978), duas características são necessárias à forragem para produção de silagem de boa qualidade. A primeira seria uma contribuição nutricional significativa, fato dependente do valor nutricional da forragem e da sua capacidade de produção. A segunda característica seria a capacidade de preservação da forragem, que estaria dependente da produção de ácidos dentro do silo, responsáveis pela preservação do material ensilado. Esses ácidos orgânicos são produzidos a partir de açúcares presentes na forragem, estando na dependência de um balanço correto entre quantidade de água e carboidratos solúveis presentes na forragem.

A silagem de boa qualidade pode ser definida como aquela que preserva ao máximo as características nutricionais do material original. Para que isso ocorra há a necessidade de reduções na respiração dos tecidos vegetais, na atividade proteolítica e no desenvolvimento de clostrídios, o que é conseguido quando se obtém rápido decréscimo do pH após a ensilagem (McDonald et al., 1991). Diferentes formas e critérios podem ser empregados na classificação das silagens. Normalmente, são classificadas segundo seu padrão fermentativo, ou seja, pH, nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃/NT) e concentrações de ácidos graxos voláteis e ácido. Esses parâmetros podem fornecer indicações aproximadas sobre as transformações ocorridas na ensilagem. Considerações quanto a componentes da parede celular, fração nitrogenada, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e consumo também são importantes. As silagens podem, ainda, ser classificadas segundo seus níveis de consumo, relacionando o consumo voluntário de matéria seca e o peso corporal dos animais (NRC, 1996).

Treze cultivares de girassol foram avaliados em relação à qualidade das silagens por Tomich (1999), que concluiu que, de acordo com os teores de N-NH₃/NT e de ácidos orgânicos, em geral, foram obtidas silagens de muito boa qualidade. O conteúdo médio de matéria seca observado neste mesmo

experimento classificou as silagens como de boa qualidade, enquanto a maior parte dos materiais apresentou silagens de média qualidade em relação aos valores de pH.

Imediatamente após o corte da forragem inicia-se a proteólise, que se manifesta inicialmente pela solubilização da proteína (Moisio e Heikonen, 1994). À medida que avança o processo fermentativo ocorre redução na proteólise, em função da diminuição do pH. Após a proteólise ocorrem reações de deaminação e formação de amônia e CO₂. Os principais produtos obtidos são amônia, ácido butírico, histamina, cadaverina, putrescina, e tiramina. O AFRC (1993) recomenda teores de N-NH₃/NT inferiores a 10%, indicando baixa atividade proteolítica. Essa preocupação se deve ao menor consumo voluntário de silagens onde a proteólise ocorre de forma acentuada. Segundo Van Soest (1994), níveis de proteína bruta da dieta inferiores a 7% são insuficientes para atender às necessidades ruminais dos microrganismos. Maia (2001) sugeriu valores de proteína bruta como referência para classificação de silagens. Stehling (2001) encontrou teores de proteína bruta que variaram entre 7,6 (Rumbosol 91) e 9,8% (V2000) para as silagens de quatro genótipos de girassol, que não receberam tratamentos com aditivos.

Os resultados de pesquisa sobre qualidade da silagem de girassol vêm comprovando o potencial da cultura (Pereira et al., 2001 e Silva et al., 2005). Edwards et al. (1978) concluíram que, apesar da menor concentração de matéria seca da silagem de girassol, pode-se produzir uma silagem de boa qualidade, sem a utilização de aditivos. Esses autores observaram valores de pH iguais a 3,86 para a planta cortada e imediatamente ensilada e 4,01 para a planta ensilada após 48 horas de pré-murcha.

Quanto aos ácidos orgânicos, os autores observaram valores de 10,5 µM para o ácido láctico e 0,1 µM para o ácido butírico. Valle et al. (2003) concluíram que o uso de aditivos não influenciou o processo final de fermentação das silagens de girassol.

Pereira et al. (2001) observaram que as concentrações de carboidratos solúveis, tanto do material original quanto da silagem não foram elevadas, porém não limitaram a qualidade da fermentação, já que os autores encontraram valores adequados para a produção de ácido láctico (10,64 µM para o híbrido DK180), demonstrando que a maioria dos genótipos não apresentou limitação de substratos fermentáveis, não relacionando quais seriam esses carboidratos. Harper et al. (1981) observaram que a preservação do material ensilado foi satisfatória, entretanto o conteúdo de ácido butírico (0,3 µM) observado na silagem foi maior em relação a uma boa silagem de gramínea. Tomich (1999) observaram que, segundo os teores de nitrogênio amoniacal como parte do nitrogênio total e de ácidos orgânicos, as silagens obtidas foram de muito boa qualidade para a maioria dos genótipos de girassol avaliados nesse estudo. Entretanto, a maioria das silagens foi de média qualidade segundo os valores de pH. Freire (2000) avaliando o padrão de fermentação das silagens de cinco híbridos de girassol observou que independente do híbrido utilizado, a silagem produzida foi caracterizada como de boa qualidade em relação aos valores de pH, matéria seca, nitrogênio amoniacal, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e concentração de ácidos orgânicos.

Noguera (2000) avaliando a qualidade das silagens de quatro cultivares de girassol, ensilados com diferentes proporções da planta, concluiu que o aumento da participação do capítulo na planta inteira reduziu os teores de constituintes da fração fibrosa da silagem, elevando os valores da digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Ainda esse autor observou que para obter silagens de girassol de boa qualidade, estas devem conter no mínimo 40% de capítulo.

Conforme a Tabela 2, quando a composição química da silagem de girassol é comparada às de milho, ou sorgo observam-se maiores teores protéicos e de extrato etéreo para a silagem de girassol (Valdez et al. 1988b; Valdez et al. 1988a; Almeida et al., 1995; Henrique et al., 1998a). Quanto aos conteúdos da parede celular, a silagem de girassol apresenta porcentagens mais altas de fibra bruta (FB), mais baixas de FDN e valores próximos de FDA com relação aos valores encontrados para as silagem de milho e sorgo.

Tabela 2. Percentagem de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), FDN e FDA de silagens de milho, de sorgo e de girassol.

Silagens	MS (%)	PB (%)	EE (%)	FB (%)	FDN (%)	FDA (%)
Milho ¹	24,6	9,0	5,2	-	65,0	43,0
Girassol ¹	23,4	11,5	11,5	-	43,3	35,2
Milho + Girassol ¹	23,4	10,0	7,5	-	56,8	40,3
Girassol (T ₁) ²	30,1	11,7	-	-	65,9	35,0
Sorgo "leitoso" (T ₂) ²	29,6	7,2	-	-	68,4	33,2
Sorgo "semi-duro" (T ₃) ²	30,7	8,0	-	-	71,7	36,2
Milho (T ₄) ²	32,8	8,7	-	-	68,4	31,4
Milho C-805 ³	39,38 ^B	7,62 ^C	1,70 ^C	22,02 ^{AB}	50,55 ^{AB}	26,28 ^C
Milho C-505 ³	47,19 ^A	8,03 ^C	1,85 ^C	21,87 ^{AB}	52,27 ^A	27,11 ^C
Sorgo C-42 ³	45,41 ^A	8,17 ^C	2,23 ^C	20,04 ^{AB}	49,38 ^{ABC}	27,20 ^C
Sorgo C-51 ³	39,94 ^B	8,29 ^C	2,15 ^C	19,26 ^B	50,97 ^{AB}	27,45 ^C
Girassol C-11 ³	24,53 ^C	13,57 ^A	14,30 ^A	25,54 ^{AB}	41,31 ^C	35,85 ^{AB}
Girassol S-530 ³	25,59 ^C	11,05 ^B	10,43 ^{AB}	26,26 ^A	43,74 ^{ABC}	38,83 ^A
Milho C-505 + Girassol C-11 ³	45,90 ^A	9,15 ^C	6,89 ^B	24,11 ^{AB}	43,19 ^{BC}	31,25 ^{ABC}
Sorgo C-51 + Girassol C-11 ³	38,32 ^B	8,93 ^C	7,48 ^{ABC}	22,18 ^{AB}	42,63 ^{BC}	30,42 ^{BC}

Valores seguidos de letras iguais, em uma mesma coluna, não diferem estatisticamente. Teste de Tukey, p<0,05.

¹Adaptado de Valdez et al. (1988b), ²Adaptado de Almeida et al. (1995). ³Adaptado de Henrique et al. (1998a).

Os mais altos conteúdos de FB e FDA, assim como os altos teores de extrato etéreo da silagem de girassol resultam em valores de digestibilidade *in vitro*, em média, inferiores aos da silagem de milho (Tabela 3).

Tabela 3. Digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca e da fibra insolúvel em detergente neutro das silagens de milho, de girassol e de milho/girassol e valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca da ração completa com as respectivas silagens (TRM).

	Silagens		
	Milho	Girassol	Milho/Girassol
DIVMS (%) ¹	52,4	47,9	51,5
DIV da FDN (%) ²	80,2	54,0	73,9
TMR (DIVMS - %) ³	59,5	60,4	63,5

Adaptado de Valdez et al. (1988b).

¹ Digestibilidade *in vitro* da matéria seca em porcentagem

² Digestibilidade *in vitro* da fibra insolúvel em detergente neutro

³ Digestibilidade *in vitro* da matéria seca da ração completa com as respectivas silagens

Atualmente, os dados nacionais sobre a utilização da silagem de girassol para a produção de leite demonstraram o potencial produtivo da silagem para produções até 25 kg de leite ao dia (Silva, et al., 2005). Em grande parte dos estudos internacionais que avaliaram o uso da silagem de girassol para vacas em lactação, foram observadas produções de leite, ou produções corrigidas para o conteúdo de gordura, similares para os grupos de vacas alimentadas com silagem de girassol, ou com silagem de milho, ou outra fonte de volumosos (McGuffey & Schingoethe, 1980; Thomas et al., 1982a Valdez et al., 1988b). Alguns relatos indicaram menores produções com a silagem de girassol e ainda outros, o aumento na produção quando a silagem do girassol foi utilizada (Hubbel et al., 1985). Para vacas com alto potencial de produção (acima de 9.000 Kg por lactação), a silagem de girassol tem sido indicada como forragem para o meio e final de lactação. Desde que o nível de lipídeos na dieta total não ultrapasse o limite máximo de 8% da MS, para vacas mestiças e vacas com potencial de produção em torno de 4500 Kg, é possível que a silagem de girassol seja utilizada como volumoso único, geralmente sem prejuízo na produção, quando substitui as silagens de milho ou de sorgo (Gonçalves et al., 2000).

Tanto os cultivares desenvolvidos para a produção de óleo, que contêm de 35 a 45% de óleo no grão (McGuffey & Schingoethe, 1982), quanto os cultivares com sementes não oleosas, chamadas de variedades confeiteiras, que possuem grão maior, casca grossa (40 a 45% do peso da semente) facilmente removível e contêm de 25 a 30% de óleo (Carrão-Panizzi & Mandarino, 1994), têm sido utilizados para produção de silagem. Muitas vezes, os balanceamentos de dietas que utilizam silagens de girassol confeccionadas com genótipos de sementes oleosas como volumoso único são comprometidos, pois geralmente a porcentagem de extrato etéreo da dieta excede os níveis recomendados, podendo prejudicar o consumo, os parâmetros fermentativos e conseqüentemente afetar a produção e composição do leite. Os genótipos confeiteiros por apresentarem menores teores de extrato etéreo, podem ser opção para amenizar esses efeitos, entretanto, não existem estudos comparativos utilizando vacas em lactação, recebendo silagens desses materiais, em relação à outras alimentadas com silagens produzidas com genótipos de sementes oleosas.

As respostas em relação aos parâmetros fisiológicos e ao desempenho produtivo de animais submetidos às dietas baseadas em silagem de girassol de genótipos com sementes oleosas podem ser distintas às dos animais alimentados com silagens de genótipos confeiteiros. Os trabalhos que avaliam o potencial da cultura no Brasil concluíram que os valores de consumo e digestibilidade, indicam que a silagem de girassol pode ser um volumoso a ser utilizado em dietas de vacas leiteiras, como volumoso único ou em associação à silagem de milho (Silva et al., 2005 e Leite et al., 2007). No entanto, sugerem que a avaliação da categoria animal, exigência nutricional e estado fisiológico, além de análises econômicas, são importantes na tomada de decisão entre o fornecimento de silagem de girassol como única fonte volumosa ou em associação à silagem de milho.

Apesar de poucos estudos avaliando parâmetros produtivos e padrões de fermentação das silagens de girassol, são necessários estudos especificamente delineados, na tentativa de se explicar a interação entre tipo de fibra e sua relação com teor de lipídeos na dieta sobre os parâmetros ruminais e digestibilidade dessa fração fibrosa em dietas contendo silagem de girassol.

2. Carboidratos

Os carboidratos constituem, de modo geral, 75% da matéria seca das forragens e conseqüentemente, são a principal fonte de energia para o ruminante.

Em termos nutricionais, nas plantas forrageiras, os carboidratos podem ser classificados como carboidratos fibrosos (CF) e não-fibrosos (CNF). Os primeiros compreendem os polímeros que compõem a parede celular vegetal, que, juntamente com a lignina, desempenham funções de sustentação e proteção. representada basicamente pela celulose e hemicelulose, os quais são lenta e parcialmente disponíveis e ocupam espaço do trato gastrointestinal (TGI) (Cabral et al., 2000). Os CNF, representados pelos açúcares solúveis em água (mono e dissacarídeos), amido e pectina, são rápida e completamente digeríveis no TGI (Mertens, 1987; Mertens, 1996).

O sistema Cornell de carboidratos e proteínas líquidos – Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) foi desenvolvido para prever requerimentos, utilização de alimentos e excreção de nutrientes. O sistema envolve diversos modelos que levam em consideração as frações de proteína e de carboidratos (Sniffen et al., 1992), os processos de fermentação e de síntese microbiana (Russel et al., 1992) e a oferta e requerimento de aminoácidos.

A qualidade e quantidade de produtos da fermentação rumenal dependem do tipo e da atividade dos microrganismos presentes no rúmen. Russel et al. (1992) afirmam que a complexidade do ecossistema rumenal tem permitido a muitos nutricionistas concluírem que ele não pode ser entendido ou descrito em termos quantitativos. Para ele, o ecossistema microbiano rumenal pode ser dividido em dois grupos: microrganismos que fermentam CNF e aqueles que fermentam CF. Esta divisão se refere às diferenças na utilização de amônia, nitrogênio e peptídeo e ainda a eficiência de crescimento, assim como uma quase exclusiva partição de utilização de fonte energética. As bactérias fermentadoras de CF utilizam somente amônia como fonte de nitrogênio e não degradam peptídeos ou aminoácidos, já

as bactérias fermentadoras de CNF utilizam amônia e/ou peptídeo e aminoácidos como fonte de N e podem produzir amônia.

O sistema de Cornell, CNCPS (*Cornell Net Carbohydrate and Protein System*), enfatizada a necessidade da sincronização na degradação de compostos nitrogenados e carboidratos no rúmen, para que se obtenha a máxima eficiência de síntese de proteína microbiana, bem como a redução das perdas energéticas e nitrogenadas decorrentes da fermentação rumenal. Modelos mecanicistas são utilizados para a estimativa da quantidade de proteína metabolizável, a partir dos dados relativos às frações de carboidratos e proteínas, bem como de suas taxas de degradação (Russel et al., 1992). Dessa forma, espera-se prever com maior exatidão o desempenho dos animais a partir de diferentes dietas.

3. Carboidratos fibrosos e não fibrosos na dieta de vacas leiteiras

É na fração fibrosa dos alimentos (parede celular das plantas), em especial nas forrageiras, que pode ser encontrado grande parte dos carboidratos, como é o caso da celulose, constituindo na mais vasta e econômica fonte de energia disponível para os ruminantes. Quantitativamente, a celulose é o elemento básico das paredes celulares, sendo considerado o carboidrato mais abundante no mundo (Van Soest, 1994), pois constitui 20 a 40% da matéria seca das plantas. A celulose presente nas forragens geralmente contem, além das ligações β 1-4 glicano, em torno de 15% de pentosanos (principalmente xilose e alguma arabinose), além de cutina e sílica presentes no conjunto do tecido vegetal. Uma célula vegetal em crescimento é gradualmente encoberta por uma parede primária que contém poucas microfibrilas celulósicas não orientadas e alguns componentes não celulósicos tais como as substâncias pecticas. Na medida em que se desenvolvem, as paredes celulares das plantas tornam-se mais espessas e ao mesmo tempo as microfibrilas de celulose são embebidas em uma camada de polissacarídeo e lignina depositados junto a um bem definido axis, para construir a parede secundária.

Segundo Mertens (1997), a fibra pode ser definida nutricionalmente como a fração dos alimentos, pouco digestível ou indigestível, ocupando espaço no trato gastrointestinal dos animais.

Recomenda-se que dietas de vacas leiteiras possuam no mínimo 25% de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN, NRC, 2001), sendo 75% dessa FDN fornecida através da forragem. Entretanto esta recomendação pode ser manipulada, uma vez que as fibras variam grandemente em efetividade, em decorrência das diferenças no tamanho, distribuição das partículas e tempo de retenção no rúmen. O isolamento do efeito específico da FDN ou de sua digestibilidade sobre a produção animal é uma função complexa. Segundo Van Soest (1994), o conteúdo da FDN da forragem estaria mais relacionado ao consumo de matéria seca. Waldo (1986) sugeriu que o conteúdo da FDN seria a melhor e mais simples forma de predição do consumo para ruminantes. Mertens (1987) cita que o conteúdo da FDN poderia ser utilizado como a única característica do alimento para predição do efeito de enchimento e teor energético do alimento fornecido. O autor relaciona positivamente o consumo com a concentração da FDN quando a energia for o fator limitante da ingestão, porém, relaciona negativamente o consumo com a concentração da FDN, quando se observam limites de enchimento do trato gastro intestinal. Esse autor desenvolveu ainda um modelo matemático baseado nas observações de Conrad et al. (1964), relacionando o consumo de FDN (CFDN) com a energia líquida (EL). Como no modelo proposto por Conrad et al. (1964), Mertens (1987) também propôs que o animal apresenta um ponto limite de CFDN, sendo que abaixo deste ponto, o consumo seria regulado pela capacidade física dos pré-estômagos, enquanto que acima desse ponto, o consumo estaria sendo regulado pelo requisito energético. Ele concluiu que quando as vacas leiteiras se alimentam de altos teores de fibra, o consumo de matéria seca é em função do peso vivo e do conteúdo da FDN da dieta.

A pectina, classificado segundo Hall et al. (1999) como fibra solúvel em detergente neutro (FSDN) e segundo NRC (2001) como carboidrato não fibroso (CNF), é um polissacarídeo da parede celular das plantas, solúveis em água, estando localizados na lamela média e parede celular primária (Jung, 1993). Miron et al. (2001) observaram que a fração fibrosa da pectina, representada pelo teor de FDN, apresentou baixíssimo conteúdo de hemicelulose, sendo rica em celulose e de baixa lignificação. A

pectina é uma formação gelatinosa de polímeros de ácido galacturônico e ligações α -1-4, com inserções de ramnose (Carpita e Gibeaut, 1993). Segundo esses mesmos autores, a pectina contribui para adesão entre as células e as forças mecânicas de adesão. Associações não covalentes entre outras moléculas de pectina, através de cátions divalentes como o cálcio, além de ligações covalentes entre outros componentes da parede celular, mantêm a pectina na parede celular. Ainda não foi observada qualquer ligação entre a pectina e a lignina, mesmo com a maturidade da planta (Carpita e Gibeaut, 1993, Van Soest, 1994 e Hall et al., 1999). Esse fato facilita a ação microbiana na degradação da pectina, semelhantes aos carboidratos não fibrosos, sendo, portanto classificada como carboidrato não fibroso em dieta para ruminantes (NRC, 2001).

Do ponto de vista nutricional, as pectinas de interesse seriam as substâncias pécticas, incluindo o ácido urônico e também açúcares de cadeia lateral, predominantemente arabinose e arabinose mais galactose. Não obstante, se espera destes compostos atributos relativos aos carboidratos fibrosos, como a não produção de ácido láctico, o pouco efeito associativo negativo sobre a fermentação da FDN e um menor potencial de inibição da fermentação por indução de baixo pH rumenal. Segundo Van Soest (1994), a pectina é o carboidrato complexo mais rapidamente fermentado no rúmen, independentemente da origem, enquanto a degradação do amido e da celulose é dependente da fonte e do processamento do alimento.

O cálculo de CNF coloca todos os carboidratos solúveis em detergente neutro (CSDN) em um único "pool". Este grupo, nutricionalmente diverso, inclui tanto carboidratos estruturais (parede celular), como carboidratos não estruturais (conteúdos celulares) e carboidratos fibrosos e não fibrosos. "Fibra", neste caso é definida, nutricionalmente, como carboidrato não digestível por enzimas de mamíferos. As únicas ligações de carboidratos que as enzimas de mamíferos hidrolisam são aqueles presentes na sacarose, amido, galactose e lactose, deixando todos os outros carboidratos polimerizados indigestíveis, exceto por microrganismos (Hall et al., 1999). Geralmente, os CSDN são considerados os mais prontamente e extensivamente digeridos ou fermentados que a FDN (Van Soest, 1967). Os ácidos orgânicos não são carboidratos, mas são frequentemente, agrupados como CSDN a fim de descrever os componentes do alimento.

CSDN também diferem em suas características de fermentação. Ácidos orgânicos, particularmente, de alimentos fermentados, não tendem a sustentar o crescimento microbiano (Jaakkola e Huhtanen, 1992). Açúcares, amido (Strobel e Russell, 1986) e frutanas (Ziolecki et al., 1992) podem ser fermentados a ácido láctico e podem continuar a fermentar em baixo pH rumenal (Strobel e Russell, 1986), embora substâncias pécticas possam sofrer uma redução marcante em sua fermentação em pH baixo. Os microrganismos tendem a produzir, relativamente, mais propionato, quando o amido é fermentado, mais acetato a partir de substâncias pécticas e mais butirato a partir de sacarose (Strobel e Russell, 1986). Tem sido observada semelhante produção de células microbianas entre sacarose, amido e pectina fermentados em pH relativamente neutro, mas a produção microbiana a partir da pectina é diminuída em pH baixo (Strobel e Russell, 1986). Não importa a fonte de carboidrato, seu efeito no pH rumenal será provavelmente, mais intimamente relacionado à sua taxa de fermentação e taxa de produção de ácidos orgânicos (Malestein et al., 1984, Leiva et al., 2000).

Baseado nestas características de digestão e fermentação, os CSDN podem ser fracionados, como sustentando grande crescimento microbiano, englobando ácidos orgânicos, ou seja, utilização de alimentos fermentados, com taxas de fermentação extremamente variadas. Açúcares como mono e oligossacarídeos, que podem ser fermentados por microrganismos que exercem atividade microbiana em pH baixo, apresentando taxas de fermentação de 80 a 350%/h, assim como o amido (4 a 30%/h). E finalmente fibra solúvel, como beta glucanos e frutanos, com menores taxas de degradação (20 a 40%/h) (Hall et al., 1999).

As frutanas podem ser consideradas como fibra se elas passarem para o intestino delgado, mas fermentam similarmente ao amido no rúmen. As frutanas podem ser encontradas em algumas gramíneas de clima frio. Ao fracionarmos os carboidratos desta maneira, nós aumentamos a descrição de como e onde eles podem ser digeridos e que quantidades e tipos de nutrientes protéicos e

energéticos eles podem fornecer para a vaca. Usando estas frações nutricionalmente relevantes, o nutricionista estará mais apto a prever e formular o desempenho animal (Hall et al., 1999).

4. Considerações sobre formulação de rações para carboidratos não fibrosos

Os carboidratos solúveis em detergente neutro (CNF) são fonte importante de energia usada para atender as exigências de vacas leiteiras em lactação, especialmente animais de alta produção. Entretanto, nem todas as fontes de CNF sustentam desempenhos de produção semelhantes. Algumas fontes, principalmente, o amido, têm sido associadas tanto ao potencial para alta produção, quanto a problemas relacionados à acidose ruminal (Sutton et al., 1987; Nocek, 1997). A compreensão de como o arranjo dos carboidratos dos CNF se dispõe dentro do sistema da ração total, e de como eles diferem, em termos de nutrientes que suprem para o animal, pode oferecer um melhor entendimento de como considerá-los na formulação de rações.

5. Desempenho Animal

As tendências gerais nos estudos de alimentos sugerem que diferentes frações de CSDN podem afetar o desempenho animal. Vacas em lactação que são alimentadas com dietas que contêm maior proporção de subprodutos (polpa cítrica, polpa de beterraba), os quais contêm mais fibra e açúcares solúveis, quando comparadas àquelas que contêm mais amidos (de produtos do milho), apresentam menores consumos (Solomon et al., 2000 e Salvador, 2006), menor produção e porcentagem de proteína no leite (Leiva et al. 2000, Mansfield et al., 1994, Solomon et al., 2000 e Salvador, 2006) e maior porcentagem de gordura (Leiva et al. 2000, Mansfield et al., 1994) (Tabela 6). Mertens et al. (1994) comparou a eficácia das fontes de carboidrato ao utilizar nitrogênio não protéico (NNP), de silagem de alfafa, com vacas alimentadas com dietas contendo 19% de polpa cítrica e 19% silagem de grão úmido com 39% de umidade (% de MS da dieta) com e sem suplementação com farelo de soja, após extração. As vacas alimentadas com dieta a base de polpa cítrica apresentaram maior produção e proteína no leite, quando suplementadas com maior teor de proteína de escape ruminal que vacas alimentadas com dieta de milho com alta umidade, sugerindo uma menor eficácia de utilização de NNP com citrus.

Tabela 4. Respostas produtivas de vacas em lactação consumindo amido e fontes de fibras solúveis (polpa cítrica).

	Salvador, 2006		Solomon et al., 2000		Leiva et al., 2000	
	Milho	Polpa cítrica	Milho	Polpa cítrica	Milho	Polpa cítrica
IMS, kg	20,5	19,5	21,0 ^a	20,3 ^b	21,4	21,0
Produção de Leite, kg	28,0	27,4	35,6	34,7	32,8	31,3
Gordura, %	3,62	3,61	3,33	3,38	3,43	3,54
Produção de Gordura, kg	1,0	1,0	2,60	2,56	2,47	2,45
Proteína, %	3,23	3,15	3,00 ^a	2,93 ^b	2,83 ^a	2,71 ^b
Produção de Proteína, kg	0,89	0,85	2,31	2,23	2,05	1,87

^{a, b} $P < 0,05$, somente referente ao experimento citado, não havendo comparação entre os diferentes ensaios citados.

Nas dietas onde sacarose foi substituída por amido (0 a 7% da MS como sacarose ou amido de milho puro e CNF como 43% de MS), Broderick et al. (2000) observaram aumento no consumo de matéria seca (+1,5 kg), teor de gordura do leite (0,16%) e produção de gordura (0,18 kg) e a relação leite e consumo de matéria seca tendeu a diminuir de 1,60 para 1,52. A produção de leite corrigida para gordura tendeu a aumentar (3,4 kg). A eficiência de conversão de nitrogênio da dieta, para N da proteína do leite diminuiu linearmente com o aumento da substituição de sacarose por amido (de 0,31 para 0,29) (Broderick et al., 2000). Em outro estudo, quando a sacarose foi substituída por milho moído em 1,5% da MS da ração, o consumo, a produção de leite e a produção de leite corrigida para

gordura não mudaram, mas a produção de gordura do leite aumentou de 0,96 para 0,97 kg por dia e a proteína do leite (%), diminuiu de 3,51 para 3,28% (Nombekela and Murphy, 1995).

Observa-se que, alterando as proporções de açúcares, amido e fibra solúvel nas dietas o consumo pode ser alterado, além da produção e a composição do leite e eficiência alimentar. Entretanto, estes estudos não relataram as quantidades totais de vários CNF nas rações, o qual se torna um elemento importante para a melhor compreensão das quantidades de açúcares, amido ou fibra solúvel fornecida na dieta e sob que condições otimizam o desempenho.

6. Produção de Proteína no leite e CNF

Tanto a fibra solúvel, quanto o açúcar tendem a ser fermentados muito rapidamente no rúmen e devem promover um bom crescimento microbiano, se o pH rumenal não for baixo. O NRC de Gado de Corte (1996) e alguns modelos nutricionais (Russell et al., 1992) predizem produções semelhantes de microrganismos a partir da fermentação de CNF fermentados no rúmen, onde os substratos são fermentados em taxas semelhantes. Açúcares e pectina (fibra solúvel) são preditas para oferecer as maiores produções dentre os CNF, devido à sua rápida taxa de fermentação. Isto parece ser conflitante, segundo Leiva et al (2000), com a redução da eficiência de PB do alimento e produções de proteína do leite observadas com fibra solúvel e açúcares comparados ao amido.

Em estudo de Hall et al., 1999, delineado para examinar a produção microbiana “*in vitro*” de diferentes CNF, isolados de FDN de *Cynodom* spp. (iNDF), mais uma mistura de sacarose, pectina de citrus ou amido de milho e iNDF. Nesse mesmo estudo, a PB, não incluindo nitrogênio-não-protéico ou peptídeos, foi precipitada com ácido tricloroacético, com amostras de cada alimento, a cada 4 horas, durante duas fermentações de 24 horas. O conteúdo de PB do precipitado (não incluindo NNP ou peptídeos) mais o resíduo da amostra remanescente foram medidos e corrigidos para brancos de fermentação e para o conteúdo original de PB da amostra. Todas as informações de PB foram avaliadas quanto ao conteúdo de ácidos orgânicos (material potencialmente fermentável). Os resultados mostraram que a produção máxima de PB foi a da fermentação de amido (32.5 mg), e a menor, mas similar, entre pectina (28.1 mg) e sacarose (27.6 mg). Se as menores produções de PB da fermentação de sacarose e pectina traduzir em reduzidas quantidades de aminoácidos disponíveis para a vaca, isto poderia explicar as reduções de proteína do leite nos experimentos de produção animal.

Para pectina, isto poderia explicar a menor eficiência de utilização de NNP e a resposta para o fornecimento de proteína de escape rumenal.

A glicólise convencional do ácido galacturônico não ocorre nas bactérias pectinolíticas do rúmen. Em culturas de *Lachnospira multiparus* (Dusková e Marounek, 2001) e *Treponema saccharophilum* (Paster e Canale-Parola, 1985) com pectina, foi detectada atividade da enzima 2-ceto-3-desoxi-6-fosfogluconato aldolase (KdPGA). Esta enzima foi considerada a chave da via glicolítica descrita originalmente por Entner e Doudoroff (1952). Esta enzima, assim como a hidrólise do ácido glicurônico à piruvato e gliceraldeído 3-fosfato, não ocorrem na via glicolítica tradicional (Embden-Meyerhoff, ou glicólise). Segundo Hobson (1995), é a mais eficiente e principal via glicolítica das bactérias rumenais. Porém existem outras vias menos eficientes e utilizadas pelas bactérias rumenais, tais como a via das pentoses ou a via Entner e Doudoroff (Hobson, 1995).

A glicose é fosforilada antes da hidrólise da molécula de glicose. Na via sugerida por Entner e Doudoroff (1952), a fosforilação da glicose ocorre uma única vez antes da hidrólise da glicose em duas trioses. Desta maneira, a produção de ATP fica limitada na utilização da via Entner e Doudoroff, já que apresenta um saldo de zero, enquanto na via da glicólise, ou Embden-Meyerhoff o saldo é de dois ATPs por mol de glicose fosforilada.

Portanto, quando a pectina constitui o principal carboidrato de rápida fermentação na dieta, o aumento induzido pela disponibilidade deste substrato na população microbiana que utiliza pectina (*Lachnospira*

multiparus) pode afetar a eficiência de síntese de proteína microbiana, tanto pela menor eficiência energética da conversão de ácido galacturônico em piruvato pela rota de Entner e Doudoroff, quanto pela menor eficiência no catabolismo da glicose oriunda de algum amido dietético por esta rota metabólica, preferida no momento em relação à rota de Embden-Meyerhoff, rotineiramente prevalente no rúmen.

7. Formulação de Ração

Na tentativa de formular dietas enfatizando CNF, Hall et al (1999) avaliaram os teores de açúcar, amido e fibra solúvel de dietas de gado de leite obtidas a partir de levantamento das rações americanas que sustentavam alta produção de leite e boa saúde dos animais. Já que os animais consumiam exatamente o que constava nos trabalhos, pode-se calcular as proporções de alimentos da matéria seca da dieta, disponibilizando as análises de alimentos. Os valores de CNF dos alimentos foram estimados, usando-se os valores de CNF calculados (100-PB-FDN-EE-Cinza) e as proporções de CNF como açúcares, amido e fibra solúvel da análise de alimentos previamente realizada em laboratório (Hall, 2000). A saúde do animal pode ser afetada pelos tipos e quantidades de CNF consumidos, relativos às quantidades de forragem/fibra efetiva da ração, sendo que os valores de CNF *versus* forragem foram comparados. A fibra solúvel foi relativamente constante entre forragens e níveis de forragem ajustados (silagem de milho menos seu conteúdo de amido). O conteúdo de amido e açúcar variaram inversamente. A medida que o conteúdo de forragem da dieta aumentou, o conteúdo de amido e açúcares diminuiu. Entretanto, estas mudanças podem ser em função dos alimentos que estavam disponíveis e não a partir da obtenção de dietas ótimas. Em dietas nas quais se utilizavam forragens, a polpa cítrica, que contém altos níveis de açúcar (26%) e fibra solúvel (33%), foi incluída nas rações.

Segundo Hall (2000) algumas possibilidades devem ser consideradas para adequada formulação de rações. Observa-se que pectinas ou algum outro tipo de fibra solúvel (casca de soja) produzem menos proteína microbiana, sendo que a inclusão de maior proporção de proteína de escape rumenal na dieta pode ser necessária. Quanto aos açúcares, realmente ainda não está claro que fator na vaca determina as produções de microrganismos, ácidos orgânicos ou glicogênio a partir dos açúcares fornecidos na dieta. Novamente, proteína digestível de escape, adicional, pode ser benéfica, uma vez que os açúcares podem aumentar a palatabilidade e o consumo. O amido parece oferecer maior produção de proteína bruta microbiana. Entretanto, seu fornecimento em altos níveis pode levar à acidose rumenal e menor saúde de rúmen. Seria necessário descobrir em que extensão os açúcares e os amidos são variáveis para ser fonte disponível de glicose para o intestino delgado e que proporções de fibra solúvel, açúcares e FDN total ou efetivo devem ser incluídos para compensar a possibilidade de acidose.

Nocek e Russell (1988) sugeriram que um CNF em torno de 40% seria ideal em dietas de vacas leiteiras consumindo silagem de milho e alfafa, na proporção de 50%, mais concentrado. Esses mesmos autores sugerem que o CNF da dieta total poderia estar variando entre 30 a 45%. Hoover e Miller (1991), através de regressões dos dados adaptados por Nocek e Russell (1988), observaram uma diminuição na produção diária de leite de vacas alimentadas com dietas com conteúdo de CNF entre 45 e 50%, e também para aqueles animais consumindo dietas entre 20 a 25% de CNF. Sievert e Shaver (1993) não observaram diferenças na ingestão ou produção de leite de vacas leiteiras ao reduzirem o CNF da dieta total de 40 para 35%.

8. Referências

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. Energy and protein requirements of ruminants. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureaux international, 1993.159p.

AKIN, D.E., L.G., LJUNGDAHL, J.R. WILSON, e P.J., HARRIS. 1990. Microbial and plant opportunities to improve lignocellulose utilization by ruminants. *Elsevier Science Publishing Co., Inc.*, New York.

ALMEIDA, M. F. *Composição química, digestibilidade e consumo voluntário das silagens de sorgo (Sorghum vulgare, Pers.) em dois momentos de corte, girassol (Helianthus annuus, L.) e milho (Zea mays, L.) para ruminantes*. Lavras: ESAL, 1992. 100p. (Dissertação de Mestrado).

ALMEIDA, M.F., VON TIESENHAUSEN, I.M.E., AQUINO, L.H., CARVALHO, V.D., ROCHA, G.P., SILVA, M.G.C.M. Composição Química E Consumo Voluntário Das silagens de sorgo, em dois estádios de corte, girassol e milho para ruminantes. *Ciência e Prática*. v.19, n.3, p.315-321, 1995.

ARGENZIO, R.A., Digestão e absorção dos carboidratos, gorduras e proteínas. In: *Swenson, M.J., and Reece, W.O., (ed)*. Dukes, Fisiologia dos animais domésticos. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 335, 1993. 853p.

BAUMAN, D. E. and GRIINARI, M. G. Nutritional regulation of milk fat synthesis. Disponível em : <www.annurev.nut.com> . Acesso em : 20/02/2003.

BAUMAN, D. E.; BAUMGARD, L. H.; CORL, B. A; GRIINARI, J. M. Biosynthesis of conjugated acid in ruminants. *Proc. Am. Soc. Anim. Sci.* , v.4, n.1, p. 01-15, 1999.

BAUMAN, D. E.; LOCK, A . L.; PERFIELD, J. W. The role of trans fatty acids in the regulation of milk fat synthesis. *Intermountain Nutrition Conference* . 7th Annual Meeting, Salt Lake City, UT. p.85-97, 2005.

BAUMGARD, L. H., SANGSTER, J. K., BAUMAN, D. E. Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of *Trans-10, cis-12* conjugated linoleic acid (CLA). *J. Nutr.* v.131, p.1764-1769, 2001.

BAUMGARD, L. H.; CORL, B. A.. Identifications of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis, *Am. J. Phy. Reg. Int. Comp. Phy*, v. 278, n.1, p. R179-R184, 2000.

BAILEY, R.W. Structural carbohydrates. In: Butter, C.W. & Bailey, R.W., ed., *Chemistry and biochemistry of herb age*. London, Academic Press, v. 1, 1973,p. 157-211.

BREMNER, P.M., PRESTON, G.K., St. GROTH, C.F. A field comparison of sunflower (*Helianthus annuus*) and Sorghum (*Sorghum bicolor*) in a long drying cycle. I Water extraction. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.37, n.5, p.483-493, 1986.

BRODERICK, G.A., WALLACE, R.J., ØRSKOV, E.R. Control of rate and extent of protein degradation. In: Tsuda, T., Sasaki, Y., Kawashima, R. (Ed.) *Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants*. New York, Academic Press, p.542-592, 1991.

BRODERICK, G. A., N. D. LUCHINI, W. J. SMITH, S. REYNAL, G. A. VARGA, and V. A. ISHLER. 2000. Effect of replacing dietary starch with sucrose on milk production in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83(Suppl. 1):248 (Abstr.).

BUENO, I.C.S.B., ABDALLA, A.L. Efeitos associativos do feno de aveia com diferentes níveis de grãos de milho e sorgo avaliados pela técnica da produção cumulativa de gases "in vitro". In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38, 2001, Piracicaba, Anais... Piracicaba: SBZ, 2001. p. 1343-1345.

CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; MA

CÂMARA, G.M.S., SILVA, S.C., ANDRADE, F.M.E., MONTEIRO, C.A., MATTIAZZI, P. Determinação do momento ideal de colheita do girassol (*Helianthus annuus* L.) para a ensilagem durante a safrinha de 1997. In: *Reunião nacional de pesquisa de girassol, 13., simpósio nacional sobre*

a cultura do girassol, 1, 1999, Itumbiara. *Resumos...* Londrina: Embrapa Soja, 1999a. p.123-125. (Embrapa Soja. Documentos, 135).

CÂMARA, G.M.S., SILVA, S.C., MATTIAZZI, P., MONTEIRO, C.A. Determinação do momento ideal de colheita do girassol (*Helianthus annuus* L.) para a ensilagem durante a safrinha de 1998. In: *Reunião nacional de pesquisa de girassol, 13., simpósio nacional sobre a cultura do girassol, 1, 1999, Itumbiara. Resumos...* Londrina: Embrapa Soja, 1999b. p.126-129. (Embrapa Soja. Documentos, 135).

CARNEIRO, J. C.; OLIVEIRA, E.; SILVA, J. O.; VIANA, A. C.; FERREIRA, J.; BORDONI, C. Avaliação da degradabilidade *in situ* da matéria seca e da fibra em detergente neutro de silagens de milho (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*) e girassol (*Helianthus annuus*) In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. *Anais...* Recife: SBZ, 2002. CD-ROM. Disponível em: <<http://www.sbz.org.br/cds/SBZ2002.rar>>

CARRÃO-PANIZZI, M.C., MANDARINO, J.M.G. *Girassol: derivados protéicos. Documentos, EMBRAPA-CNPSo*, n.74, 1994, 27p.

CARPITA, N.C., GIBEAUT, D.M., Structural models of primary cell walls in flowering plants: consistency of molecular structure with the physical properties of the walls growth. *The plant journal*. v. 3, n. 1, p. 1-30. 1993.

CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A. *Cultura do girassol; Tecnologia de produção*. Londrina: EMBRAPA. 1993.

CHURCH, C. D., Los lípidos en la nutrición de los rumiantes, In: Church, D. C. El rumiante fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza, Espanha, Ed. Acribia, 1988.

DEHORITY, B.A., e JOHNSON, R.R. Effect of particle size upon the “in vitro” cellulose digestibility of forage by rumen bacteria. *J. Dairy Sci.*, v.44, n.6, p. 2242-2249, 1961.

EDWARDS, R. A., HARPER, F., & HENDERSON, A. R., The potential of sunflower as a crop for ensilage, *Journal of Science of Food and Agriculture*, v. 1, n. 29, p. 332-338, 1978.

FEIST, W. C., BAKER, A. J., & TARKOW, H., Alkali requirements for improving digestibility of hard-woods by rumen micro-organisms. *Journal of Animal Science*, v. 30, n. 5, p. 832-834, 1970.

GONÇALVES, L. C.; SILVA, F.F.; CORREA, C.E.S.; SAMPAIO, I. B. M.; RODRIGUEZ, N. M. ; VIDAL, A. Produtividade e teor de matéria seca de girassol (*Helianthus annuus*) cultivado em diferentes épocas do ano e colhido em diferentes estágios vegetativos. In: *Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 23ª Anais* - CE, 1996.

GONÇALVES, L.C., TOMICH, T.R., PEREIRA, L.G.R. Produção e utilização de silagem de girassol. In: *Simpósio de forragicultura e pastagens, 1, 2000, Lavras. Anais...* Lavras: UFLA, 2000. p.203-236.

GRUMMER, R. R. Effect of Feed on the Composition of Milk Fat. *Jornal Dairy Science*. v. 74, n.9, p. 3244-3257, 1991.

HATCH, M.D., SLACK, C.R., Photosynthesis by sugarcane leaves. A new carboxylation reaction and the pathway of sugar formation. *Biochemistry journal*. V. 101, p. 103-111. 1966.

HALL, M. B. 2000. Neutral detergent-soluble carbohydrates: nutritional relevance and analysis, a laboratory manual. University of Florida Extension Bulletin 339, April, 2000.

HALL, M.B., W.H. HOOVER, J.P. JENNINGS, and T.K. MILLER Webster. 1999. A method for partitioning neutral detergent-soluble carbohydrates. *J. Sci. Food Agric.* 79:2079.

HARTLEY, R.D. Non-carbohydrate constituents and properties of the plant cellwall in relation to its digestion. In: Wallace, G. & Bell, L., ed. *Fibre in human and animal nutrition*. Wellington, Royal Society of New Cealand, 1982, p. 81-84, (Bulletin, 20). 161.

HENRIQUE, W., ANDRADE, J.B., SAMPAIO, A.A.M. Silagem de milho, sorgo, girassol e suas consorciações. II. Composição bromatológica. In: *Sociedade brasileira de zootecnia, reunião anual*, 35, 1998, Botucatu. *Anais...* Botucatu: SBZ, 1998a. p.379-381.

HENRIQUE, W., ANDRADE, J.B., SAMPAIO, A.A.M. Silagem de milho, sorgo, girassol e suas consorciações. III. Coeficientes de digestibilidade. In: *Sociedade brasileira de zootecnia, reunião anual*, 35, 1998, Botucatu. *Anais...* Botucatu: SBZ, 1998b. p.382-384.

HOBSON, P. N., *The Rúmen Microbial Ecosystem*, London: Elsevier Applied Science, 1997, 719p.

HOOVER, W.H., MILLER, T.K., Associative effects of alternative feeds. *J. Agric. Sci.*, v.34 , p.2311-2322, 1991.

HUBBEL, D. S.; HARRISON, K. F.; DANIELS, L. B.; STALLCUP, O. T. A comparison of corn silage and sunflower silage for lactating Jersey cows. *Arkansas Farm Research*, Fayetteville, v. 34, n. 1, p. 7, Jan./Fev. 1985.

IYAMA, K., T.B.T. LAM, e B. STONE, Covalent cross-links in the cell wall. *Plant Physiol.* V. 104, p. 315-320, 1994.

JAAKKOLA, S. and P. HUHTANEN. 1992. Rúmen fermentation and microbial protein synthesis in cattle given intraruminal infusions of lactic acid with a grass silage based diet. *J. Agric. Sci.* 119:411.

JENKINS, T. C, Lipid Metabolism in the Rúmen. *Jornal Dairy Science.* v. 76, n.12, p. 3851-3863. 1993.

JUNG, H.G., e D.A., DEETZ, 1993. Cell wall structure and degradability. p. 315-346. In: *H.G., Jung et al (ed) Forage cell wall structure and digestibility*. ASA,CSSA e SSSA, Madison, WI.

KAJIKAWA, H., ODAI, M., SAITOH, M., ABE, A, Effects of whole cottonseed on rumenal properties and lactation performance of cows with different rúmen fermentation patterns. *Animal Feed Science and Technology.* v. 34, p. 203-212, 1991.

LEITE, L. A., Silva, B. O., Reis, R. B., et al., Silagens de girassol e de milho em dietas de vacas leiteiras: consumo e digestibilidade aparente. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 58, p. 1192-1198, 2006.

LEIVA, E., M. B. HALL, and H. H. VAN HORN. 2000. Performance of dairy cattle fed citrus pulp or corn products as sources of neutral detergent-soluble carbohydrates. *J. Dairy Sci.* 83:2866-2875.

MAIA, F. S. Qualidade e padrão de fermentação das silagens de seis cultivares de milho (BR 106, BR 205, HD 9486, AG 1051, C 701, F0- 01). 2001. 47 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MALESTEIN, A., A. Th. van't Klooster, R. A. Prins, and G. H. M. Counotte. 1984. Concentrate feeding and rumenal fermentation. 3. Influence of concentrate ingredients on pH, on DL-lactic acid concentration in the rúmen fluid of dairy cows and on dry matter intake. *Neth. J. Agric. Sci.* 32:9.

MANSFIELD, H. R., M. D. STERN, and D. E. OTTERBY. 1994. Effects of beet pulp and animal by-products on milk yield and in vitro fermentation by rúmen microorganisms. *J. Dairy Sci.* 77:205-216.

McDONALD, P., HENDERSON, A. R., HERON, S. *The biochemistry of silage*. 2ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.

MCGUFFEY, R. K.; SCHINGOETHE, D. J. Feeding value of high oil variety of sunflowers as silage to lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 63, n. 7, p. 1109 - 1113, 1982.

MERTENS, D. R., G. A. BRODERICK, and R. SIMONS. 1994. Efficacy of carbohydrate sources for improving utilization of N in alfalfa silage. *J. Dairy Sci.* 77(Suppl. 1):240 (Abstr.).

MIRON, J., YOSEF, E., BEN-GHEDALIA, D., Composition and in vitro digestibility of monosaccharide constituents of selected byproduct feeds. *Journal agricultura food chemistry*. Wallington, v. 49, n. 5, p. 2322-2326, 2001.

MORRISON, J.M. Carbohydrate chemistry and rumen digestion. *Proc. Nutr. Soc.*, v.38, n. 3, p. 269-274, 1979.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1996. Nutrient requirements of beef cattle, 7th rev. edition. National Academy Press, Washington, DC.

NOCEK, J. E. 1997. Bovine acidosis: implications on laminitis. *J. Dairy Sci.* 80:1005-1028.

NOCEK, J.E., RUSSELL, J.B., Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.*, v. 71, p. 2070-2078, 1988.

NOGUERA, J.R.R., *Qualidade das silagens de quatro cultivares de girassol (Helianthus annuus), ensilados com diferentes proporções da planta*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2000. 35p. Dissertação (Mestrado em zootecnia).

NOMBEKELA, S. W. and M. R. MURPHY. 1995. Sucrose supplementation and feed intake of dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 78:880-885.

National Research Council - NRC. *Nutrient requirement of dairy cattle*. 6ed. Washington: National Academy Press. 1989. 242p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirement of dairy cattle*. 7ed. Washington: National Academy Press. 2001. 381p.

NUSSIO, L. G. Cultura de milho para produção de silagem de alto valor alimentício. In: *Simpósio Sobre Nutrição de Bovinos*, Anais...4, Piracicaba - SP, p. 59 - 168, 1991.

OWENS, F.N.; GOESTCH, A.L., Digesta passage and microbial protein synthesis. In: *Internacional Symposium on Ruminant Physiology – Control of digestion and Metabolism in Ruminants*, 6, 1984, Banff. Proceedings...Banff, 1996, p. 196-223.

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

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

PENA NETO, A. M. P., *Girassol*; Manual do Produtor Cravinhos: Sementes Canti Brasil LTDA. 1981. 30 p.

PEREIRA, L. G. R., GONÇALVES, L.C., RODRIGUES, J.A.S., BORGES, I., RODRIGUEZ, N.M., BORGES, A.L.C.C., ALMEIDA, P.M.A. Carboidratos solúveis, extrato etéreo e ácidos orgânicos das

silagens de seis genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.) em diferentes períodos de fermentação. In: *Sociedade brasileira de zootecnia, reunião anual*, 38, 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001.

PEREIRA, L.G., GONÇALVES, L.C., RODRIGUES, J.A.S., BORGES, I., RODRIGUEZ, N.M., BORGES, A.L.C.C., ALMEIDA, P.M.A. Avaliação de diferentes épocas de ensilagem da cultura de girassol (*Helianthus annuus* L.). II - Produção de matéria natural e matéria seca por hectare e matéria seca da planta, capítulo, folha e haste. In: Reunião nacional de pesquisa de girassol, 13., *Simpósio nacional sobre a cultura do girassol*, 1, 1999, Itumbiara. *Resumos...* Londrina: Embrapa Soja, 1999a. p.87-89. (Embrapa Soja. Documentos, 135).

PEREIRA, L.G., GONÇALVES, L.C., RODRIGUES, J.A.S., BORGES, I., RODRIGUEZ, N.M., BORGES, A.L.C.C., ALMEIDA, P.M.A. Avaliação de diferentes épocas de ensilagem da cultura de girassol (*Helianthus annuus* L.). III - Densidade, matéria seca e proteína bruta das silagens. In: Reunião nacional de pesquisa DE GIRASSOL, 13., *Simpósio nacional sobre a cultura do girassol*, 1, 1999, Itumbiara. *Resumos...* Londrina: Embrapa Soja, 1999b. p.83-86. (Embrapa Soja. Documentos, 135).

PEREIRA, L.G.R., GONÇALVES, L.C., RODRIGUES, J.A.S., TOMICH, T.R., BORGES, I., RODRIGUEZ, M.M. Padrão de fermentação das silagens de seis genótipos de girassol. In: *Sociedade brasileira de zootecnia, reunião anual*, 36, 1999, Anais... RIO GRANDE DO SUL: SBZ, 1999.

PEREIRA, L. G. R., et al., Carboidratos solúveis, extrato etéreo e ácidos orgânicos das silagens de seis genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.) em diferentes períodos de fermentação. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, REUNIÃO ANUAL, 38, 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001.

RUSSELL, J. B.; HESPELL, R. B. Microbial Rumen Fermentation. *Journal Dairy Science*, v. 64, n. 6, p. 1153-1169, 1981.

RUSSELL, J.B., ONODERA, R., HINO, T. Rumenal protein fermentation: News perspectives on previous contradictions. . In: Tsuda,T., Sasaki,Y., Kawashima,R. (Ed.) *Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants*. New York, Academic Press, p. 681-697, 1991.

RUSSELL, J. B., J. D. O'CONNOR, D. G. FOX, P. J. VAN SOEST, and C. J. SNIFFEN. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. rumenal fermentation. *J. Anim. Sci.* 70:3551-3561.

SIEVERT, S.J., SHAVER, R.D., Effect of non fiber carbohydrate level and *Aspergillus oryzae* fermentation extract on intake, digestion and milk production in lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 71:1032-1039. 1993.

SOLOMON, R., L. E. CHASE, D. BEN-GHEDALIA, and D. E. BAUMAN. 2000. The effect of nonstructural carbohydrate and addition of full fat extruded soybeans on the concentration of conjugated linoleic acid in the milk fat of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83:1322-1329.

SILVA, D. J., *Análise de alimentos (Métodos Químicos e Biológicos)*. Viçosa, MG: UFV, 1990. 166p.

SILVA, B. O., Leite, L. A., Ferreira, M. I. C., et al., Silagens de girassol e de milho em dietas de vacas leiteiras: produção e composição do leite. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 56, p. 750-756, 2004.

STEHLING, C.A.V. *Avaliação da qualidade das silagens de quatro cultivares de girassol contendo aditivos*. 2001. 64f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

- STROBEL, H.J. and J.B. RUSSELL, 1986. Effect of pH and energy spilling on bacterial protein synthesis by carbohydrate-limited cultures of mixed rumen bacteria. *J. Dairy Sci.* 69:2941.
- SUTTON, J. D., J. A. BINES, S. V. MORANT, D. J. NAPPER, and D. I. GIVENS. 1987. A comparison of starchy and fibrous concentrates for milk production, energy utilization and hay intake by Friesian cows. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 109:375-386.
- TAIZ, L., ZEIGER, E., *Plant physiology*. Los Angeles: The Benjamin/Cummings, 1998, 559 p.
- THOMAS, V.M., MURRAY, G.A, THACKER, D.L., SNEDDON, D.N. Sunflower silage in rations for lactating Holsteins cows. *Journal of Dairy Science*. v.65, n.2, p.267-270, 1982a.
- THOMAS, V.M., SNEDDON, D.N., ROFFLER, R.E., MURRAY, G.A. Digestibility and feeding value of sunflower silage for beef steers. *Journal of Animal Science*. v.54, n.5, p.933-937, 1982b.
- TOMICH, T.R. *Avaliação do potencial forrageiro e das silagens de treze cultivares de girassol (Helianthus annuus L.)*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1999. 131p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)
- TOSI, H.; SILVEIRA, A. C.; FARIA, V. P.; PEREIRA, R. L. Avaliação do girassol (*Helianthus annuus*) como planta para a ensilagem. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 39 - 48, 1975.
- UDÉN, P.; COLUCCI, P.E.; VAN SOEST, P.J., Investigation of chromium, cerium and a cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. *J. Sci. Food. Agric.*, v.31, p. 625-632, 1980.
- VALLE, C.B.; JANK, L.; RESENDE, R.M.S.; et al. Lançamento de cultivares forrageiras: o processo e seus resultados. Seminário do DZO/UFV, out., 2003.
- VALDEZ, F.R., HARRISON, J.H., DEETZ, D.A., FRASEN, S.C. In vivo Digestibility of corn and sunflower intercropped as a silage crop. *Journal of Dairy Science*, v.71, n.7, p.1860-1867, 1988a.
- VALDEZ, F.R., HARRISON, J.H., FRASEN, S.C. Effect of feeding sunflower silage on milk production, milk composition, and rumen fermentation of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.71, n.9, p.2462-2469, 1988b.
- VAN SOEST, P.J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *J. Anim. Sci.* 26:119.
- VAN SOEST, P.J., e MOORE, L.A. New chemical methods for analysis of forages for the purpose of predicting nutritive value. In: Congresso Internacional de Pastagens, 9., São Paulo, 1965. *Anais..* São Paulo, Depto. de Produção Animal da Secretaria da Agricultura, 1966. p. 783-789.
- VAN SOEST. P. J., 1994, *Nutricional Ecology of the Ruminant*. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 476p.
- VILELA, D., Aditivos para silagens de clima tropical. In: SIMPÓSIO SOBRE ADITIVOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES E NÃO RUMINANTES, 1, Botucatu. Anais... Botucatu: XXXV Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998, p. 73-108.
- WILMAN, D.; DALY, M.; KOOCHEKI, A., e LWOGA, A.B. The effect of interval between harvests and nitrogen application on the proportion and digestibility of cell wall cellulose, hemicellulose and lignin and on the proportion of lignified tissue in leaf cross-section in two perennial ryegrass varieties. *J. Agric. Sci.*, v.89, n. 1, p. 53-63, 1977.

ZIOLECKI, A., W. GUCZYNSKA, and M. WOJCIECHOWICZ. 1992. Some rumen bacteria degrading fructan. *Letters in Applied Microbiology*, 15:244.

Capítulo 2

Desempenho de vacas leiteiras em lactação alimentadas com silagem de girassol ou de milho e concentrado a base de polpa de citrus ou milho moído.

1. Introdução

A inter-relação entre propriedades físicas e químicas dos alimentos, quantidade de alimento consumido, população microbiana do rúmen, taxa de remoção rumenal dos produtos da digestão e da fermentação e resíduos indigestíveis, devem ser avaliadas constantemente como forma de potencialização da produção animal (Chalupa, 1977). Para Allen (2000), as características físicas e químicas dos componentes da dieta e suas interações influenciam o consumo de matéria seca (CMS) de vacas leiteiras.

Cada animal possui capacidade máxima de utilização dos nutrientes ingeridos, desde que não seja influenciada pela limitação física de CMS. A regulação física do CMS ocorre quando a ingestão do alimento é limitada pelo tempo requerido para alimentação, ou pela própria distensão do trato gastro intestinal, principalmente retículo e rúmen. Segundo Allen (1996) e Forbes (1995) a distensão desses órgãos promove a regulação do consumo voluntário de matéria seca (CVMS), através da estimulação de mecanorreceptores e receptores de tensão, localizados nas paredes musculares dos pré-estômagos.

Esses receptores de tensão e mecanorreceptores estão concentrados no retículo e na porção cranial do rúmen. Os mecanorreceptores epiteliais são estimulados através de pouco estímulo mecânico e químico, enquanto os receptores de tensão são estimulados pela distensão do órgão, fornecendo informações para o centro hipotalâmico da saciedade.

A extensão do controle do CMS pela capacidade de distensão do retículo rúmen (RR) é relacionada com o requisito energético do animal e pelo efeito de enchimento da dieta consumida. Allen (1996) observou em vários experimentos, onde componentes inertes foram introduzidos no retículo e rúmen de vacas leiteiras, diminuição de 25% na capacidade volumétrica desses órgãos. A redução no CMS somente foi observada quando os animais apresentavam-se em balanço energético negativo. Segundo esse mesmo autor, dietas que forneciam mais que 3,8 Mcal de energia líquida (EL) ao dia não tiveram o CMS afetado pela adição de inertes no RR.

Vários experimentos têm sido conduzidos, na tentativa de se definir o papel da FDN na regulação do CMS. Miller et al. (1990) formularam dietas contendo a mesma concentração de FDN, diferentes, no entanto, nos valores estimados da digestibilidade dessa FDN o que conseqüentemente estaria alterando a capacidade de enchimento da dieta consumida. Quando essas dietas foram fornecidas para vacas em lactação, observou-se que os animais alimentados com dieta capaz de proporcionar maior enchimento físico (baixa digestibilidade da FDN), consumiram a mesma quantidade de matéria seca, em relação ao outro grupo (elevada digestibilidade da FDN), porém consumiram menor quantidade da FDN e produziram menor quantidade de leite. Llamas-lamas & Combs (1990) também observaram que vacas leiteiras consumiram maior quantidade de matéria seca, quando alimentadas com dietas contendo FDN mais digestível. Oba & Allen (1999) observaram maior CMS em vacas leiteiras alimentadas com forragens de maior digestibilidade da FDN, concluindo que o aumento da digestibilidade da FDN estimula o CMS. Esses autores ainda sugeriram a digestibilidade da FDN como parâmetro de avaliação da qualidade da forragem.

Os principais fatores responsáveis pela conversão de forragem em produção animal são: a ingestão de energia, a digestibilidade dessa energia e a eficiência de conversão da energia digestível (Waldo & Jorgensen, 1980). O estudo da digestão parcial dos nutrientes nas dietas de vacas leiteiras permite determinar quantitativamente sua utilização nas diferentes partes do trato gastrointestinal. Além do conhecimento da composição bromatológica do alimento fornecido, aliada à mensuração do consumo de alimentos, é importante o conhecimento da utilização dos nutrientes pelo animal, o qual é obtido

por meio do estudo da digestão. Maior consumo e melhor utilização dos nutrientes resultam em maior produtividade animal.

Segundo Van Soest (1994), a digestão pode ser definida como o processo de conversão de macromoléculas da dieta em compostos mais simples, podendo ser absorvidos no trato gastrointestinal dos animais, enquanto medidas de digestibilidade dos nutrientes servem para qualificar os alimentos quanto ao seu valor nutritivo. Além disso, a digestibilidade é uma descrição qualitativa do consumo animal (Van Soest, 1994). Para Conrad et al. (1964), em dietas com digestibilidades inferiores a 66% o CMS é determinado pelos fatores físicos, enquanto que em dietas com digestibilidades superiores a 66%, o CMS é controlado por fatores fisiológicos.

As paredes celulares, segundo Hall (2000), são compostas principalmente por polímeros de carboidratos, contendo hemicelulose, celulose e lignina. Outras substâncias orgânicas, tais como, substâncias pécicas e β -glucanos se encontram na lamela média, enquanto o conteúdo celular é composto por ácidos orgânicos, açúcares, amido e frutanos. A fração fibrosa pode ser definida nutricionalmente como carboidrato não digestível pelas enzimas dos mamíferos. As ligações da sacarose, do amido e da lactose, são as únicas hidrolisadas pelas enzimas dos mamíferos.

A concentração total da fração fibrosa, como a celulose, tem sido dividida em duas frações (Waldo & Jorgensen, 1980): fração indigestível e fração potencialmente digestível. A parede celular das plantas apresenta microfibrilas de celulose, embebida em uma macromolécula de ligno-hemicelulose composta por grupos acetil e ligações fenólicas (Morrison, 1979). A celulose é ligada aos polímeros de hemicelulose através de pontes de hidrogênio, não existindo, segundo Morrison (1979), evidências da presença de ligações covalentes entre a celulose e outros constituintes da parede celular. A celulose e a hemicelulose são degradadas pelos microrganismos do rúmen, porém a taxa de degradação é variável.

Dos componentes químicos associados à parede celular, a lignina é que, reconhecidamente, limita a degradação rumenal dos seus polissacarídeos (Jung & Deets, 1993). Em geral, a lignina possui três álcoois aromáticos: álcool coniferil, predominante nas espécies arbóreas, álcool sinapil e álcool *p*-coumaril, predominantes em gramíneas e leguminosas, respectivamente. A lignina “core” refere-se ao polímero de fenilpropanóides depositado na parede celular, através da polimerização de coniferil, sinapil e *p*-coumaril (Jung, 1989). Esse tipo de lignina, determinado rotineiramente nas análises laboratoriais com uso de ácido sulfúrico 72%, é extremamente condensado e também conhecido como lignina Klason ou lignina em detergente ácido (Van Soest, 1994). A lignina “non-core” representa os ácidos fenólicos *p*-cumáricos e ferúlico (e seus dímeros) depositados na parede celular durante sua formação (Jung, 1989). Esses ácidos podem estar ligados à lignina “core”, aos polissacarídeos, ou a ambos, simultaneamente (Jung, 1989). Segundo Hartley (1972), os ácidos fenólicos (lignina “non-core”) presentes na parede celular das forrageiras merecem maior atenção, pois foi demonstrada correlação negativa entre as concentrações destes ácidos e a digestibilidade. Jung (1989) observou que, em geral, o ácido *p*-cumárico é o que apresenta maior efeito negativo sobre a digestibilidade das forragens.

Jung & Deetz (1993) citam que a lignificação da parede celular pode limitar a digestão dos polissacarídeos através de três possíveis mecanismos: 1) efeito tóxico de componentes da lignina aos microrganismos do rúmen; 2) impedimento físico causado pela ligação lignina-polissacarídeo, limitando o acesso das enzimas fibrolíticas ao centro de reação de um carboidrato específico; e 3) limitação da ação de enzimas hidrofílicas causada pela hidrofobicidade criada pelos polímeros de lignina. Segundo esses mesmos autores, não existe evidência suportando a hipótese da limitação da degradação da fração fibrosa pela hidrofobicidade causada pela lignificação da parede celular, pois o limitado acesso físico das enzimas hidrolíticas ao centro de reação do carboidrato parece ser a maior limitação na degradação da parede celular da forragem, em decorrência de sua lignificação. Picciullo (2002), concluiu que a baixa digestão de alguns tecidos vegetais advém, principalmente, do arranjo adensado de suas células e da elevada espessura das paredes celulares que, geralmente, apresentam-se lignificadas.

Os coeficientes de digestibilidade fazem referência à fração de determinado alimento da dieta, que desaparece durante sua passagem através do trato gastrointestinal. Supõe-se, assim, que o processo de absorção também faz parte da determinação do valor nutritivo do alimento consumido (Church, 1988).

Os modelos de digestão descrevem a extensão da digestão, ou digestibilidade, baseada na cinética da digestão e passagem, necessárias para a separação dos nutrientes em potencialmente digestíveis (PD) e indigestíveis (Forbes, 1995). A maioria dos modelos de digestão considera que a fração fibrosa dos alimentos não é completamente degradada e que a capacidade fermentativa da fibra potencialmente digestível é determinada pela competição rumenal entre a taxa de degradação e de passagem (Jung & Allen, 1995).

O estágio de maturação da forragem talvez seja o fator de maior importância na determinação do valor nutritivo da planta. Johnson et al. (1999) observaram que a digestibilidade da parte vegetativa da forragem (silagem de milho) diminui de forma significativa com a maturidade fisiológica da planta. Segundo esses mesmos autores, observa-se diminuição na digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e nos carboidratos não estruturais, com o avanço do estágio vegetativo da forragem, aumentando, a concentração da fração fibrosa. Russell et al. (1992) observaram diminuição na DIVMS da parte vegetativa do milho com o avanço da sua maturidade fisiológica, correlacionando esse fato ao teor de lignina e fibra insolúvel em detergente ácido. Segundo Waldo & Jorgensen (1980), a digestibilidade da parede celular vegetal é variável e inversamente proporcional à sua lignificação.

Tomich (1999) também observou valores relativamente baixos para DIVMS, entre 47,93 e 55,43%, de vários cultivares de girassol, relacionando esses resultados à colheita do material em estágio de maturação mais avançado e à interferência da fração lipídica dos cultivares estudados. Lloveras (1990), estudando culturas de milho, girassol e sorgo para produção de forragem, observou redução nos valores de DIVMS para as plantas de girassol em estágio de maturação mais avançado.

Durante o final da década de 60, experimentos foram planejados na tentativa de avaliar os efeitos da maturidade fisiológica da planta do milho ensilado, sobre a ingestão de matéria seca, digestibilidade dos nutrientes e produção de leite (Huber et al., 1965 e Huber et al., 1968). Observou-se diminuição no conteúdo da FDA e lignina com aumento na concentração de matéria seca de 30 para 36%, porém observou-se aumento nas concentrações da FDA e lignina quando o aumento do conteúdo de matéria seca da silagem de milho foi de 36 para 44%.

A digestibilidade das silagens é influenciada pelas características da forragem no momento do armazenamento, e por mudanças ocorridas durante o processo fermentativo (McDonald et al., 1991).

De todos os fatores que levam à redução da digestibilidade do material ensilado, o superaquecimento no interior do silo merece destaque. O aquecimento excessivo pode induzir a reação de Maillard (Muck, 1988 e Van Soest, 1994), na qual açúcares e outros carboidratos combinam com aminoácidos, formando grandes moléculas, que são lentamente digeridas pelos microrganismos rumenais, ou mesmo indigestíveis (McDonald et al., 1991). Esses compostos podem aumentar a concentração de FDA e FDA indigestível ligado ao nitrogênio. Ainda segundo Muck, 1988, a hemicelulose pode ser complexada nessas reações, diminuindo a diferença entre a FDN e a FDA.

O tamanho da partícula do volumoso oferecido na dieta de vacas leiteiras pode comprometer sua digestibilidade, especialmente com o consumo de forragens ricas em parede celular. Partículas menores permanecem menos tempo dentro do rúmen, estando menos disponíveis ao ataque microbiano rumenal. Isso diminui a digestibilidade do material, especialmente da fração fibrosa (Uden, 1987). Vacas leiteiras geralmente consomem dietas contendo partículas de vários tamanhos.

Esse fato, associado à frequência de alimentação e à quantidade consumida, pode promover maior taxa de permanência de determinado material dentro do rúmen, potencializando a taxa de degradação da fração fibrosa, juntamente com a taxa de passagem da fase sólida no rúmen (Heinrichs, et. Al., 1999).

Segundo Van Soest (1994), são importantes na dieta de vacas leiteiras tanto o tamanho da partícula, quanto sua variação, devido à necessidade de fermentação lenta e gradativa dos nutrientes dentro do rúmen, mantendo padrão normal de pH e eficiência microbiana. Outro fator que afeta a digestibilidade das silagens é a taxa de passagem dos grãos indigestíveis, disponibilizando menor quantidade de amido para degradação rumenal, especialmente quando se observa o fornecimento de um produto ensilado mais tardiamente (Johnson et al., 1999).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o consumo, a digestibilidade aparente, produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite de vacas leiteiras consumindo dietas com silagem de girassol ou de milho e concentrados à base de polpa cítrica ou milho moído.

2. Material e métodos

2.1. Local do experimento:

Os cultivos de milho (AG1051) e girassol (genótipo M734, híbrido simples destinado à produção de óleo, de ciclo intermediário e porte médio), o processo de ensilagem e a fase experimental da pesquisa foram realizados nas dependências da Fazenda Experimental Professor Hélio Barbosa, localizada no município de Igarapé, de propriedade da Escola de Veterinária da UFMG. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG.

2.2. Semeadura e área cultivada:

A semeadura e a ensilagem do milho foram realizados entre outubro de 2003 a fevereiro de 2004. Já a semeadura e a ensilagem do girassol foram realizados no período entre fevereiro e maio de 2004, quando as plantas apresentavam-se no estágio R9, utilizando ensiladeira convencional da marca JF, modelo Z10, acoplada ao trator. Foram feitos dois silos de superfície para a silagem de girassol, com medidas de 16 m de comprimento e 4 m de largura, os quais foram fechados no mesmo dia. Utilizou-se trator para a compactação do material depositado nos silos. As densidades de semeadura foram de, aproximadamente, 55.000 plantas por ha, com o espaçamento de 0,90 m entre linhas e 0,20 m entre plantas para a cultura do milho e de, aproximadamente, 45.000 plantas por ha, com o espaçamento entre linhas de 0,90 m e 0,25 m entre plantas para a cultura do girassol.

A ensilagem do milho foi realizada com os mesmos equipamentos citados acima, porém a forragem foi armazenada em silos tipo trincheira. Todos os procedimentos realizados na ensilagem do girassol foram repetidos para a ensilagem do milho, exceto o fechamento dos silos tipo trincheira, que em média foram gastos cinco dias. A Tabela 1 apresenta a composição bromatológica média das silagens de girassol e de milho utilizadas no ensaio experimental.

Tabela 1. Composição bromatológica das silagens de milho (SM) e de girassol (SG).

Nutrientes	SM	SG
MS, %	39,6	30,0
PB, %MS	8,6	10,0
FDN, %MS	56,2	53,0
FDA, %MS	31,2	43,0
EE, %MS	3,7	14,2
pH	4,01	5,56
N-NH ₃ /NT	7,05	17,54

2.3. Animais e instalações:

Foram utilizadas oito vacas da raça holandesa em lactação, múltiparas, com peso aproximado de 550 kg, produção média diária de 25 kg de leite e 80 a 120 dias de lactação, por ocasião do início do experimento. Os animais foram mantidos em instalações tipo “tie-stall” em cochos de alimentação e bebedouros individualizados.

2.4. Dietas experimentais:

Foram formuladas quatro dietas experimentais, atendendo às exigências dos animais, segundo o NRC (2001). Foi fixada a relação volumoso:concentrado em 50%:50% com base na matéria seca total. As dietas foram balanceadas como sendo isoprotéicas, apresentando silagem de girassol e silagem de milho como alimento volumoso, sendo os alimentos energéticos dos concentrados milho moído ou polpa cítrica (Tabela 2): *Dieta 1* - silagem de girassol e concentrado com polpa cítrica (SGP); *Dieta 2* - silagem de girassol e concentrado com milho moído (SGM); *Dieta 3* - silagem de milho e concentrado com polpa cítrica (SMP) e *Dieta 4* - silagem de milho e concentrado com milho moído (SMM).

Tabela 2. Composição de ingredientes e bromatológica das dietas experimentais.

	SGP	SGM	SMP	SMM
MS, %	45,2	46,5	40,5	40,0
MO (% MS)	8,3	7,1	6,5	7,8
PB, %MS	15,9	14,3	14,8	15,1
FDN, %MS	44,7	45,7	47,8	46,1
FDA, %MS	33,3	31,2	33,6	31,0
FDAN	1,17	0,66	0,60	0,79
CNF, %MS	31,0	31,2	33,2	35,0
EE, %MS	10,3	10,2	2,6	2,8
Ca,%MS	1,6	1,3	1,1	1,3
P, %MS	0,44	0,42	0,36	0,53

SGP- dieta composta por silagem de girassol e concentrado contendo polpa cítrica; SGM- dieta composta por silagem de girassol e concentrado contendo milho moído; SMP- dieta composta por silagem de milho e concentrado contendo polpa cítrica; SMM- dieta composta por silagem de milho e concentrado contendo milho moído.

2.5. Análises laboratoriais

Amostras das dietas fornecidas e das sobras, coletadas durante o período de amostragem, foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas, moídas em peneira de 1 mm e utilizadas para determinação dos teores de matéria seca em estufa a 105°C. A MS das amostras foi obtida por secagem em estufa a 105°C durante 5 a 6 horas, até peso constante, enquanto a MO foi obtida por diferença entre a MS e as cinzas, sendo as cinzas obtidas em mufla, à temperatura de 500 a 600°C até combustão total. O nitrogênio (N) total foi determinado pelo método Kejeldahl, segundo Official... (1995), e o valor da proteína bruta (PB) obtido multiplicando-se pelo fator 6,25.

O extrato etéreo (EE) foi determinado em aparelho do tipo Goldfish, conforme técnica citada por Silva (1990). Os componentes da parede celular foram obtidos pelo método sequencial – fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) (Van Soest et al., 1991). As amostras das fezes foram processadas da mesma forma que a dieta oferecida, utilizando-se os valores obtidos de MS, MO, FDN, FDA e EE para o cálculo da digestibilidade aparente.

Na avaliação da qualidade das silagens, foram utilizadas amostras dos “sucos” das silagens para a determinação do valor de pH em potenciômetro específico, e do teor de nitrogênio amoniacal como percentagem do nitrogênio total (N-NH₃/NT) por destilação com óxido de magnésio e cloreto de cálcio, usando-se solução receptora de ácido bórico e titulação com ácido clorídrico a 0,01N, segundo Official (1995). Após a abertura dos silos, coletaram-se amostras, as quais foram submetidas às análises de MS, PB, Ca, P, FDN, FDA, pH e N-NH₃/NT. Os valores médios observados para as silagens de milho e girassol de pH foram 3,45 e 4,75 e os valores de N-NH₃/NT foram 6,87 e 17,66, respectivamente.

2.6. Avaliação do consumo

As dietas foram oferecidas duas vezes ao dia (7:00 e 17:00), na forma de mistura completa, em quantidades suficientes para produzir cerca de 10% de sobras. Tanto as dietas fornecidas quanto as sobras após serem homogêneas no cocho, foram recolhidas, diariamente, antes da alimentação da manhã, pesadas, amostradas, devidamente identificadas, e congeladas a -14°C para posterior análise.

O peso diário das dietas fornecidas e das sobras, durante o período de coleta de dados, foi utilizado para o cálculo de consumo de matéria seca (CMS), de matéria orgânica (CMO), de proteína bruta (CPB), de fibra insolúvel em detergente neutro (CFDN) e de fibra insolúvel em detergente ácido (CFDA), segundo a equação:

$$\text{Consumo} = (\text{kgFO} * \% \text{FO}) - (\text{kgSO} * \% \text{SO}) * 100$$

Onde:

KgFO= quantidade de dieta fornecida, em kg

%FO= concentração do nutriente na dieta fornecida

KgSO= quantidade de sobras, em kg

%SO= concentração do nutriente nas sobras

Para o consumo de matéria seca (CMS), de matéria orgânica (CMO), de proteína bruta (CPB), de fibra insolúvel em detergente neutro (CFDN), de fibra insolúvel em detergente ácido (CFDA), de lignina (CLIG) e de extrato etéreo (CEE), cada amostra diária do fornecido e das sobras foi analisada de acordo com os processos descritos anteriormente (item 2.5). Amostras compostas por vaca, por período foram feitas a partir de quantidades iguais de MS das amostras diárias de fornecido e sobras, após serem moídas a 1 mm. Para obtenção do resultado final de consumo de matéria seca e matéria orgânica, utilizou-se a média de consumo diário observada durante o período de coleta. Cada amostra diária por vaca por período foi analisada separadamente para o teor de MS e MO, sendo os dados obtidos utilizados na obtenção dos valores de consumo de matéria seca e matéria orgânica.

O cálculo de carboidratos não fibrosos (CNF) foi obtido a partir da fórmula proposta por Sniffen (1992):

$$\text{CNF}\% = 100\% - [\text{PB}\% + (\text{FDN}\% - \text{PBFDN}\%) + \text{EE}\% + \text{Cinzas}\%]$$

onde;

PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo (gordura bruta), FDN = fibra solúvel em detergente neutro e PBFDN = proteína bruta insolúvel em FDN.

Durante toda a fase experimental, os valores dos pesos dos alimentos fornecidos e das sobras foram controlados diariamente, mesmo durante a fase de adaptação, fornecendo condições para melhor balanceamento das dietas e avaliação do consumo diário de matéria seca (CMS). Para o fornecimento do alimento, o volumoso foi pesado separadamente do concentrado, a fim de certificar a correta relação volumoso: concentrado desejada. Semanalmente foi analisado o teor de matéria seca das silagens de milho e de girassol, segundo Official... (1995).

2.7. Atividade mastigatória:

A atividade mastigatória foi determinada no 20^o e 21^o dia de cada período, por meio de observação visual da atividade bucal de cada animal, a cada 5 minutos, durante 24 horas seguidas. As atividades bucais avaliadas foram de ócio, ingestão de alimentos, ruminação e ingestão de água. Os tempos de mastigação foram determinados pela soma dos tempos de ingestão de alimentos e ruminação (minutos/dia). Para os tempos de mastigação (minutos/dia) por unidade de matéria seca e fibra insolúvel em detergente neutro consumidas, foram considerados os consumos médios de cada período.

Durante o período das ordenhas não foram realizadas observações de atividade mastigatória.

2.8. Ensaio de digestibilidade

Para a determinação do coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca dos alimentos, foi utilizado o FDA indigestível como marcador interno. A coleta das fezes, cerca de 100 gramas por animal, foi feita entre os 21º e 24º dias do período experimental. Foram feitas duas amostragens diárias, com a seguinte seqüência de horários para as coletas: Dia 21 - 7:20 e 13:20 horas; Dia 22 - 9:00 e 15:00 horas; Dia 23 - 10:20 e 16:20 horas e Dia 24 - 12:00 e 18:00 horas. As fezes amostradas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e mantidas sob congelamento. Com esse material coletado foram geradas amostras compostas por animal, em cada período. Nessas amostras compostas foram determinados teores de matéria seca em estufa a 105° C segundo Official... (1995), sendo incubados juntamente com o material fornecido e sobras segundo Nocek (1988) e Sampaio (1988) durante 144 horas. Após incubação foi determinado o resíduo insolúvel em detergente ácido segundo Van Soest et al. (1991).

2.9. Avaliação da produção microbiana a partir de derivados de purina:

Foram coletadas duas amostras diárias individuais de urina por vaca por período, em intervalos de 12 horas entre coletas. As amostras (5 ml) foram acondicionadas em recipientes plásticos com capacidade para 50 ml, contendo 45 ml de solução de ácido sulfúrico a 0,036 N e imediatamente congeladas. Ao final do experimento, as amostras foram descongeladas e homogeneizadas para elaboração de uma amostra composta por vaca por período para quantificação dos derivados de purina e creatinina. A creatinina foi determinada com a utilização de *kits* comerciais (Labtest®), pelo método do ponto final, com uso de picrato e acidificante.

As análises de ácido úrico também foram realizadas através do uso de *kits* comerciais (Labtest®), pelo método do ponto final, com uso de uricase e peróxido de hidrogênio. A determinação das concentrações de alantoína seguiu a técnica descrita por Chen e Gomes (1992).

Todas as análises citadas acima foram realizadas pelo método colorimétrico.

2.10. Avaliação da produção e da composição do leite:

Os animais foram submetidos a duas ordenhas diárias, às 6:00 e 16:00 horas. As produções de leite foram calculadas utilizando-se os valores obtidos nas seis ordenhas consecutivas no 19º, 20º e 21º dia de cada período experimental.

As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análise do Leite da Escola de Veterinária da UFMG para determinação do teor de gordura, proteína, lactose, sólidos totais e ESD do leite. As análises foram efetuadas pelo método de raios infravermelhos proximais, utilizando o aparelho Bentley 2000 (Bentley Instruments, Chaska, EUA).

O leite foi corrigido para o teor de 4 % de gordura (PLC4%), conforme a fórmula citada pelo NRC (2001):

$$\text{PLC4 \%} = 0,4 \times \text{produção de leite} + 15 \times (\% \text{ gordura} / 100) \times \text{Produção de Leite.}$$

Para obtenção da concentração de nitrogênio uréico, as amostras foram enviadas para a Clínica do Leite da ESALQ, Piracicaba-SP. Esta análise foi realizada utilizando o método enzimático colorimétrico, com o uso do aparelho ChemSpec 150 (Bentley Instruments, Chaska, EUA).

Aproximadamente 500 mL de amostras individuais homogêneas do total das seis ordenhas foram coletadas a fim de se determinar o perfil de ácidos graxos através de cromatografia gás líquido, principalmente para determinação das concentrações de ácidos graxos presentes na gordura do leite.

As análises do perfil de ácidos graxos no leite foram realizadas de acordo com a técnica de extração e metilação, descrita por Chouinard et al. (1999), no Laboratório de Nutrição de Ruminantes da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP), Piracicaba-SP.

2.11. Procedimento estatístico

O experimento foi realizado segundo delineamento em Quadrado Latino, 4x4 duplo, com o esquema de análise de variância apresentado na Tabela 3.

As análises estatísticas foram realizadas segundo o PROC GLM do pacote estatístico SAS 6.12 (1999).

As análises de produção e composição do leite foram realizadas segundo delineamento em quadrado latino 4x4, duplo, com arranjo fatorial 2x2.

Tabela 3. Análise de variância.

Fontes de variação	Graus de liberdade
Total	31
Quadrado	01
Silagem	01
Carboidrato	01
Vaca (Quadrado)	06
Período	03
Silagem * Carboidrato	01
Erro	18

$$Y_{ijk} = \mu + Qi + V_{(Q)ij} + P_k + S_l + C_m + SC_{lm} + \varepsilon_{ijklm}$$

Onde: μ = média geral;

Qi = efeito de quadrado (i = 1 e 2)

$V_{(Q)ij}$ = efeito de vaca dentro de quadrado (j = 1 a 8).

P_k = efeito de período (k = 1 a 4);

S_l = efeito de silagem (l = Silagem de Girassol e Silagem de Milho);

C_m = efeito de carboidrato (m = Polpa e Milho);

SC_{lm} = interação entre silagem e carboidrato;

ε_{ijk} = erro.

3. Resultados e discussão

3.1. Consumo de nutrientes, comportamento alimentar e digestibilidade aparente

Tanto a forragem quanto o carboidrato influenciaram as médias observadas para consumo de MS, MO e MS por kg de peso vivo ($P < 0,05$). Foram observados consumos médios de MS de 16,4; 18,4; 14,7 e 15,6 kg/dia para as dietas SGP, SGM, SMP e SMM, respectivamente. As médias observadas para o consumo de matéria seca (CMS) foram maiores para os tratamentos contendo silagem de girassol (17,4 e 15,2 kg para silagem de girassol e de milho, respectivamente, $P < 0,01$) e menores para as dietas com polpa de citrus (15,6 kg) em relação às dietas contendo milho moído (16,9 kg) ($P = 0,03$). Para o consumo de FDN, observa-se tendência de influencia da forragem ($P = 0,06$), do carboidrato ($P = 0,08$) e da interação entre forragem e carboidrato ($P = 0,10$).

A Tabela 4 apresenta os valores observados para consumo de nutrientes.

Tabela 4. Consumo de nutrientes de vacas leiteiras em lactação alimentadas com silagem de girassol ou de milho e concentrados à base de milho ou polpa de citrus.

Variáveis	Tratamentos ¹				EPM ²	Contrastes ⁴		
	SGP	SGM	SMP	SMM		For. ⁵	CHO ⁶	For. x CHO
CMS, kg/dia	16,4	18,4	14,7	15,6	0,64	< 0,01	0,03	0,41
CMSpv, %	2,85	3,17	2,50	2,67	0,12	< 0,01	0,05	0,54
CMO, kg/dia	15,1	7,0	14,0	15,0	0,59	0,01	0,03	0,47
CFDN, kg/dia	7,1	8,5	6,7	7,0	0,38	0,04	0,08	0,10
CFDNpv, %	1,23	1,46	1,19	1,21	0,07	0,06	0,08	0,15
CFDA, kg/dia	5,0	5,6	4,9	4,7	0,50	0,34	0,70	0,50
CLIG, kg/dia	0,95	1,32	0,40	0,40	0,07	< 0,01	0,08	0,08
CPB, kg/dia	2,7	2,6	2,3	2,5	0,11	0,03	0,57	0,19
CEE, kg/dia	1,74	1,96	0,37	0,39	0,09	< 0,01	0,17	0,30
CCNF, kg/dia	6,40	7,01	5,75	6,01	0,55	0,15	0,44	0,76

¹SGP: Silagem de girassol como volumoso único e concentrado contendo polpa; SGM: Silagem de girassol como volumoso único e concentrado contendo milho moído; SMP: Silagem de milho como volumoso único e concentrado contendo polpa; SMM : Silagem de milho como volumoso único e concentrado contendo milho moído.

² EPM, Erro padrão da média.

³ Valor de P para tratamento obtido pelo teste SNK, diferença significativa P< 0,05.

⁴ Contrastes: Tipo de forragem, tipo de carboidrato, interação entre tipo de forragem e tipo de carboidrato.

⁵ For.: Forragem

⁶ CHO: Carboidrato

O consumo de extrato etéreo (CEE) também foi maior e influenciado pela silagem de girassol na dieta.

Pode-se observar que os valores de EE das dietas foram bastante diferentes (Tabela 2), sendo que as dietas contendo silagem de girassol apresentaram teores de EE elevados (10% para o tratamento SG, contra 2,7% para o tratamento SM), não afetando, no entanto o consumo de MS, bem como o consumo das frações fibrosas ou os valores de digestibilidade (Tabela 4 e 5).

Dentre os fatores da dieta capazes de interferir sobre o consumo de alimento podem ser citados o efeito de enchimento do rúmen, a fermentabilidade da dieta, o tipo e a quantidade de lipídeo na dieta e nutrientes que limitam a produção máxima de leite (carboidratos, proteínas e suas constantes disponibilidades). Observam-se, segundo a Tabela 2, que os valores de CNF das dietas foram maiores para os tratamentos contendo SM (SMP, 33% da MS e SMM, 35% da MS). A disponibilidade de uma dieta mais fermentável poderia estar influenciando o consumo dos tratamentos contendo silagem de milho.

Allen (2000) afirmou que os lipídeos são potentes estimuladores de liberação da colecistoquinina, a qual atua diretamente sobre receptores no centro da saciedade no cérebro, diminuindo o consumo de alimentos, além de reduzir a motilidade gastrointestinal. Choi et al. (1996) observaram redução na ingestão de matéria seca e aumento na concentração plasmática de insulina e colecistoquinina de vacas alimentadas com dietas com altos teores de lipídeos. Leite et al. (2006) observaram consumo de MS de 17,8 kg para dieta contendo somente silagem de girassol como fonte volumosa, porém, apresentando duas fontes de carboidratos no concentrado (pectina e amido). Esses mesmos autores relataram que a substituição total da silagem de milho pela silagem de girassol na dieta causou redução no consumo de matéria seca (21,62 kg para o tratamento contendo silagem de milho e 17,86 kg para o tratamento contendo silagem de girassol), sendo que as substituições totais ou parciais reduziram o consumo de matéria orgânica (19 kg para dietas contendo 34% de silagem de girassol e 15,6 kg para dietas contendo 66% de silagem de girassol). A substituição parcial da silagem de milho pela silagem de

girassol (34 % de SG e 66% de silagem de milho mais concentrado) não afetou o consumo de matéria seca, quando comparada ao tratamento contendo somente silagem de milho como fonte volumosa.

Segundo vários autores (Tamminga et al., 1983; Bauchart et al., 1986; Bauchart et al., 1988; Horner et al., 1988), a adição de lipídeos à dieta diminui a concentração de protozoários no rúmen. Este fato pode estar associado à maior eficiência no consumo de matéria seca apresentado pelo tratamento SGM.

Tanto a forragem quanto o carboidrato não influenciaram o tempo utilizado para o consumo (Tabela 5). Em média, as vacas gastaram 220 minutos do dia consumindo alimento e, aproximadamente, o dobro do tempo (em média 465 minutos) ruminando.

Tabela 5. Comportamento alimentar de vacas leiteiras em lactação alimentadas com silagem de girassol ou de milho e concentrados a base de milho ou polpa de citrus.

Variáveis	Tratamentos ¹				EPM ²	Contrastes ⁴		
	SGP	SGM	SMP	SMM		For. ⁵	CHO ⁶	For. x CHO
Consumo, min/dia	228,85	209,69	237,04	215,50	12,03	0,57	0,11	0,92
Ócio, min/dia	729,71	782,86	639,06	705,68	22,54	< 0,01	0,02	0,77
Ruminando, min/dia	446,35	410,10	521,81	483,26	18,83	< 0,01	0,06	0,95
Bebendo água, min/dia	35,09	37,35	42,10	35,56	5,69	0,65	0,71	0,45
Atividade mast., min/dia	675,21	619,79	758,85	698,76	23,1	< 0,01	0,02	0,92
Consumo								
Minutos/kg de MS ingerido	14,21	11,63	16,84	13,89	0,94	0,02	< 0,01	0,85
Minutos/kg de FDN ingerido	32,85	25,37	36,98	30,77	2,49	0,07	0,01	0,80
Ruminação								
Minutos/kg MS ingerido	27,82	23,01	36,60	31,31	1,94	< 0,01	0,02	0,90
Minutos/kg FDN ingerido	64,54	50,07	79,50	69,14	5,00	< 0,01	0,02	0,68
Atividade mastigatória								
Minutos/kg MS ingerido	42,03	34,63	53,45	45,20	2,60	< 0,01	< 0,01	0,87
Minutos/kg FDN ingerido	97,39	75,44	116,47	99,91	6,92	< 0,01	0,01	0,70

¹ SGP: Silagem de girassol como volumoso único e concentrado contendo polpa; SGM: Silagem de girassol como volumoso único e concentrado contendo milho moído; SMP: Silagem de milho como volumoso único e concentrado contendo polpa; SMM : Silagem de milho como volumoso único e concentrado contendo milho moído.

² EPM, Erro padrão da média.

³ Valor de P para tratamento obtido pelo teste SNK, diferença significativa P< 0,05.

⁴ Contrastes: Tipo de forragem, tipo de carboidrato, interação entre tipo de forragem e tipo de carboidrato.

⁵ For.: Forragem

⁶ CHO: Carboidrato

Não foram observadas diferenças entre as dietas para o tempo de consumo de alimento, (Tabela 5).

Houve diminuição no tempo de ruminação e na atividade mastigatória para as dietas contendo SG e diferentes fontes de carboidratos. O tipo de forragem na dieta afetou os tempos médios gastos com ruminação de 521,81 para 410,1 min/dia para os tratamentos com SM e SG, respectivamente (P<0,01).

A atividade mastigatória foi menor para os tratamentos contendo SG (647,5 min/dia) em relação aos tratamentos contendo SM (729 min/dia) (P<0,01), sendo afetada também pelo tipo de carboidrato (717 min/dia para polpa de citrus e 659 min/dia para milho moído).

O consumo de matéria seca é função do tamanho da refeição e determinado pela saciedade e o intervalo de tempo entre as refeições (Forbes, 1995). É importante ressaltar que, no presente trabalho, não houve influência da forragem, do carboidrato e da relação entre a forragem e o carboidrato, sobre o consumo em minutos por dia, mas, tanto a forragem, quanto o carboidrato, influenciou o tempo de

ruminação por kg de matéria seca ingerida, podendo estar interferindo no intervalo de tempo entre as refeições. Observa-se também tendência ($p=0,11$) sobre a diminuição no tempo de consumo para os tratamentos contendo polpa de citrus, independente do tipo de forragem consumida.

O consumo de matéria seca estabelece a quantidade de nutrientes disponíveis para o animal. Quando o consumo é baixo, a produção animal diminui o que faz com que os requisitos de manutenção correspondam à grande proporção da energia metabolizável dos alimentos, resultando em baixa eficiência alimentar. Portanto, seria razoável afirmar que os animais se alimentam e regulam o consumo de forma a evitar uma situação de desconforto.

Mertens (1987) ao avaliar a atividade mastigatória de vacas leiteiras consumindo feno longo de gramíneas (100% de FDN efetivo), verificou que a atividade mastigatória foi de 240 minutos/kg de matéria seca consumida. O autor relatou que a atividade mastigatória reflete as características químicas e físicas dos alimentos (teor de FDN e tamanho de partícula).

A redução do tamanho de partícula (de 1,9 para 0,6 cm) da silagem de milho reduziu a atividade mastigatória de 66 para 40 minutos/kg de matéria seca consumida; e de 97 para 66 minutos/kg de FDN consumido (Mertens, 1997). A fibra da forragem, caracterizada pela SM nos tratamentos SMP e SMM, provavelmente foi eficaz na manutenção do pool de digesta rumenal, já que se observou ingestão inferior aos padrões esperados para esses animais e produções observadas (Tabelas 4 e 7).

Maekawa et al. (2002) avaliaram o efeito da relação volumoso:concentrado (40:60, 50:50 e 60:40) sobre a atividade mastigatória de vacas em lactação. O aumento na porcentagem de forragem na dieta resultou em aumento da atividade mastigatória de 41,2 para 47,9 minutos/kg de matéria seca consumida. O mesmo efeito foi observado para porcentagem de gordura no leite, que aumentou de 3,52 para 4,01%.

Possivelmente, a diminuição da atividade mastigatória, influenciada pela forragem, maior para silagem de milho (728 minutos para SM e 647 minutos para SG) e pelo carboidrato (717 minutos para PC e 659 minutos para MM), tenha sido reflexo da diminuição no tamanho da partícula da SG em relação à SM, associado ao fornecimento de uma fonte de carboidrato com maior tempo de degradação e produção de diferentes tipos de AGV, como o amido em relação à pectina. A presença de lipídeos no rúmen, de forma constante, relacionou-se bem com a disponibilidade de proteína e fonte de carbono dietética. Além disso, o conteúdo de MS da SM (aproximadamente, 40%), apesar de favorecer a seleção do alimento, dificulta o corte mais uniforme e adequado da forragem, proporcionando forragem com maior tamanho de partícula.

A maior quantidade provável de partículas de fibra longa nas dietas contendo SM maximizou os parâmetros de consumo, estimulou a motilidade rumenal, aumentando a absorção de AGV e estimulou a mastigação (tratamento SMP), aumentando o poder de tamponamento rumenal. Enfim, proporcionou fonte consistente de combustível para os microrganismos rumenais. Com isso, houve suprimento constante de nutrientes para o fígado e glândula mamária, ao longo do tempo.

Segundo Mertens (1987), a fibra pode ser definida nutricionalmente como a fração dos alimentos, pouco digestível ou indigestível, ocupando espaço no trato gastrointestinal dos animais. Quando a distensão do RR limita o CMS, a diminuição do tamanho da partícula do volumoso fornecido pode causar aumento nessa ingestão, desde que haja aumento na densidade da dieta fornecida ou aumento no tempo de ruminação (Allen, 2000). Beauchemin et al. (1994) observaram interação entre o tamanho da partícula da forragem (silagem de alfafa cortada a 0,5 ou 1,0 cm) e sua concentração na dieta (35% ou 65%). Nesse experimento, o CMS foi reduzido aproximadamente em 3 kg ao dia, quando a concentração de forragem na dieta aumentou de 35% para 65%, mas observou-se diminuição no CMS de 0,5 kg ao dia, com a dieta apresentando menor tamanho de partícula (0,5 cm). Alguns autores relacionaram o tamanho da partícula do volumoso fornecido, às diferentes respostas sobre a redução no CMS com o aumento da concentração de FDN da dieta (Allen, 2000). A redução no tamanho da

partícula da forragem fornecida na dieta de vacas leiteiras pode aumentar o CMS e diminuir a digestibilidade pelo aumento da taxa de passagem (Uden, 1987).

Observa-se que o conteúdo de FDN da silagem de milho e da polpa de citrus foi o componente do alimento que mais se associou à ingestão, aumentando o tempo gasto com a ruminação por kg de FDN ingerido para o tipo de silagem (29 minutos para a silagem de girassol contra 34 minutos para a silagem de milho) e tipo de carboidrato (72 minutos para a polpa de citrus contra 59 minutos para o milho moído). Essa associação negativa, segundo Forbes (1995), tem sido geralmente interpretada como efeito da distensão. O que pode ser observado é que o volume da parede celular dos componentes estruturais do tratamento contendo silagem de milho como forragem e polpa de citrus como carboidrato, pode estar bem menos relacionado com a ingestão que seu conteúdo de FDN, já que se observou maior tempo de ruminação e atividade mastigatória, em relação aos tratamentos contendo silagem de girassol e milho moído.

Os dados de consumo, ruminação e atividade mastigatória por kg de MS consumida e por kg de FDN consumido, como já comentado anteriormente, são importantes na relação de controle da IMS. Tanto a silagem quanto o tipo de carboidrato influenciaram os efeitos observados para esses comportamentos alimentares. Os dados tabulados de fornecido e sobras, em relação ao consumo de FDN na matéria seca, mostraram 11% a mais de seleção no cocho para o tratamento contendo SG e polpa de citrus, enquanto os demais tratamentos apresentaram a mesma proporção de FDN do fornecido menos as sobras, na matéria seca.

Apesar do consumo de FDN não ter apresentado diferenças entre os tratamentos, ou entre tipo de forragem e carboidrato, os comportamentos de consumo, ruminação e atividade mastigatória por kg de FDN ingerida foram menores, para os tratamentos contendo SG, porém diferentes entre os tratamentos contendo diferentes forragens (SG e SM) e mesmos carboidratos (amido). As dietas SGM e SMP apresentaram comportamentos extremos entre consumo, ruminação e atividade mastigatória. Tanto a forragem quanto o carboidrato influenciaram os tempos em minutos destinados ao consumo, ruminação e atividade mastigatória por kg de MS consumida e por kg de FDN consumido (tendência para forragem no consumo por kg de FDN ingerido, $P=0,07$). Apesar de não terem sido mensurados no presente estudo, o tamanho da partícula, assim como a taxa de passagem das dietas contendo SG e SM, provavelmente o tratamento contendo SG apresentou uma maior taxa de passagem. A maior taxa de passagem favorecida pelo menor tamanho das partículas da SG e pela maior seleção da dieta no cocho relaciona-se com o maior consumo de alimento, reduzindo o efeito potencialmente negativo da ação do lípideo sobre a degradação da fração fibrosa no rúmen.

Allen (2000) afirmou que o tamanho médio de partícula na dieta contribui com a redução na atividade mastigatória (min./dia), a partir da inclusão de fontes de fibra de origem não forrageira na dieta. Como pode ser observado na Tabela 2, os valores de FDN e FDA das dietas apresentaram-se, aparentemente, semelhantes e elevados para os padrões propostos pelo NRC (2001). O teor de FDN, oriunda da silagem de milho (Tabela 1) foi acima do mínimo recomendado para dietas de lactação com alta densidade nutricional e contendo concentrados energéticos ricos em amido. Portanto, pode ser razoável afirmar que a fração fibrosa de menor taxa e extensão de degradação, associada ao tipo de carboidrato e tamanho de partícula das silagens, influenciaram o comportamento alimentar e o consumo de nutrientes.

Berto et al. (1998) observaram que a menor concentração da FDN da SG em relação à SM poderia ser uma vantagem para o seu consumo. Leite et al. (2006) observaram que a qualidade da SG, devido à menor digestibilidade aparente da FDN (30,7%) e da FDA (28,4%), aliada a maior concentração de extrato etéreo da dieta, estaria comprometendo a ingestão, em comparação à SM.

Em trabalho avaliando a silagem de girassol e de milho na dieta de vacas leiteiras, Leite et al (2006) observaram que o aumento da proporção de SG nas dietas com volumosos mistos (SG e SM), assim como a presença do caroço de algodão na dieta com silagem de milho, não influenciou a

digestibilidade aparente da matéria orgânica, entretanto, a completa substituição da SM pela SG foi prejudicial ($P=0,01$).

As mudanças nos parâmetros da fermentação rumenal e, conseqüentemente, nos parâmetros produtivos em resposta à adição de gordura na dieta têm sido variáveis, e relacionadas às percentagens fornecidas (Grummer et al., 1993; Doureau et al., 1991), ao tipo de dieta fornecida (Grummer et al., 1993; Salem et al., 1993; Bertrand et al., 1997; Markus et al., 1996) e à resposta individual (Kajikawa et al., 1991).

A influência dos lipídios sobre a degradação da fibra depende da natureza do lipídio fornecido (saturação ou insaturação e esterificação) e da quantidade utilizada. Palmquist (1993) relatou que AG insaturados são mais tóxicos aos microrganismos ruminais. Efeitos negativos são observados se a taxa de entrada de AG poliinsaturados no rúmen, exceder à capacidade das bactérias em converter *trans*-11 C_{18:1} em C_{18:0}. Moore et al. (1969) relataram que o aumento na quantidade de AG não esterificados na dieta, inibe o segundo passo da biohidrogenação. Observa-se, no presente estudo, que a SG utilizada apresentava os grãos inteiros, fornecendo lipídeos insaturados de forma constante e com liberação mais lenta. Este fato, aliado ao menor tamanho da partícula e a característica diferenciada da fração fibrosa da SG (maior teor de FDA), pela ação da quantidade de lipídeo na dieta e degradação mais lenta da fração fibrosa, a uma poderia estar favorecendo a menor atividade microbiana rumenal.

A Tabela 6 apresenta as digestibilidades aparentes estimadas pelo FDA indigestível como marcador interno. Nem o tipo de forragem e nem de carboidrato influenciou a digestibilidade aparente da MS, MO, FDN e FDA ($P>0,05$). Somente a presença da SG na dieta afetou a digestibilidade aparente do EE. O que pode ser explicado pelo aumento dos teores de EE nas dietas com SG e com maior aporte intestinal de ácidos graxos.

Tabela 6. Digestibilidade aparente das dietas experimentais estimada pela fibra insolúvel em detergente ácido indigestível (FDAi), com base na matéria seca.

Variáveis	Tratamentos ¹				EPM ²	Contrastes ⁴		
	SGP	SGM	SMP	SMM		For. ⁵	CHO ⁶	For. x CHO
DMS, %	58,95	63,74	57,29	61,52	4,01	0,92	0,36	0,47
DMO, %	59,83	64,07	58,74	61,97	3,26	0,63	0,27	0,89
DFDN, %	42,58	49,65	39,37	41,62	4,27	0,20	0,29	0,58
DFDA, %	38,00	35,41	35,17	36,21	3,62	0,78	0,83	0,62
DEE, %	75,44	72,86	57,34	52,53	3,52	<0,01	0,30	0,75

¹ SGP: Silagem de girassol como volumoso único e concentrado contendo polpa; SGM: Silagem de girassol como volumoso único e concentrado contendo milho moído; SMP: Silagem de milho como volumoso único e concentrado contendo polpa; SMM : Silagem de milho como volumoso único e concentrado contendo milho moído.

² EPM, Erro padrão da média.

³ Valor de P para tratamento obtido pelo teste SNK, diferença significativa $P < 0,05$.

⁴ Contrastes: Tipo de forragem, tipo de carboidrato, interação entre tipo de forragem e tipo de carboidrato.

⁵ For.: Forragem

⁶ CHO: Carboidrato

A extensão do controle do CMS pela capacidade de distensão do retículo rúmen (RR) é relacionada com o requisito energético do animal, pelo efeito de enchimento da dieta consumida e pela digestibilidade da dieta. Os dados de digestibilidade da fração fibrosa (FDN e FDA), que poderiam explicar o menor CMS influenciado pela qualidade da silagem de milho, não apresentaram diferenças em comparação ao tipo de forragem, carboidrato ou interação forragem/carboidrato. O efeito da maior seleção dos tratamentos contendo SG podem ter mascarado os efeitos da digestibilidade do presente estudo, apesar do tamanho de partícula e umidade da dieta favorecerem a seleção.

O tamanho da partícula da silagem de milho oferecido no presente estudo, juntamente com a efetividade do seu FDN, pode ter comprometido a sua digestibilidade, especialmente com o consumo da silagem de milho rica em parede celular (FDN = 56,2).

Apesar da presença da silagem de girassol aumentar consideravelmente os teores de lipídeos da dieta (10% de EE nas dietas com SG), esse maior teor de lipídeo não influenciou a digestibilidade da fração fibrosa. Segundo Grummer & Luck, (1993), o fornecimento de gordura na dieta (saturada ou insaturada) em concentrações elevadas (acima de 5% da matéria seca total) pode causar decréscimo no consumo de matéria seca (CMS) e na digestibilidade de alguns nutrientes, especialmente da fibra.

Palmquist & Conrad (1978) observaram diminuição no CMS e digestibilidade da fração fibrosa da dieta de vacas leiteiras alimentadas com teores maiores que 8% de gordura. Estas alterações na digestibilidade da fibra são acompanhadas por alterações nas proporções dos diferentes ácidos graxos voláteis (AGV) no rúmen. Ikwuegbu & Sutton (1982) observaram que a adição de menos de 10% de gordura na dieta de ruminantes, reduziu a digestão dos carboidratos em 50%, com diminuição da produção de AGVs e menor relação acetato/propionato.

Conrad et al. (1964) relataram que em dietas com digestibilidades superiores a 66%, o consumo de MS seria controlado por fatores fisiológicos. Forbes (1995) observou que em dietas com digestibilidades inferiores a 66,7%, o consumo de MS seria limitado pelo efeito físico da dieta, relatando que esse limite poderia ser menor ou maior, segundo a demanda energética do animal. Baseado nessa informação, a diferença entre o consumo do tratamento SGM, ou dos tratamentos contendo SG (maior em relação ao tratamento contendo silagem de milho), poderia estar mais relacionado aos fatores físicos de controle do consumo. Conclui-se que a capacidade volumétrica do RR dos animais testados poderia estar sendo influenciada pela menor permanência de um material de menor digestibilidade, ou de maior tamanho de partícula e que a presença do amido na dieta SGM estaria auxiliando para uma maior taxa de degradação da silagem de girassol.

A densidade da parede celular, segundo Van Soest (1994), está relacionada à lignificação, e pode levar a uma contradição para a teoria do enchimento. A parede celular das plantas não tem densidade uniforme e a parede celular de uma gramínea madura, é muito mais densa que a de uma planta jovem.

A silagem de girassol apresenta menor qualidade da sua fração fibrosa em relação à silagem de milho, principalmente pelo seu maior teor de lignina. Porém, este fato pode não ter implicado em redução no consumo da silagem, no presente estudo, pela maior densidade das partículas da silagem de girassol e menor tempo de permanência no rúmen.

Segundo Forbes (1995), o fator limitante para ingestão de forragem definida como pequena ou como quantidade menor que a esperada, seria o enchimento proporcionado pela fibra, principalmente com forragens de baixo valor nutritivo. Como o volume celular da planta tem sido relacionado ao efeito do enchimento (Jung et al., 1993), provavelmente, o efeito atribuído ao menor consumo dos tratamentos contendo silagem de milho (SMP e SMM), em relação ao tratamento SGM, possa ser atribuído à interação entre o enchimento, a capacidade de distensão rumenal e à densidade energética, já que não houve diferença, entre os tratamentos, para o tempo disponível para alimentação.

A digestibilidade das silagens é influenciada pelas características da forragem no momento do armazenamento, e por mudanças ocorridas durante o processo fermentativo (McDonald et al., 1991).

De todos os fatores que levam à redução da digestibilidade do material ensilado, o superaquecimento no interior do silo merece destaque. O aquecimento excessivo pode induzir a reação de *Maillard* (Muck, 1988 e Van Soest, 1994), na qual açúcares e outros carboidratos combinam com aminoácidos, formando grandes moléculas, que são normalmente lentamente digeridas pelos microrganismos ruminais, ou mesmo indigestíveis (McDonald et al., 1991). Esses compostos podem aumentar a concentração de FDA e FDA indigestível ligado ao nitrogênio.

A densidade energética da dieta, no presente estudo, concordando com Van Soest (1994) pode ter sido fator isolado influenciando o consumo, independente do volume ou conteúdo da parede celular. Isso pode ser interpretado, segundo os dados apresentados de digestibilidade, parâmetros de consumo e ingestão, que a variação no consumo de matéria seca talvez fosse mais bem expressada entre animais consumindo forragens de melhor qualidade. Forragens de baixa qualidade (tanto a silagem de girassol quanto a de milho), como demonstrado nos baixos valores de digestibilidade entre os tratamentos, restringem a expressão individual de consumo e produção.

3.2. Produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite

Não foram observadas diferenças para os parâmetros de produção e composição do leite, entre as forragens e tipos de carboidratos, ou interação entre forragem e carboidrato. Apenas observou-se diferença na porcentagem de lactose, entre os carboidratos e nos valores de nitrogênio não protéico no leite (NUL). Para os valores de lactose, a diferença está relacionada à presença de polpa ou milho na dieta, ou seja, considera-se a presença de diferentes tipos de carboidratos, enquanto para a diferença observada para NUL observa-se a presença do amido (milho) como depressor dos níveis de NUL, em relação à pectina (polpa de citrus).

As Tabelas 7 e 8 apresentam os valores de produção, composição, bem como o perfil dos ácidos graxos (AG) do leite.

Tabela 7. Produção e composição do leite de vacas alimentadas com silagem de girassol ou de milho e concentrados a base de milho ou polpa de citrus.

Variáveis	¹Tratamentos				EPM²	Contrastes⁴		
	SGP	SGM	SMP	SMM		For.⁵	CHO⁶	For. X CHO
Leite, kg	25,1	24,1	26,6	23,7	1,34	0,67	0,16	0,47
LCG 4 %, kg	25,4	22,3	23,2	22,5	1,32	0,94	0,10	0,54
Leite/kg IMS, kg	1,60	1,65	1,58	1,45	0,11	0,32	0,74	0,44
Proteína, %	2,96	2,84	2,78	2,96	0,08	0,29	0,29	0,29
Proteína, kg	0,74	0,71	0,74	0,70	0,04	0,86	0,41	0,81
Gordura, %	3,55	3,41	3,46	3,27	0,15	0,48	0,31	0,87
Gordura, kg	0,89	0,82	0,91	0,79	0,06	0,88	0,11	0,63
NNP, mg/dl	15,9	13,7	15,7	13,8	0,84	0,96	0,03	0,83
Lactose, %	4,61	4,73	4,57	4,75	0,04	0,77	<0,01	0,56
Sólidos totais, %	12,2	12,3	12,1	12,3	0,22	0,79	0,42	0,70

¹ SGP: Silagem de girassol como volumoso único e concentrado contendo polpa; SGM: Silagem de girassol como volumoso único e concentrado contendo milho moído; SMP: Silagem de milho como volumoso único e concentrado contendo polpa; SMM : Silagem de milho como volumoso único e concentrado contendo milho moído. ² EPM, Erro padrão da média.

³ Valor de P para tratamento obtido pelo teste SNK, diferença significativa $P < 0,05$.

⁴ Contrastes: Tipo de forragem, tipo de carboidrato, interação entre tipo de forragem e tipo de carboidrato. ⁵ For.: Forragem. ⁶ CHO: Carboidrato.

É necessário um entendimento dos efeitos da manipulação de dietas e da alimentação sobre a composição e produção de leite. De acordo com Rosenthal (1991), a nutrição pode ser ferramenta para se alterar a composição do leite, porém a relação entre os constituintes do alimento e a composição do leite é complexa.

A provável maior relação rumenal de ácidos graxos voláteis glicogênicos (propionato) nos tratamentos SGM e SMM, que contêm amido na forma do concentrado a base de milho moído, em relação aos lipogênicos (acetato e butirato) dos tratamentos SGP e SMP, que contêm polpa de citrus, poderia diminuir a produção de glicose hepática, conseqüentemente, diminuindo a concentração de glicose para a glândula mamária, comprometendo a síntese de lactose (Blauwekel et al., 1992). Miettinen e Huhtanen (1996), concluíram que a diminuição da relação de propionato em relação à de butirato, através da infusão intraruminal exógena de butirato, repartiu a energia da síntese de lactose e proteína,

em favor da síntese de gordura, sem afetar a ingestão de matéria seca, a digestibilidade da dieta, ou a energia para a produção de leite. Segundo esses mesmos autores, elevadas produções ruminais de butirato podem apresentar um efeito adverso sobre a produção de glicose, afetando de forma significativa a síntese de lactose em vacas leiteiras ingerindo dietas baseadas em forragens conservadas. Observa-se que a glicose é absolutamente necessária para a síntese do leite, e que não pode ser substituída por nenhum outro açúcar para a síntese de lactose, o que também explica a diferença entre os tratamentos contendo diferentes carboidratos (SGM e SMM).

Devido ao fato de que a lactose é um constituinte osmoticamente ativo, porém não passa para fora do complexo de Golgi ou das vesículas secretórias, a concentração de lactose no leite permanece consistentemente constante. Porém alguns experimentos apresentam evidências mínimas de que a redução na relação volumoso:concentrado da dieta contendo constante fornecimento de energia, poderia aumentar a concentração de lactose em até 0,2% (Sutton et al., 1985). No entanto, outros experimentos não observaram a mesma resposta.

McGuffey e Schingoethe (1980) compararam a produção de vacas alimentadas exclusivamente com silagem de girassol ou silagem de milho e encontraram produções inferiores para vacas alimentadas com silagem de girassol (como volumoso único). Porém os valores de LCG 4% foram similares. Silva et al. (2004) observaram produções similares entre os tratamentos onde silagem de girassol e silagem de milho foram utilizadas em associação (66% SG e 34% SM e 34 SG e 66% SM) em comparação ao tratamento com silagem de milho como volumoso único.

Respostas referentes ao consumo de silagem de girassol e os efeitos nos teores de gordura do leite são controversos na literatura. McGuffey e Schingoethe (1980) observaram maior teor de gordura no leite de vacas alimentadas com silagem de girassol em comparação a vacas alimentadas com silagem de milho. Já Valdez et al. (1988) observaram valores inferiores para vacas alimentadas exclusivamente com silagem de girassol, enquanto Silva et al. (2004) e Leite et al. (2006), não observaram diferenças nos valores de LCG 4%, porém observaram menores ingestões para tratamentos contendo maiores proporções de SG.

Por outro lado, trabalhos com silagem de milho e silagem de girassol em cultivo único demonstraram produções de leite tanto inferiores (Fisher et al. 1993) como superiores (Valdez et al. 1988) para vacas alimentadas com silagem de milho e girassol (cultura única) em relação às vacas alimentadas somente com silagem de milho. Estes resultados divergem, portanto dos resultados encontrados no presente experimento onde produções similares foram encontradas entre os tratamentos contendo silagem de girassol ou silagem de milho.

Apesar de se esperar maior teor de gordura no leite quando pectina e fibra longa de silagem de milho resultaram em maior tempo de ruminação por kg de MS e de FDN, não foi observado nem efeito da forragem e nem do concentrado. O perfil de fermentação da pectina, com maior proporção de ácido acético em relação à fermentação do amido, assim como uma possível maior capacidade de manutenção de pH ruminal (Ben-Ghedalia et al., 1989), suporta a expectativa de maior produção de gordura no leite em dietas contendo polpa cítrica. Entretanto, a mudança na relação entre acetato e propionato parece ser uma explicação insuficiente para a resposta observada em teor de gordura no leite, em resposta à variação no perfil de carboidratos dietéticos (Bauman et al., 1970).

As percentagens de proteína do leite foram 2,96% para o tratamento SGP, 2,84% para o tratamento SGM, 2,78% para o tratamento SMP e 2,96% para o tratamento SMM. Nem o tipo de forragem ou tipo de carboidrato influenciaram a percentagem de proteína no leite, que demonstrou apenas baixa produção, em relação ao mérito genético dos animais e segundo as ingestões de proteína bruta, que foram de acordo com a recomendação do NRC (2001). Portanto, a inclusão tanto da silagem de girassol ou de milho, quanto à presença de pectina ou amido na dieta, promoveram a diminuição dos teores de proteína do leite.

A conversão do nitrogênio dietético, protéico ou não protéico em proteína microbiana é influenciada pelo tempo em que as partículas de alimentos ficam retidas no rúmen (quanto maior o tempo, maior a conversão), pela solubilidade da proteína e degradação pelos microrganismos, pela concentração de nitrogênio na proteína. A quantidade de energia rapidamente disponível no rúmen e a presença de nutrientes que influenciam a população de bactérias e protozoários no rúmen também interferem na conversão do nitrogênio dietético em proteína microbiana.

Observa-se que a presença da pectina, promoveu maior produção de NUL, em relação ao tratamento contendo amido, independente do tipo de forragem utilizada. Este fato mostra que o aumento do CNF fermentável no rúmen, resultou em melhor utilização da proteína degradável e não degradável no rúmen, e que houve adequado balanço entre proteína e CNF na dieta.

Valdez et al. (1988) não encontraram diferenças significativas nas percentagens de proteína do leite entre animais alimentados com silagem de milho ou silagem de girassol. Por outro lado, McGuffey e Schingoethe (1980) relataram teores inferiores de proteína bruta do leite para vacas alimentadas com silagem de girassol em relação àquelas alimentadas com silagem de milho. Silva et al. (2004) observaram redução do teor de proteína no leite, quando a silagem de girassol foi utilizada parcialmente ou como volumoso único, em relação ao fornecimento de silagem de milho como volumoso único.

A eficiência de síntese microbiana (fluxo de nitrogênio bacteriano por quantidade de matéria orgânica fermentada) é determinada principalmente pelo balanço entre síntese e degradação de matéria microbiana, sendo este último processo, resultado da predação de bactérias pelos protozoários (Church, 1988). A diminuição na população de protozoários, e a diminuição da matéria orgânica fermentada no rúmen são os responsáveis pela redução da eficiência de síntese microbiana no rúmen. Porém, Doreau et al. (1991) relataram que a adição de lipídeos à dieta não modificou de forma significativa o ecossistema rumenal, assim como a fermentação da matéria orgânica. Segundo esses autores, a maioria dos experimentos demonstrou pouco efeito dos lipídeos sobre a digestão protéica.

No entanto, parece razoável afirmar que a baixa produção de proteína no leite, associado aos teores adequados de NUL apresentados no presente estudo, refletem tanto a presença de elevada quantidade de gordura na dieta, afetando a população de protozoários rumenais, quanto à baixa taxa de degradação das silagens utilizadas. Este último fato pode ser explicado pelos baixos valores de digestibilidade da matéria orgânica e frações fibrosas dos tratamentos e quantidades significativas de concentrado, perfazendo 50% da matéria seca total ingerida.

A proteína bruta da dieta é o fator nutricional mais importante que influencia a variação do nitrogênio não protéico no leite (NUL), sendo este uma importante ferramenta para se avaliar a proteína dietética de vacas leiteiras em lactação (Nousiainen et. al., 2004). Esses autores avaliaram dados de 50 experimentos realizados, dos quais, a proteína bruta foi a responsável por 0,778 da variação de NUL, e forneceu maior acurácia na predição do nitrogênio endógeno (0,787) quando comparado com a produção de leite (0,769). No presente estudo, observa-se, que os valores de NUL estão dentro dos valores normais expressos pela literatura (12 a 16 mg/dl), e que, o consumo de proteína não afetou os valores de NUL no leite produzido, ou seja, os valores apresentados demonstram proteína no leite baixa e NUL normal.

A Tabela 8 mostra o perfil de AG do leite produzido em função do consumo de silagem de girassol ou de milho e concentrados a base de polpa de citrus e milho moído. Não foram observados na literatura, dados referentes ao perfil de ácidos graxos no leite, de vacas leiteiras consumindo silagem de girassol como volumoso na dieta. Logo, parâmetros de comparação da literatura serão utilizados para a silagem de milho, ou para dietas contendo altos teores de lipídeo.

Tabela 8. Perfil de ácidos graxos da gordura do leite de vacas alimentadas com silagem de girassol e de milho e diferentes fontes de carboidratos no concentrado da dieta.

Ácidos graxos mg/g de gordura	Tratamentos ¹				EPM ²	Contrastes ⁴		
	SGP	SGM	SMP	SMM		For. ⁵	CHO ⁶	For. x CHO
C _{4:0}	3,17	3,60	4,28	4,30	0,16	<0,01	0,90	0,05
C _{6:0}	1,18	1,49	2,33	2,38	0,07	<0,01	0,13	0,04
C _{8:0}	0,52	0,70	1,27	1,35	0,05	<0,01	0,03	0,27
C _{10:0}	0,98	1,36	2,68	2,96	0,14	<0,01	0,03	0,87
C _{11:0}	0,07	0,11	0,28	0,29	0,01	<0,01	0,06	0,50
C _{12:0}	1,19	1,57	3,06	3,41	0,16	<0,01	0,03	0,79
C _{13:0}	0,03	0,04	0,09	0,10	<0,01	<0,01	0,12	0,83
C _{12:1}	0,03	0,04	0,09	0,11	<0,01	<0,01	0,07	0,67
C _{14:0}	5,20	6,57	10,91	11,11	0,40	<0,01	0,06	0,23
C _{14:1} <i>Cis-9</i>	0,37	0,48	0,94	0,97	0,05	<0,01	0,29	0,20
C _{15:0}	0,56	0,59	0,92	0,94	0,03	<0,01	0,73	0,77
C _{16:0}	16,37	18,15	33,8	33,18	0,88	<0,01	0,80	0,08
C _{16:1} <i>Cis-9</i>	0,87	0,82	1,6	1,54	0,07	<0,01	0,26	0,74
C _{17:0}	0,24	0,28	0,53	0,44	0,03	<0,01	0,58	0,09
C _{17:1}	0,17	0,17	0,28	0,22	0,02	<0,01	0,05	0,08
C _{18:0}	15,03	14,37	9,40	10,81	0,97	<0,01	0,63	0,22
C _{18:1} <i>Cis-9</i>	26,19	25,27	18,64	17,94	0,61	<0,01	0,57	0,31
C _{18:1} <i>Trans-11</i>	12,15	10,19	1,51	1,13	0,65	<0,01	0,09	0,45
C _{18:2} <i>Cis-9 trans-11</i>	1,09	0,87	0,14	0,10	0,05	<0,01	0,02	0,17
C _{18:2} <i>Cis-9 cis-12</i>	5,22	4,58	2,29	2,25	0,20	<0,01	0,16	0,20
C _{20:0}	0,10	0,97	0,94	0,94	<0,01	0,20	0,94	0,55

¹ SGP: Silagem de girassol como volumoso único e concentrado contendo polpa; SGM: Silagem de girassol como volumoso único e concentrado contendo milho moído; SMP: Silagem de milho como volumoso único e concentrado contendo polpa; SMM : Silagem de milho como volumoso único e concentrado contendo milho moído.

² EPM, Erro padrão da média.

³ Valor de P para tratamento obtido pelo teste SNK, diferença significativa P < 0,05.

⁴ Contrastes: Tipo de forragem, tipo de carboidrato, interação entre tipo de forragem e tipo de carboidrato.

⁵ For.: Forragem

⁶ CHO: Carboidrato

A nutrição tem papel importante sobre a composição do leite. O fornecimento de lipídeos na dieta influencia a proporção dos AG presentes no leite. Observa-se, no presente estudo, a influência do tipo de forragem sobre o perfil de ácidos graxos do leite produzido. A silagem de girassol, independente do tipo de carboidrato utilizado, foi responsável pela diminuição de ácidos graxos de cadeia curta, promovendo aumento na produção final de ácido esteárico (C_{18:0}) e aumento na produção de C_{18:1}, *Cis-9 trans-11*), denominado de ácido rumênico. Para o C_{18:1}, *Cis-9 trans-11* porém, houve também influência conjunta e sem relação, com o tipo de carboidrato. Os tratamentos contendo silagem de girassol diferiram entre o tipo de forragem e o tipo de carboidrato (SGP, 1,09 e SGM, 0,87). Pode-se concluir então que o tipo de carboidrato promoveu o aumento dos teores de C_{18:1}, *Cis-9 trans-11* em dietas contendo silagem de girassol e que também houve aumento de C_{18:2}, *Cis-9 trans-11* influenciados pela SG e polpa de citrus.

Um ponto importante na análise do perfil de ácidos graxos apresentada na Tabela 8, é a maior produção de C_{18:0} para os tratamentos contendo silagem de girassol como volumoso único, independente do tipo de carboidrato. Este fato demonstra que a capacidade de biohidrogenação não foi alterada pela quantidade elevada de lipídeo presente nos tratamentos SGP e SGM.

A idéia de que a redução na digestão da fibra provoca diminuição da gordura do leite foi aceita por muitos anos. Segundo Shaver (1990), várias situações foram documentadas, nas quais o fornecimento de sementes de oleaginosas na dieta causou diminuição no teor de gordura do leite. Observa-se, pelos dados apresentados na Tabela 6, que a magnitude das alterações na digestão da fração fibrosa ou nos padrões de fermentação rumenal foi pequena e insuficiente para causar alterações significativas na composição da gordura do leite. Isto pode ser comprovado também pelos dados de produção e composição do leite, apresentados na Tabela 7, onde os únicos valores diferentes significativamente (proteína no leite e NUL), não refletem diretamente o tipo de forragem disponível aos animais e sim o tipo de carboidrato.

Griinari et al. (2000) demonstraram correlação entre a quantidade de AG *trans* formados no rúmen e a diminuição do teor de gordura no leite. O isômero *Cis-9 trans-11* do ácido linoléico corresponde a 80 a 90% do total dos isômeros de CLA encontrados na gordura corporal e no leite dos ruminantes.

Jiang et al. (1996) avaliaram a ocorrência do *Cis-9 trans-11* na gordura do leite de vacas alimentadas com diferentes dietas e regimes alimentares e encontraram correlação positiva entre a concentração de *Trans-11* e *Cis-9 trans-11* na gordura do leite. Houve ainda aumento nos teores do ácido vaccênico (*Trans-11*, C_{18:1}) em dietas com baixa proporção de forragem, indicando redução das etapas finais da biohidrogenação rumenal.

No presente estudo, observou-se correlação positiva entre a concentração de *Trans-11* e *Cis-9 trans-11* na gordura do leite (93% e 92% respectivamente) entre os tratamentos contendo silagem de girassol e de milho, influenciada pela diferença de forragem e, conseqüentemente, pelo aumento significativo de lipídeo na dieta. Apesar de a literatura demonstrar que vacas leiteiras apresentam capacidade de síntese endógena de *Cis-9 trans-11* a partir do *Trans-11* (Griinari et al., 2000), a presença da silagem de girassol como fonte de volumoso, independente do tipo de carboidrato, elevou o teor de C_{18:1} *Trans-11* de 1,51 e 1,13 mg/g (SMP e SMM, respectivamente) para 12,15 e 10,19 mg/g (SGP e SGM respectivamente) (P<0,01). Este fato, associado aos mesmos valores apresentados para produção e percentagem de leite corrigido para gordura (4%) ou não, demonstra que o elevado teor de lipídeos e tipo de carboidrato não influenciou a taxa de degradação rumenal, biohidrogenação e diminuição da síntese de novo, e provavelmente não influenciando os outros parâmetros produtivos avaliados.

A inclusão de lipídeos na dieta através da silagem de girassol aumentou a concentração de C_{18:1} *Trans-11* e C_{18:2} *Cis-9 trans-11* no leite (Tabela 8). Whitlock et al. (2003) encontraram concentração de 54,12 g de C_{18:2} *Cis-9 cis-12*/100g de lipídeos no grão de milho. Assim, a silagem de girassol utilizada nos tratamentos SGP e SGM, que diferiram em relação ao tipo de carboidrato fornecido no concentrado, aumentou as concentrações de C_{18:1} *Trans-11* e C_{18:2} *Cis-9 trans-11* explicada pela elevada concentração de C_{18:2} *Cis-9 cis-12* na dieta, principal ácido graxo insaturado precursor de *Trans-11* e *Cis-9 trans-11*. Considerando que a silagem de girassol é fonte de C_{18:2} *Cis-9 cis-12* na dieta, e associado ao efeito da elevada presença de lipídeos no rúmen, pode ter ocorrido a passagem de elevada quantidade de lipídeos para o intestino, sendo então absorvido e incorporado diretamente à gordura do leite, sem interferir na síntese de novo na glândula mamária. Este fato está bem justificado pela maior DEE, influenciada somente pela forragem (SG).

Estudos mostraram que a ingestão de ácidos graxos *Trans* aumenta o risco de doenças coronárias, pelo aumento na relação de LDL/HDL (Berner, 1993). Nos países europeus tem sido enfocada a redução da ingestão de ácidos graxos *Trans* (Lock et al., 2004). Na gordura do leite, o ácido graxo *Trans* presente em maior quantidade é o *Trans-11* (24,5 – 75% do total de isômeros C18:1). Palmquist et al. (2004) afirmaram que cerca de 20% do ácido graxos *Trans-11* é convertido em *Cis-9 trans-11* pelo organismo humano. Baseado nestes resultados, uma pessoa ingerindo cerca de um litro de leite produzido por vacas alimentadas com dietas SGP e SGM, estaria consumindo, aproximadamente, 35 gramas de gordura, 30 mg de *Cis-9 trans-11* (CLA) e 3,0 g de *Trans-11*. Considerando que 20% do *Trans-11* ingerido é transformado em *Cis-9 trans-11*, isto resulta em 365 mg/dia de *Cis-9 trans-11*. Para dietas com silagem de milho esta ingestão seria de aproximadamente 36 mg/dia de CLA. Dados na literatura mostram que o consumo diário de 300 mg/dia de CLA resulta em redução de até 40% na chance de

desenvolvimento de tumores de seio, de cólon e de útero (Ip et al., 2005). Knek et al. (1996), citados por Lanna e Medeiros (2000), mostraram que para se reduzir o risco de câncer de mama deveria haver ingestão diária superior a 350 mg de CLA.

Considerando que a quantidade média de CLA presente em um litro de leite produzido nos tratamentos contendo silagem de milho é o equivalente a 90 mg/g de gordura, seria necessária uma ingestão talvez bastante elevada de leite ao dia, para ser capaz de fornecer a quantidade de CLA necessária como substância nutracêutica. Porém, para os tratamentos contendo silagem de girassol, a ingestão de um litro de leite desses animais seria capaz de fornecer 365 mg/dia de CLA. Se os dados referentes à quantidade necessária de CLA ingerida ao dia estiverem corretos para a formação de um bom nutracêutico, seria necessário, em dietas padrão com a utilização de silagem de milho na maioria das empresas produtoras de leite, a elevação deste teor no leite em aproximadamente 10%, o que somente seria possível promovendo uma biohidrogenação incompleta ou através da inclusão de fontes de lipídeos na dieta, sendo que, em certos casos, poderia ser utilizada a silagem de girassol.

3.3. Produção microbiana e derivados de purina

A Tabela 9 apresenta os valores estimados para alantoína (Alan), ácido úrico (Acu), creatinina (Crea) e relação alantoína/creatinina (Alan/Creat) dos tratamentos SGP, SGM, SMP e SMM. A relação alantoína:creatinina variou entre 2,47 (SGM) e 3,69 (SMM), nos tratamentos contendo silagem de girassol na dieta ($P < 0,01$). Houve também tendência ($P = 0,09$) na comparação entre forragem e carboidrato, para a relação alantoína:creatinina. A excreção de creatinina é presumidamente proporcional à perda de massa corporal, o que pode ser observado em relação à presença da silagem de girassol (forragem, $P = 0,02$), com tendência para a interferência do carboidrato. Deste modo, a elevada relação alantoína:creatinina reflete a excreção de alantoína, a qual sugere adequado crescimento microbiano, porém com diferenças de padrões de fermentação e produção microbiana para as dietas contendo diferentes forragens, com tendência para diferentes carboidratos ($P = 0,09$).

A menor síntese de proteína microbiana quando a silagem de girassol é fornecida na dieta é uma explicação para a menor produção de proteína no leite observado na Tabela 7, apesar de não apresentar diferença entre os tratamentos. Em três experimentos realizados com vacas de alta produção, a substituição de milho por polpa cítrica, em dietas contendo silagem de milho, porém com diferentes relações volumoso: concentrado reduziu a porcentagem de proteína no leite (Broderick et al., 2002, Costa et al., 2002, Solomon, et al., 2000 e Salvador, 2006).

Tabela 9. Concentrações de alantoína, ácido úrico e creatinina (g/l) e relação alantoína/creatinina de vacas leiteiras em lactação, alimentadas com silagem de girassol ou de milho e concentrados a base de milho ou polpa de citrus.

Variáveis	Tratamentos ¹				EPM ²	Contrastes ³		
	SGP	SGM	SMP	SMM		For. ⁴	CHO ⁵	For. x CHO
Alantoína	12,36	14,69	29,56	33,27	1,52	<0,01	0,06	0,65
Ácido úrico	0,38	0,49	0,44	0,38	0,04	0,57	0,61	0,08
Creatinina	4,11	7,40	8,40	9,00	1,13	0,02	0,10	0,25
Alant/Creat	3,00	2,47	3,54	3,69	0,19	<0,01	0,32	0,09

¹ SGP: Silagem de girassol como volumoso único e concentrado contendo polpa; SGM: Silagem de girassol como volumoso único e concentrado contendo milho moído; SMP: Silagem de milho como volumoso único e concentrado contendo polpa; SMM : Silagem de milho como volumoso único e concentrado contendo milho moído.

² EPM, Erro padrão da média.

³ Contrastes: Tipo de forragem, tipo de carboidrato, interação entre tipo de forragem e tipo de carboidrato.

⁴ For.: Forragem

⁵ CHO: Carboidrato

As pesquisas, ao longo dos últimos anos, confirmaram a relação entre produção de proteína microbiana e excreção urinária de derivados de purinas (Perez et al., 1996). Esta técnica admite que os ácidos nucléicos no duodeno são de origem, predominantemente, microbiana e, após digestão intestinal e absorção, os derivados de purinas são proporcionalmente recuperados na urina, principalmente na forma de alantoína, mas também como ácido úrico, hipoxantina e xantina (Perez et al., 1996).

As reduções no consumo de matéria seca, na porcentagem de proteína no leite e digestão da fibra no rúmen para o presente estudo são indicadores de alterações na fermentação rumenal.

Salvador (2006) encontrou relação média de alantoína:creatinina de 2,15, ao avaliar diferentes fontes de minerais e carboidratos na dieta de vacas leiteiras. San Emeterio (1998) relatou aumentos nesta relação de 2,64 para 3,14 quando foram fornecidos grãos de milho úmido e finamente moídos. Reis (1998) observou valores de 1,75 e 2,97 na relação alantoína:creatinina ao utilizar, respectivamente, forragem fresca sem suplementação e forragem fresca mais 10 kg de concentrado com elevada proporção de milho com alta umidade na sua composição.

Possivelmente, a inclusão de lipídeos à dieta não interferiu no crescimento dos microrganismos do rúmen e conseqüentemente, no aporte de proteína microbiana para a glândula mamária, demonstrado pelo perfil de ácidos graxos da Tabela 8. Observa-se valores baixos de digestibilidade das frações fibrosas entre os tratamentos contendo diferentes forragens e carboidratos, o que poderia estar afetando o padrão de fermentação rumenal.

Quando analisamos a proteína do leite, um ponto importante que devemos distinguir é a resposta entre a alteração da porcentagem de proteína, e os efeitos que alteram a produção dessa proteína no leite. De Peters e Cant (1992), concluíram que a dieta induz modificações na produção de leite e conteúdo de proteína, apresentando respostas diferentes, dependendo do estágio de lactação. Além disso, a dieta influencia a produção de proteína do leite, pouco influenciando sua composição. É difícil, no presente trabalho, caracterizar a resposta no conteúdo de proteína do leite de acordo com a composição da dieta fornecida. Os efeitos da relação concentrado:volumoso são dependentes da concentração de energia da dieta, o que confunde estimar os efeitos da ingestão de energia ou da relação concentrado:volumoso, sobre a produção e composição protéica do leite produzido.

Nos sistemas de produção onde a forragem é fornecida à vontade, o aumento do fornecimento de concentrados aos animais leva a um aumento na ingestão de energia e logicamente à redução da ingestão de forragem. Nessas situações, o aumento da ingestão de energia reflete no aumento da produção e concentração de proteína do leite. Esse fato foi demonstrado por Rook et al. (1991), fornecendo silagem de milho como fonte de volumoso, aumentando a quantidade de concentrado, nas proporções de 3, 6 e 9 kg. Observa-se que não houve aumento da ingestão de energia pelo animal no presente estudo, sendo o fornecimento de energia uniforme entre os tratamentos, mesmo com volumosos e carboidratos diferentes. A relação concentrado volumoso de 50% forneceu quantidade elevada de concentrado, porém o animal ingeriu uma forragem com baixo valor nutritivo, o que pode ter promovido uma diminuição da concentração de proteína do leite produzido (Murphy, O'Mara, 1993).

A forma da energia ingerida parece ser tão importante quanto à quantidade de calorias ingeridas para o aumento da síntese de proteína do leite. Emery (1978) sugere que talvez essa fonte energética extra, deva ser na forma de carboidrato ou outro componente capaz de aumentar a concentração de glicose sanguínea. Os tratamentos SGM e SMM, apresentaram precursores gliconeogênicos na forma de amido, proveniente do milho moído e também proveniente da silagem de milho como volumoso no tratamento SMM, não tendo efeito sobre todos os componentes do leite, interferindo apenas na lactose, NNP e a concentração de *Cis-9 trans-11*.

A proporção de nitrogênio derivado da amônia varia segundo a disponibilidade de fontes de nitrogênio. Vários trabalhos, segundo Santos et al. (1998), indicam que a população microbiana preferencialmente utiliza mais peptídeo que aminoácidos livres. Ling e Armstead (1995) encontraram que aminoácidos livres foram preferidos para incorporação por *Streptococcus bovis*, *Selenomonas ruminantium*, *Fibrobacter succinogenes* e *Anaerovibrio lipolytica*, enquanto peptídeos foram preferidos por *Prevotella ruminicola*. O tratamento SMM apresentou teores elevados de CNF (42, baseado na fórmula proposto por Sniffen et al., 1992, onde há correção para proteína ligada ao FDN), o que, segundo observações de McAllister et al., (1994), uma concentração excessiva de peptídeos em relação à amônia poderia limitar o crescimento bacteriano rumenal, principalmente, microrganismos que potencialmente degradam a fração fibrosa, aumentando o tempo de retenção rumenal e alterando o potencial de consumo pelo efeito de enchimento rumenal. Microrganismos que fermentam CNF produzem e utilizam peptídeos com custo de produção de amônia a partir de proteína e outras fontes de nitrogênio (Harfoot, 1988).

Os microrganismos do rúmen exercem papel fundamental na digestão dos lipídeos, promovendo a lipólise e a biohidrogenação, tendo como produto final, o ácido esteárico (C_{18:0}) (Harfoot et al., 1988).

As bactérias exercem papel de maior importância para a biohidrogenação, além de apresentarem a maior atividade celulolítica dentro do rúmen. Culturas *in vitro* de bactérias têm demonstrado o efeito negativo dos AG sobre o crescimento bacteriano (Doreau et al., 1991). Na presença de AG insaturados de cadeia longa, e com maior quantidade de formas *cis*, Galbraith et al. (1971) observaram efeito negativo sobre o crescimento bacteriano no rúmen.

Segundo Hobson (1997), a concentração de lipídeos no conteúdo rumenal pode afetar a extensão da biohidrogenação e a metanogênese, além de outros processos fermentativos tais como a fermentação dos carboidratos e deaminação das proteínas (Ikwuegbu & Sutton, 1982), além da síntese e local de digestão das células microbianas (Boggs et al., 1987). Russel e Hino (1991) observaram que os lipídeos apresentaram efeitos mais negativos sobre a população de protozoários, seguido pela população bacteriana do rúmen, sendo os galactolipídeos os maiores agentes negativos, em função da elevada concentração de ácidos poliinsaturados observada.

4. Conclusões

A inclusão de milho moído às dietas contendo silagem de girassol aumentou o consumo de matéria seca, diminuindo os parâmetros de consumo como tempo de ruminação, consumo e atividade mastigatória.

Dietas contendo silagem de girassol e de milho, sendo fornecidas conjuntamente com polpa cítrica moída ou milho moído, não apresentaram diferenças quanto aos parâmetros de digestibilidade, exceto para os tratamentos contendo silagem de girassol, onde altos teores de lipídeos foram fornecidos.

Teores de 10 % de lipídeos em dietas contendo silagem de girassol, contendo polpa ou milho, podem não afetar a digestibilidade, a produção e a composição do leite.

A queda numérica na excreção de derivados de purinas sugere que dietas formuladas exclusivamente com polpa cítrica, tendo como volumoso a silagem de girassol ou de milho, podem ter deprimido a síntese rumenal de proteína microbiana.

O fornecimento de dietas contendo silagem de girassol mais milho moído ou polpa cítrica, aumentou os teores de C_{18:1} *Trans* 11 e C_{18:2} *Cis-9 trans*-11, na gordura do leite.

O fornecimento da silagem de girassol, conjuntamente à polpa ou milho moídos, para vacas leiteiras produzindo em média 25 kg, dependerá exclusivamente de avaliações econômicas em relação aos custos dos suprimentos energéticos e da produtividade por hectare da silagem de girassol.

5. Referências

ALLEN, M. S., Physical Constrains on voluntary Intake of Forages by Ruminants. *Journal Animal Science*, v. 74, p. 3063-3075, 1996.

ALLEN, M. S., Effects of Diet on Short-Term Regulation of Feed Intake by Lactation Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 83, n. 7, p. 1598-1624, 2000.

ASHES, J. R., GULATI, S. K., SCOTT, T. W. Potential to alter the content and composition of milk fat through nutrition. *J. Dairy Sci.*, v. 80, n. 9, p. 2204-2212, 1997.

BAUMAN, D. E., BROWN, R. E., DAVIS, C. L., Pathways of fatty acid synthesis and reduction equivalent generation in mammary gland of rat, sow, and cow, *Archives Biochemistry and Biophysical*, San Diego, v. 140, n. 1, p. 237-244, 1970.

BAUMAN, D. E., CORL, B. A., GRINARI, J. M. Trans fatty acids, conjugated linoleic and milk fat synthesis. *Proceedings of Cornell Nutrition Conference for Feed Manufactures*. New York: New York State College of Agricultura and Life Sciences/Department of Animal Science and Division of Nutritional Science, p. 95-103, 1998.

BEAM M. T., JENKINS, T. C., MOATE, P. J., KOHN, R. A., PALMIQUIST, D. L. Effects of amount and source of fat on the rates of lipolysis and biohydrogenation of fatty acids in rumenal contents. *J. Dairy Sci.*, v. 83, n. 11, p. 2564-2573, 2000.

BEAUCHEMIN, K.A.; McALLISTER, T.A.; DONG, Y.; FARR, B.I.; CHENG, K.J. Effects of mastication on digestion of whole cereal grains by cattle. *Journal of Animal Science*, Stanford, v.72, n.1, p.236-246, 1994.

BEN-GHEDALIA, D., YOSSEF, E., MIRON, J., EST, Y., The effects of starch and pectin rich diets on quantitative aspects of digestion in sheep. *Animal feed science and Technology*. Amsterdam, v. 24, n. 3-4, p. 289-298, 1989.

BERNER, L. A . Defining the role of milk-fat in balanced dietas. In *Advances in food and nutrition reserch*. Academic Press (ed). v.81, p.131-249, 1993.

BERTO, J.L.; MUHLBACH, P. R. F.; SANTOS, A. C.; Qualidade da silagem de milho em unidades de produção de leite no Rio Grande do Sul. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, REUNIÃO ANUAL, 35, 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: SBZ, 1998.

BERTRAND, J. A & GRIMES, L.W, Influence of Tallow and *Aspergillus oryzae* Fermentation Extract in Dairy Cattle Rations. *Jornal of Dairy Science*. v. 80, n.6, p. 1179-1184, 1997.

BLAUWIEKEL, R., HUHTANEN, P., & SAASTOMOINEN, I., Effect of fishmeal or barley protein and VFA infusions on milk yield and composition and blood metabolites, *J. Dairy Sci.*, v. 75 (Suppl-1), p. 199, (Abstr.) 1992.

BOGGS, D.L., BERGEN, W.D., & HAWKINS, D.R., Effects of tallow supplementation and protein withdrawal on ruminal fermentation, microbial synthesis and site of digestion. *Journal of Animal Science*, v. 64, n. 5, p. 907-914, 1987.

- BRODERICK, G. A., LATONE, D.R., SIMONS, R., Efficacy of carbohydrate sources for milk production by cows fed diets based on alfalfa silage. *J. Dairy Sci.*, v. 85, n. 7, p. 1767-1776, 2002
- CHALUPA, W. Manipulating Rumen Fermentation. *Journal of Animal Science*, v. 45, n. 3, p. 585-599, 1977.
- CHEN, X.B., GOMES, M.J. 1992. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives- an overview of technical details. Aberdeen, UK: Rowett Research Institute, 1992. (Occasional publication). 21p.
- CHILLIARD, Y. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs and rodents: a review. *J. Dairy Sci.*, v. 76, p. 3897-3931, 1993.
- CHOUINARD, Y.P; CORNEU, L.; BARBANO, D.M.; METZGER, L.E; BAUMAN, D.E. Conjugated linoleic acid alter milk fatty acid composition and inhibit milk fat secretion in dairy cows. *J. Nutr.*, v. 129, p. 1579-1584, 1999.
- CHURCH, D. C. *El rumiante: fisiología digestiva y nutrición*, 1988. Englewood Cliffs: Prentice- Hall, 650p.
- CONRAD, H. R., PRATT, A. D., & HIBBS, J. W., Regulation of Feed Intake in Dairy Cows. 1. Changes in the Importance of Physical and Physiological Factors with Increasing Digestibility. *Journal of Dairy Science*. v. 47, n. 1, p.54-62, 1964.
- COOK, M. E. Conjugated linoleic acid. p. 102-108, 1999.
- COSTA, F.M.J., *Efeito do ambiente rumenal sobre a degradabilidade in situ da cana-de-açúcar*. 2002. 51.p., Dissertação (Mestrado em produção animal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- COTRAN, R. S., KUNAR, V., ROBBINS, S. L. *Pathologic Basis of Disease*. Filadélfia: W. B. Saunders Company, 1519 p., 1989. (4ª edição).
- DePETERS, E. J., & CANT, P., Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk. A review. **J. Dairy Sci.** v. 75, p. 2043, 1992.
- DHIMAN, T. R., ANAND, G. R., SATTER, L. D., PARIZA, M. W. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *J. Dairy Sci.*, v. 82, n. 10, p. 2146-2156, 1999.
- DONOVAN, D. C., SCHINGOETHE, D. J., BAER, R. J., RYALI, J., HIPPEN, A. R., FRANKLIN, S. T. Influence of dietary fish oil on conjugated linoleic acid and other fatty acids in milk fat lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 83, n. 11, p. 2620-2628, 2000.
- DOREAU, M, FERLAY, A, Effect of dietary lipids on nitrogen metabolism in the rumen: a review. *Livest. Prod. Sci.* . v. 43, p. 97-110, 1991.
- EMERY, R. S., Feeding for increased milk protein. *J. Dairy Sci.*, v. 61, n. 6, p. 825-828, 1978.
- ERICKSON, P. S., MURPHY, M. R., CLARK, J. H. Supplementation of dairy cows with calcium salts of long-chain fatty acids and nicotinic acid in early lactation. *J. Dairy Sci.*, v. 75, p. 1078-1094, 1992.
- FORBES, J. M., *Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals*, CAB International, Oxon, UK, 1995.

- 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. Bacteriol.* v. 34, p. 803, 1971.
- GRIINARI, J. M., CORL, B. A., LACY, S. H., CHOUINARD, P. Y., NURMELA, K. V. V., BAUMAN, D. E. Conjugated linoleic acid synthesizes endogenously in lactating dairy cows by Δ^9 -desaturase. *American Society for Nutritional Sciences*, abr., p. 2285-2291, 2000.
- GRUMMER, R. R. Effect of feed on the composition of milk fat. *J. Dairy Sci.*, v. 74, n. 9, p. 3244-3257, 1990.
- GRUMMER, R. R., & LUCK, L. M, Rumen Fermentation and Lactation Performance of Cows Fed Roasted Soybeans and Tallow. *Jornal Dairy Science*, v. 76, n.9, p. 2674-2681, 1993.
- HALL, M. B. 2000. Neutral detergent-soluble carbohydrates: nutritional relevance and analysis, a laboratory manual. University of Florida Extension Bulletin 339, April, 2000.
- HARFOOT, V. H., HAZLEWOOD, G. P. Lipid metabolism in the rumen. In *The rumen microbial ecosystem*. HOBSON, P. N., New York: Elsevier Appl. Sci. Publ. Co., p. 285-322, 1988.
- HARTLEY, R.D.P., Coumaric and ferulic acid components of cellwall of ryegrass and their relationship with lignin and digestibility. *Journal Sci. Food Agric.*, v.23, n.3, p. 1347-1354, 1972.
- HEINRICH, A.J., BUCKMASTER, D.R., & LAMMERS, B.P., Processing, mixing and particle size reduction of forages for dairy cattle. *Journal Animal Science*, v. 77, n. 1, p. 180-186, 1999.
- HOBSON, P. N., *The Rumen Microbial Ecosystem*, London: Elsevier Applied Science, 1997, 719p.
- HUBER, J. T., GRAF, G. C., & ENGEL, R. W., Effect of maturity on nutritive value of corn silage for lactating cows. *Journal Dairy Science*, v. 48, n. 8, p. 1121-1128, 1965.
- HUBER, J. T., THOMAS, J. W., & EMERY, R. S., Response of lactating cows fed urea-treated corn silage harvested at varying stages of maturity. *Journal Dairy Science*, v. 51, n. 11, p. 1806-1810, 1968.
- IKWUEGBU, O.A., & SUTTON, J.D., The effect of varying the amount of linseed oil supplementation on rumen metabolism in sheep. *Br. Journal Nutrition*. v. 48, n. 1, p. 365-375, 1982.
- IP, C.; PARIZA, M. CLA (Conjugated linoleic acid). In *Interpretative review of recent nutrition reserch*. Disponível em: <www.nationaldairycouncil.org>, acessado em 20/01/2005.
- JENKINS, T. C. Lipid Metabolism in the Rumen. *J. Dairy Sci.*, v. 76, n. 12, p. 3851-3863, 1993.
- JENSEN, R. G., FERRIS, A. M., LAMMI-KEEFE, C. J. Symposium: milk fat composition function and potencial for change. *J. Dairy Sci.*, v. 74, p. 3228-3241, 1991.
- JIANG, J.; BJOERCK, L.; FONDÉN, J et al. Occurrence of conjugated Cis-9 trans-11 Octadecadienoic acid in bovine milk: effects of feed and dietary. *J. Dairy Sci.*, v.79, n.3, p.438-445, 1996.
- JOHNSON, L., et al., Nutritive value of corn silage as affected by maturity and mechanical processing: A contemporary review. *Journal of Dairy Science*. v. 82, n. 12, p. 2813-2825, 1999.
- JUNG, H. G., & DEETZ, D.A., Cell wall lignification and degradability. In: JUNG, H.G, BUXTON, D.R., & HATFIELD, R.D., et al. (Ed.), *Forage cell wall structure and digestibility*, Madison: American Society of Agronomy, Crop Sci. Society of America, Soil Sci. Society of America, 1993.

JUNG, H. G., Forage lignins and their effects on fiber digestibility, *Agronomy Journal*, v. 81, n. 1, p. 33-38, 1989.

JUNG, H. G., & ALLEN, M.S., Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants, *J. Anim. Sci.*, v. 73, n. 9, p. 2774-2790, 1995.

KAJIKAWA, H., ODAI, M., SAITOH, M., ABE, A, Effects of whole cottonseed on rumenal properties and lactation performance of cows with different rumen fermentation patterns. *Animal Feed Science and Technology*. v. 34, p. 203-212, 1991.

KALUSCHERUR, K. F., TETER, B. B., PIPEROVA, L. S., ERDMAN, R. A. Effect of fat source on duodenal flow of *trans*-C_{18:1} fatty acids and milk fat production in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 80, n. 9, p. 2146-2156, 1997.

KELLY, M. L., KOLVER, E. S., BAUMAN, D. E. Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v. 81, p. 1630-1636, 1998.

KINSELLA, J. E. Stearyl CoA as a precursor of oleic acid and glicerolipids in mamary microsomes from lactating bovine: possible regulatory step in milk triglyceride syntesis. *Lipids*, v. 7, n. 5, p. 349-335, 1972.

LANNA, D. P. D., MEDEIROS, S. R. Manipulação da composição do leite e do metabolismo de nutrientes usando isômeros do ácido linoleico conjugado (ALC). In: *Anais do Simpósio Internacional de sobre Qualidade do Leite...* Curitiba, p. 78 - 84, 2000.

LEITE, L. A., Silva, B. O., Reis, R. B., et al., Silagens de girassol e de milho em dietas de vacas leiteiras: consumo e digestibilidade aparente. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 58, p. 1192-1198, 2006.

LING, J. R. & I. P. ARMSTEAD (1995). The *in vitro* uptake and metabolism of peptides and amino acids by five species of rumen bacteria. *Journal of Applied Bacteriology* 78; 116-124.

LLOVERAS, J., Dry matter yield and nutritive value of four summer annual crops in north-west Spain (Galicia). *Grass and Forage Science*. v. 45, n. 3, p. 243-248, 1990.

LOCK, A.L.; PERFIELD, J.W.; BAUMAN, D.E. Trans fatty acids in ruminant-derived foods: fact and fiction. *Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers*, East Syracuse, NY. p.123-134, 2004.

LOOR, J. J. , HERBEIN, J. H. Exogenous conjugated linoleic acid isomers reduce bovine milk fat concentration and yield by inhibiting *de novo* fatty acids synthesis. *J. Nutr.*, v. 128, p. 2411-2419, 1998.

MAEKAWA, M.; BEAUCHEMIN, K.A.; CHRISTENSEN, D.A. Effect of concentrate level and feeding management on chewing activities, saliva production, and ruminal pH of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.485, n.5, p.1165-1175, 2002.

MARKUS, S. B, WITTENBERG, K. M, INGALL, J. R, Production responses by early lactation cows to whole sunflower seed or tallow supplementation of a diet based on barley. *Jornal Dairy Science*. v. 79, n.10, p. 1817-1825, 1996.

McALLISTER, T. A., BAE, H. D., JONES, G. A., & CHENG, K. J., Microbial Attachment and Feed Digestion in the Rumen, *J. Anim. Sci.*, v. 72, p. 3004-3018, 1994.

McDONALD, P., HENDERSON, A. R., HERON, S. *The biochemistry of silage*. 2ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.

McGUFFEY, R.K., SCHINGOETHE, D.J. Whole sunflower seeds for high producing dairy cows. *Journal of Dairy Science*. v. 65, n. 8, p.1479-1483, 1982.

MERTENS, D. R., Predicting Intake and Digestibility Using Mathematical Models of Rumenal Function. *Journal Animal Science*. v. 64, n. 5, p. 1548-1558, 1987.

MIETTINEN, H., & HUHTANEN, P., Effects of the ration of rumenal propionate to butyrate on milk yield and blood metabolites in dairy cows, *J. Dairy Sci*. v. 79, n.05, p. 851-861, 1996.

MILLER, T. K., et al., Effects of Low and High Fill Diets on Intake and Milk Production in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. v. 73, n. 9, p. 2453-2459, 1990.

MORRISON, I. M., Carbohydrate chemistry and rumen digestion, *Proc. Nutr. Soc.*, v. 38, n. 1, p. 259-274, 1979.

MUCK, R. E., Factors Influencing Silage Quality and their Implications for Management. *Journal of Dairy Science*. v. 71, n. 11, p. 2992-3002, 1988.

MURPHY, J. J., & O'MARA, F., Nutritional manipulation of milk protein concentration and its impact on the dairy industry. *Livest. Prod. Sci.*, v. 35, p. 117-134, 1993.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirement of dairy cattle*. 7ed. Washington: National Academy Press. 2001. 381p.

NOCEK, J. E., RUSSEL, J. B. Protein and energy as an integrated system. Relationship of rumenal protein and carbohydrate availability to mitochondrial synthesis and milk production. *Journal Dairy Science*, v. 71, n.6 p. 2070- 2107. 1988.

NOUSIAINEN, J.; SHINGFIELD, K.J.; HUHTANEN, P. Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. *Journal of Dairy Science*, v. 87, n.2, p. 386-398, 2004.

OFFICIAL methods of analysis of AOAC International. 16ed. Arlington: AOAC international, 1995. v.1.

OBA, M., & ALLEN, M. S., Evaluation of the importance of the digestibility of neutral fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. v. 82, n. 3, p. 589-596, 1999.

PALMQUIST, D.L., & CONRAD, H. R., High fat rations for dairy cows. Effects of feed intake, milk production and fat production, and plasma metabolites. *Journal of Dairy Science*. v. 61, n. 7, p. 890-901, 1978.

PALMQUIST, D. L., BEAULIEU, A. D., BARBANO, D. M. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.*, v. 76, n. 6, p. 1753-1771, 1993.

PALMQUIST, D.L.; LOCK, A.L.; SHINGFIELD, K.L.; BAUMAN, D.E. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. *Advances in food and humans*. In. San Diego, S. L. Taylor. (ed.), 2004, p.266.

PEREZ, J.F., BALCELLS, J., GUADA, J.A. et al. Determination of rumen microbial-nitrogen production in sheep: a comparison of urinary purine excretion with methods using ¹⁵N and purine bases as markers of microbial-nitrogen entering the duodenal. *Br. J. Nut.*, v. 75, p.699-709,1996.

PICCIULLO, D.S.C., Características atômicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas forrageiras. *Ciência Rural*, v.32, n.2, p. 357-364, 2002.

- REIS, R.B. *Grain supplementation for grazing dairy cows*. 1998. 257f. Dissertation (Doctor of Philosophy) – University of Wisconsin, Madison.
- ROOK, A.J.; GILL, M.; WILLINK, R.D. et al. Prediction of voluntary intake of grass silages by lactating cows offered concentrates at a flat rate. *Animal Production*, v.52, n.3, p.407-420, 1991.
- ROSENTHAL, I. *Milk and dairy products: Properties and Processing*. 1. ed. Rehovot: Balaban Publishers, 1991. 217p.
- RUSSELL, J. R., et al., Nutritive value and ensiling characteristics of maize herbage as influenced by agronomic factors. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v. 38, n. 1, p. 11-24, 1992.
- RUSSELL, J.B., ONODERA, R., HINO, T. Rumenal protein fermentation: News perspectives on previous contradictions. . In: Tsuda, T., Sasaki, Y., Kawashima, R. (Ed.) *Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants*. New York, Academic Press, p. 681-697, 1991.
- SALEM, B. H., KRZEMINSKI, R., FERLAY, A., DOUREAU, M. Effect of lipid supply on in vivo digestion in cows: comparison of hay and corn silage diets. *Can. J. Anim. Sci.* v. 73, n. 2, p. 547-557, 1993.
- SALVADOR, S.C., Suplementação com milho e minerais orgânicos em dietas com alto teor de polpa cítrica para vacas em lactação. 2006. 105.p., Tese (Doutorado em produção animal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- SAMPAIO, I.B.M. *Experimental designs and modelling techniques in the study of roughage degradation in rumen and growth of ruminants*. Reading: University of Reading, 1988. 214p. (Tese, Doutorado em Fisiologia).
- SANTOS, F. A. P., et al., Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: a 12-year literature review. *Journal of Dairy Science*. v.81, n.12, p.3182-3213, 1998.
- SHAVER, R. D. *Fat sources for high producing dairy cows*. In: Proc. 51st. Minnesota Nutr. Conf. University of Minnesota, St. Paul, MN. 1990. St JOHN, L. C., LUNT, D. K.,
- SILVA, D. J., *Análise de alimentos (Métodos Químicos e Biológicos)*. Viçosa, MG: UFV, 1990. 166p.
- SILVA, B. O., Leite, L. A., Ferreira, M. I. C., et al., Silagens de girassol e de milho em dietas de vacas leiteiras: produção e composição do leite. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 56, p. 750-756, 2004.
- SMITH, S. B. Fatty acid elongation and desaturation enzyme activities of bovine liver and subcutaneous adipose tissue microsomes. . *J. Anim. Sci.*, v. 69, p. 1064-1073, 1991.
- SNIFFEN, C.J., C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J., et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*. v.70, n.3, p.3562-3577, 1992.
- SOLOMON, R., CHASE, L.E., BEN-GHEDALIA, D., BAUMAN, D.E., The effect of nonstructural carbohydrate and addition of full fat extruded soybeans on the concentration of conjugated linoleic acid in the milk fat of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 83, n. 6, p. 1322-1329, 2000
- SUTTON, J. D., et al., Feeding frequency for lactation cows: effects on digestion, milk production and energy utilization. *Br. J. Nutr.*, v. 53, p. 117, 1985.

TOMICH, T.R. *Avaliação do potencial forrageiro e das silagens de treze cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.)*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1999. 131p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

UDEN, P., The effect of grinding and pelleting hay on digestibility, fermentation rate, digesta passage and rumen and faecal particle size in cows. *Animal Feed Sci. Technol.*, v. 19, n. 1, p. 145-157. 1987.

VALDEZ, F.R., HARRISON, J.H., DEETZ, D.A., FRASEN, S.C. In vivo Digestibility of corn and sunflower intercropped as a silage crop. *Journal of Dairy Science*, v.71, n.7, p.1860-1867, 1988.

VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

VAN SOEST. P. J., 1994, *Nutricional Ecology of the Ruminant*. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 476p.

WALDO, D. R., & JORGENSEN, N. A, Forages for high animal production: Nutritional factors and effects of conservation. *Journal of Dairy Science*. v.64, n.6, p.1207-1229, 1980.

WALSTRA, P., JENNESS, R., *Química y física lactológica*. Acribia S.A, Zaragoza, 1984, 423p.

WHITLOCK, L.A .; SCHINGOETHE, D. J.; HIPPEN, A.R. Milk production and composition from cows fed high oil or conventional corn at two forage concentrations *J. Dairy Sci*. v.86, n.7, p.2428-2437, 2003.

WU, Z., OHAJURUKA, O. A., PALMIQUIST, D. L. Rumenal synthesis, bohydrogenation, and digestibility of fatty acids by dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 74, n. 9, p. 3025-3034, 1991.

WU, Z., OHAJURUKA, O. A., PALMIQUIST, D. L. Synthesis and bohydrogenation of fatty acids by rumenal microorganisms in vitro. *J. Dairy Sci.*, v. 74, n. 9, p. 3035-3046, 1991.

WU, Z., LAHOLOU, M. N. SATTER, L. D. Increase conjugated linoleic acid in milk fat of grazing cows is not explained by more CLA production in the rumen. *U. S . Dairy forage Research Center, 1998 Research Summaries*, p. 96-97, 1988 (download em novembro de 200 do site www.dfrc.wisc.edu).

Capítulo 3

Parâmetros da fermentação rumenal, cinética da digestão e perfil de ácidos graxos do leite de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de silagem de girassol e de milho na dieta.

1. Introdução

Os parâmetros da fermentação rumenal permitem conhecer em que condições se encontra o ambiente retículo-ruminal durante a fermentação do alimento consumido. O ambiente rumenal representa a relação entre o valor do pH, da concentração de nitrogênio-amoniacoal ($N-NH_3$, mg/dl), concentração total de ácidos graxos voláteis (mM AGV's) e relação molar entre acetato e propionato (A:P) no fluido retículo-ruminal (Van Soest, 1994 e Vasquez, 2002).

O sistema de alimentação de ruminantes baseado unicamente na quantidade de alimentos têm sido considerado inadequado há muito tempo. A manipulação da disponibilidade de nutrientes para os microrganismos do rúmen e o escape da fermentação rumenal tem aprimorado a resposta do desempenho animal. Ao se estabelecer as quantidades e as relações dos nutrientes necessárias para otimizar a resposta microbiana e animal, há necessidade de prever o grau com que os nutrientes tornar-se-iam disponíveis no rúmen (Nocek, 1988). Seguindo esta premissa, Mertens (1994) mencionou que o estudo da cinética da digestão seria importante em virtude da quantificação da absorção dos nutrientes consumidos pelo animal. Segundo o autor, os modelos dinâmicos de digestão não somente permitiriam a predição do valor nutritivo dos alimentos com as mudanças na dieta, população microbiana e estado fisiológico do animal, mas também forneceriam subsídios para a descoberta de fatores que restringiriam os processos digestivos.

Os estudos de digestão parcial de nutrientes das dietas são importantes, pois permitem determinar quantitativamente a utilização nas diferentes partes do trato gastro-intestinal. Seguindo esta premissa, a digestibilidade e o consumo de um alimento são fatores preponderantes na descrição de seu valor nutritivo. O maior consumo e a melhor utilização dos nutrientes resultam em maior produtividade dos animais (Valadares Filho *et al.*, 1985 e Fontes *et al.*, 1996).

A degradação rumenal dos alimentos tem sido considerada fundamental para se avaliar a quantidade de nutrientes que estará disponível para os microrganismos do rúmen e a quantidade de nutrientes que chega ao intestino (Ørskov & McDonald, 1979). Acurados dados sobre a digestibilidade de alimentos concentrados e forrageiros permitiriam a formulação de dietas mais balanceadas e a avaliação econômica de alguns alimentos.

Para se estimar a degradabilidade rumenal dos diversos nutrientes dos alimentos, tanto a extensão quanto a taxa de degradação dos mesmos foram consideradas como importantes (Ørskov & McDonald, 1979). Mertens (1994) mencionou que estas duas variáveis seriam críticas na descrição dos processos digestivos. Os parâmetros cinéticos da digestão seriam importantes por descreverem não só a digestão, mas também por caracterizarem as propriedades intrínsecas dos alimentos que limitariam a sua disponibilidade para os ruminantes. Este mesmo autor definiu estes dois termos: 1) a extensão de degradação seria o coeficiente de digestão que representaria a proporção de um componente do alimento que desapareceu como resultado da digestão após um particular tempo em um específico sistema, enquanto que 2) a taxa (fracional) de degradação seria a proporção da massa em um "pool" que muda por unidade de tempo.

Na determinação da digestibilidade dos alimentos concentrados e forrageiros, vários métodos foram propostos (Nocek, 1988). Podem ser citados como os mais importantes: 1) digestibilidade "*in vivo*" (Madsen & Hvelplund, 1985; Huntington & Givens, 1995); 2) digestibilidade "*in vitro*" (Madsen & Hvelplund, 1985; Broderick *et al.*, 1988; López *et al.*, 2000); 3) método de produção de gás (López *et al.*, 2000); 4) digestibilidade "*in situ*" (Ørskov & McDonald, 1979; Sampaio, 1988).

O objetivo do presente estudo foi avaliar os parâmetros da fermentação rumenal, as taxas de passagens da fase sólida e líquida, produção microbiana rumenal e perfil de ácidos graxos do leite de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de silagem de girassol e de milho na dieta.

2. Material e Métodos

2.1. Local do experimento

Os cultivos de milho (AG1051) e girassol (genótipo M734), o processo de ensilagem e a fase experimental da pesquisa foram realizados nas dependências da Fazenda Experimental Professor Hélio Barbosa, localizada no município de Igarapé, de propriedade da Escola de Veterinária da UFMG. As análises laboratoriais foram processadas no Laboratório de Nutrição do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG.

2.2. Semeadura e área cultivada

A semeadura e a ensilagem do milho foram realizadas entre outubro de 2000 a fevereiro de 2001. Já a semeadura e a ensilagem do girassol foram feitas no período entre março e julho de 2000. As densidades de plantio foram de aproximadamente, 55.000 plantas por hectare, com o espaçamento de 0,90 m entre linhas e 0,20 m entre plantas para a cultura do milho e, 45.000 plantas por hectare, com o espaçamento entre linhas de 0,90 m e 0,25 m entre plantas para a cultura do girassol.

2.3. Processo de ensilagem do girassol e do milho

A ensilagem do girassol foi realizada em julho de 2001, quando as plantas apresentavam-se no estágio R9, utilizando ensiladeira convencional da marca JF, modelo Z10, acoplada ao trator. Foram feitos dois silos de superfície, próximos ao local da semeadura, com medidas de 16 m de comprimento e 4 m de largura, os quais foram fechados no mesmo dia. Utilizou-se trator para a compactação do material depositado nos silos.

A ensilagem do milho foi realizada com os mesmos equipamentos citados acima, porém com forragem armazenada em silos tipo trincheira. Todos os procedimentos realizados na ensilagem do girassol foram repetidos para a ensilagem do milho, exceto o fechamento dos silos tipo trincheira, que em média foram gastos cinco dias.

2.4. Animais e instalações

Foram utilizadas quatro vacas da raça holandesa em lactação, multíparas, fistuladas no rúmen, com peso aproximado de 550 kg, produção média de 25 kg de leite por animal dia e entre 60 a 82 dias de lactação. Os animais foram mantidos individualizados em instalações tipo “tie-stall” contendo cocho de alimentação e bebedouro individualizados. Utilizou-se o delineamento experimental Quadrado Latino, 5x5, com períodos experimentais de 21 dias, sendo de 14 dias o período de adaptação e de 7 dias o período de amostragem.

Foram formuladas cinco dietas experimentais, atendendo as exigências dos animais, segundo o NRC (2001). Foi fixada a relação volumoso:concentrado em 56%:44% com base na matéria seca total. As dietas foram balanceadas para serem isotróficas, apresentando proporções crescentes de silagem de girassol em substituição à silagem de milho como alimento volumoso: *Tratamento 1* - silagem de milho como volumoso único acrescida de concentrado (100SM); *Tratamento 2* - volumoso composto por 66% de silagem de milho e 34% de silagem de girassol, acrescida de concentrado (34SG); *Tratamento 3* - volumoso composto por 34% de silagem de milho e 66% de silagem de girassol, acrescida de concentrado (66SG), *Tratamento 4* - silagem de girassol como volumoso único, acrescida de concentrado (100SG) e *Tratamento 5* - silagem de milho como volumoso único, acrescida de caroço de algodão e concentrado (SM+CA). A Tabela 1 apresenta a composição bromatológica e perfil de fermentação observada para a silagem de milho e girassol utilizadas. A Tabela 2 apresenta a

composição bromatológica das dietas experimentais. Os animais foram alimentados com rações completas, duas vezes ao dia, às 7 e às 17 horas.

Na avaliação da qualidade das silagens, foram utilizadas amostras dos “sucos” das silagens para a determinação do valor de pH, e do teor de nitrogênio amoniacal como percentagem do nitrogênio total (N-NH₃/NT) por destilação com óxido de magnésio e cloreto de cálcio, usando-se solução receptora de ácido bórico e titulação com ácido clorídrico a 0,01N, segundo Official... (1995). Após a abertura dos silos, coletaram-se amostras das silagens, as quais foram submetidas às análises de MS, PB, Ca, P, FDN, FDA, pH e N-NH₃/NT.

Os valores médios de pH e N-NH₃/NT observados para as silagens de milho e girassol estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição bromatológica e perfil de fermentação das silagens de milho (SM) e girassol (SG).

	SM	SG
MS, %	30,0	27,2
PB, %MS	6,9	8,8
FDN, %MS	56,9	49,3
FDA, %MS	33,2	37,3
EE, %MS	3,8	12,6
Ca, %MS	0,18	1,22
P, %MS	0,16	0,10
pH	3,97	4,56
N-NH ₃ /NT	6,05	16,86

MS, % = porcentagem de matéria seca; MO, % = porcentagem de matéria orgânica; PB, %MS = porcentagem de proteína bruta com base na matéria seca; FDN, %MS = porcentagem de fibra insolúvel em detergente neutro com base na matéria seca; FDA, %MS = porcentagem de fibra insolúvel em detergente ácido com base na matéria seca; EE, %MS = porcentagem de extrato etéreo com base na matéria seca; na matéria seca; EE, %MS = Extrato Etéreo com base na matéria seca; Ca, %MS = porcentagem de cálcio com base na matéria seca; P, %MS = porcentagem de fósforo com base na matéria seca.

Tabela 2. Composição bromatológica das dietas experimentais.

Ingredientes, %MS	100SM	34SG	66SG	100SG	SM+CA
MS	36,9	37,2	36,5	36,7	38,2
MO	91,8	90,2	88,3	85,6	91,5
PB	16,1	16,1	16,8	16,5	16,7
FDN	47,7	45,6	44,1	42,8	47,8
FDA	26,5	27,8	27,5	29,9	28,2
CNF	28,7	27,2	26,7	25,3	25,0
CHOt	76,3	72,8	70,8	68,1	72,8
EE	2,7	4,4	5,9	7,4	6,2
Ca	0,60	0,63	0,63	0,62	0,64
P	0,44	0,44	0,45	0,46	0,47

100 SM- dieta composta por 100% silagem de milho mais concentrado; 34 SG- dieta composta por 34% silagem de girassol e 66% silagem de milho mais concentrado; 66 SG- dieta composta por 66% silagem de girassol e 34% silagem de milho mais concentrado; 100 SG- dieta composta por 100% silagem de girassol mais concentrado; SM+CA- dieta composta de silagem de milho e caroço de algodão mais concentrado.

MS, % = porcentagem de matéria seca; MO, % = porcentagem de matéria orgânica; PB, %MS = porcentagem de proteína bruta com base na matéria seca; FDN, %MS = porcentagem de fibra insolúvel em detergente neutro com base na matéria seca; FDA, %MS = porcentagem de fibra insolúvel em detergente ácido com base na matéria seca; EE, %MS = porcentagem de extrato etéreo com base na matéria seca; CNFt, % MS = porcentagem de carboidrato não fibroso com base na matéria seca; CHOt, %MS = porcentagem de carboidrato total com base na matéria seca; Ca, %MS =

porcentagem de cálcio com base na matéria seca; P, %MS = porcentagem de fósforo com base na matéria seca.

2.5. Avaliação dos parâmetros da fermentação rumenal, cinética da digestão, produção microbiana e perfil de ácidos graxos:

2.5.1. Parâmetros da fermentação rumenal

No 21º dia de cada período experimental foram colhidas amostras de aproximadamente 400 ml do conteúdo rumenal obedecendo aos seguintes tempos: 0, 2, 3, 6, 9, 12, 14, 15, 18, 21 e 24. Foi considerado o tempo zero, o momento da primeira alimentação do dia. Imediatamente após a coleta, parte do conteúdo rumenal foi utilizada para determinação do valor de pH, usando potenciômetro específico. Amostras de 50 ml do conteúdo rumenal filtrado foram acidificadas em 1 ml de ácido sulfúrico a 50% e armazenadas a -20 °C para futuras análises de N-NH₃, por destilação com óxido de magnésio e cloreto de cálcio, usando solução receptora de ácido bórico e titulação com ácido clorídrico a 0,01 N, segundo Official... (1995). Outra alíquota de 4 ml de líquido rumenal foi conservado em 1 ml de ácido metafosfórico (25%), armazenada a -20 °C, para posteriores análises de AGV.

Outra parte do conteúdo amostrado foi acondicionada em recipiente plástico contendo 2 ml de ácido metafosfórico 0,2 M, vedado, identificado e mantido sob congelamento. Os teores dos ácidos graxos voláteis foram analisados utilizando coluna FFAP NUKOL da marca SUPELCO, em aparelho VARIAN.

2.5.2. Cinética da digestão

Para avaliação das taxas de passagem das fases sólida e líquida, foram utilizadas fibra mordente e cobalto EDTA, respectivamente, segundo metodologia proposta por Udén et al. (1980). Durante cada período experimental, ao 15º dia, foram fornecidos diretamente no rúmen, simultaneamente, 25 g de fibra mordantada e 10 g de Co-EDTA por animal, sendo o conteúdo rumenal manualmente homogeneizado.

A amostra de fezes correspondente ao tempo zero foi colhida antes da infusão dos indicadores. Em seguida à administração dos indicadores, foi realizada a coleta das fezes nos tempos: 6, 9, 12, 21, 24, 42, 54, 69, 81, e 95 horas e imediatamente congeladas.

As amostras de fezes foram descongeladas em temperatura ambiente, secas a 65 °C por 72 horas em estufa ventilada e processadas em moinho do tipo Willey em peneira de 1 mm. Posteriormente, foram colocadas em estufa a 105 °C por cinco horas para determinação do teor de matéria seca. As concentrações de cromo e cobalto foram obtidas com a utilização do espectrofotômetro de absorção atômica, segundo Grovum e Williams (1973).

As estimativas dos parâmetros da cinética da fase líquida foram realizadas pelo processo iterativo do algoritmo Marquardt, com auxílio do procedimento para modelos não-lineares (PROC NLIN) do SAS... (1986), para cada um dos tratamentos avaliados. Foi utilizado o modelo descrito por Grovum e Williams (1973):

$$Y = A * e^{-k_1*(t-TT)} - A * e^{-k_2*(t-TT)}, \text{ (para } t \geq TT \text{ e } Y = 0, \text{ para } t < TT), \text{ onde:}$$

A = indefinido do ponto de vista biológico, apresentando apenas valor matemático.

k₁ = taxa de passagem no rúmen-retículo;

k₂ = taxa de passagem no ceco e cólon proximal;

TT = tempo de trânsito no omaso e intestino delgado e grosso, ou ainda, tempo decorrido desde a infusão até o primeiro aparecimento do indicador nas fezes.

A variável Y dependente define a concentração fecal do indicador no tempo t.

Os parâmetros da cinética de fluxo da fase sólida foram estimados pelo processo iterativo do algoritmo Marquardt, com auxílio do procedimento para modelos não-lineares (PROC NLIN) do SAS... (1986), segundo modelo descrito por Dhanoa et al. (1985). Foram geradas curvas para todos os tratamentos avaliados, a partir da utilização conjunta dos dados das cinco repetições disponíveis (vacas), obtendo, portanto, valores médios para caracterizar as referidas condições estudadas. A expressão matemática simplificada do modelo multicompartmental de Dhanoa et al. (1985) é:

$$Y = A * e^{-k_1 * t} * \exp(-B * e^{-k_2 * t}), \text{ onde:}$$

A e B = parâmetros de escala, sem definição biológica;

k_1 = taxa de passagem rumenal;

k_2 = taxa de passagem pós-rumenal.

Os cálculos de tempos de retenção rumenal e pós-rumenal, do tempo médio de retenção no trato gastrointestinal e do tempo de trânsito foram realizados, segundo procedimentos relatados por Lira et al. (2006).

Para a avaliação da degradabilidade rumenal *in situ* foi conduzido o experimento no Setor de Bovinocultura de Leite da Fazenda Experimental Professor Hélio Barbosa, pertencente à Universidade Federal de Minas Gerais, localizada no município de Igarapé, MG. Foram utilizadas as mesmas vacas pertencentes ao experimento para avaliação dos parâmetros rumenais.

Foi avaliada a degradabilidade rumenal *in situ* da matéria seca a 65°C das silagens de milho (SM) e de girassol (SG). Para que fossem incubados, os alimentos foram pré-secos, durante 24 horas, em estufa ventilada e regulada para 65 °C e moídos em moinho, utilizando peneiras com abertura de malhas de 5 mm. Posteriormente, 8 gramas de cada alimento foram incubados em sacos de náilon de 12,0 cm de altura e 9,5 cm de largura, com poros de 50 µm e ancorados em uma corrente. Os tempos avaliados foram: 0, 3, 6, 12, 24, 48 e 96 horas. O tempo zero não foi incubado no rúmen. Os saquinhos foram, em sua totalidade, incubados por ocasião do fornecimento da alimentação da manhã e retirados nos tempos descritos anteriormente. Imediatamente após a retirada, os sacos foram lavados em água fria, identificados e armazenados a -20 °C para posterior análise.

Ao final do experimento, os sacos foram descongelados à temperatura ambiente, lavados em máquina de lavar, até que a água saísse transparente. Após a lavagem, os mesmos foram secos em estufa de ventilação forçada a 65 °C, por 72 horas, transferidos para dessecador por 30 minutos e pesados.

Os alimentos incubados foram moídos a 1 mm para análise de matéria seca, segundo AOAC International (Cuniff, 1995). A concentração desta fração nos alimentos e os pesos das amostras incubadas foram utilizados para cálculos do desaparecimento das respectivas frações, segundo Sampaio (1988). A fração solúvel dos alimentos foi determinada pela perda de material por ocasião da lavagem dos saquinhos correspondente ao tempo zero.

A determinação da degradabilidade no rúmen seguiu o modelo proposto por Sampaio (1988), sendo:

$$P = A - B * (e^{-ct}), \text{ onde:}$$

P = percentagem de degradação após um tempo t (horas) de incubação rumenal;

A = degradabilidade potencial da matéria seca incubada no rúmen;

B = ajuste matemático, sem valor biológico;

c = taxa fracional constante de degradação da fração potencialmente degradável remanescente, a partir do tempo zero, pela ação dos microrganismos ruminais (%/h);

t = tempo de incubação (h).

Para cálculo da degradabilidade efetiva (DE) foi utilizado o modelo de Sampaio (1988):

$$DE (\%/h) = S + B1 * (kd/kd + kp), \text{ onde:}$$

a, b e c já foram definidos na equação anterior; e

kp = taxa de passagem das partículas pelo rúmen (adotando-se as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h).

2.5.3. Avaliação da produção microbiana a partir de derivados de purina

Foram coletadas duas amostras diárias individuais de urina por vaca por período, em intervalos de 12 horas entre coletas. As amostras (5 ml) foram acondicionadas em recipientes plásticos com capacidade para 50 ml, contendo 45 ml de solução de ácido sulfúrico a 0,036 N e imediatamente congeladas. Ao final do experimento, as amostras foram descongeladas e homogeneizadas para elaboração de uma amostra composta por vaca por período para quantificação dos derivados de purina e creatinina. A creatinina foi determinada com a utilização de *kits* comerciais (Labtest[®]), pelo método do ponto final, com uso de picrato e acidificante.

As análises de ácido úrico também foram realizadas através do uso de *kits* comerciais (Labtest[®]), pelo método do ponto final, com uso de uricase e peróxido de hidrogênio. A determinação das concentrações de alantoína seguiu a técnica descrita por Chen e Gomes (1992).

Todas as análises citadas acima foram realizadas pelo método colorimétrico.

2.5.4. Perfil de ácidos graxos do leite

Aproximadamente 500 ml de amostras individuais homogeneizadas do total de seis ordenhas consecutivas foram coletadas a fim de se determinar o perfil de ácidos graxos através de cromatografia gás líquido, principalmente para determinação das concentrações de ácidos graxos presentes na gordura do leite. As análises do perfil de ácidos graxos no leite foram realizadas de acordo com a técnica de extração e metilação, descrita por Chouinard et al. (1999), no Laboratório de Nutrição de Ruminantes da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP), Piracicaba-SP.

2.6. Procedimentos estatísticos:

Os dados foram analisados pelo procedimento dos modelos fixos do SAS (1996) (Proc. GLM) para delineamentos de Quadrado Latino.

Os efeitos do aumento das proporções de silagem de girassol como volumoso na dieta, assim como a inclusão do caroço de algodão sobre pH rumenal, concentrações de nitrogênio amoniacal, acetato, propionato, butirato, AGV totais e relação acetato:propionato no rúmen foram avaliados segundo o modelo estatístico:

$Y_{ijkl} = \mu + P_i + A_j + T_k + \varepsilon_{ijk} + S_l + TS_{kl} + \alpha_{ijkl}$, onde:

Y_{ijkl} = resposta do animal j, no período i, sob o tratamento k, no tempo l;

μ = média geral;

P_i = efeito do período i; i = 1,2,3,4,5;

A_j = efeito do animal j, sendo j = 1, 2, 3, 4, 5;

T_k = efeito do tratamento k, sendo k = 1, 2, 3, 4, 5;

ε_{ijk} = erro aleatório no animal j, no período i do tratamento k;

S_l = efeito do tempo l;

TS_{kl} = efeito da interação do k-ésimo tratamento k, com o l-ésimo tempo l;

α_{ijkl} = erro aleatório atribuído às sub-parcelas.

As concentrações de creatinina, alantoína e ácido úrico foram avaliadas segundo o modelo estatístico:

$Y_{ijkl} = \mu + P_j + A_k + T_l + \varepsilon_{ijkl}$, onde:

Y_{ijkl} = resposta do animal k, no período j, sob o tratamento l;

μ = média geral;

P_j = efeito do período j; j = 1,2,3,4,5.

A_k = efeito do animal k; k = 1,2,3,4,5.

T_l = efeito do tratamento l; l = 1,2,3,4,5.

ε_{ijkl} = erro aleatório no animal k, no período j do tratamento l.
 As médias das variáveis avaliadas foram comparadas pelo teste SNK, ao nível de 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

Os valores de parâmetros ruminais observados no presente estudo estão apresentados na Tabela 3.

Apesar dos valores de pH terem sido estatisticamente diferentes entre os tratamentos 100SG e 100SM, que por sua vez foram diferentes dos tratamentos 34SG, 66SG e SM+CA, os valores de pH não foram baixos (média de 6,31), a ponto de alterar a capacidade de degradação da fração fibrosa. O tratamento 100SG apresentou o maior valor médio de pH (6,61), em relação aos demais, em especial em relação ao tratamento 100SM (6,04), que apresentou o menor valor médio.

O desenvolvimento de microrganismos capazes de promover a degradação anaeróbica da celulose, além de outros produtos da célula vegetal, é um dos importantes marcos da evolução na alimentação dos ruminantes. De fato, esses microrganismos desempenham papel fundamental na reciclagem do carbono no planeta. Observa-se uma complexidade no processo de degradação anaeróbica da fração fibrosa, envolvendo várias interações metabólicas de diversos microrganismos, as quais podem ser influenciadas por fatores relacionados à composição química e física da dieta. O fornecimento de dietas com elevada capacidade fermentativa pode promover um abaixamento do pH rumenal, diminuindo a degradação da fração fibrosa (Miller et. al., 1990), aumentando o efeito de enchimento do RR (Allen, 1996). A literatura tem citado e observado a maior capacidade tamponante do girassol, relacionando essa capacidade ao maior teor de proteína bruta da silagem, afetando a queda do pH da silagem e, conseqüentemente, seu padrão de fermentação (Tomich, 1999). No presente trabalho observou o maior valor de pH para o tratamento que utilizava silagem de girassol como volumoso único.

Tabela 3. Parâmetros ruminais de vacas leiteiras em lactação consumindo diferentes proporções de silagem de girassol em substituição à silagem de milho na dieta.

	100SM	34SG	66SG	100SG	SM+CA	EPM	P
pH	6,06 ^d	6,23 ^c	6,41 ^b	6,61 ^a	6,25 ^c	0,03	<0,01
NH ₃ /NT, mg/dl	14,8 ^b	13,4 ^b	13,6 ^b	15,8 ^b	17,9 ^a	0,70	<0,01
A, mM	88,5	98,9	85,0	83,0	100,4	4,60	>0,05
P, mM	31,9 ^{ab}	33,7 ^a	27,6 ^{bc}	24,4 ^c	34,7 ^a	1,80	<0,01
B, mM	14,5 ^a	15,2 ^a	12,9 ^{ab}	11,2 ^b	13,8 ^{ab}	0,80	<0,01
A:P ratio	2,8 ^c	3,1 ^{bc}	3,3 ^b	3,6 ^a	3,1 ^{bc}	0,08	<0,01
AGVt, mM	135 ^{ab}	148 ^a	125 ^{ab}	119 ^b	149 ^a	6,89	<0,01

100 SM- dieta composta por 100% silagem de milho mais concentrado; 34 SG- dieta composta por 34% silagem de girassol e 66% silagem de milho mais concentrado; 66 SG- dieta composta por 66 silagem de girassol e 34 silagem de milho mais concentrado; 100 SG- dieta composta por 100% silagem de girassol mais concentrado; SM+CA- dieta composta de silagem de milho e caroço de algodão mais concentrado.

O Gráfico 1 demonstra a variação média entre os diferentes tratamentos, durante o tempo de observação de 24 horas. Pode-se observar que os valores apresentaram quedas entre duas a três horas após a alimentação (setas vermelhas), sem, no entanto, apresentarem valores abaixo de 5,7 (tratamento 100SM). O gráfico 1 demonstra claramente a permanência do maior valor de pH, durante todo o período de coleta de dados e mesmo após a alimentação, para o tratamento 100SG, em relação aos demais. O gráfico também ilustra de forma bastante diferenciada, que o aumento da quantidade de silagem de milho na dieta, promoveu uma queda nos valores observados para pH rumenal.

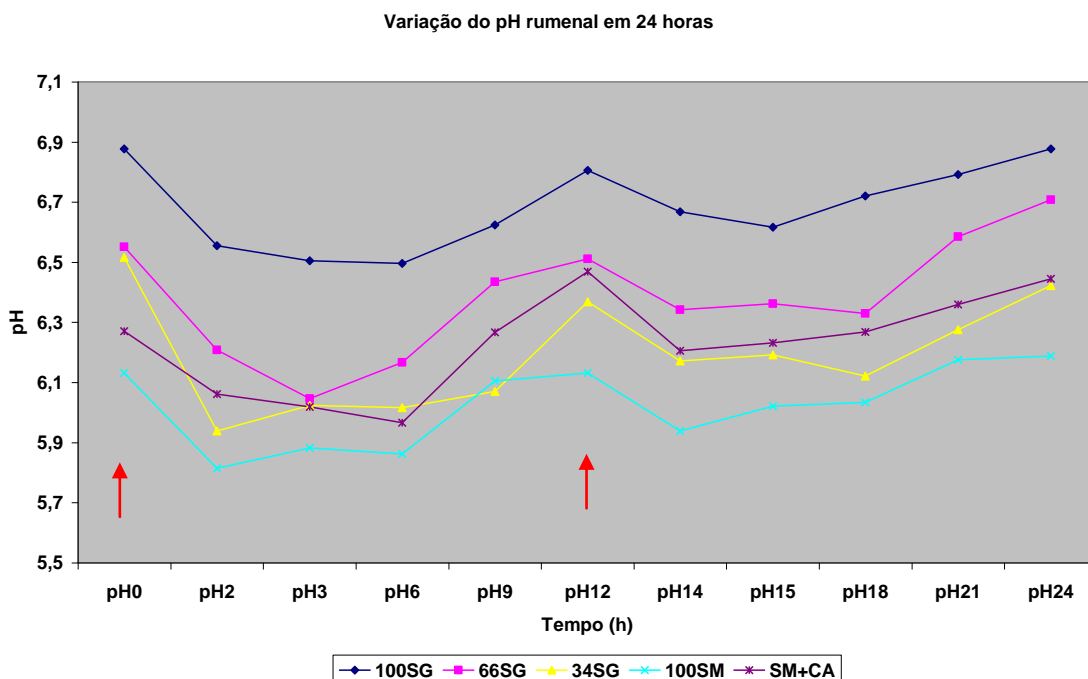


Gráfico 1. Variação do pH do líquido rumenal em diferentes tempos após alimentação.

Para os valores de nitrogênio amoniacal como parte do nitrogênio total (NH_3/NT , mg/dl), observou-se efeito linear e quadrático para o tratamento contendo silagem de milho e caroço de algodão (SM+CA), em relação aos demais tratamentos. Mesmo os tratamentos contendo diferentes proporções de silagem de girassol e de milho, além dos tratamentos contendo volumosos únicos como silagem de milho e girassol, não apresentou diferença para NH_3/NT .

Não foram observadas diferenças entre os tratamentos para os valores de acetato (Tabela 3). Para os valores de propionato, observaram-se maiores produções para os tratamentos contendo maiores proporções de silagem de milho, sem efeito linear ou quadrático observados. Os tratamentos 100SM e SM+CA apresentaram as maiores concentrações de propionato, em relação aos demais tratamentos utilizados. O menor valor de propionato observado no presente estudo referiu-se ao tratamento 100SG.

Pode-se verificar que a substituição da silagem de milho pela silagem de girassol na dieta, alterou o padrão de fermentação rumenal, diminuindo a produção molar de propionato, butirato e a relação acetato propionato.

O rúmen é um órgão altamente especializado que funciona como uma câmara fermentadora. Fatores como temperatura, mistura da digesta, tamponamento, efluxo de produtos finais (resíduos), além da absorção oferecem condições para o crescimento microbiano específico que permite a degradação dos alimentos fibrosos em ruminantes.

Observa-se que a diminuição da proporção de silagem de girassol na dieta, promoveu aumento no potencial de produção de precursores gliconeogênicos como o propionato, não alterando os valores de acetato produzidos. Pode-se inferir aqui, pelos dados demonstrados para a produção de nitrogênio

amoniacoal, pH, acetato e ácidos graxos totais que o aumento da participação da silagem de girassol na dieta, elevando os teores de lipídeos de 3 para 7% de EE na matéria seca da dieta (Tabela 3), não alterou os padrões de degradação da fração fibrosa. As diferenças observadas de produção de propionato e NH_3/NT entre os tratamentos reforçam a baixa interferência do lipídeo da dieta e da menor taxa de degradação da fração fibrosa da silagem de girassol, sobre a resposta da atividade microbiana em dietas contendo maiores proporções de silagem de girassol.

Em dietas balanceadas, muitos dos aminoácidos são degradados, não com a intenção de produzir amônia para que outros organismos possam utilizá-la na produção de proteína microbiana, mas com a função principal de produzir energia. Foram observadas produções elevadas de nitrogênio amoniacoal em todos os tratamentos utilizados, demonstrando a boa eficiência dos substratos apresentados para a degradação e utilização dos substratos apresentados na dieta.

A concentração de amônia pode limitar a produção microbiana. Foi demonstrado por vários pesquisadores que nenhum benefício pode ser atingido para a produção microbiana a partir de determinada concentração de amônia. As pesquisas têm sugerido diferentes valores que raramente foram superiores a 50mg/dl (Satter e Slyter, 1974). Na verdade, concentração de amônia necessária para a produção máxima no presente estudo variou de acordo com o tipo do substrato/alimento, ou tratamento. A presença da silagem de milho mais caroço de algodão em dietas de vacas leiteiras, promoveu maiores produções de nitrogênio a partir dos substratos fornecidos. Este fato pode ser explicado porque os microrganismos se encontram dentro das partículas de alguns alimentos, como o caroço de algodão, que são difíceis de serem preenchidas pelo líquido rumenal, o que resulta na necessidade de maior concentração de amônia. Por outro lado, no entanto, se houvesse baixas concentrações de amônia rumenal não estimularia a degradação protéica.

Várias características relacionadas às observações dos parâmetros da fermentação rumenal aqui descritas, podem potencialmente justificar o fornecimento de dietas apresentando elevadas proporções de silagem de girassol, em substituição parcial à silagem de milho.

O rúmen é um ambiente aberto, servido e contaminado por uma microbiota onde os alimentos consumidos são fermentados a ácidos graxos voláteis e biomassa microbiana, servindo de fonte energética e protéica, respectivamente, para o animal (Weimer, 1998). O maior resultado da alimentação moderna de ruminantes é a diminuição do pH rumenal e a grande produção de AGV.

Quando a relação acetato:propionato diminui em favor do aumento de propionato, observa-se diminuição na produção de metano, aumentando a retenção da energia pelo animal. O aumento da proporção de silagem de milho em associação à silagem de girassol na dieta, afetou a relação acetato:propionato e a produção total de ácidos graxos voláteis. Não foram observados efeitos lineares ou quadráticos em relação ao aumento da proporção de silagem de girassol na dieta, em substituição à silagem de milho (tratamentos 34SG e 66SG), em relação aos tratamentos contendo silagem de milho como fonte única de volumoso (100SM e SM+CA), sobre os parâmetros de produção de AGVs, relação acetato propionato, ou qualquer ácido graxo analisado.

Experimentos *in vitro* (Slyter, *et al.*, 1966) e *in vivo* (Esdale & Satter, 1972) têm sugerido que o pH foi o fator responsável pela alteração na percentagem molar de acetato e propionato. Além disso, segundo Van Kessel & Russel (1996), citado por Russel (1988), microrganismos metanogênicos são sensíveis a qualquer pequena diminuição do pH rumenal. Russel (1998) demonstrou que alterações na relação acetato/propionato e na produção de metano foi dependente do substrato fornecido e do pH, não observando qual variável seria mais importante. Além da modificação no padrão de fermentação, a diminuição do pH rumenal também pode alterar a absorção de AGV, aumentando a absorção de propionato e butirato, diminuindo a absorção de acetato (Staples & Lough, 1989).

Não há na literatura nacional, pelo menos naquela levantada nesta revisão, dados disponíveis para o efeito da proporção da silagem de girassol na dieta de vacas leiteiras sobre o ambiente retículo-rumenal de vacas em lactação.

A degradação retículo-ruminal de proteínas de origem dietética no presente estudo, provavelmente não influenciariam o suprimento de aminoácidos. A proteólise ruminal determina a disponibilidade de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), aminoácidos, peptídeos e ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR).

Assim como influenciam as taxas de crescimento microbiano no rúmen, principalmente para a microbiota celulolítica. A taxa e a extensão da proteólise retículo-ruminal não foi afetada pela síntese de proteína microbiana, nem tão pouco pela quantidade e a qualidade da proteína dietética não degradada que alcançou o duodeno (Russel, *et al.*, 1992; Stern *et al.*, 1994). A partir destes substratos nitrogenados (NH₃, peptídeos curtos e aminoácidos) e juntamente com a presença de carboidratos prontamente fermentáveis fornecendo energia (ATP) e carbono (AGCR e cetoácidos), os microrganismos do retículo-rúmen podem se transformar em proteína de origem microbiana (Franco *et al.*, 2002).

Conforme mencionado por Vasquez (2002), a maior parte dos carboidratos são fermentados pela microbiota retículo-ruminal, produzindo os ácidos graxos voláteis (AGV's: acetato, propionato e butirato), dióxido de carbono, metano, água e calor de fermentação. A energia presente nos AGV's representa cerca de 75% da energia original dos carboidratos dietéticos, 52 a 55% da energia digestível do alimento e 50 a 86% da energia metabolizável consumida pelo animal ruminante.

Um importante fator que provavelmente influenciou a concentração de N-NH₃ no retículo-rúmen no presente estudo, foi a atividade deaminolítica das bactérias retículo-ruminais (*Prevotella ruminicola*, *Ruminobacter amylophilus*) em função da disponibilidade de matéria orgânica fermentável no retículo-rúmen, para o tratamento SM+CA. Em se tratando de dietas contendo maiores proporções de carboidratos não fibrosos (CNF) de mais fácil degradação (principalmente amido), provavelmente a atividade de deaminação (*Desaminases* bacterianas: Aminoácidos + H₂O → NH₃ + cetoácido), baseada na necessidade de energia das bactérias retículo-ruminais, foi mais elevada. Quando a disponibilidade destes CNF foi mais alta, devido à presença da silagem de milho na dieta e à presença de caroço de algodão, elevando o teor de lipídeo da dieta total, os microrganismos, provavelmente, extraíram mais energia da matéria orgânica fermentável remanescente, deaminando os aminoácidos.

Por sua vez, menor grau de deaminação foi observado quando do fornecimento de fluxo satisfatório de CNF para o retículo-rúmen, nos demais tratamentos, fazendo que a microbiota incorporasse mais nitrogênio em sua proteína na forma de peptídeos e aminoácidos que na de NH₃ (Russel *et al.*, 1992).

Pode-se concluir que, o aumento da proporção de silagem de girassol na dieta não influenciou a concentração de NH₃ no retículo-rúmen.

O perfil de ácidos graxos (AG) do leite produzido a partir do fornecimento de quantidades crescentes de silagem de girassol em relação à silagem de milho na dieta de vacas leiteiras está apresentado na Tabela 4. Observa-se que o aumento da quantidade de silagem de girassol na dieta promoveu aumento significativo de C_{18:1} *Cis*-9, C_{18:1} *Trans*-11 e C_{18:2} *Cis*-9 *cis*-12. Outro fato que merece ser relatado seria a diminuição dos AG de cadeia curta nos tratamentos contendo maiores teores de EE (100SG e SM+CA) e concomitante aumento de AG de cadeia longa, sugerindo modificação nos padrões de biohidrogenação ruminal.

Para Harfoot & Hazlewood (1988), a redução da proporção de forragem na dieta diminuiu a lipólise e a biohidrogenação ruminal; e como conseqüência, houve aumento na concentração de ácidos graxos insaturados na gordura do leite. Tal fato pode ser explicado pela redução de substrato para síntese “*de novo*” na glândula mamária e pelo pH ideal para sobrevivência das bactérias celulolíticas (*Butyrivibrio fibrisolvens*, *Ruminococcus albus*, *Fusocillus babrahamensis*), principais produtoras de acetato e butirato no rúmen. Observa-se, no presente estudo, que os valores de pH apresentados na Tabela 3, estão acima dos valores apontados como potencialmente deletérios aos microrganismos responsáveis pela hidrogenação e conseqüente acúmulo de C_{18:1} *Trans*-11 e C_{18:2} *Cis*-9 *cis*-12, pela diminuição da produção de ácido esteárico (C_{18:0}). Outro fator importante e que merece ser mencionado, seria que a proporção de silagem de girassol na dieta não interferiu nas concentrações molares de acetato no

rúmen (Tabela 3). Isso pode orientar o raciocínio no sentido de que a quantidade de lipídeos na dieta influenciou a proporção desses ácidos graxos presentes na gordura do leite produzido, não afetando a taxa de degradação da fração fibrosa.

Tabela 4. Perfil de ácidos graxos da gordura do leite de vacas alimentadas com diferentes proporções de silagem de girassol e de milho.

Ácidos graxos mg/g de gordura	Tratamentos ¹					EPM ²	Trat. ³
	100SM	34SG	66SG	100SG	SM+CA		
C _{4:0}	4,74 ^a	4,81 ^a	4,04 ^a	3,35 ^b	4,41 ^a	0,21	<0,01
C _{6:0}	2,38 ^a	2,04 ^{ab}	1,75 ^b	1,14 ^c	2,12 ^{ab}	0,12	<0,01
C _{8:0}	1,28 ^a	1,00 ^a	0,86 ^a	0,47 ^b	1,03 ^a	0,11	<0,01
C _{10:0}	2,73 ^a	1,95 ^{ab}	1,80 ^{ab}	0,89 ^b	2,07 ^{ab}	0,30	0,03
C _{11:0}	0,25 ^a	0,20 ^a	0,16 ^{ab}	0,06 ^b	0,17 ^{ab}	0,03	0,02
C _{12:0}	3,16 ^a	2,19 ^{ab}	2,10 ^{ab}	1,10 ^b	2,18 ^{ab}	0,35	0,06
C _{13:0}	0,08 ^a	0,06 ^{ab}	0,06 ^{ab}	0,03 ^b	0,05 ^{ab}	0,01	0,10
C _{12:1}	0,10 ^a	0,06 ^{ab}	0,06 ^{ab}	0,03 ^b	0,06 ^{ab}	0,01	0,03
C _{14:0}	10,67 ^a	9,25 ^a	8,53 ^a	5,13 ^b	8,95 ^a	0,82	0,01
C _{14:1} <i>Cis</i> -9	0,94 ^a	0,72 ^{ab}	0,64 ^b	0,34 ^c	0,55 ^{bc}	0,08	<0,01
C _{15:0}	1,04 ^a	0,76 ^b	0,78 ^b	0,59 ^b	0,72 ^b	0,06	<0,01
C _{16:0}	34,10 ^a	26,70 ^{ab}	23,76 ^b	17,24 ^c	30,36 ^{ab}	1,94	<0,01
C _{16:1} <i>Cis</i> -9	1,24	1,21	1,36	0,94	0,94	0,11	0,16
C _{17:0}	0,56 ^a	0,41 ^b	0,34 ^b	0,27 ^b	0,39 ^b	0,04	<0,01
C _{17:1}	0,24	0,21	0,20	0,18	0,18	0,01	0,08
C _{18:0}	10,03 ^b	13,12 ^{ab}	13,93 ^{ab}	15,53 ^a	15,70 ^a	1,01	0,07
C _{18:1} <i>Cis</i> -9	16,50 ^c	22,40 ^{ab}	23,97 ^{ab}	27,42 ^a	21,21 ^b	1,35	<0,01
C _{18:1} <i>Trans</i> -11	2,77 ^b	3,53 ^b	4,95 ^b	10,81 ^a	1,71 ^b	1,34	<0,01
C _{18:2} <i>Cis</i> -9 <i>trans</i> -11	0,22 ^b	0,31 ^b	0,42 ^b	0,95 ^a	0,11 ^b	0,10	<0,01
C _{18:2} <i>Cis</i> -9 <i>cis</i> -12	0,06 ^b	0,09 ^a	0,09 ^a	0,09 ^a	0,07 ^{ab}	<0,01	0,02
C _{20:0}	0,22 ^b	0,31 ^b	0,42 ^b	0,95 ^a	0,11 ^b	0,10	<0,01

Médias seguidas de mesma letra na mesma linha não diferem entre si, $p > 0,05$, pelo teste SNK.

¹ 100SG: Silagem de girassol como volumoso único e concentrado; 66SG: Volumoso composto por 66% de silagem de girassol e 34% de silagem de milho e concentrado; 34SG: Volumoso composto por 34% de silagem de girassol e 66% de silagem de milho e concentrado; 100SM : Silagem de milho como volumoso único e concentrado; SM+CA: Silagem de milho como volumoso único e concentrado contendo caroço de algodão.

² EPM, Erro padrão da média.

³ Valor de P para tratamento obtido pelo teste SNK, diferença significativa $P < 0,05$.

Kelly et al. (1998) encontraram aumento de 30% na concentração de ácido graxo vaccênico na gordura do leite de vacas mantidas em pastagens, quando comparada com a de vacas alimentadas com ração formulada à base de silagem de milho. Além disso, os autores relataram redução de 12% na concentração dos ácidos graxos de cadeia curta (C_{6:0}) e média (C_{14:0}), o que pode indicar redução da síntese “*de novo*” dos ácidos graxos na glândula mamária. O aumento na concentração de CLA na gordura do leite de vacas consumindo pastagens (11,2 mg/g de gordura do leite), em relação às vacas alimentadas com ração formulada à base de silagem de milho (6,8 mg/100 g de gordura do leite), se deve à maior ingestão de ácidos graxos insaturados (ácido linolênico) presentes na pastagem.

Segundo os dados apresentados na Tabela 4, observa-se diminuição de 27% na proporção dos ácidos graxos de cadeia curta C_{6:0} no leite produzido a partir de vacas alimentadas com silagem de milho (100SM), em relação às vacas alimentadas com silagem de girassol (100SG). Essa redução pode ser também explicada pelo maior consumo de ácidos graxos insaturados, presentes nas dietas com maiores proporções de silagem de girassol, já que a quantidade de lipídeos do tratamento SM+CA, não promoveu redução nos teores de AG para esse tratamento.

A nutrição de ruminantes tem evoluído de forma significativa nos últimos anos, sendo a avaliação da taxa de passagem dos alimentos uma necessidade dos novos sistemas de predição de desempenho

(AFRC, 1993, NRC, 2001). Observa-se na Tabela 6 que os valores são coerentes para taxas de passagem rumenais (k1) e para as taxas de passagem no ceco e cólon (k2) da fase líquida já que os tratamentos com maiores proporções de silagem de milho apresentaram maiores valores relativos à taxa de passagem das fases líquida e sólida. Pode-se concluir aqui que dietas contendo maiores proporções de silagem de girassol como volumoso poderia estar interferindo na velocidade de passagem do material digestível ou indigestível, aumentando o tempo de permanência de algum material indesejado. O mesmo raciocínio não foi obtido a partir dos dados apresentados no capítulo anterior, onde as taxas de ruminação dos tratamentos contendo silagem de milho foram maiores, podendo influenciar no tempo de permanência de algum material menos digestível no rúmen.

Porém, a partir dos dados apresentados na Tabela 5, pode-se observar que a silagem de girassol apresenta frações menos digestíveis em relação à silagem de milho, o que certamente favoreceu ao maior tempo de permanência no trato gástrico intestinal. A seguir aparecem as equações para o desaparecimento da matéria seca:

$$\text{Concentrado 1: } P = 96,81 - 36,31 * e^{-0,0659t} \quad R^2 = 0,97;$$

$$\text{Concentrado 2: } P = 96,04 - 40,72 * e^{-0,0659t} \quad R^2 = 0,97;$$

$$\text{Concentrado 3: } P = 95,94 - 45,22 * e^{-0,0872t} \quad R^2 = 0,94;$$

$$\text{Concentrado 4: } P = 96,67 - 33,09 * e^{-0,0559t} \quad R^2 = 0,82;$$

$$\text{Concentrado 5: } P = 96,79 - 26,44 * e^{-0,0767t} \quad R^2 = 0,56;$$

$$\text{Caroço de algodão: } P = 79,84 - 36,78 * e^{-0,0166t} \quad R^2 = 0,68;$$

$$\text{Silagem de milho: } P = 75,77 - 36,82 * e^{-0,0398t} \quad R^2 = 0,99;$$

$$\text{Silagem de girassol: } P = 70,77 - 36,82 * e^{-0,0551t} \quad R^2 = 0,94.$$

Os valores dos coeficientes de determinação demonstram uma boa adequação dos resultados de desaparecimento de MS ao modelo utilizado, sendo que os baixos valores de R^2 para o concentrado 5 (C5) e o caroço de algodão (CA) podem representar contaminação das amostras durante a permanência no rúmen. Os parâmetros de degradação rumenal da MS das silagens, dos concentrados e do caroço de algodão encontram-se na Tabela 5. Pode-se observar uma tendência de redução no potencial de degradação (A) para a silagem de girassol em relação à silagem de milho, respectivamente de 70,8% para 75,8%. Pereira (2003) observou valores de potencial de degradação para silagens do híbrido M734 ensilados aos 107, 114 e 121 dias após o plantio de 69,9%; 69,2% e 68,8%, respectivamente.

Tabela 5. Parâmetros de degradação rumenal da matéria seca (MS) das silagens de girassol, de milho, dos cinco concentrados e do caroço de algodão utilizados.

Frações	MS							
	Concentrados ¹					CA ²	Forragem ³	
	C1	C2	C3	C4	C5		SM	SG
S, % ⁴	43,2	42,3	44,2	42,6	44,8	21,8	33,4	29,7
B ₁ ⁵	53,6	53,4	51,7	54,1	51,9	58,0	42,4	41,1
A, % ⁶	96,8	96,0	95,9	96,7	96,8	79,8	75,8	70,8
B, % ⁷	36,3	40,7	45,2	33,1	26,4	36,8	36,8	36,8
C, % ⁸	3,2	3,9	4,1	3,3	3,2	20,2	24,2	29,2
Kd, %/h ⁹	0,066	0,066	0,087	0,056	0,077	0,017	0,040	0,055
R ²	0,97	0,97	0,94	0,82	0,55	0,68	0,99	0,94
DE ¹¹ , 0,02 %/h	84,32	83,61	86,29	82,42	86,05	48,14	61,59	59,84
DE ¹¹ , 0,05 %/h	73,67	73,02	77,08	71,15	76,29	36,29	52,16	51,24
DE ¹¹ , 0,08 %/h	67,40	66,78	71,18	64,85	70,27	31,80	47,46	46,46

¹C1- concentrado do tratamento 100SM; C2- concentrado do tratamento 34SG; C3- concentrado do tratamento 66SG; C4- concentrado do tratamento 100SG; C5- concentrado do tratamento SM+CA.

²CA: Caroço de Algodão; ³Parâmetros de degradação rumenal das silagens de milho e de girassol; ⁴S: Fração solúvel no tempo zero, % (Fração a de Orskov e MacDonald, 1979); ⁵B1: Fração insolúvel no tempo zero, mas potencialmente degradável, % (Fração b de Orskov e MacDonald, 1979); ⁶A:

Potencial de degradação, % (S+B1) (Fração a+b de Orskov e MacDonald, 1979); ⁷B: Ajuste matemático, sem valor biológico; ⁸C: Fração indigestível, %; ⁹kd: Taxa fracional de degradação (Fração c de Orskov e MacDonald, 1979); ¹⁰R²: Coeficiente de determinação; ¹¹DE: Degradabilidade rumenal efetiva (S+B1*(kd/kd+kp)) em relação à taxa de passagem de 0,02; 0,05 e 0,08 %/h.

As forragens com maiores valores de “A” são mais digestíveis, devendo apresentar maiores taxas de degradação para que alcancem seu potencial máximo de degradação em menor tempo. Segundo Sampaio (1988), taxas de degradação inferiores à 2,0%/h indicam alimentos de baixa qualidade, os quais necessitam de maior tempo no rúmen para sofrer degradação. Observa-se que a taxa fracional de degradação apresentada na Tabela 5 (kd) foi maior para a silagem de girassol (0,05%/h) em relação à silagem de milho (0,04%/h), qualificando as silagens utilizadas como de boa qualidade.

Concordando com os dados propostos por Sampaio (1988), os parâmetros “A” e “kd” seriam os principais na qualificação de uma forrageira, de forma que, ao se comparar as equações obtidas para silagem de girassol e de milho, um maior valor de “A” indicaria material mais degradável e um menor valor de “kd”, implicaria em menor tempo para o desaparecimento da fração insolúvel no tempo zero, mas potencialmente degradável, ou “B₁”. Forragens mais digestíveis apresentariam valores altos de “A”, como foi o caso da silagem de milho em relação à silagem de girassol, mas necessitariam também de altos valores de “kd”, concluindo-se que alcançariam o potencial máximo de degradação em menor tempo.

Os valores de degradabilidade efetiva para as diferentes taxas de passagem sugerem e refletem aos valores observados de “A” e “kd”, já que a silagem de girassol praticamente apresentou os mesmos valores de degradabilidade efetiva (51,2%/h) em relação à silagem de milho (52,2%/h), principalmente para a taxa de 0,05%/h.

As taxas de passagem rumenal e intestinal e tempos de retenção da fase líquida estimados pelo cobalto EDTA (Co-EDTA) nas fezes de vacas leiteiras com diferentes proporções de silagem de girassol em substituição à silagem de milho na dieta são demonstradas na Tabela 6. Observa-se maior valor numérico para a taxa de passagem da fase líquida dos tratamentos com maiores teores de lipídeos (100SG, 10,6%/h e SM+CA, 9,4%/h) e, conseqüentemente para o tratamento contendo somente silagem de girassol como volumoso na dieta.

Tabela 6. Taxas de passagem rumenal e intestinal e tempos de retenção da fase líquida estimados pelo cobalto EDTA (Co-EDTA) nas fezes de vacas leiteiras com diferentes proporções de silagem de girassol em substituição à silagem de milho na dieta.

Variáveis ²	Tratamentos ¹				
	100SM	34SG	66SG	100SG	SM+CA
K1, %/h	8,2	8,6	8,3	10,6	9,4
K2, %/h	10,2	10,1	10,9	11,1	10,1
TT, h	12,2	11,1	9,4	10,4	10,4
R ² ,	0,86	0,84	0,88	0,87	0,86
TR, h	19,4	19,2	19,3	22,5	19,4

¹100SG: Silagem de girassol como volumoso único e concentrado; 66SG: Volumoso composto por 66% de silagem de girassol e 34% de silagem de milho e concentrado; 34SG: Volumoso composto por 34% de silagem de girassol e 66% de silagem de milho e concentrado; 100SM : Silagem de milho como volumoso único e concentrado; SM+CA: Silagem de milho como volumoso único e concentrado contendo caroço de algodão.

²k1: Taxa de passagem no rúmen; k2: Taxa de passagem no ceco e cólon proximal; TT: Tempo de trânsito; TR: Tempo de reciclagem.

O tempo de retenção dos alimentos no rúmen é inversamente proporcional à densidade dos mesmos. O aumento da densidade das partículas inertes de 0,9 para 1,5 g/ml, segundo Forbes (1995), resultou em diminuição no tempo de retenção rumenal de 91 para 9 horas. A densidade dos alimentos dentro do rúmen se altera na medida em que o tempo passa, pois a taxa de fermentação diminui, havendo menor produção de gás, que faz com que a densidade dos alimentos aumente. De forma geral, gramíneas com

menores potenciais de degradação, flutuam por mais tempo. Este fato foi observado pelos dados apresentados nas Tabelas 6 e 7, onde o tratamento 100SG apresentou maior tempo de retenção da fração sólida, em relação aos tratamentos com menores proporções de silagem de girassol. Mesmo assim, observa-se maior taxa de passagem da fase líquida para o tratamento 100SG, com menor qualidade da fração fibrosa.

Assim como para a fase líquida, observa-se pelos dados apresentados na Tabela 7, que os tratamentos com maiores proporções de silagem de girassol também apresentaram maior tempo de retenção em relação aos tratamentos com maiores proporções de silagem de milho. Os valores de k1 e k2, referentes às taxas de passagem no rúmen, ceco e cólon proximal, foram menores, para taxas de passagem da fase sólida, nos tratamentos contendo maiores proporções de silagem de girassol, assim como maiores proporções de lipídeos, como pode ser observado para os tratamentos 66SG, 100SG e SM+CA.

Tabela 7. Taxas de passagem rumenal e intestinal e tempos de retenção da fase sólida estimados pelo cromo mordante (Cr-Mord) nas fezes de vacas leiteiras com diferentes proporções de silagem de girassol em substituição à silagem de milho na dieta.

Variáveis ²	Tratamentos ¹				
	100SM	34SG	66SG	100SG	SM+CA
k1, %/h	7,4	6,4	5,2	5,1	5,8
k2, %/h	9,4	8,1	6,9	6,4	8,1
TT, h	10,1	9,6	16,1	16,4	10,5
R ²	0,86	0,84	0,84	0,85	0,86
TRR, h	35,3	32,2	30,2	27,4	36,3
TRPÓS, h	16,3	15,4	21,3	23,4	20,4
TMR, h	46,0	46,1	44,6	46,4	46,8

¹100SG: Silagem de girassol como volumoso único e concentrado; 66SG: Volumoso composto por 66% de silagem de girassol e 34% de silagem de milho e concentrado; 34SG: Volumoso composto por 34% de silagem de girassol e 66% de silagem de milho e concentrado; 100SM : Silagem de milho como volumoso único e concentrado; SM+CA: Silagem de milho como volumoso único e concentrado contendo caroço de algodão. ²k1: Taxa de passagem no rúmen; k2: Taxa de passagem no ceco e cólon proximal; TT: Tempo de trânsito; TRR: Tempo médio de retenção no rúmen; TRPÓS: Tempo médio de retenção pós-rúmen; TMR: Tempo médio de retenção no trato gastro-intestinal.

Lucas (1964) foi o primeiro pesquisador a perceber que seria necessário o desenvolvimento de um sistema de análises onde as frações dos alimentos pudessem ser diferenciadas, predizendo a quantidade digestível ou indigestível naquela determinada composição. Nesse caso a taxa de passagem associada às frações potencialmente degradáveis apresentadas nas Tabelas 6, 7 e 5, respectivamente, podem mostrar que a quantidade potencialmente digestível das dietas contendo maiores proporções de silagem de girassol e lipídeos, poderiam apresentar menores potenciais de degradação, seja por apresentarem maiores frações de menor taxa de degradação (como a maior fração C da silagem de girassol em relação à silagem de milho) ou menor tempo de retenção no retículo rúmen. No presente estudo, assim como naquele apresentado anteriormente no capítulo 2, o teor de lipídeo da dieta não afetou os parâmetros produtivos e de degradação rumenal, talvez devido exatamente ao menor potencial de degradação da silagem de girassol, disponibilizando de forma gradual e consistente, os lipídeos para a biohidrogenação. Apesar de alterarem os padrões de fermentação rumenal, com menores produções de propionato para o tratamento 100SG, os valores para produção de acetato não foram alterados entre os tratamentos utilizados, enquanto pode-se observar menores valores de potencial de degradação e taxa de passagem maiores para os tratamentos com maiores proporções de silagem de girassol, o que provavelmente ajudou no menor tempo de permanência no rúmen, de um material com menor potencial de degradação (fração “A”).

Ao mesmo tempo, o tratamento SM+CA, que apresentou teores de lipídeos de 6%, não apresentou tanta diferença nas respostas de parâmetros da fermentação rumenal, em relação aos tratamentos com maiores proporções de silagem de girassol. Estas observações apresentadas no presente capítulo demonstram que,

é na fração fibrosa dos tratamentos com maiores proporções de silagem de girassol o ponto fundamental de alteração no padrão e na taxa de degradação da dieta, e não a presença ou teores de lipídeos da dieta e que as maiores taxas de passagens para os tratamentos contendo maiores proporções de silagem de girassol favoreceram a resposta animal, em relação ao desempenho da cinética rumenal.

Os aspectos dinâmicos da digestão incluem o fluxo e “pool” da ingesta no trato digestivo. Esses processos envolvem a taxa de passagem do material indigestível e seu “turnover”, o qual envolve a taxa de digestão e captura líquida dos nutrientes (digestibilidade). Apesar da Tabela 5 não estar apresentando valores de degradabilidades potenciais dos diversos componentes das forragens e dos concentrados, como a fração fibrosa ou protéica, pode-se inferir aqui, que talvez o papel associativo e aditivo da parede celular e da solubilidade da dieta com maiores proporções de silagem de girassol (100SG e 66SG) tenha efeito positivo nos tratamentos com menores proporções de silagem de girassol. De qualquer forma a insolubilidade da parede celular (maior fração c para a silagem de girassol) provavelmente seria a responsável pela maior variação no potencial de degradação entre as forragens utilizadas e, conseqüentemente, entre os tratamentos propostos.

A excreção urinária de derivados de purinas pelos ruminantes pode ser usada para estimar o fluxo intestinal de proteína microbiana (Chen e Gomes, 1992). Este método considera que o fluxo duodenal de ácido nucléico é predominantemente de origem microbiana e, após a digestão intestinal das bases purinas (adenina e guanina) microbianas, estas são catabolizadas e excretadas proporcionalmente à quantidade produzida. O derivado de purina mais abundante é a alantoína, seguida pelo ácido úrico, xantina e hipoxantina. Contudo, em bovinos devido à elevada atividade da enzima xantina oxidase, a xantina e hipoxantina são convertidas em ácido úrico, de forma que, a excreção de alantoína e ácido úrico constitui 98% do total de derivados excretados (Chizzotti et al., 2005).

A Tabela 8 demonstra os valores observados para as concentrações de alantoína, ácido úrico, creatinina e relação alantoína creatinina entre os diferentes tratamentos contendo proporções diferentes de silagem de girassol e de milho. Houve diferença entre os tratamentos contendo silagem de girassol (34SG, 66SG e 100SG) em relação aos tratamentos contendo silagem de milho (100SM e SM+CA) para os valores observados de alantoína ($P < 0,01$) e relação alantoína creatinina ($P = 0,03$). A presença da silagem de girassol na dieta reduziu a quantidade de alantoína, em relação aos tratamentos contendo silagem de milho e caroço de algodão.

Tabela 8. Concentrações de alantoína, ácido úrico e creatinina (g/l) e relação alantoína/creatinina de vacas leiteiras em lactação com diferentes proporções de silagem de girassol em substituição à silagem de milho na dieta.

Variáveis	Tratamentos ¹					EPM ²	Trat. ³
	100SM	34SG	66SG	100SG	SM+CA		
Alantoína	37,53 ^a	20,63 ^b	21,62 ^b	16,29 ^b	34,72 ^a	2,73	<0,01
Ácido úrico	0,43	0,49	0,49	0,57	0,54	0,05	0,43
Creatinina	7,68	5,25	7,11	5,56	7,36	0,71	0,10
Alant/Creat	5,27 ^a	3,99 ^{ab}	3,16 ^{ab}	2,92 ^b	4,80 ^{ab}	0,52	0,03

Médias seguidas de mesma letra na mesma linha não diferem entre si, $p > 0,05$, pelo teste SNK.

¹100SG: Silagem de girassol como volumoso único e concentrado; 66SG: Volumoso composto por 66% de silagem de girassol e 34% de silagem de milho e concentrado; 34SG: Volumoso composto por 34% de silagem de girassol e 66% de silagem de milho e concentrado; 100SM : Silagem de milho como volumoso único e concentrado; SM+CA: Silagem de milho como volumoso único e concentrado contendo caroço de algodão.

² EPM, Erro padrão da média.

³ Valor de P para tratamento obtido pelo teste SNK, diferença significativa $P < 0,05$.

A relação alantoína:creatinina variou entre 2,92 (100SG) e 5,27 (100SM). A excreção de creatinina é presumidamente proporcional à perda de massa corporal, o que não foi observado na presente pesquisa. Deste modo, a elevada relação alantoína:creatinina reflete a excreção de alantoína, a qual sugere crescimento microbiano mais adequado para as dietas 100SM, em relação à dieta 100SG.

Salvador (2006) encontrou relação média de alantoína:creatinina de 2,15, ao avaliar diferentes fontes de minerais e carboidratos na dieta de vacas leiteiras. Enquanto, San Emeterio (1998) relatou aumentos nesta relação de 2,64 para 3,14 quando foram fornecidos grãos de milho úmido e finamente moídos. Reis (1998) observou valores de 1,75 e 2,97 na relação alantoína:creatinina ao utilizar, respectivamente, forragem fresca sem suplementação e forragem fresca mais 10kg de concentrado com elevada proporção de milho com alta umidade na sua composição.

Possivelmente, o aumento da quantidade de silagem de girassol à dieta interferiu no crescimento microbiano do rúmen e conseqüentemente, no aporte de proteína microbiana para a glândula mamária.

4. Conclusões

O aumento da proporção de silagem de girassol na dieta em substituição à silagem de milho não afeta os parâmetros de fermentação rumenal.

Dietas contendo maiores proporções de silagem de girassol podem alterar o perfil ácidos graxos do leite produzido, aumentando ao teores de CLA presentes neste leite produzido.

A maior dificuldade de degradação da fração fibrosa da silagem de girassol pode comprometer o desempenho de vacas leiteiras de alta produção, pelo aumento do tempo de retenção rumenal da digesta.

A queda numérica na excreção de derivados de purinas sugere que dietas formuladas exclusivamente com silagem de girassol, podem ter deprimido a síntese rumenal de proteína microbiana.

A utilização da silagem de girassol deve ser ponderada para lotes em final de lactação, ou para animais de baixo a médio potencial produtivo, já que pode afetar o potencial produtivo dos animais devido à maior permanência do material dentro do rúmen.

5. Referências

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. Energy and protein requirements of ruminants. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureaux international, 1993.159p.

ALLEN, M. S., Physical Constrains on voluntary Intake of Forages by Ruminants. *Journal Animal Science*, v. 74, p. 3063-3075, 1996.

ASHES, J. R., GULATI, S. K., SCOTT, T. W. Potential to alter the content and composition of milk fat through nutrition. *J. Dairy Sci.*, v. 80, n. 9, p. 2204-2212, 1997.

BAUMAN, D. E., CORL, B. A., GRIINARI, J. M. Trans fatty acids, conjugated linoleic and milk fat synthesis. *Proceedings of Cornel Nutrition Conference for Feed Manufactures*. New York: New york State College of Agricultura and Life Sciences/Department of Animal Science and Division of Nutritional Science, p. 95-103, 1998.

BEAM M. T., JENKINS, T. C., MOATE, P. J., KOHN, R. A., PALMIQUIST, D. L. Effects of amount and source of fat on the rates of lipolysis and biohydrogenation of fatty acids in rumenal contents. *J. Dairy Sci.*, v. 83, n. 11, p. 2564-2573, 2000.

BRODERICK, G.A.; WALLACE, R.J.; ORSKOV, E.R. et al. Comparision of estimates of ruminal protein degradation by *in vitro* and *in situ* methods. *J. Anim. Sci.*, v. 66, p. 1739-1745, 1988.

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

CHILLIARD, Y. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs and rodents: a review. *J. Dairy Sci.*, v. 76, p. 3897-3931, 1993.

CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; LEÃO, M.I. et al. Casca de algodão em substituição parcial à silagem de capim-elefante para novilhos. 2. Parâmetros ruminais e séricos, produção microbiana e excreção urinária de compostos nitrogenados. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 34, n. 6, p. 2103-2111, 2005.

CHOUINARD, Y.P; CORNEU, L.; BARBANO, D.M.; METZGER, L.E; BAUMAN, D.E. Conjugated linoleic acid alter milk fatty acid composition and inhibit milk fat secretion in dairy cows. *J. Nutr.*, v. 129, p. 1579-1584, 1999.

COOK, M. E. Conjugated linoleic acid. p. 102-108, 1999.

COTRAN, R. S., KUNAR, V., ROBBINS, S. L. *Pathologic Basis of Disease*. Filadélfia: W. B. Saunders Company, 1519 p., 1989. (4ª edição).

CUNNIFF, P. (Ed.) *Official methods of analysis of AOAC International*, 16 th.ed. Arlington : AOAC International, 1995, v.1.

DHANOVA, M.S.; SIDONS, R.C.; FRANCE, J. ET AL. A multicompartimental model to describe marker excretion pattern in ruminant faeces. *Br. J. Nutr.*, v. 53, n. 3, p. 663-671, 1985.

DHIMAN, T. R., ANAND, G. R., SATTER, L. D., PARIZA, M. W. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *J. Dairy Sci.*, v. 82, n. 10, p. 2146-2156, 1999.

DONOVAN, D. C., SCHINGOETHE, D. J., BAER, R. J., RYALI, J., HIPPEN, A. R., FRANKLIN, S. T. Influence of dietary fish oil on conjugated linoleic acid and other fatty acids in milk fat lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 83, n. 11, p. 2620-2628, 2000.

ERICKSON, P. S., MURPHY, M. R., CLARK, J. H. Supplementation of dairy cows with calcium salts of long-chain fatty acids and nicotinic acid in early lactation. *J. Dairy Sci.*, v. 75, p. 1078-1094, 1992.

ELSDALE, W. J & SATTER, L. D., Manipulation of rumen fermentation. IV. Effects of altering ruminal pH on volatile fatty acid production. *J. Dairy Sci.*, v.55, p. 964, 1972.

FONTES, C. A.A., et al., Avaliação de indicadores na determinação da digestibilidade em novilhos. *Revista da Sociedade brasileira de Zootecnia*. v. 25, n. 2, p. 529-539, 1996.

FORBES, J. M., *Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals*, CAB International, Oxon, UK, 1995.

FRANCO, G.L., ANDRADE, P., BRUNO FILHO, J.R. et al. Parâmetros ruminais e desaparecimento da FDN da forragem em bovinos suplementados em pastagens na estação das águas. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.31, n.6, p.2340-2349, 2002.

GROVUM, W.L.; WILLIAMS, V.J. Rate of passage of digesta in sheep. 4. Passage of marker through the alimentary tract and the biological relevance of rate-constants derived from the changes in concentration of marker in faeces. *Br. J. Nutr.*, v. 30, n. 2, p. 313-329, 1973.

GRUMMER, R. R. Effect of feed on the composition of milk fat. *J. Dairy Sci.*, v. 74, n. 9, p. 3244-3257, 1990.

HARFOOT, V. H., HAZLEWOOD, G. P. Lipid metabolism in the rumen. In *The rumen microbial ecosystem*. HOBSON, P. N., New York: Elsevier Appl. Sci. Publ. Co., p. 285-322, 1988.

- JENKINS, T. C. Lipid Metabolism in the Rumen. *J. Dairy Sci.*, v. 76, n. 12, p. 3851-3863, 1993.
- JENSEN, R. G., FERRIS, A. M., LAMMI-KEEFE, C. J. Symposium: milk fat composition function and potential for change. *J. Dairy Sci.*, v. 74, p. 3228-3241, 1991.
- KALUSCHERUR, K. F., TETER, B. B., PIPEROVA, L. S., ERDMAN, R. A. Effect of fat source on duodenal flow of *trans*-C_{18:1} fatty acids and milk fat production in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 80, n. 9, p. 2146-2156, 1997.
- KELLY, M. L., KOLVER, E. S., BAUMAN, D. E. Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v. 81, p. 1630-1636, 1998.
- KINSELLA, J. E. Stearyl CoA as a precursor of oleic acid and glycerolipids in mammary microsomes from lactating bovine: possible regulatory step in milk triglyceride synthesis. *Lipids*, v. 7, n. 5, p. 349-335, 1972.
- GRIINARI, J. M., CORL, B. A., LACY, S. H., CHOUINARD, P. Y., NURMELA, K. V. V., BAUMAN, D. E. Conjugated linoleic acid synthesizes endogenously in lactating dairy cows by Δ^9 -desaturase. *American Society for Nutritional Sciences*, abr., p. 2285-2291, 2000.
- LANNA, D. P. D., MEDEIROS, S. R. Manipulação da composição do leite e do metabolismo de nutrientes usando isômeros do ácido linoleico conjugado (ALC). In: *Anais do Simpósio Internacional de sobre Qualidade do Leite...* Curitiba, p. 78 - 84, 2000.
- LEITE, L. A., Silva, B. O., Reis, R. B., et al., Silagens de girassol e de milho em dietas de vacas leiteiras: consumo e digestibilidade aparente. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 58, p. 1192-1198, 2006.
- LIRA, V.M.C.; PEREIRA, J.C; VIEIRA, R.A.M. et al. Avaliação de marcadores e modelos matemáticos para o estudo das cinéticas de trânsito e degradação rumenal em novilhos mantidos em pastagem de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.). *Rev. Bras. Zootec.*, v. 35, n. 3, p. 902-913, 2006.
- LOOR, J. J. , HERBEIN, J. H. Exogenous conjugated linoleic acid isomers reduce bovine milk fat concentration and yield by inhibiting de novo fatty acids synthesis. *J. Nutr.*, v. 128, p. 2411-2419, 1998.
- LOPES, R.S., FONSECA, D.M., COSER, A.C. et al. Avaliação de métodos para estimação da disponibilidade de forragem em pastagem de capim-elefante. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.29, n.1, p.40-47, 2000.
- LUCAS, H. L., 1964. Stochastic elements in biological models; their sources and significance. In: *Stochastic Models in Medicine and Biology*. J. Gurland, ed. Univ. Wisconsin Press, Madison. P.365.
- MADSEN J., HVELPLUND T. Protein degradation in the rumen. A comparison between *in vivo* nylon bag, *in vitro*, and buffer measurements. *Acta Agric. Scand. Suppl.* 1985; 25:103-124.
- MERTENS, D.R. *Regulation of forage intake*. In: FAHEY, Jr, G.C. Forage quality, evaluation, and utilization. 1994, University of Nebraska, p. 450-493.
- MILLER, T. K., et al., Effects of Low and High Fill Diets on Intake and Milk Production in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. v. 73, n. 9, p. 2453-2459, 1990.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirement of dairy cattle*. 7ed. Washington: National Academy Press. 2001. 381p.

NOCEK, J. E., RUSSEL, J. B. Protein and energy as an integrated system. Relationship of rumenal protein and carbohydrate availability to mitochondrial synthesis and milk production. *Journal Dairy Science*, v. 71, n.6 p. 2070- 2107. 1988.

OFFICIAL methods of analysis of AOAC International. 16ed. Arlington: AOAC International, 1995. v.1.

ØRSKOV, E.R., McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rúmen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agriculture Science, Cambridge*. v.92, p.499-503, 1979.

ØRSKOV, E.R., HOVELL, F.D.D., MOULD, F. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la valuación de los alimentos. *Producción Animal Tropical*. v.5, p.213-233, 1980.

PALMQUIST, D. L., BEAULIEU, A. D., BARBANO, D. M. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.*, v. 76, n. 6, p. 1753-1771, 1993.

PEREIRA, L.G.R.. Potencial forrageiro da cultura do girassol (*Helianthus annuus*, L.) para produção de silagem. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2003. 276p. Dissertação (Doutorado em Ciência Animal).

REIS, R.B. *Grain supplementation for grazing dairy cows*. 1998. 257f. Dissertation (Doctor of Philosophy) – University of Wisconsin, Madison.

RUSSEL, J. B., STROBEL, H. J. Effects of additives on in vitro rumenal fermentation: a comparison of monensin and bacitracin, another gram-positive antibiotic. *J. Anim. Sci.*, v. 66, n. 6, p. 552-558, 1988.

RUSSELL, J. R., et al., Nutritive value and ensiling characteristics of maize herbage as influenced by agronomic factors. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v. 38, n. 1, p. 11-24, 1992.

RUSSELL, J. B., The importance of pH in the regulation of ruminal acetate to propionate ratio and methane production in vivo. *Journal of Dairy Science*. v.81, n. 12, p. 3222-3230, 1998.

SALVADOR, S.C., Suplementação com milho e minerais orgânicos em dietas com alto teor de polpa cítrica para vacas em lactação. 2006. 105.p., Tese (Doutorado em produção animal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SAMPAIO, I.B.M. *Experimental designs and modelling techniques in the study of roughage degradation in rúmen and growth of ruminants*. Reading: University of Reading, 1988. 214p. (Tese, Doutorado em Fisiologia).

SAN EMETERIO, F. *Effect of grinding and moisture level of corn grain on performance of lactating dairy cows*. 1998. 180f. Dissertation (Doctor of Philosophy) – University of Wisconsin, Madison.

SAS. User guide: statistics. *Version 6.12*. Cary, NC: SAS Institute., 1996.

SATTER, L. D.; SLYTER, L. L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *British Journal of Nutrition*, Cambridge, v. 32, n. 2, p. 199-205, 1974.

SLYTER, L. L., M. P. BRYANT and M. J. WOLIN. 1966. Effect of pH on population and fermentation in a continuously cultured rumen ecosystem. *Appl. Microbiol.* 14: 573.

STAPLES, C. R., & LOUGH, D. S., Efficacy of supplemental dietary neutralizing agents for lactation dairy cows. A review. *Anim. Feed. Sci. and Techn.* v. 23, p. 277-303, 1989.

- STERN, M.D., VARGA, G.A., CLARK, J.H. et al. Evaluation of chemical and physical properties of feeds that affect protein metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*. v.77, n.9, p.2762-2786, 1994.
- St JOHN, L. C., LUNT, D. K., SMITH, S. B. Fatty acid elongation and desaturation enzyme activities of bovine liver and subcutaneous adipose tissue microsomes. *J. Anim. Sci.*, v. 69, p. 1064-1073, 1991
- TOMICH, T.R. *Avaliação do potencial forrageiro e das silagens de treze cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.)*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1999. 131p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)
- UDÉN, P.; COLUCCI, P.E.; VAN SOEST, P.J., Investigation of chromium, cerium and a cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. *J. Sci. Food. Agric.*, v.31, p. 625-632, 1980.
- VALADARES FILHO, S. C., Digestão total e parcial da matéria seca e carboidratos em bovinos e bubalinos. Viçosa, MG:UFV, 1985. 148p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, 1985.
- VAN KESSEL, J. A. S., and J. B. RUSSELL. 1996. The effect of pH on ruminal methanogenesis. *FEMS Microbiol. Ecol.* **20**:205–210.
- VAN SOEST, P. J., 1994, *Nutricional Ecology of the Ruminant*. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 476p.
- VASQUEZ, E.F.A. *Suplementação com carboidratos não estruturais para novilhas mestiças Holandês x Zebu em pastagem de *Panicum maximum* cv. Mombaça*. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2002, 113p. (Tese. Doutorado em Ciência Animal).
- WEIMER, P. J., Manipulation rumenal fermentation: A microbial ecological perspective. *J. Anim. Sci.*, v. 76, p. 3114-3122, 1998.
- WU, Z., OHAJURUKA, O. A., PALMIQUIST, D. L. Rumenal synthesis, bohydrogenation, and digestibility of fatty acids by dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 74, n. 9, p. 3025-3034, 1991.
- WU, Z., OHAJURUKA, O. A., PALMIQUIST, D. L. Synthesis and bohydrogenation of fatty acids by rumenal microorganisms in vitro. *J. Dairy Sci.*, v. 74, n. 9, p. 3035-3046, 1991.
- WU, Z., LAHOLOU, M. N. SATTER, L. D. Increase conjugated linoleic acid in milk fat of grazing cows is not explained by more CLA production in the rumen. *U. S . Dairy forage Research Center, 1998 Research Summaries*, p. 96-97, 1988 (download em novembro de 200 do site www.dfrc.wisc.edu).

Capítulo 4

Avaliação das silagens de girassol, milho e suas associações pela técnica "in vitro" semi-automática de produção de gases - 1: digestibilidade in vitro, produção cumulativa de gases, cinética de produção de gases e degradabilidade efetiva; 2- efeitos associativos

1. Introdução

Na literatura nacional, os trabalhos relacionados com silagem de girassol geralmente envolvem análises bromatológicas, avaliações agrônomicas, estudo da dinâmica de fermentação durante o processo de ensilagem, avaliação de aditivos e contribuição das diferentes partes da planta na qualidade e valor nutritivo das silagens. Existem poucos estudos sobre a cinética de degradação da silagem de girassol como volumoso único da dieta ou associada com outros volumosos (Pereira, 2003). As técnicas "in vitro" de produção de gases vêm sendo utilizadas como método eficiente para avaliação da cinética de degradação rumenal das forrageiras e suas associações (Campos et al., 2000), principalmente por permitir a avaliação de grande número de alimentos em curto período de tempo, além de apresentar baixo custo, facilidade e precisão.

Em média, os diferentes genótipos de girassol têm produzido silagens com bom padrão de fermentação (Gonçalves et. al., 1999 e Câmara et. al. 1999, Bueno et. al., 2001). No entanto, observam-se baixos valores de matéria seca do material ensilado. Tomich (1999) relatou teores de matéria seca entre 19,75 e 32,17%. Silagens de milho e de girassol foram comparadas por McGuffey e Schingoethe (1980), que encontraram teores mais baixos de matéria seca (30,6 *versus* 39,6%) para a silagem de girassol em relação à de milho. Stehling (2001) trabalhando com silagens produzidas a partir de quatro genótipos de girassol (DK180, M734, V2000, Rumbosol 91), encontrou teores de matéria seca variando entre 18,10 (V2000) e 21,31% (DK180). O autor considerou baixa a qualidade das silagens produzidas. Entretanto, Tomich (1999) destacou as silagens de girassol produzidas a partir dos cultivares M737 e Rumbosol 91 como as de melhores parâmetros de fermentação. Este autor colheu as plantas com maiores teores de MS e encontrou, numa média geral, 25,28% de MS nas silagens de girassol.

Thomas et al. (1982a) avaliaram silagens de girassol e de alfafa para alimentação de vacas da raça holandesa em lactação. Na composição química destas silagens encontraram para a silagem de girassol maiores teores de proteína bruta (PB -12,9 *versus* 12,5%), extrato etéreo (EE - 9,9 *versus* 2,5%), e lignina (LGN - 10,8 *versus* 8,7%) e menores teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN - 41,4 *versus* 59,9%), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA - 35,8 *versus* 49,7%), e matéria seca (MS - 25,3 *versus* 25, 7%), quando comparada com a silagem de alfafa. As silagens de girassol têm apresentado valores de pH entre 4,0 a 5,5 (Tomich, 1999 e Pereira, 2003), considerados altos comparados aos das silagens de milho, ou de sorgo (Tosi et al., 1975; Henrique et al., 1998). Mesmo assim, os elevados valores de pH e nitrogênio amoniacal presentes nas silagens de girassol, apesar de imprimirem diferentes ingestões de matéria seca e digestibilidade *in vivo* (Leite et al., 2006), não alteraram significativamente as respostas produtivas de vacas leiteiras em lactação (Silva et al., 2004).

Nos estudos de associações de forrageiras e/ou alimentos podem ser observados efeitos associativos (Freitas et al. 2001), que são definidos como efeitos sinérgicos ou antagônicos sobre a utilização ou desempenho animal (Moore et al., 1997). As técnicas de produção de gases vêm sendo consideradas eficientes para avaliação dos efeitos associativos (Rosales et al., 1998).

O objetivo deste trabalho foi avaliar através da técnica "in vitro" semi-automática de produção de gases a digestibilidade in vitro da matéria seca (DMS), produção cumulativa de gases (PCG), cinética de produção de gases e degradabilidade efetiva da MS (DEMS) das silagens de girassol, de milho e de suas associações.

2. Material e métodos:

2.1. Local do experimento:

Os cultivos de milho (cultivar AG1051) e girassol (genótipo M734, híbrido simples destinado à produção de óleo, de ciclo intermediário e porte médio), assim como o processo de ensilagem e a adaptação dos animais para coleta do líquido rumenal foram realizados nas dependências da Fazenda Experimental Professor Hélio Barbosa, localizada no município de Igarapé, de propriedade da Escola de Veterinária da UFMG. As análises laboratoriais foram processadas no Laboratório de Nutrição do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG.

2.2. Animais e instalações

Foram utilizadas quatro vacas da raça holandesa em lactação, multíparas, fistuladas no rúmen, com peso aproximado de 550 kg, produção média diária de 25 kg de leite e entre 60 e 82 dias de lactação como doadoras de líquido rumenal para preparo do inoculo (Maurício et al., 1999). Os animais foram mantidos individualizados em instalações tipo “tie-stall” contendo cocho de alimentação e bebedouro individualizados, sendo alimentados duas vezes ao dia (7:00 e 17:00 horas). Os animais estavam sendo utilizados em experimento de consumo, digestibilidade, parâmetros da fermentação rumenal, produção e composição do leite, em dietas contendo as silagens avaliadas, acrescidas de concentrado.

Foram formuladas quatro dietas experimentais, atendendo as exigências dos animais, segundo o NRC (2001). A relação volumoso:concentrado foi fixada em 56%:44% com base na matéria seca. As dietas foram balanceadas para serem isoprotéicas, apresentando proporções crescentes de silagem de girassol em substituição à silagem de milho como alimento volumoso: *Tratamento 1* - silagem de milho como volumoso único acrescido de concentrado (100SM); *Tratamento 2* - volumoso composto por 66% de silagem de milho e 34% de silagem de girassol, acrescido de concentrado (34SG); *Tratamento 3* - volumoso composto por 34% de silagem de milho e 66% de silagem de girassol, acrescido de concentrado (66SG) e *Tratamento 4* - silagem de girassol como volumoso único, acrescido de concentrado (100SG) (Tabela 1).

Tabela 1. Composição bromatológica das silagens de milho (SM) e girassol (SG).

Composição Química	SM	SG
MS	30,0	27,2
PB	6,9	8,8
FDN	56,9	49,3
FDA	33,2	37,3
EE	3,8	12,6
Ca	0,18	1,22
P	0,16	0,10
pH	3,97	4,56
N-NH ₃ /NT	6,05	16,86

2.3. Frascos de fermentação

A incubação foi feita em frascos de vidro com capacidade para 160 mL que previamente ao experimento foram devidamente lavados com água destilada e secos. Posteriormente, os frascos foram saturados com dióxido de carbono e adicionados com um grama de substrato. Foram utilizados dois frascos por tratamento, ou seja, dois para cada vaca em cada um dos quatro tratamentos (100SG, 66SG, 34SG e 100SM) e mais dois frascos de branco (contendo apenas o meio de cultura e o inóculo) por inóculo. Como foram retirados frascos para determinação da degradabilidade nos tempos 3, 6, 9, 12, 24 e 48 horas, esta seqüência se repetiu por quatro vezes, além dos frascos utilizados para a leitura dos gases até 96 horas, totalizando 280 frascos.

2.4. Meio de cultura

No dia anterior ao início do experimento, o meio de cultura, constituído de uma mistura de solução tampão, macrominerais, resazurina e agentes redutores, foram preparados de acordo com recomendações de Theodorou et. al (1994). Este foi agitado constantemente e saturado com CO₂ por duas horas, até atingir coloração rosada, sendo então adicionados 90 ml desta solução aos frascos de fermentação, com auxílio de uma proveta. Os frascos foram vedados com rolhas de silicone (14 mm) e mantidos a 4°C durante a noite, a fim de evitar que qualquer tipo de fermentação ocorresse.

2.5. Preparação do inóculo e inoculação

Cinco horas antes da inoculação, os frascos com as amostras e o meio de cultura foram removidos da geladeira para estufa regulada para 39 °C até o momento da inoculação. A inoculação foi feita usando o líquido rumenal de cada animal em cada tratamento.

O líquido rumenal foi retirado manualmente (através das fístulas) e armazenado em garrafas térmicas previamente aquecidas. No laboratório, o líquido rumenal foi filtrado através de duas camadas de panos de algodão sob injeção de CO₂ e mantido em banho-maria a 39 °C. A inoculação foi realizada por meio da injeção de 10 ml do inóculo, por frasco, através de seringa plástica graduada e estéril.

Imediatamente após a inoculação, os frascos tiveram a pressão estabilizada através da inserção de agulhas (25x7) nas tampas dos frascos. As agulhas foram posteriormente retiradas, os frascos manualmente agitados e colocados em estufa regulada a 39 °C e deu-se o início da contagem dos tempos de fermentação.

2.6. Produção de gases

A pressão originada pelos gases foi medida através de um transdutor de pressão (tipo T443A, Bailey & Mackey, Inglaterra) conectado em uma extremidade a uma agulha (25x7). As leituras de pressão foram tomadas em maior frequência durante o período inicial de fermentação e reduzidas posteriormente (2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 19, 24, 30, 48, 72 e 96 h). A partir da inserção da agulha na tampa de silicone, a pressão produzida no interior dos frascos foi lida no leitor digital e registrada em planilhas para cálculos posteriores do volume de gases pela equação proposta por Maurício et al. (2001):

$$VG \text{ (ml)} = 0,051 P^2 + 4,43 P - 0,004 \text{ (} r^2 = 0,99 \text{)}$$

Onde:

VG = volume de gases produzido; e P = pressão em psi.

2.7. Degradabilidade da matéria seca

A DMS foi obtida através da porcentagem inicialmente incubada, remanescente após 3, 6, 9, 12, 24, 48 e 96 horas, obtidos através de filtragem do conteúdo de cada frasco em cadinhos de porosidade um com posterior secagem em estufa a 100°C por 12 horas.

As degradabilidades efetivas (DEMS) foram obtidas empregando as taxas de passagem de 2, 5 e 8 %/h para baixo, médio e alto consumo, respectivamente, conforme recomendações de Report... (1984) e calculada pela equação (1) proposta por France et al. (1993), utilizando o software *Maximum Likelihood Program* (Roos, 1987).

$$DEMS = S_0 e^{-kT} (1 - k) / (S_0 + U_0)$$

Onde,

k = taxa de passagem;

S₀ e U₀ = frações inicialmente fermentáveis e frações não fermentáveis, respectivamente.

3. Procedimentos estatísticos:

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, onde os inóculos equivalem aos blocos, as dietas experimentais (SG, 34SG, 66SG e SM) correspondentes aos tratamentos e os tempos de incubação de 3, 6, 9, 12, 24, 48 e 96 horas às subparcelas, segundo esquema de análise de variância proposto na Tabela 2. Para a comparação das médias de cada tratamento, nos diferentes períodos de incubação e das médias dos diferentes períodos de incubação dentro de cada tratamento, utilizou-se o teste de SNK a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Análise de variância.

Fontes de variação	Graus de liberdade
Dietas (parcelas)	03
Inóculos (Bloco)	03
Erro (A)	09
Total de parcelas	15
Horário (sub-parcelas)	06
Tratamento x Horário	18
Erro (B)	108
Total de sub-parcelas	123

Os dados de produção cumulativa de gases oriundos da fermentação de cada tratamento foram ajustados através do software *Maximun Likelihood Program* (Roos, 1987) ao modelo de France et al. (1993):

$$Y = A \{1 - \exp^{-b(t-L) - cx(Vt - VL)}\} \quad (1)$$

Onde,

Y = produção cumulativa de gases (mL);

A = assíntota ou potencial máximo de produção de gases;

L = tempo de colonização (*lag time*);

b (h⁻¹) e c (h^{-0,5}) = taxas fracionais constantes

Uma taxa fracional (h⁻¹) combinada à produção de gases (μ) foi calculada como (Maurício et al., 2001):

$$\mu = b + c/2 Vt \quad (2)$$

Onde,

μ = taxa de produção de gases (h⁻¹);

b e c = parâmetros semelhantes ao da equação (1);

t = tempo de incubação em horas.

4. Resultados e Discussão

4.1. Digestibilidade x produção de gases

A relação entre a digestibilidade da MS (DMS) com as produções cumulativas de gases (PCG) nos horários de 3, 6, 9, 12, 24, 48 e 96 horas, entre os diferentes tratamentos foram significantes (P<0,05) e descritas pelas equações de regressão expostas na Tabela 3.

Tabela 3. Equações de regressão entre os valores de degradação da matéria seca (DMS) e a produção cumulativa de gases para silagem de girassol, de milho e associações.

Tratamentos	Equações	R ²
SG ¹	PCG = 0,4247DMS – 65,845	0,94
66SG ²	PCG = 0,4629DMS – 73,725	0,97
34SG ³	PCG = 0,4423DMS – 62,07	0,98
SM ⁴	PCG = 0,449DMS – 56,696	0,98

¹SG=100% de silagem de girassol; ²66SG= 66% de silagem de girassol e 34% de silagem de milho;

³66SG= 34% de silagem de girassol e 66% de silagem de milho; ⁴66SG= 100% de silagem de milho.

Todos os coeficientes de determinação (R²) foram elevados, demonstrando que para cada tratamento avaliado (SG, 66SG, 34SG e SM), o volume de gás produzido refletiu o processo de digestibilidade da matéria seca.

As produções cumulativas de gases para a matéria seca dos diferentes tratamentos, entre os diferentes tempos de fermentação utilizados encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Produções cumulativas de gases corrigidas para um grama de matéria seca (PCGMS) após 3, 6, 9, 12, 24, 48 e 96 horas de fermentação das silagens (em mL/g de MS) dos tratamentos para silagem de girassol, de milho e associações.

Tratamentos	Períodos de fermentação						
	3	6	9	12	24	48	96
SG ¹	11,6 ^{Ga}	28,3 ^{Fa}	54,7 ^{Ea}	82,4 ^{Da}	128,4 ^{Ca}	154,2 ^{Bc}	169,1 ^{Ad}
66SG ²	14,0 ^{Ga}	35,4 ^{Fa}	59,2 ^{Ea}	88,0 ^{Da}	147,8 ^{Ca}	195,3 ^{Bb}	215,7 ^{Ac}
34SG ³	14,4 ^{Ga}	33,8 ^{Fa}	58,2 ^{Ea}	83,2 ^{Da}	145,0 ^{Ca}	199,2 ^{Bab}	229,9 ^{Ab}
SM ⁴	13,6 ^{Ga}	31,0 ^{Fa}	52,3 ^{Ea}	76,8 ^{Da}	148,5 ^{Ca}	216,5 ^{Ba}	253,3 ^{Aa}

Letras maiúsculas idênticas significam semelhança estatística (P<0,05) em uma mesma linha (entre horários); letras minúsculas idênticas representam semelhança estatística em uma mesma coluna (entre tratamentos).

¹SG=100% de silagem de girassol; ²66SG= 66% de silagem de girassol e 34% de silagem de milho;

³66SG= 34% de silagem de girassol e 66% de silagem de milho; ⁴66SG= 100% de silagem de milho.

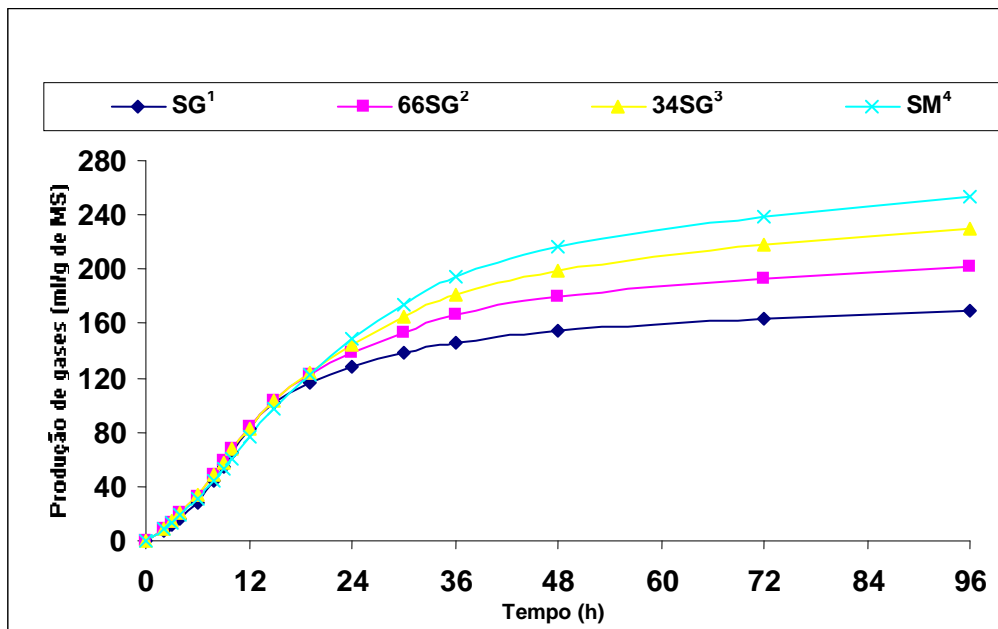
Não foram observadas diferenças para as PCGMS, entre os tratamentos nos tempos 3, 6, 9, 12 e 24 h.

Diferenças foram observadas entre os tratamentos SG e SM, a partir do tempo 48 h, porém todos os tratamentos foram diferentes no tempo 96 h, quando aqueles que continham maiores proporções de SM foram favorecidos. Isto sugere que tanto a SG quanto a SM apresentam frações prontamente disponíveis para os processos digestíveis e que a associação entre SG e SM, assim como a SM apresenta maior potencial de degradação.

Os dados referentes aos parâmetros de France et al. (1993) mostram que o aumento da participação da silagem de girassol nos tratamentos reduziu o potencial máximo de produção de gases (Tabela 5). A "lag phase" encontrada para o tratamento SM (1,37) foi maior que a do tratamento SG (1,04), com apenas silagem de girassol.

Na figura 1, podem ser observados as curvas de produção cumulativa de gases das silagens de girassol, milho e associações. Nota-se a superioridade das curvas, após 24 h de fermentação, obtidas para os tratamentos contendo silagem de milho (SM) e menores proporções de silagem de girassol.

Figura 1. Produção cumulativa de gases para silagem de milho, de girassol e associações.



¹SG=100% de silagem de girassol; ²66SG= 66% de silagem de girassol e 34% de silagem de milho; ³34SG= 34% de silagem de girassol e 66% de silagem de milho; ⁴SM= 100% de silagem de milho.

Pereira (2003) avaliou o genótipo M734 em quatro estádios de maturação ao corte e concluiu que a melhor época da ensilagem desse híbrido foi aos 100 dias após a sementeira, onde foi observado maior valor de digestibilidade e potencial máximo de produção de gases, a maior taxa de produção de gases e os valores de degradabilidade efetiva mais elevada.

As recomendações de época de ensilagem, à época de realização do presente estudo eram controversas, com poucos estudos realizados em diferentes estádios de maturação da cultura. Pereira (2003), trabalhando com 4 genótipos diferentes, concluiu que o avanço do estágio de maturação no momento de ensilagem da cultura do girassol, causou efeitos negativos na digestibilidade e nos parâmetros de cinética de produção de gases. Este mesmo autor sugeriu a ensilagem de todos os genótipos em estágio mais precoces, não definindo quais seriam. Por isso, o girassol ensilado para a realização desse ensaio objetivou o estágio R9, onde aproximadamente há 100% de enchimento dos grãos e foi realizado entre 110 a 115 dias após o plantio.

Tabela 5. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DMS em %), parâmetros de FRANCE et al. (1993) e degradabilidade efetiva da MS (DEMS) considerando diferentes taxas de passagem (0,02; 0,05 e 0,08 /h) no rúmen, da silagem de girassol (SG), das associações e da silagem de milho (SM).

	SG	66SG	34SG	SM
<i>DMS (%)</i>				
6	26,4 ^{Ea}	24,6 ^{Eab}	22,2 ^{Ebc}	18,8 ^{Dc}
12	36,8 ^{Da}	33,8 ^{Dab}	33,3 ^{Dab}	31,5 ^{Cb}
24	44,2 ^{Ca}	44,0 ^{Ca}	46,6 ^{Ca}	48,1 ^{Ba}
48	49,1 ^{Bd}	53,3 ^{Bc}	58,1 ^{Bb}	62,1 ^{Aa}
96	54,3 ^{Ac}	60,3 ^{Ab}	64,9 ^{Aa}	65,1 ^{Aa}
<i>Parâmetros de FRANCE</i>				
A (ml) ²	162	198	227	251
L(h) ³	1,04	1,23	0,87	1,37

μ (h) ⁴	0,045	0,046	0,035	0,030
<i>DEMS</i>				
0,02	42,86	44,79	46,13	44,24
0,05	33,21	33,54	33,48	30,24
0,08	28,86	28,12	28,09	24,08

¹A MS, PB, FDN, FDA dos tratamentos (SG, 66SG, 34SG e SM) foram estimados através da associação da % com que cada volumoso contribuiu no tratamento; ²Potencial máximo de produção de gases, ³“Lag phase”, ⁴Taxa fracional de produção de gases. Letras maiúsculas distintas na mesma coluna e minúsculas na mesma linha significam semelhança estatística (P<0,05) pelo teste de SNK.

Para os valores de DMS, houve diferenças entre os tempos para todos os tratamentos, sendo que SG apresentou maiores valores de DMS em relação ao tratamento SM até o tempo de incubação de 12 horas, quando, a partir daí, a silagem de milho se sobressaiu em relação à silagem de girassol.

Provavelmente, a maior solubilidade da silagem de girassol pelo maior teor de lipídeos, favoreceu os parâmetros de fermentação. Observa-se que a digestibilidade até 6 e 12 horas é de 59,7 e 83,3% da digestibilidade às 24 horas para o tratamento SG, respectivamente e que, para o tratamento SM, essa digestibilidade foi de 39,1 e 65,5%, respectivamente, às 6 e 24 horas após incubação. Interessante observar a inversão acentuada dos valores de DMS para a silagem de milho em relação à silagem de girassol após 12 horas de incubação, quando a silagem de milho se mostrou mais digestível, permanecendo com maior DMS até 96 horas. Às 24 horas, 44,2% da SG e 48,1% da SM haviam sido digeridas, para um kp de sólidos de, aproximadamente, 4%/h.

Tanto os tratamentos SG e 66SG, quanto os tratamentos 34SG e SM apresentaram digestibilidades semelhantes às 24 horas, favorecendo mais uma vez, a maior proporção solúvel da silagem de girassol nas primeiras horas de incubação (12 horas), já que os tratamentos com maiores proporções de SG apresentaram menores DMS a partir das 24 horas.

A DEMS foi calculada para taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h conforme recomendações do Report... (1984). Como pode ser observado (Tabela 5), o maior valor de DEMS para a taxa de passagem de 0,02/h foi para o 34SG (46,13%) seguido pelo 66SG, SM e SG. Para a taxa de passagem de 0,05/h observa-se que os tratamentos contendo silagem de girassol (SG, 66SG e 34SG) apresentaram maiores valores em relação ao tratamento SM. A digestão da SM é mais lenta, porém mais extensa que a da SG, estando na dependência da taxa de passagem. A maior taxa de passagem do material menos digestível seria recomendado para vacas leiteiras com maior potencial de produção, favorecendo a retirada desse material e aproveitando a parte mais solúvel e degradável.

Para confirmar a superioridade ou inferioridade de um ou de outro tratamento, a degradabilidade efetiva é um parâmetro interessante, pois inclui a taxa de passagem do alimento no cálculo da degradabilidade. Na técnica *in vitro* de produção de gases a degradabilidade efetiva é estimada através dos parâmetros de cinética de produção de gases e pelo valor de digestibilidade obtido pela filtração dos resíduos de degradação obtidos após 96 h de fermentação (digestibilidade potencial). Como já mencionado anteriormente, quando se aumentou a taxa de passagem os tratamentos que continham SG, e em maiores proporções, levaram vantagem sobre o SM, fato que pode ser observado graficamente na Figura 2, que apresenta ainda as equações de regressão que correlacionam a DEMS para as diferentes taxas de passagem e a porcentagem de SG incubada com a SM. Os valores de y, referentes às proporções de silagem de girassol que representasse a assíntota da curva segundo as equações propostas na figura 2, para as diferentes taxas de passagens seriam 45,6% de SG para uma taxa de passagem de 0,02/h, 33,9% de SG para uma taxa de passagem de 0,05/h e 28,9% de SG para uma taxa de passagem de 0,08/h, comprovando o efeito associativo da SG em relação à SM. Observa-se que, independente da taxa de passagem, o aumento da proporção de SG na dieta provoca a diminuição da degradabilidade da matéria seca.

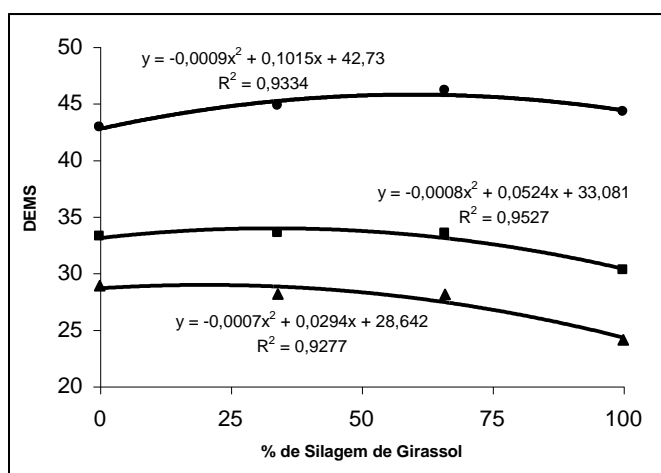


Figura 2. Correlação entre a degradabilidade efetiva da MS (DEMS) para diferentes taxas de passagem (λ 0,02/h; ν 0,05/h; e σ 0,08/h) e a % de silagem de girassol incubada com silagem de milho.

Para os valores de DMS (Tabela 5), nota-se que nos tempos iniciais (6 e 12h) os tratamentos que continham SG apresentaram médias mais elevadas, porém a partir de 24 h de fermentação a situação inverteu e os tratamentos que continham SM foram favorecidos. O que sugere que a SG apresente maior fração prontamente disponível para os processos digestíveis e que a SM apresente maior potencial de degradação. Essa observação torna-se muito importante, na medida em que podem ser observados menores valores de DMS para os tratamentos contendo maiores proporções de silagem de girassol (54,3% para o tratamento SG e 60,3% para o tratamento 66SG) após 48 horas de incubação (no tempo 96 horas).

Os dados referentes aos parâmetros de France et al. (1993) mostram que o aumento da participação da SG nos tratamentos reduziu o potencial máximo de produção de gases. O potencial máximo de produção de gases da SG é de apenas 64,4% do potencial da SM. O fato da SG apresentar maior fração prontamente disponível para os processos digestíveis e a SM apresentar maior potencial de degradação seria uma justificativa para a associação entre estas duas forragens. A "lag phase" encontrada para o tratamento SM, que continha apenas silagem de milho, foi maior que a do tratamento SG, que continha apenas silagem de girassol. Já a taxa fracional de produção de gases dos tratamentos com maiores proporções de silagem de girassol (SG e 66SG) foram superiores às dos tratamentos com menores proporções de silagem de girassol (34SG) ou somente com silagem de milho (SM), comprovando a possibilidade de que a SG apresente maior fração prontamente disponível para os processos digestíveis.

O aumento da proporção de SG aumentou a taxa de produção de gases e reduziu o tempo de colonização e o potencial de produção de gases, aumentando a degradabilidade efetiva para maiores taxas de passagens (5 e 8%/h – Tabela 5).

O SM apresentou a maior extensão de degradação, apresentando maiores produções totais de gases (PCG após 96 h) e maior DMS (96 h) Porém quando os parâmetros de cinética de degradação foram considerados no cálculo da DEMS, os tratamentos 66SG e 34SG, que associaram as duas silagens, foram nutricionalmente superiores. Isto se justifica por um possível efeito associativo entre os volumosos que possibilitou melhor equilíbrio entre substratos prontamente e lentamente disponíveis para a fermentação. Justificativa esta que está de acordo com Stefanon et al. (1996) que avaliaram o efeito da maturidade das forragens sobre a cinética de digestão rumenal.

A Tabela 6 apresenta os valores de digestibilidade *in vivo*, *in vitro*, parâmetros de France et al (1993) e degradabilidade efetiva da MS (DEMS) para diferentes taxas de passagem (0,02; 0,05 e 0,08/h) das dietas experimentais contendo silagem de milho, de girassol e associações. Importante salientar aqui que os tratamentos estão compostos por dietas totais, utilizadas durante o ensaio experimental descrito no capítulo anterior. Logo, os tratamentos 100SM, 34SG, 66SG e 100SG são compostos por dietas totais, incluindo concentrados, na proporção de 46% da matéria seca total.

Tabela 6. Digestibilidade *in vivo*, *in vitro*, parâmetros de France et al (1993) e degradabilidade efetiva da MS (DEMS) para diferentes taxas de passagem no rúmen (0,02, 0,05 e 0,08/h) das dietas experimentais contendo silagem de milho, de girassol e associações.

	100SG	66SG	34SG	100SM
DMS <i>in vivo</i>	54,8 ^b	61,5 ^{ab}	62,4 ^{ab}	66,2 ^a
DMS 96 h (%) ¹	42,2	48,7	51,1	60,2
<i>Parâmetros de FRANCE</i> ²				
A (ml) ³	209	233	253	268
L(h) ⁴	1,41	1,58	1,62	1,56
μ (/h) ⁵	0,056	0,068	0,073	0,077
<i>DEMS</i>				
0,02	45,2	39,5	37,9	34,1
0,05	34,5	30,4	29,5	27,2
0,08	29,3	25,8	25,1	23,2

¹ Degradação da MS após 96 horas de fermentação; ² Modelo de France et al., 1993: $G=A-B Q^t Z^{1/t}$, ³ Potencial máximo de produção de gás; ⁴ "Lag phase"; ⁵ Taxa fracional de produção de gás; ⁶ Degradabilidade efetiva estimada para diferentes taxas de passagem através dos dados de produção de gás e DMS.

Comparando-se os valores de DMS (Tabela 6), pode-se verificar que a dieta 100SM apresentou a maior DMS após 96 horas de fermentação, seguida dos tratamentos 34SG, 66SG e 100SG. A mesma tendência de redução na DMS em 96 horas com o aumento da proporção de silagem de girassol na dieta foi observado para os dados de digestibilidade "in vivo" (Leite et al., 2006). Comparando-se os dados obtidos no experimento "in vitro" com os obtidos "in vivo" foi encontrada a seguinte equação:

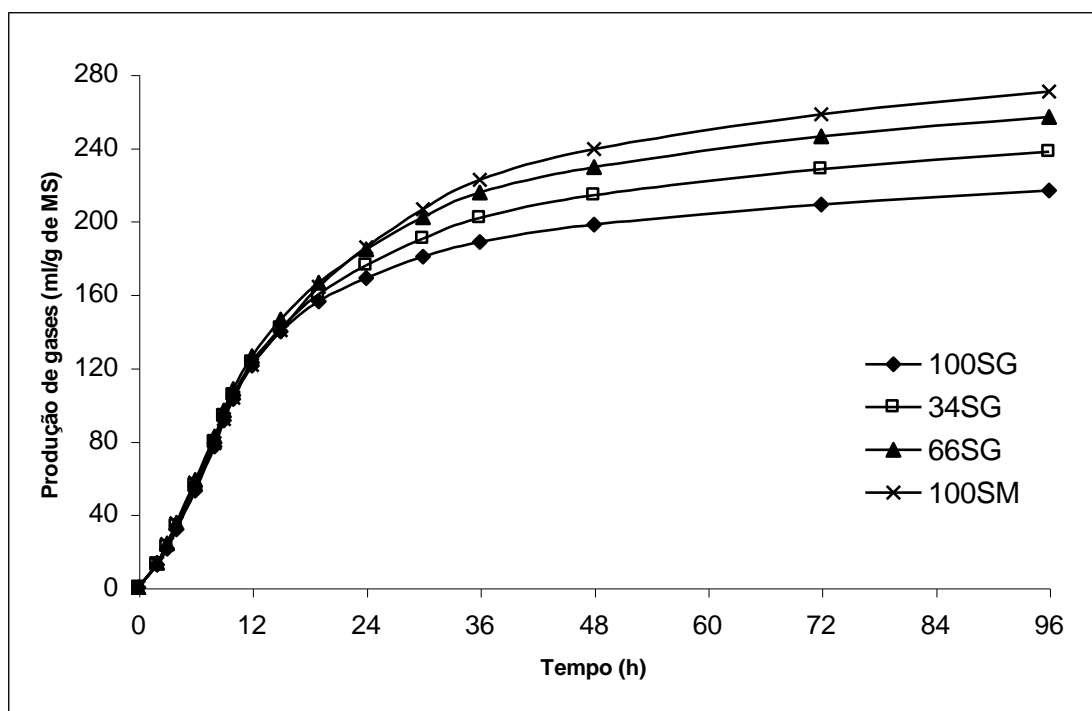
Digestibilidade "in vivo" (%) = 1,5188 DMS (%) - 42,289 ($r^2=0,93$), mostrando que o experimento "in vitro" (60,2, 51,7, 48,7 e 42,2 % para 100SM, 34SG, 66SG e 100SG, respectivamente) estimou de forma precisa a digestibilidade aparente "in vivo" (66,2; 62,4; 61,5; 54,8; para 100SM; 34SG; 66SG e 100SG, respectivamente). Na Figura 3 pode-se observar que o perfil de fermentação ou produção de gases também foi superior para a dieta 100SM.

Quanto aos parâmetros de France et al. (1993), mostrados na Tabela 6, nota-se que o potencial máximo de produção de gases (A), parâmetro que representa a máxima produção de gases quando a curva atinge o seu platô foi superior para SM, seguido pelos tratamentos 34SG, 66SG e SG. Para o parâmetro tempo de colonização (Tabela 6), nota-se que o tratamento que apresentou a maior DMS ou produção total de gases (100SM) obteve também o maior valor da "lag phase", fato provavelmente associado a maior digestibilidade da fração fibrosa e aos menores teores de substratos prontamente fermentáveis da dieta 100SM quando comparado com as dietas que continham silagem de girassol (Figura 3). Outro dado que merece ser comparado em relação às duas Tabelas (5 e 6) e em relação aos diferentes substratos (silagens e dieta total) seria os valores de A, ou o potencial máximo de produção de gases. Observa-se uma maior igualdade numérica entre os tratamentos apresentados na Tabela 6, em relação aos dados da Tabela 5, para o potencial de produção de gases. Este fato ilustra a adequação feita através do balanceamento das dietas para o fornecimento aos animais, já que para os dados da Tabela 5, foram utilizados apenas as forragens (SM e SG).

Blumel e Orskov (1993) trabalhando com resultados obtidos através da técnica de produção de gases e sacos de náilon sugeriram que a taxa de fermentação (μ) e a taxa de degradação da matéria seca (c) respectivamente, proporcionaram coeficientes de correlação com consumo e desempenho dos animais.

Desta forma os parâmetros de France et al. (1993) obtidos neste experimento, indicam a possibilidade de que dietas com silagem de milho, proporcionem maior consumo e provavelmente maior potencial nutritivo para os ruminantes, fato esse comprovado pelo ensaio de digestibilidade "in vivo" (Leite et al, 2006). Esses mesmos autores observaram que a ingestão de matéria seca (17,8 kg para 100SG e 21,6 kg para 100SM), a ingestão de matéria orgânica (15,5 kg para 100SG e 20,2 kg para 100SM), a ingestão de fibra insolúvel em detergente neutro (8,1 kg para 100SG e 9,9 kg para 100SM), a digestibilidade aparente da fibra insolúvel em detergente neutro (30,7 % para 100SG e 51,4 % para 100SM) e da fibra insolúvel em detergente ácido (28,4 % para 100SG e 49,4 % para 100SM) foram menores para a dieta 100SG comparada à dieta 100SM.

Figura 3. Produção cumulativa de gases das dietas experimentais contendo silagem de milho, girassol e associações (100SM, 34SG, 66SG, 100SG).



Tão importante como a capacidade de produção de uma forrageira é o seu valor para alimentação animal. De maneira geral, as respostas em relação aos parâmetros fisiológicos e ao desempenho produtivo de animais submetidos às dietas baseadas em silagem de girassol são distintas às dos animais alimentados com silagem de milho. Silva et al. (2004) observaram que a produção de leite corrigida para 4% de gordura (LCG 4%) não foi influenciada pela substituição total da silagem de milho pela silagem de girassol, como volumoso na dieta de vacas leiteiras em lactação. Leite et al. (2006) observaram que a substituição parcial da silagem de milho pela silagem de girassol (34SG) não afetou o CMS, quando comparada ao tratamento 100SM. Como dietas utilizadas nos capítulos 3 e 4 do presente trabalho referem-se às mesmas utilizadas por Leite et al. (2006), pode-se relacionar que os parâmetros produtivos dos animais alimentados com silagem de girassol realmente serão distintos daqueles alimentados com silagem de milho, já que a proporção de silagem de girassol na dieta afeta os padrões de fermentação rumenal, produção de proteína microbiana e perfil de ácidos graxos do leite.

A silagem de girassol apresenta menor qualidade da sua fração fibrosa em relação à silagem de milho, o que implica em redução no seu valor nutritivo para ruminantes (Pereira, 2003). Por esse motivo, deve ser utilizada de forma diferenciada na alimentação de vacas leiteiras, em comparação à silagem de milho. A associação de silagem de milho e girassol pode ser alternativa para a utilização da silagem de girassol em dietas de vacas leiteiras de alta produção.

5. Conclusões

O tratamento contendo 34% de silagem de girassol e 66% de silagem de milho (34SG) apresentou os melhores valores de digestibilidade efetiva da matéria seca.

A silagem de girassol, em relação à silagem de milho, apresenta maior digestibilidade da matéria seca, até 12 horas após incubação.

A digestão da silagem de milho é mais lenta em relação à silagem de girassol, porém apresenta maior extensão de degradação, estando dependente da taxa de passagem.

A dieta composta por 100% de silagem de girassol apresentou a menor digestibilidade da matéria seca após 96 horas de fermentação.

A associação de silagem de milho e girassol pode ser uma alternativa para a utilização da silagem de girassol em dietas de vacas leiteiras.

6. Referências

BLUMMEL, M., ORSKOV, E.R. Comparison of "in vitro" gas production and nylon degradability of roughage in predicting feed intake in cattle. *Animal Science and Technology*. v.40, p.109-119. 1993.

BUENO, I.C.S.B., ABDALLA, A.L. Efeitos associativos do feno de aveia com diferentes níveis de grãos de milho e sorgo avaliados pela técnica da produção cumulativa de gases "in vitro". In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38, 2001, Piracicaba, Anais... Piracicaba: SBZ, 2001. p. 1343-1345.

CÂMARA, G.M.S.; SILVA, S.C.; MATTIAZZI, P. et al. Determinação do momento ideal de colheita de girassol (*Helinthus annuus* L.) para ensilagem durante a safreinha de 1998. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 13., 1999, Itumbiara. Anais... Londrina: Embrapa Soja, 1999. p.126-129.

CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; CASTRO, C. et al

CAMPOS, F.P., SAMPAIO, A.A.A., BOSE, M.L.V., VIEIRA, P.F.V. Avaliação da digestibilidade in vitro/gás de diversas associações de volumosos - 1 - Produção de gás. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 37, 2000, Viçosa, Anais... Viçosa: SBZ, 2000. p. 1-3.

FRANCE, J., DHANOA, M.S., THEODOROU, M.K. A model to interpret gas accumulation profiles with "in vitro" degradation of ruminants feeds. *Journal of Theoretical Biology*. v.163:p.99-111, 1993.

FREITAS, T.S., PRATES, E.S., OSPINA, H., MÜHLBACH, P.R., BARCELLOS, J.O.J.,

GONÇALVES, L.C.; TOMICH, T.R. Utilização do girassol como silagem para alimentação bovina. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 13., 1999, Itumbiara. Londrina: Embrapa Soja, 1999. p.21-30.

HARPER, F.; DONALDSON, E.; HENDERSON, A.R. et al.

HENRIQUE, W., ANDRADE, J.B., SAMPAIO, A.A.M. Silagem de milho, sorgo, girassol e suas consorciações. II. Composição bromatológica. In: *Sociedade brasileira de zootecnia, reunião anual*, 35, 1998, Botucatu. *Anais...* Botucatu: SBZ, 1998. p.379-381.

LEITE, L. A. Silagem de Girassol e de Milho na Dieta de Vacas Leiteiras. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2002. 61p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal)

LEITE, L. A., Silva, B. O., Reis, R. B., et al., Silagens de girassol e de milho em dietas de vacas leiteiras: consumo e digestibilidade aparente. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 58, p. 1192-1198, 2006.

MAURICIO, R.M., MOULD, F.L., DHANOA, M.S. A semi-automated in vitro gas production technique for ruminants feedstuff evaluation. *Animal Feed Science Technology*. v.79:p.321-330, 1999.

MAURÍCIO, R.M.M., PEREIRA, L.G.R., GONÇALVES, L.C., RODRIGUEZ, N.M., BORGES, A.L.C.C., BORGES, I., SALIBA, E.O.S.S., JAYME, C.G. Obtenção da equação quadrática entre volume e pressão para a implantação da técnica in vitro semi-automática de produção de gás para avaliação de forrageiras tropicais. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 38, 2001, Piracicaba, *Anais...* Piracicaba: SBZ, 2001. p. 1345-1346.

MOORE, J.E., KUNKLE, W.E., ROCHINOTTI, D., HOPKINS, D.I. Associative effects (?) and accounting for them in ration formulation. *Proceedings of Cornell Nutrition Conference for Manufacturers*, p.1-10, 1997.

McGUFFEY, R. K.; SCHINGOETHE, D. J. Feeding value of high oil variety of sunflowers as silage to lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 63, n. 7, p. 1109 - 1113, 1982.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC.. *Nutrient requirement of dairy cattle*. 7ed. Washington: National Academy Press. 2001. 381p.

TOSI, H.; SILVEIRA, A. C.; FARIA, V. P.; PEREIRA, R. L. Avaliação do girassol (*Helianthus annuus*) como planta para a ensilagem. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 39 - 48, 1975.

PENA NETO, A. M. P., *Girassol*; Manual do Produtor Cravinhos: Sementes Canti Brasil LTDA. 1981. 30 p.

PEREIRA, L.G.R.. Potencial forrageiro da cultura do girassol (*Helianthus annuus*, L.) para produção de silagem. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2003. 276p. Dissertação (Doutorado em Ciência Animal).

REPORT of the protein group of the Agricultural Research Council Working party, on the nutrient of ruminants. London. Commonwealth Agricultural Bureaux, 1984. 45p.

ROSALES, M., GILL, M., WOOD, C.D., SPEEDY, A.W. Associative effects in vitro of Mixtures of tropical Fodder trees. *British Society of Animal Science*. v.22, p.175-177, 1998.

ROSS, G.J.S. Maximun Likelihood Program (A Manual). Tothmsted Experimental Station, Hampendon. 1987.

SCHINGOETHE, D. J., SKYBERG, E. W., ROOK, J. A. Chemical composition of sunflower silage as influenced by additions of urea, dried whey and sodium hydroxide. *J. Anim. Sci.*, v.50, n.4, p.625-629. 1980

SILVA, F.F.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S. et

SILVA, B. O., LEITE, L. A., FERREIRA, M. I. C., et al., Silagens de girassol e de milho em dietas de vacas leiteiras: produção e composição do leite. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.56, p.750-756, 2004.

STEHLING, C.A.V. *Avaliação da qualidade das silagens de quatro cultivares de girassol contendo aditivos*. 2001. 64f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte

TOMICH, T.R. *Avaliação do potencial forrageiro e das silagens de treze cultivares de girassol (Helianthus annuus L.)*. Belo Horizonte: UFMG, Escola de Veterinária. 1999, 117p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

THEODOROU, M.K., WILLIAMS, B.A., DHANOA, M.S. et al. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feed. *Anim. Feed Sci. Techn.*, 48(1):185-197.

THOMAS, V.M., MURRAY, G.A., THACKER, D.L., SNEDDON, D.N. Sunflower silage in rations for lactating Holsteins cows. *Journal of Dairy Science*. v.65, n.2, p.267-270, 1982a.

THOMAS, V.M., SNEDDON, D.N., ROFFLER, R.E., MURRAY, G.A. Digestibility and feeding value of sunflower silage for beef steers. *Journal of Animal Science*. v.54, n.5, p.933-937, 1982b.